



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110703080 A

(43)申请公布日 2020.01.17

(21)申请号 201910982520.X

(22)申请日 2019.10.16

(71)申请人 河海大学

地址 210024 江苏省南京市鼓楼区西康路1号

(72)发明人 刘宝稳 马宏忠 许洪华 臧旭 张利 屈斌 汤容川 石琦 张育炜

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 范青青

(51)Int.Cl.

G01R 31/327(2006.01)

G01M 13/00(2019.01)

G01H 11/08(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图6页

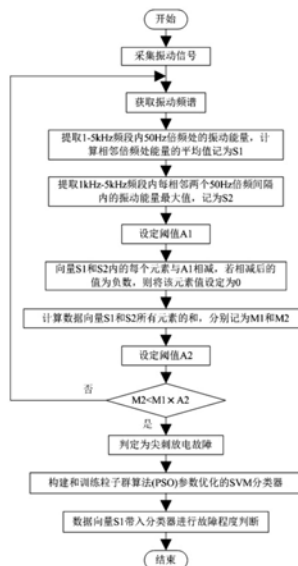
(54)发明名称

一种GIS尖刺放电诊断方法、放电程度识别方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种GIS尖刺放电诊断方法、放电程度识别方法及装置,该诊断方法包括:采集GIS法兰处的振动信号;获取振动信号的振动频谱;根据振动频谱,提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;根据振动频谱,提取预设振动频谱频段内每相邻两个预设倍频处之间的振动能量最大值,形成第二数据向量;根据第一数据向量及第二数据向量,结合预设的尖刺放电诊断条件,对GIS尖刺放电进行故障诊断。本发明具有诊断精度高、抗干扰能力强、应用方便的特点。

CN 110703080 A



1. 一种GIS尖刺放电诊断方法,其特征在于,包括如下步骤:  
采集GIS法兰处的振动信号;  
获取所述振动信号的振动频谱;  
根据所述振动频谱,提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;  
根据所述振动频谱,提取预设振动频谱频段内每相邻两个预设倍频处之间的振动能量最大值,形成第二数据向量;  
根据第一数据向量及第二数据向量,结合预设的尖刺放电诊断条件,对GIS尖刺放电进行故障诊断。
2. 根据权利要求1所述的一种GIS尖刺放电诊断方法,其特征在于:所述振动频谱通过对振动信号进行快速傅里叶变换获取。
3. 根据权利要求1所述的一种GIS尖刺放电诊断方法,其特征在于:所述预设振动频谱频段为1-5kHz,所述预设倍频为50Hz。
4. 根据权利要求1所述的一种GIS尖刺放电诊断方法,其特征在于,所述预设的尖刺放电诊断条件包括:  
将第一数据向量和第二数据向量内的每个元素分别与预设的第一阈值相减,若相减后的值为负数,则将该元素值设定为0,获取更新后的第一数据向量和第二数据向量;  
求取更新后的第一数据向量中所有元素的和,记为M1,再求取更新后的第二数据向量中所有元素的和,记为M2;  
若 $M2 < M1 \times A2$ ,则判定GIS尖刺放电故障,其中,A2为预设的第二阈值。
5. 根据权利要求4所述的一种GIS尖刺放电诊断方法,其特征在于:所述第一阈值为0.05mg,所述第二阈值为0.3。
6. 一种GIS尖刺放电程度识别方法,其特征在于,包括如下步骤:  
采集GIS法兰处得振动信号;  
获取所述振动信号的振动频谱;  
根据所述振动频谱,提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;  
将第一数据向量输入至训练好的粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型,获取GIS尖刺放点故障程度。
7. 根据权利要求6所述的一种GIS尖刺放电程度识别方法,其特征在于,所述粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型的训练方法包括:根据先验知识,将放电程度设置为起始放电阶段、临近击穿阶段和击穿阶段,并将先验数据带入粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型进行训练。
8. 根据权利要求6所述的一种GIS尖刺放电程度识别方法,其特征在于:所述粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型的初始种群数量为50,惩罚因子的取值范围是(0, 100),高斯核函数参数的取值范围是(0, 100),进化迭代数为100、交叉验证折数为5。
9. 一种GIS尖刺放电诊断装置,其特征在于,包括:  
采集模块:用于采集GIS法兰处的振动信号;  
振动频谱获取模块:用于获取所述振动信号的振动频谱;

