



(21) 申请号 202411050827.3

(22) 申请日 2024.08.01

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118565827 A

(43) 申请公布日 2024.08.30

(73) 专利权人 江苏华电戚墅堰发电有限公司
地址 213000 江苏省常州市延陵东路368号

(72) 发明人 丁杰 贡文明 杜凯

(74) 专利代理机构 苏州睿翼专利代理事务所
(普通合伙) 32514

专利代理师 邹媛媛

(51) Int. Cl.

G01M 13/04 (2019.01)

G01N 33/28 (2006.01)

G01R 31/34 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 102692449 A, 2012.09.26

CN 102840882 A, 2012.12.26

审查员 彭韵

权利要求书4页 说明书10页 附图1页

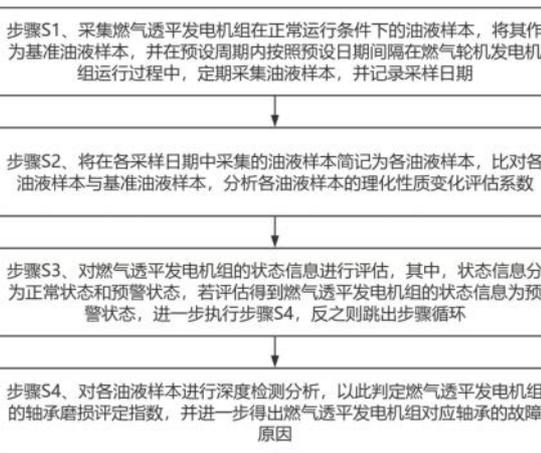
(54) 发明名称

一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及发电机组故障诊断技术领域,涉及一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断方法及系统,通过采集燃气透平发电机组在正常运行条件下的油液样本,将其作为基准油液样本,并在预设周期内按照预设日期间隔在燃气轮机发电机组运行过程中,定期采集油液样本,比对各油液样本与基准油液样本,分析各油液样本的理化性质变化评估系数,进而对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,若评估得到燃气透平发电机组的状态信息为预警状态,对各油液样本进行深度检测分析,以此判定得到燃气透平发电机组的故障类型,油液采集分析可以通过监测油液中指标,提供轴承运行状态的信息,从而实现

对轴承健康状况的实时监测和评估,实现提前预警。



1. 一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断方法,其特征在于,包括:

步骤S1、采集燃气透平发电机组在正常运行条件下的油液样本,将其作为基准油液样本,并在预设周期内按照预设日期间隔在燃气轮机发电机组运行过程中,定期采集油液样本,并记录采样日期;

步骤S2、将在各采样日期中采集的油液样本简记为各油液样本,比对各油液样本与基准油液样本,分析各油液样本的理化性质变化评估系数;

步骤S3、对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,其中,状态信息分为正常状态和预警状态,若评估得到燃气透平发电机组的状态信息为预警状态,进一步执行步骤S4,反之则跳出步骤循环;

对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,评估过程为:

步骤S3-1、将各油液样本的理化性质变化评估系数与预定义的理化性质变化评估阈值系数进行比对,若存在有某油液样本的理化性质变化评估系数大于预定义的理化性质变化评估阈值系数,则将燃气透平发电机组的状态信息判定为预警状态,若存在各油液样本的理化性质变化评估系数均小于或等于预定义的理化性质变化评估阈值系数,则执行步骤S3-2;

步骤S3-2、通过分析公式 $\delta = \frac{1}{i-1} \sum_{k=2}^i \frac{A_k - A_{k-1}}{T}$, 分析得到油液样本对应理化性

质变化评估系数的平均变化速率 δ , T为预设日期间隔, A_{k-1} 表示第i-1个油液样本的理化性质变化评估系数;

步骤S3-3、由此计算得到预设周期后对应下一采集日期内油液样本的理化性质变化评估系数 $A' = A_i \times (1 + \delta)$, A_i 为预设周期内采集日期排列最后的油液样本的理化性质变化评估系数,将预设周期后对应下一采集日期内油液样本的理化性质变化评估系数与预定义的理化性质变化评估阈值系数进行比对,若前者大于后者,同理将燃气透平发电机组的状态信息判定为预警状态,反之则将燃气透平发电机组的状态信息判定为正常状态;

步骤S4、对各油液样本进行深度检测分析,以此判定燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数,并进一步得出燃气透平发电机组对应轴承的故障原因;

判定燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数,具体判定过程为:

利用自动颗粒计数器对各油液样本进行测试,进而确定各油液样本中金属颗粒的数量 M_k ;

获取各油液样本对应ISO等级 $ISO_k = 20 \times \log_{10}(M_k) - 15$;

从机组数据库中提取基线ISO等级,计算燃气透平发电机组的轴承磨损第一评定指数

$\eta_1 = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i \left(\frac{ISO_k - \text{基线ISO等级}}{\text{ISO等级变化区间值}} \right) + \tau_1$, τ_1 为预定义的评定指数修正值;