第一数据向量获取模块:用于根据所述振动频谱,提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;

第二数据向量获取模块:用于根据所述振动频谱,提取预设振动频谱频段内每相邻两个预设倍频处之间的振动能量最大值,形成第二数据向量;

诊断模块:用于根据第一数据向量及第二数据向量,结合预设的尖刺放电诊断条件,对GIS尖刺放电进行故障诊断。

10. 一种GIS尖刺放电程度识别装置,其特征在于,包括:

采集模块:用于采集GIS法兰处得振动信号;

振动频谱获取模块:用于获取所述振动信号的振动频谱;

第一数据向量获取模块:用于根据所述振动频谱,提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;

故障程度获取模块:用于将第一数据向量输入至训练好的粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型,获取GIS尖刺放电故障程度。

## 一种GIS尖刺放电诊断方法、放电程度识别方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及GIS设备状态监测及故障诊断技术领域,具体是一种GIS尖刺放电诊断方法、放电程度识别方法及装置。

### 背景技术

[0002] 气体绝缘组合电器(Gas Insulated Switchgear,GIS)因其具有占地面积小、可靠性和安全性高等优点而得到广泛应用。由于制造安装、运行维护和在线诊断等方面存在技术欠缺,GIS故障时有发生,且故障后果严重。与闪络和击穿不同,PD(partial discharge,PD)是局部微小区域的放电现象,PD的存在意味着绝缘缺陷的初步显现。PD监测是诊断高压设备绝缘故障的最有效的方法之一。

[0003] 根据监测信号的不同,PD诊断方法分为脉冲电流法、特高频(Ultra-High Frequency,UHF)法、超声波法、振动法、SF<sub>6</sub>气体分解法等。脉冲电流法是唯一有国际标准(IEC 60270)的检测方法,但不能应用于GIS局部放电的在线监测。特高频法(UHF),具有抗干扰能力强的优点,但是工业现场检测准确率和可靠性等方面还有待提高。超声波法多用于在线监测,但是超声波法在工业现场复杂环境下的抗干扰能力较差。SF<sub>6</sub>气体分解法是根据PD分解出的气体成分实现故障诊断,具有较强的抗干扰性能,但是不能在线实时诊断。

[0004] 中国专利申请号为201610864972.4,专利名称为:一种基于振动信号的GIS局部放电类型识别系统及方法,该专利通过小波时频变换后的时间序列进行故障类型的识别;中国专利申请号为201610212054.3,专利名称为:基于振动信号的GIS设备局部放电检测方法,该专利通过4层小波分解变换,进行局部放电判断。现有方法缺少针对尖刺放电这一主要故障类型进行研究,且忽略了对振动频率的细致研究。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种GIS尖刺放电诊断方法、放电程度识别方法及装置,以解决现有技术中缺少针对尖刺放电这一主要故障类型进行研究,且忽略了对振动频率的细致研究的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0007] 第一方面,本发明提供了一种GIS尖刺放电诊断方法,包括如下步骤:

[0008] 采集GIS法兰处的振动信号;

[0009] 获取振动信号的振动频谱;

[0010] 根据振动频谱,提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;

[0011] 根据振动频谱,提取预设振动频谱频段内每相邻两个预设倍频处之间的振动能量最大值,形成第二数据向量;

[0012] 根据第一数据向量及第二数据向量,结合预设的尖刺放电诊断条件,对GIS尖刺放电进行故障诊断。

- [0013] 进一步的,振动频谱通过对振动信号进行快速傅里叶变换获取。
- [0014] 进一步的,预设振动频谱频段为1-5kHz,预设倍频为50Hz。
- [0015] 进一步的,预设的尖刺放电诊断条件包括:
- [0016] 将第一数据向量和第二数据向量内的每个元素分别与预设的第一阈值相减,若相减后的值为负数,则将该元素值设定为0,获取更新后的第一数据向量和第二数据向量;
- [0017] 求取更新后的第一数据向量中所有元素的和,记为M1,再求取更新后的第二数据向量中所有元素的和,记为M2;
- [0018] 若 $M2 < M1 \times A2$ ,则判定GIS尖刺放电故障,其中,A2为预设的第二阈值。
- [0019] 进一步的,所述第一阈值为0.05mg,所述第二阈值为0.3。
- [0020] 第二方面,本发明提供了一种GIS尖刺放电程度识别方法,包括如下步骤:
- [0021] 采集GIS法兰处得振动信号;
- [0022] 获取振动信号的振动频谱;
- [0023] 根据振动频谱,提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;
- [0024] 将第一数据向量输入至训练好的粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型,获取GIS尖刺放点故障程度。
- [0025] 进一步的,粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型的训练方法包括:根据先验知识,将放电程度设置为起始放电阶段、临近击穿阶段和击穿阶段,并将先验数据带入粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型进行训练。
- [0026] 进一步的,粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型的初始种群数量为50,惩罚因子的取值范围是(0,100),高斯核函数参数的取值范围是(0,100),进化迭代数为100、交叉验证折数为5。
- [0027] 第三方面,本发明提供了一种GIS尖刺放电诊断装置,包括:
- [0028] 采集模块:用于采集GIS法兰处的振动信号;
- [0029] 振动频谱获取模块:用于获取振动信号的振动频谱;
- [0030] 第一数据向量获取模块:用于根据振动频谱,提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;
- [0031] 第二数据向量获取模块:用于根据振动频谱,提取预设振动频谱频段内每相邻两个预设倍频处之间的振动能量最大值,形成第二数据向量;
- [0032] 诊断模块:用于根据第一数据向量及第二数据向量,结合预设的尖刺放电诊断条件,对GIS尖刺放电进行故障诊断。
- [0033] 第四方面,本发明提供了一种GIS尖刺放电程度识别装置,包括:
- [0034] 采集模块:用于采集GIS法兰处得振动信号;
- [0035] 振动频谱获取模块:用于获取振动信号的振动频谱;
- [0036] 第一数据向量获取模块:用于根据振动频谱,提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;
- [0037] 故障程度获取模块:用于将第一数据向量输入至训练好的粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型,获取GIS尖刺放电故障程度。
- [0038] 本发明首次发现GIS尖刺局部放电的振动能量集中分布在1-5kHz频段内的50Hz倍

频处,这一特征的发现可以很好的排除其他振动源的干扰。GIS尖刺PD振动能量的频域分布与脉冲间隔频率分布一致,这从深层次机理上解决了尖刺放电引发振动的深层次机理。

[0039] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:本发明提供了一种GIS尖刺放电诊断方法、放电程度识别方法及装置,根据振动频谱,通过提取预设振动频谱频段内预设倍频处的振动能量值,求取每相邻两个预设倍频处的振动能量值的平均值,以及提取预设振动频谱频段内每相邻两个预设倍频处之间的振动能量最大值,建立GIS尖刺局部放电特征数据库,基于粒子群算法(PSO)参数优化的支持向量机(SVM)分类器模型实现不同放电程度的模式识别,具有诊断精度高、抗干扰能力强、应用方便的特点。

### 附图说明

[0040] 图1是本发明实施例提供的GIS尖刺放电诊断与放电程度识别流程图;

[0041] 图2是本发明实施例提供的GIS尖刺放电故障试验模拟电路图;

[0042] 图3是本发明实施例提供的不同放电程度下GIS壳体的振动图谱(a) 56.3kV; (b) 62.7kV; (c) 74.6kV;

[0043] 图4是本发明实施例提供的尖刺PD振动的能量聚集现象(a) 56.3kV; (b) 62.7kV; (c) 74.6kV;