使用扫描电镜对各油液样本中的磨损粒子进行识别,进而利用图像分析软件,对各油液样本中捕获的磨损粒子图像进行处理,采集得到各油液样本对应各磨损粒子的尺寸因子

和形状因子；

依据各油液样本对应各磨损粒子的尺寸因子和形状因子,对各油液样本中各磨损粒子进行磨损类型筛分,由此获取各油液样本中各磨损类型对应磨损粒子的数量、尺寸因子和形状因子；

$$\text{计算燃气透平发电机组的轴承磨损第二评定指数 } \eta_2 = \frac{\sum (\mu_{1_{sk}} \times \mu_{2_{sk}} \times \mu_{3_{sk}})}{V_k},$$

s为各磨损类型的编号, V_k 为第k个油液样本的体积, $\mu_{1_{sk}}$ 、 $\mu_{2_{sk}}$ 、 $\mu_{3_{sk}}$ 分别为第k个油液样本中第s个磨损类型对应磨损粒子的数量、尺寸因子和形状因子；

将燃气透平发电机组的轴承磨损第一评定指数与轴承磨损第二评定指数进行相加,并将相加结果除项数2计算得到燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数；

燃气透平发电机组对应轴承的故障原因具体分为油品劣化原因、外界污染原因和设备摩擦原因；

得出燃气透平发电机组对应轴承的故障原因,具体获取过程为：

对各油液样本进行测试,得到各油液样本的旋转氧弹测试值,进一步计算得到燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级；

对各油液样本进行测试,得到各油液样本的水分含量和油膜强度值,进一步计算得到燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级；

将燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级与设定的发电机组的油品劣化评估参考等级进行比对,同时将燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级与设定的发电机组的外界污染评估参考等级进行比对,若燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级大于设定的发电机组的油品劣化评估参考等级且燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级大于设定的发电机组的外界污染评估参考等级,则将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为油品劣化原因和外界污染原因皆有,反之将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为设备摩擦原因；

若燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级大于设定的发电机组的油品劣化评估参考等级且燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级小于等于设定的发电机组的外界污染评估参考等级,则将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为油品劣化原因,反之则将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为外界污染原因。

2. 根据权利要求1所述的一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断方法,其特征在于,分析各油液样本的理化性质变化评估系数,具体分析过程为：

从机组数据库中提取出油液样本对应检测的各理化指标,并从其中筛选出油液样本对应检测的各关键理化指标；

依据检测仪器分别得到各油液样本和基准油液样本对应各关键理化指标的指标值；

分析得到各油液样本与基准油液样本对应各关键理化指标的变化率

$$\varepsilon_k^q = \frac{Z_k^q - Z_{\text{基准}}^q}{Z_{\text{基准}}^q} \times 100\%, Z_k^q \text{ 为第 } k \text{ 个油液样本对应第 } q \text{ 个关键理化指标的指标值,}$$

$Z_{\text{基准}}^q$ 为基准油液样本对应第 q 个关键理化指标的指标值, k 为各油液样本的编号, $k=1, 2, \dots, i$, q 为各关键理化指标的编号, $q=1, 2, \dots, j$;

最终分析得到各油液样本的理化性质变化评估系数 $A_k = \frac{1}{j} \sum_{q=1}^j (\alpha_q \times \varepsilon_k^q)$, α_q 为第

q 个关键理化指标的权重值, j 为关键理化指标总数目。

3. 根据权利要求 2 所述的一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断方法, 其特征在于, 筛选出油液样本对应检测的各关键理化指标, 具体筛选过程为:

从机组数据库中获取燃气透平发电机组对应各历史故障次数的故障持续时长 t_p , 并同步采集燃气透平发电机组对应各历史故障次数对应各理化指标的指标值 Z_{pc} , p 为各历史故障次数的编号, $p=1, 2, \dots, m$, c 为各理化指标的编号, $c=1, 2, \dots, n$;

计算得到燃气透平发电机组对应历史故障对应各理化指标的相关系数

$$B_c = \frac{\sum_{p=1}^m \left[\left(Z_{pc} - \frac{1}{n} \sum_{c=1}^n Z_{pc} \right) \times \left(t_p - \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m t_p \right) \right]}{\sqrt{\sum_{p=1}^m \left(Z_{pc} - \frac{1}{n} \sum_{c=1}^n Z_{pc} \right)^2} \times \sqrt{\sum_{p=1}^m \left(t_p - \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m t_p \right)^2}}, \text{ } m \text{ 和 } n \text{ 分别表示历史故障总次数}$$

和理化指标总数目;

将燃气透平发电机组对应历史故障对应各理化指标的相关系数与预定义的线性相关系数参考集合进行比对, 若存在有燃气透平发电机组对应历史故障对应某理化指标的相关系数在预定义的线性相关系数参考集合之内, 则将该理化指标标记为关键理化指标, 以此分析方式筛选出油液样本对应检测的各关键理化指标。

4. 根据权利要求 2 所述的一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断方法, 其特征在于, 各关键理化指标的权重值, 具体获取过程为:

获取各油液样本对应各关键理化指标的指标值 Z_k^q , 并将其进行标准化处理;

计算各关键理化指标在各油液样本中的计算比重值 $\rho_k^q = \frac{Z_k^q}{\sum_{k=1}^i Z_k^q}$, 由此进一步计算

各关键理化指标在油液样本中的计算熵值 $E_q = -\beta \times \sum_{k=1}^i \rho_k^q \times \log(\rho_k^q)$, 其中

$$\beta = \frac{1}{\log(q)};$$

$$\alpha_q = \frac{1 - E_q}{\sum_{q=1}^j (1 - E_q)}.$$

最终计算各关键理化指标的权重值

5. 一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统,其特征在于,其基于权利要求1-4任意一项所述的一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断方法实现,包括:

油液样本采集模块:用于采集燃气透平发电机组在正常运行条件下的油液样本,将其作为基准油液样本,并在预设周期内按照预设日期间隔在燃气轮机发电机组运行过程中,定期采集油液样本,并记录采样日期;

样本比对分析模块:将在各采样日期中采集的油液样本简记为各油液样本,比对各油液样本与基准油液样本,分析各油液样本的理化性质变化评估系数;

机组状态评估模块:对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,其中,状态信息分为正常状态和预警状态,若评估得到燃气透平发电机组的状态信息为预警状态,进一步执行故障类型判定模块;

故障类型判定模块:对各油液样本进行深度检测分析,以此判定燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数,并进一步得出燃气透平发电机组对应轴承的故障原因。

一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断及系统

技术领域

[0001] 本发明属于发电机组故障诊断技术领域,涉及到一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断及系统。

背景技术

[0002] 海上平台被广泛用于海上石油和天然气的钻探及开采,在经济生产中发挥着极其重要的作用。由于距离海岸较远,自发电成为整个海上平台设备的动力来源。这使得发电机组成为平台上最为重要的设备。对于开采天然气的平台而言,燃气透平发电机组通常成为平台上的主要发电机。

[0003] 发电机组中的发电机为大型发电机,其两端轴承为滑动轴承,润滑方式为流体动压润滑。一旦发电机轴承的轴瓦润滑出现异常,会导致发电机组出现停机的风险,将会对整个海上平台的生产和生活造成严重的影响。因此,非常有必要对海上平台发电机的润滑故障进行诊断分析。

[0004] 当前技术对于燃气透平发电机组的轴承故障诊断主要是通过布设传感器,但在复杂工况下往往难以准确捕捉轴承故障的早期信号,导致故障往往在严重程度较高时才被发现,影响设备的可靠性和安全性。

发明内容

[0005] 鉴于以上现有技术存在的问题,本发明提供一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断及系统,用于解决据上述技术问题。

[0006] 为了实现上述目的及其他目的,本发明采用的技术方案如下:

[0007] 本发明一方面提供了一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断方法,该方法包括如下步骤:

[0008] 步骤S1、采集燃气透平发电机组在正常运行条件下的油液样本,将其作为基准油液样本,并在预设周期内按照预设日期间隔在燃气轮机发电机组运行过程中,定期采集油液样本,并记录采样日期;

[0009] 步骤S2、将在各采样日期中采集的油液样本简记为各油液样本,比对各油液样本与基准油液样本,分析各油液样本的理化性质变化评估系数;

[0010] 步骤S3、对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,其中,状态信息分为正常状态和预警状态,若评估得到燃气透平发电机组的状态信息为预警状态,进一步执行步骤S4,反之则跳出步骤循环;

[0011] 步骤S4、对各油液样本进行深度检测分析,以此判定燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数,并进一步得出燃气透平发电机组对应轴承的故障原因。

[0012] 示例性的,分析各油液样本的理化性质变化评估系数,具体分析过程为:

[0013] 从机组数据库中提取出油液样本对应检测的各理化指标,并从其中筛选出油液样本对应检测的各关键理化指标;

[0014] 依据检测仪器分别得到各油液样本和基准油液样本对应各关键理化指标的指标值；

[0015] 分析得到各油液样本与基准油液样本对应各关键理化指标的变化率

$$\varepsilon_k^q = \frac{Z_k^q - Z_{\text{基准}}^q}{Z_{\text{基准}}^q} \times 100\%, Z_k^q \text{ 为第 } k \text{ 个油液样本对应第 } q \text{ 个关键理化指标的指标值,}$$

$Z_{\text{基准}}^q$ 为基准油液样本对应第 q 个关键理化指标的指标值, k 为各油液样本的编号, $k=1, 2, \dots, i$, q 为各关键理化指标的编号, $q=1, 2, \dots, j$;

[0016] 最终分析得到各油液样本的理化性质变化评估系数 $A_k = \frac{1}{j} \sum_{q=1}^j (\alpha_q \times \varepsilon_k^q)$,

α_q 为第 q 个关键理化指标的权重值, j 为关键理化指标总数目。

[0017] 示例性的, 筛选出油液样本对应检测的各关键理化指标, 具体筛选过程为:

[0018] 从机组数据库中获取燃气透平发电机组对应各历史故障次数的故障持续时长 t_p , 并同步采集燃气透平发电机组对应各历史故障次数对应各理化指标的指标值 Z_{pc} , p 为各历史故障次数的编号, $p=1, 2, \dots, m$, c 为各理化指标的编号, $c=1, 2, \dots, n$;