[0044] 图5是本发明实施例提供的PSO优化SVM参数的算法流程图;

[0045] 图6是本发明实施例提供的尖刺PD放电程度分类识别的适应度曲线图;

[0046] 图中:1-保护电阻、2-检测电阻、3-分压器、4-示波器、5-尖刺、6-加速度传感器。

### 具体实施方式

[0047] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0048] 如图1所示,本发明实施例提供了一种GIS尖刺放电诊断方法,包括如下步骤:

[0049] 采集GIS法兰处的振动信号;所使用的传感器为压电式加速传感器,传感器的灵敏度为500mV/g、量程为10g、采样频率为20kHz

[0050] 对振动信号进行快速傅里叶变换获取振动频谱;

[0051] 根据振动频谱,提取1-5kHz频段内50Hz倍频处的振动能量值,求取每相邻两个50Hz倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;

[0052] 根据振动频谱,提取1-5kHz频段内每相邻两个50Hz倍频处之间的振动能量最大值,形成第二数据向量;

[0053] 将第一数据向量和第二数据向量内的每个元素分别与预设的第一阈值相减,第一阈值为0.05mg,若相减后的值为负数,则将该元素值设定为0,获取更新后的第一数据向量和第二数据向量;

[0054] 求取更新后的第一数据向量中所有元素的和,记为M1,再求取更新后的第二数据向量中所有元素的和,记为M2;

[0055] 若 $M2 < M1 \times A2$ ,则判定GIS尖刺放电故障,其中,A2为预设的第二阈值,第二阈值为

0.3。

[0056] 如图1所示,本发明实施例提供一种GIS尖刺放电程度识别方法,包括如下步骤:

[0057] 采集GIS法兰处得振动信号;

[0058] 获取振动信号的振动频谱;

[0059] 根据振动频谱,提取1-5kHz频段内50Hz倍频处的振动能量值,求取每相邻两个50Hz倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;

[0060] 根据先验知识,将放电程度设置为起始放电阶段、临近击穿阶段和击穿阶段,并将先验数据带入粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型进行训练;粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型的初始种群数量为50,惩罚因子的取值范围是(0,100),高斯核函数参数的取值范围是(0,100),进化迭代数为100、交叉验证折数为5;

[0061] 将第一数据向量输入至训练好的粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型,获取GIS尖刺放点故障程度。

[0062] 本发明实施例提供一种GIS尖刺放电诊断装置,包括:

[0063] 采集模块:用于采集GIS法兰处的振动信号;

[0064] 振动频谱获取模块:用于获取振动信号的振动频谱;

[0065] 第一数据向量获取模块:用于根据振动频谱,提取1-5kHz频段内50Hz倍频处的振动能量值,求取每相邻两个50Hz倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;

[0066] 第二数据向量获取模块:用于根据振动频谱,提取1-5kHz频段内每相邻两个50Hz倍频处之间的振动能量最大值,形成第二数据向量;

[0067] 诊断模块:用于根据第一数据向量及第二数据向量,结合预设的尖刺放电诊断条件,对GIS尖刺放电进行故障诊断。

[0068] 本发明实施例提供一种GIS尖刺放电程度识别装置,包括:

[0069] 采集模块:用于采集GIS法兰处得振动信号;

[0070] 振动频谱获取模块:用于获取振动信号的振动频谱;

[0071] 第一数据向量获取模块:用于根据振动频谱,提取1-5kHz频段内50Hz倍频处的振动能量值,求取每相邻两个50Hz倍频处的振动能量值的平均值,形成第一数据向量;

[0072] 故障程度获取模块:用于将第一数据向量输入至训练好的粒子群算法参数优化的支持向量机分类器模型,获取GIS尖刺放电故障程度。

[0073] 为了更真实的模拟GIS内部尖刺放电故障,采用252kV ZF-16型GIS为本体,搭建了尖刺局部放电试验平台,试验平台主要由试验GIS本体、故障模型和多信号同步采集系统三部分,具体见图2的尖刺放电故障试验模拟电路原理图,试验的尖刺长度设置为60mm,其起始放电电压为55.02kV。图3为不同放电程度下GIS壳体的振动图谱;图4为尖刺PD振动的能量聚集现象。由图3和图4可知,GIS尖刺引发局部放电后会在1-5kHz的频率范围内引发异常振动,且振动能量集中在50Hz的倍频处。考虑现场背景噪声的影响,其故障参量能量值大于0.05mg的认定为有效值。