[0019] 计算得到燃气透平发电机组对应历史故障对应各理化指标的相关系数

$$B_c = \frac{\sum_{p=1}^m \left[\left(Z_{pc} - \frac{1}{n} \sum_{c=1}^n Z_{pc} \right) \times \left(t_p - \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m t_p \right) \right]}{\sqrt{\sum_{p=1}^m \left(Z_{pc} - \frac{1}{n} \sum_{c=1}^n Z_{pc} \right)^2} \times \sqrt{\sum_{p=1}^m \left(t_p - \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m t_p \right)^2}}, m \text{ 和 } n \text{ 分别表示历史故障总次数}$$

和理化指标总数目;

[0020] 将燃气透平发电机组对应历史故障对应各理化指标的相关系数与预定义的线性相关系数参考集合进行比对, 若存在有燃气透平发电机组对应历史故障对应某理化指标的相关系数在预定义的线性相关系数参考集合之内, 则将该理化指标标记为关键理化指标, 以此分析方式筛选出油液样本对应检测的各关键理化指标。

[0021] 示例性的, 各关键理化指标的权重值, 具体获取过程为:

[0022] 获取各油液样本对应各关键理化指标的指标值 Z_k^q , 并将其进行标准化处理;

[0023] 计算各关键理化指标在各油液样本中的计算比重值 $\rho_k^q = \frac{Z_k^q}{\sum_{k=1}^i Z_k^q}$, 由此进一步

计算各关键理化指标在油液样本中的计算熵值 $E_q = -\beta \times \sum_{k=1}^i \rho_k^q \times \log(\rho_k^q)$, 其中

$$\beta = \frac{1}{\log(q)};$$

[0024] 最终计算各关键理化指标的权重值 $\alpha_q = \frac{1 - E_q}{\sum_{q=1}^j (1 - E_q)}$ 。

[0025] 示例性的,对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,评估过程为:

[0026] 步骤S3-1、将各油液样本的理化性质变化评估系数与预定义的理化性质变化评估阈值系数进行比对,若存在有某油液样本的理化性质变化评估系数大于预定义的理化性质变化评估阈值系数,则将燃气透平发电机组的状态信息判定为预警状态,若存在各油液样本的理化性质变化评估系数均小于或等于预定义的理化性质变化评估阈值系数,则执行步骤S3-2;

[0027] 步骤S3-2、通过分析公式 $\delta = \frac{1}{i-1} \sum_{k=2}^i \frac{A_k - A_{k-1}}{T}$, 分析得到油液样本对应理

化性质变化评估系数的平均变化速率 δ , T为预设日期间隔, A_{k-1} 表示第i-1个油液样本的理化性质变化评估系数;

[0028] 步骤S3-3、由此计算得到预设周期后对应下一采集日期内油液样本的理化性质变化评估系数 $A' = A_i \times (1 + \delta)$, A_i 为预设周期内采集日期排列最后的油液样本的理化性质变化评估系数,将预设周期后对应下一采集日期内油液样本的理化性质变化评估系数与预定义的理化性质变化评估阈值系数进行比对,若前者大于后者,同理将燃气透平发电机组的状态信息判定为预警状态,反之则将燃气透平发电机组的状态信息判定为正常状态。

[0029] 示例性的,判定燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数,具体判定过程为:

[0030] 利用自动颗粒计数器对各油液样本进行测试,进而确定各油液样本中金属颗粒的数量 M_k ;

[0031] 获取各油液样本对应ISO等级 $ISO_k = 20 \times \log_{10}(M_k) - 15$;

[0032] 从机组数据库中提取基线ISO等级,计算燃气透平发电机组的轴承磨损第一评定

指数 $\eta_1 = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i \left(\frac{ISO_k - \text{基线ISO等级}}{\text{ISO等级变化区间值}} \right) + \tau_1$, τ_1 为预定义的评定指数修正值;

[0033] 使用扫描电镜对各油液样本中的磨损粒子进行识别,进而利用图像分析软件,对各油液样本中捕获的磨损粒子图像进行处理,采集得到各油液样本对应各磨损粒子的尺寸

因子和形状因子；

[0034] 依据各油液样本对应各磨损粒子的尺寸因子和形状因子,对各油液样本中各磨损粒子进行磨损类型筛分,由此获取各油液样本中各磨损类型对应磨损粒子的数量、尺寸因子和形状因子；

[0035] 计算燃气透平发电机组的轴承磨损第二评定指数

$$\eta_2 = \frac{\sum (\mu_{1_{sk}} \times \mu_{2_{sk}} \times \mu_{3_{sk}})}{V_k}, s \text{ 为各磨损类型的编号, } V_k \text{ 为第 } k \text{ 个油液样本的体积,}$$

$\mu_{1_{sk}}$ 、 $\mu_{2_{sk}}$ 、 $\mu_{3_{sk}}$ 分别为第 k 个油液样本中第 s 个磨损类型对应磨损粒子的数量、尺寸因子和形状因子；

[0036] 将燃气透平发电机组的轴承磨损第一评定指数与轴承磨损第二评定指数进行相加,并将相加结果除项数 2 计算得到燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数。

[0037] 示例性的,燃气透平发电机组对应轴承的故障原因具体分为油品劣化原因、外界污染原因和设备摩擦原因。

[0038] 示例性的,得出燃气透平发电机组对应轴承的故障原因,具体获取过程为:

[0039] 对各油液样本进行测试,得到各油液样本的旋转氧弹测试值,进一步计算得到燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级；

[0040] 对各油液样本进行测试,得到各油液样本的水分含量和油膜强度值,进一步计算得到燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级；

[0041] 将燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级与设定的发电机组的油品劣化评估参考等级进行比对,同时将燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级与设定的发电机组的外界污染评估参考等级进行比对,若燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级大于设定的发电机组的油品劣化评估参考等级且燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级大于设定的发电机组的外界污染评估参考等级,则将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为油品劣化原因和外界污染原因皆有,反之将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为设备摩擦原因；

[0042] 若燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级大于设定的发电机组的油品劣化评估参考等级且燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级小于等于设定的发电机组的外界污染评估参考等级,则将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为油品劣化原因,反之则将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为外界污染原因。

[0043] 本发明另一方面提供了一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统,包括:

[0044] 油液样本采集模块:用于采集燃气透平发电机组在正常运行条件下的油液样本,将其作为基准油液样本,并在预设周期内按照预设日期间隔在燃气轮机发电机组运行过程中,定期采集油液样本,并记录采样日期；

[0045] 样本比对分析模块:将在各采样日期中采集的油液样本简记为各油液样本,比对各油液样本与基准油液样本,分析各油液样本的理化性质变化评估系数；

[0046] 机组状态评估模块:对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,其中,状态信息分为正常状态和预警状态,若评估得到燃气透平发电机组的状态信息为预警状态,进一步执行故障类型判定模块;

[0047] 故障类型判定模块:对各油液样本进行深度检测分析,以此判定燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数,并进一步得出燃气透平发电机组对应轴承的故障原因。

[0048] 如上所述,本发明提供一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断及系统,至少具有以下有益效果:

[0049] 本发明提供一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断及系统,通过采集燃气透平发电机组在正常运行条件下的油液样本,将其作为基准油液样本,并在预设周期内按照预设日期间隔在燃气轮机发电机组运行过程中,定期采集油液样本,并记录采样日期,比对各油液样本与基准油液样本,分析各油液样本的理化性质变化评估系数,进而对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,若评估得到燃气透平发电机组的状态信息为预警状态,对各油液样本进行深度检测分析,以此判定得到燃气透平发电机组的故障类型,通过对燃气透平发电机组进行油液采集分析,可以帮助提前发现轴承故障迹象,具有重要的好处和必要性。首先,油液采集分析可以通过监测油液中的金属颗粒、氧化产物、水分等指标,提供轴承运行状态的信息,从而实现对轴承健康状况的实时监测和评估。这有助于及时发现轴承故障的征兆,提前预警,避免故障进一步发展导致设备损坏和停机损失。其次,油液采集分析能够帮助确定轴承故障的具体原因,可以更准确地判断轴承故障的性质和严重程度,为后续维护和修复提供重要参考依据,可以实现对轴承故障的早期监测和诊断,确定故障原因,优化维护策略,提高设备可靠性,降低运行成本,具有重要的好处和必要性。

附图说明

[0050] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0051] 图1为本发明的方法各步骤连接示意图。

[0052] 图2为本发明的系统各模块连接示意图。

具体实施方式

[0053] 下面将结合本发明实施以上内容仅仅是对本发明的构思所作的举例和说明,所属本技术领域的技术人员对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,只要不偏离发明的构思或者超越本权利要求书所定义的范围,均应属于本发明的保护范围。

[0054] 实施例1

[0055] 请参阅图1所示,一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断方法,该方法包括如下步骤:

[0056] 步骤S1、采集燃气透平发电机组在正常运行条件下的油液样本,将其作为基准油液样本,并在预设周期内按照预设日期间隔在燃气轮机发电机组运行过程中,定期采集油

液样本,并记录采样日期;

[0057] 步骤S2、将在各采样日期中采集的油液样本简记为各油液样本,比对各油液样本与基准油液样本,分析各油液样本的理化性质变化评估系数;

[0058] 需要补充的是,各采样日期中采集的油液样本具体编号是依据采样日期的先后进行依次按顺序编号。

[0059] 在本申请较佳的技术方案中,分析各油液样本的理化性质变化评估系数,具体分析过程为:

[0060] 从机组数据库中提取出油液样本对应检测的各理化指标,并从其中筛选出油液样本对应检测的各关键理化指标;

[0061] 依据检测仪器分别得到各油液样本和基准油液样本对应各关键理化指标的指标值;

[0062] 分析得到各油液样本与基准油液样本对应各关键理化指标的变化率

$$\varepsilon_k^q = \frac{Z_k^q - Z_{\text{基准}}^q}{Z_{\text{基准}}^q} \times 100\%, Z_k^q \text{ 为第 } k \text{ 个油液样本对应第 } q \text{ 个关键理化指标的指标值,}$$