[0074] 试验设置的三种放电程度,每个放电程度采集了20组数据,总共60组数据。选择40组数据作为训练样本,20组数据为测试样本。基于粒子群算法(PSO)参数优化的SVM分类器(见图5)的初始种群数量为50,惩罚因子C的取值范围为 $0 < C < 100$ ,高斯核函数参数g的取值范围为 $0 < g < 100$ ,进化迭代数为100,交叉验证折数K设置为5。SVM分类运算时,先将数据集的

参数进行 $[0, 1]$ 区间的归一化,然后利用主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)对数据集进行降维。图6为PSO参数优化的SVM分类器的尖刺PD放电程度分类识别的适应度曲线。由图6可知,PSO参数优化的SVM分类器最佳分类准确率为96.6256%。因此,PSO参数优化的SVM分类器算法对基于振动的尖刺PD放电程度识别具有较高的分类准确度。

[0075] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。



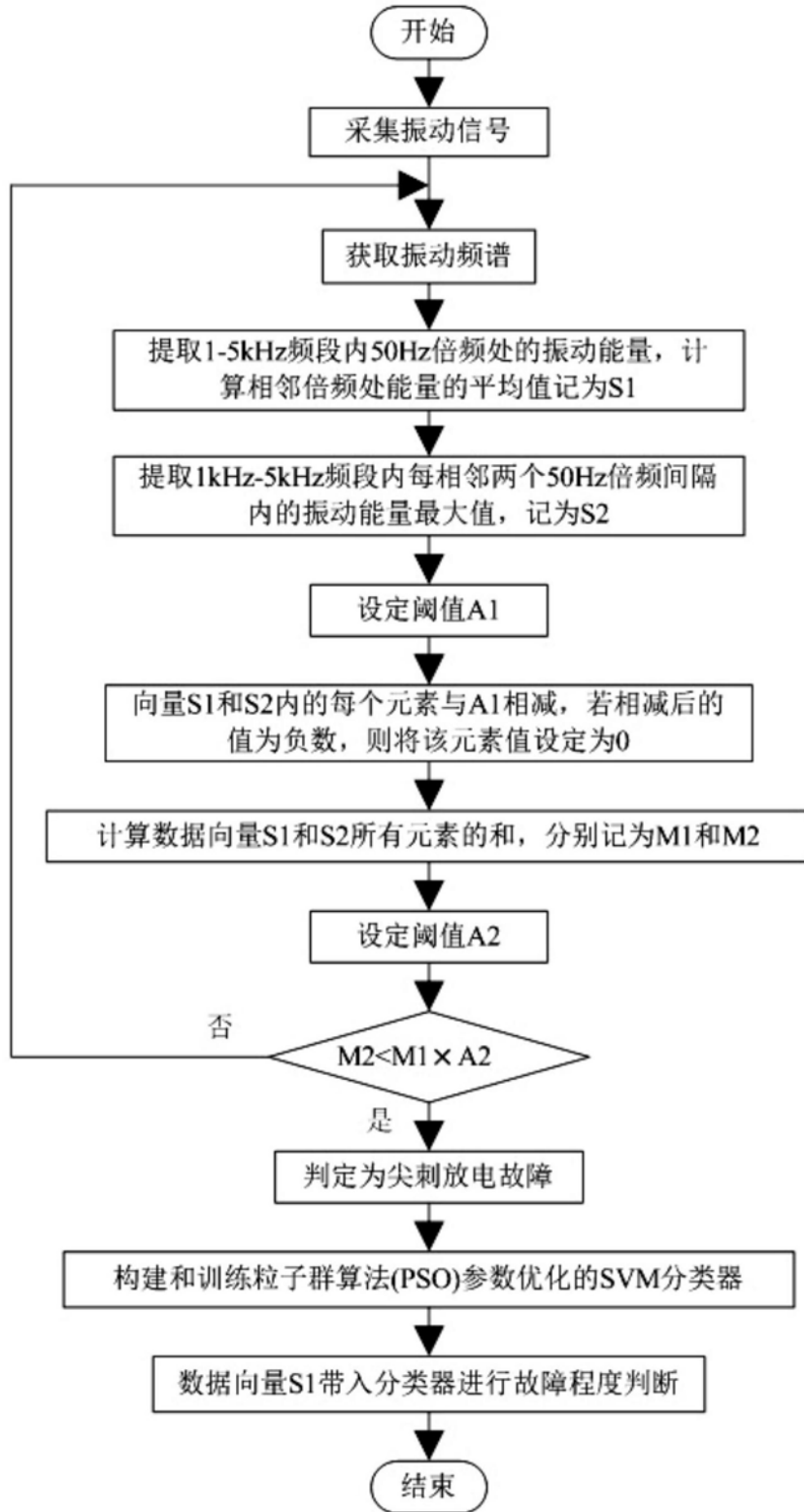


图1

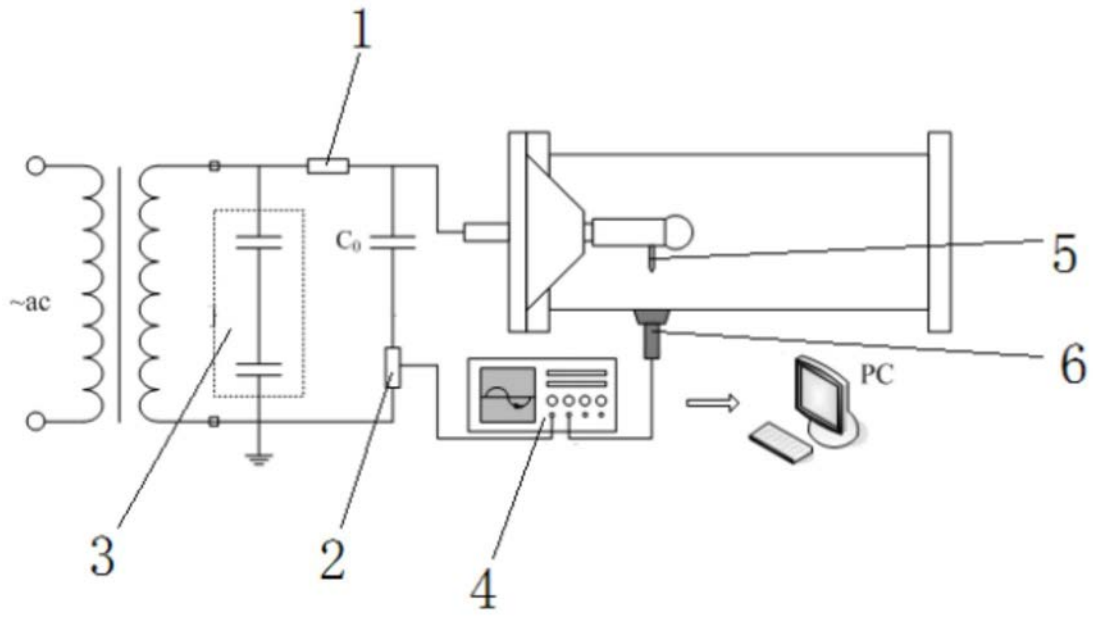
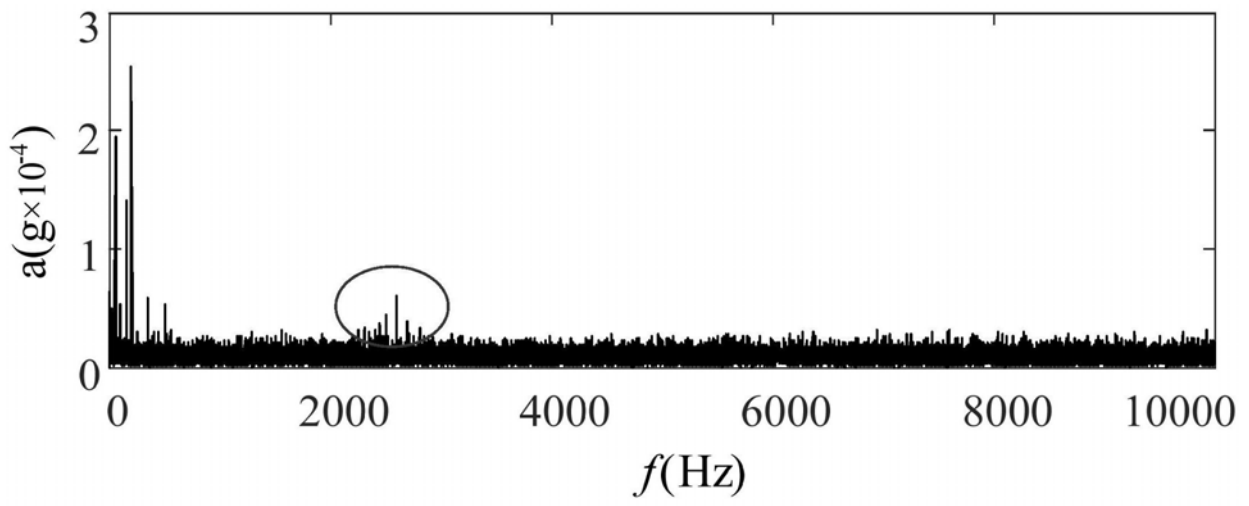