$Z_{\text{基准}}^q$ 为基准油液样本对应第 q 个关键理化指标的指标值, k 为各油液样本的编号, $k=1, 2, \dots, i$, q 为各关键理化指标的编号, $q=1, 2, \dots, j$;

[0063] 最终分析得到各油液样本的理化性质变化评估系数 $A_k = \frac{1}{j} \sum_{q=1}^j (\alpha_q \times \varepsilon_k^q)$,

α_q 为第 q 个关键理化指标的权重值, j 为关键理化指标总数目。

[0064] 在本申请较佳的技术方案中,筛选出油液样本对应检测的各关键理化指标,具体筛选过程为:

[0065] 油液样本对应检测的各理化指标包括但不限于粘度、密度、闪点、酸值、碱值和水含量;

[0066] 从机组数据库中获取燃气透平发电机组对应各历史故障次数的故障持续时长 t_p ,

并同步采集燃气透平发电机组对应各历史故障次数对应各理化指标的指标值 Z_{pc} , p 为各

历史故障次数的编号, $p=1, 2, \dots, m$, c 为各理化指标的编号, $c=1, 2, \dots, n$;

[0067] 计算得到燃气透平发电机组对应历史故障对应各理化指标的相关系数

$$B_c = \frac{\sum_{p=1}^m \left[\left(Z_{pc} - \frac{1}{n} \sum_{c=1}^n Z_{pc} \right) \times \left(t_p - \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m t_p \right) \right]}{\sqrt{\sum_{p=1}^m \left(Z_{pc} - \frac{1}{n} \sum_{c=1}^n Z_{pc} \right)^2} \times \sqrt{\sum_{p=1}^m \left(t_p - \frac{1}{m} \sum_{p=1}^m t_p \right)^2}}, m \text{ 和 } n \text{ 分别表示历史故障总次数}$$

和理化指标总数目;

[0068] 将燃气透平发电机组对应历史故障对应各理化指标的相关系数与预定义的线性相关系数参考集合进行比对,若存在有燃气透平发电机组对应历史故障对应某理化指标的相关系数在预定义的线性相关系数参考集合之内,则将该理化指标标记为关键理化指标,以此分析方式筛选出油液样本对应检测的各关键理化指标。

[0069] 如果 B_c 接近1或-1,表示存在强的正相关或负相关。如果, B_c 接近0,则表示没有线性相关。通常, B_c 值大于0.5或小于-0.5表示有较强的相关性,所以预定义的线性相关系数参考集合具体表示为 $[-1,-0.5] \cup [0.5,1]$ 。

[0070] 在本申请较佳的技术方案中,各关键理化指标的权重值,具体获取过程为:

[0071] 获取各油液样本对应各关键理化指标的指标值 Z_k^q ,并将其进行标准化处理;

[0072] 计算各关键理化指标在各油液样本中的计算比重值 $\rho_k^q = \frac{Z_k^q}{\sum_{k=1}^i Z_k^q}$,由此进一步

计算各关键理化指标在油液样本中的计算熵值 $E_q = -\beta \times \sum_{k=1}^i \rho_k^q \times \log(\rho_k^q)$,其中

$$\beta = \frac{1}{\log(q)};$$

[0073] 最终计算各关键理化指标的权重值 $\alpha_q = \frac{1 - E_q}{\sum_{q=1}^j (1 - E_q)}$ 。

[0074] β 的作用是将熵值规范化到 $[0,1]$ 区间,是为了使不同指标的熵值具有可比性,并且能够反映出指标间的差异性。

[0075] 步骤S3、对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,其中,状态信息分为正常状态和预警状态,若评估得到燃气透平发电机组的状态信息为预警状态,进一步执行步骤S4,反之则跳出步骤循环;

[0076] 在本申请较佳的技术方案中,对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,评估过程为:

[0077] 步骤S3-1、将各油液样本的理化性质变化评估系数与预定义的理化性质变化评估阈值系数进行比对,若存在有某油液样本的理化性质变化评估系数大于预定义的理化性质变化评估阈值系数,则将燃气透平发电机组的状态信息判定为预警状态,若存在各油液样本的理化性质变化评估系数均小于或等于预定义的理化性质变化评估阈值系数,则执行步骤S3-2;

[0078] 步骤S3-2、通过分析公式 $\delta = \frac{1}{i-1} \sum_{k=2}^i \frac{A_k - A_{k-1}}{T}$, 分析得到油液样本对理

化性质变化评估系数的平均变化速率 δ , T为预设日期间隔, A_{k-1} 表示第i-1个油液样本的理化性质变化评估系数;

[0079] 步骤S3-3、由此计算得到预设周期后对应下一采集日期内油液样本的理化性质变化评估系数 $A' = A_i \times (1 + \delta)$, A_i 为预设周期内采集日期排列最后的油液样本的理化性质变化评估系数, 将预设周期后对应下一采集日期内油液样本的理化性质变化评估系数与预定义的理化性质变化评估阈值系数进行比对, 若前者大于后者, 同理将燃气透平发电机组的状态信息判定为预警状态, 反之则将燃气透平发电机组的状态信息判定为正常状态。

[0080] 步骤S4、对各油液样本进行深度检测分析, 以此判定燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数, 并进一步得出燃气透平发电机组对应轴承的故障原因。

[0081] 在本申请较佳的技术方案中, 判定燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数, 具体判定过程为:

[0082] 利用自动颗粒计数器对各油液样本进行测试, 进而确定各油液样本中金属颗粒的数量 M_k ;

[0083] 获取各油液样本对应ISO等级 $ISO_k = 20 \times \log_{10}(M_k) - 15$;

[0084] 从机组数据库中提取基线ISO等级, 计算燃气透平发电机组的轴承磨损第一评定

指数 $\eta 1 = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i \left(\frac{ISO_k - \text{基线ISO等级}}{\text{ISO等级变化区间值}} \right) + \tau 1$, $\tau 1$ 为预定义的评定指数修正值;

[0085] ISO等级变化区间值是根据设备历史数据估计的最大变化范围, 用于正规化评定指数, 如果历史数据显示ISO等级在最好和最坏情况下分别为15/13/10和22/20/18, 这个区间范围就可以被视为ISO等级变化区间值; 基线ISO等级是设备在已知正常运行状态下的ISO等级。

[0086] 使用扫描电镜对各油液样本中的磨损粒子进行识别, 进而利用图像分析软件, 对各油液样本中捕获的磨损粒子图像进行处理, 采集得到各油液样本对应各磨损粒子的尺寸因子和形状因子;

[0087] 其中, 形状因子 = $\frac{\text{周长}}{4\pi \times \text{面积}}$

[0088] 依据各油液样本对应各磨损粒子的尺寸因子和形状因子, 对各油液样本中各磨损粒子进行磨损类型筛分, 由此获取各油液样本中各磨损类型对应磨损粒子的数量、尺寸因子和形状因子;

[0089] 其中, 磨损类型包括但不限于疲劳磨损、磨蚀磨损、腐蚀磨损;

[0090] 计算燃气透平发电机组的轴承磨损第二评定指数

$$\eta_2 = \frac{\sum(\mu_{1_{sk}} \times \mu_{2_{sk}} \times \mu_{3_{sk}})}{V_k}, s \text{ 为各磨损类型的编号, } V_k \text{ 为第 } k \text{ 个油液样本的体积,}$$

$\mu_{1_{sk}}$ 、 $\mu_{2_{sk}}$ 、 $\mu_{3_{sk}}$ 分别为第 k 个油液样本中第 s 个磨损类型对应磨损粒子的数量、尺寸因子和形状因子;

[0091] 将燃气透平发电机组的轴承磨损第一评定指数与轴承磨损第二评定指数进行相加,并将相加结果除项数 2 计算得到燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数。

[0092] 在本申请较佳的技术方案中,燃气透平发电机组对应轴承的故障原因具体分为油品劣化原因、外界污染原因和设备摩擦原因。

[0093] 在本申请较佳的技术方案中,得出燃气透平发电机组对应轴承的故障原因,具体获取过程为:

[0094] 对各油液样本进行测试,得到各油液样本的旋转氧弹测试值,进一步计算得到燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级;

[0095] 具体测试过程为:

[0096] 1、样品准备:将各油液样本放入氧弹中;

[0097] 2、加氧和密封:向氧弹中充入纯净的氧气至一定压力,然后密封氧弹;

[0098] 3、加热和旋转:将氧弹放入恒温水浴中,通常温度设置在 150°C 左右,并使其旋转,以确保油样和氧气充分接触混合。

[0099] 4、监测和记录:测试过程中,监测各油液样本的变化,直到油样发生显著的氧化反应,如压力下降,记录压力下降的时间点,即为各油液样本的旋转氧弹测试值。

[0100] 各油液样本的旋转氧弹测试值=各油液样本的测试结束时间-各油液样本的测试开始时间;

[0101] 将各油液样本的旋转氧弹测试值与机组数据库中存储的各油品劣化评估等级对应的旋转氧弹测试区间值进行比对,得到燃气透平发电机组对应各油液样本的油品劣化评估等级,并将其进行均值计算,得到燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级。

[0102] 对各油液样本进行测试,得到各油液样本的水分含量和油膜强度值,进一步计算得到燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级;

各油液样本的水分含量评估指数

$$[0103] \quad = \frac{\text{各油液样本的水分含量} - \text{设定标准油液样本的水分含量阈值}}{\text{各油液样本的水分含量}}$$

各油液样本的油膜强度评估指数

$$= \frac{\text{各油液样本的油膜强度值} - \text{设定标准油液样本的油膜强度阈值}}{\text{各油液样本的油膜强度值}}$$

燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估指数

$$[0104] \quad = \frac{w_1 \times \text{各油液样本的水分含量评估指数} + w_2 \times \text{各油液样本的油膜强度评估指数}}{w_1 + w_2},$$

w_1 和 w_2 分别为水分含量和油膜强度值对应的计算权重值;

[0105] 将燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估指数与机组数据

库中存储的各外界污染评估等级对应的外界污染评估指数区间值进行比对,得到燃气透平发电机组对应各油液样本的外界污染评估等级,并将其进行均值计算,得到燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级;

[0106] 将燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级与设定的发电机组的油品劣化评估参考等级进行比对,同时将燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级与设定的发电机组的外界污染评估参考等级进行比对,若燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级大于设定的发电机组的油品劣化评估参考等级且燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级大于设定的发电机组的外界污染评估参考等级,则将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为油品劣化原因和外界污染原因皆有,反之将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为设备摩擦原因;

[0107] 若燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的油品劣化评估等级大于设定的发电机组的油品劣化评估参考等级且燃气透平发电机组对应预设周期内油液样本的外界污染评估等级小于等于设定的发电机组的外界污染评估参考等级,则将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为油品劣化原因,反之则将燃气透平发电机组对应轴承的故障原因记为外界污染原因。

[0108] 实施例2

[0109] 请参阅图2所示,一种燃气透平发电机组状态监测和故障诊断系统,包括:

[0110] 油液样本采集模块:用于采集燃气透平发电机组在正常运行条件下的油液样本,将其作为基准油液样本,并在预设周期内按照预设日期间隔在燃气轮机发电机组运行过程中,定期采集油液样本,并记录采样日期;

[0111] 样本比对分析模块:将在各采样日期中采集的油液样本简记为各油液样本,比对各油液样本与基准油液样本,分析各油液样本的理化性质变化评估系数;

[0112] 机组状态评估模块:对燃气透平发电机组的状态信息进行评估,其中,状态信息分为正常状态和预警状态,若评估得到燃气透平发电机组的状态信息为预警状态,进一步执行故障类型判定模块;

[0113] 故障类型判定模块:对各油液样本进行深度检测分析,以此判定燃气透平发电机组的轴承磨损评定指数,并进一步得出燃气透平发电机组对应轴承的故障原因。

[0114] 应理解,在本申请的各种实施例中,上述各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不应对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

[0115] 应理解,根据A确定B并不意味着仅仅根据A确定B,还能够根据A和/或其它信息确定B。

[0116] 以上所述,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

[0117] 最后:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

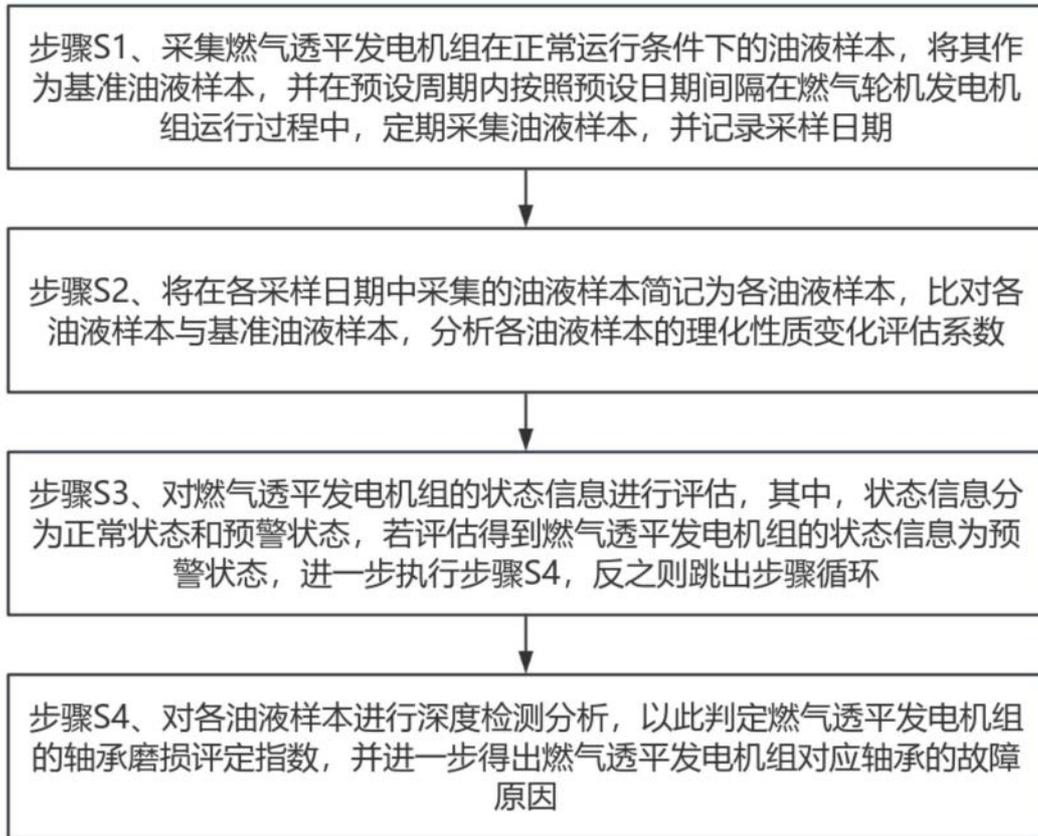


图1



图2