图2



(a)

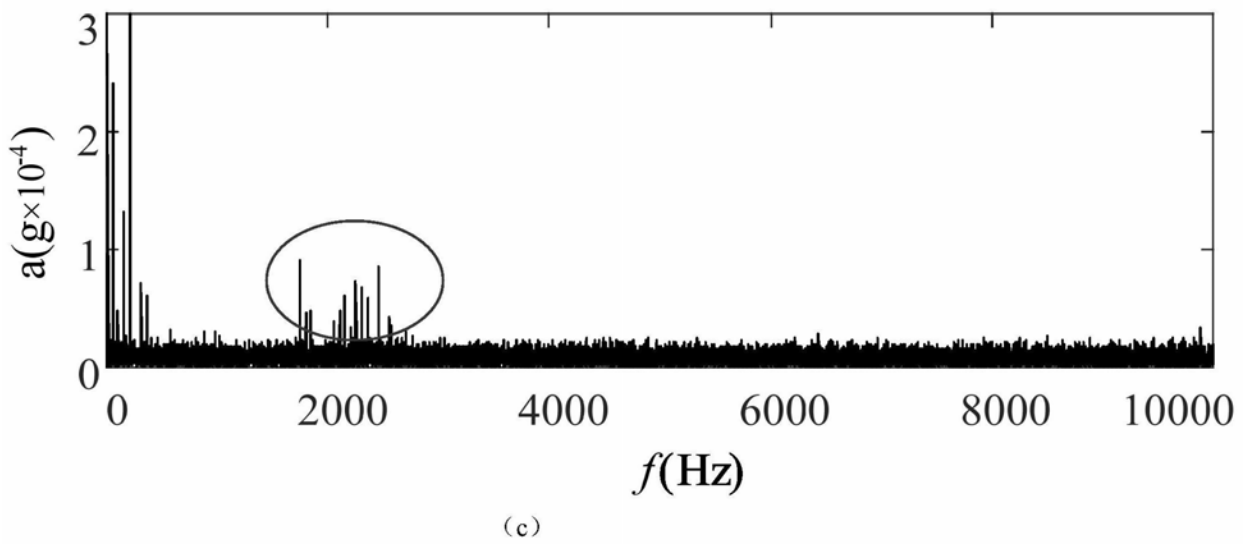
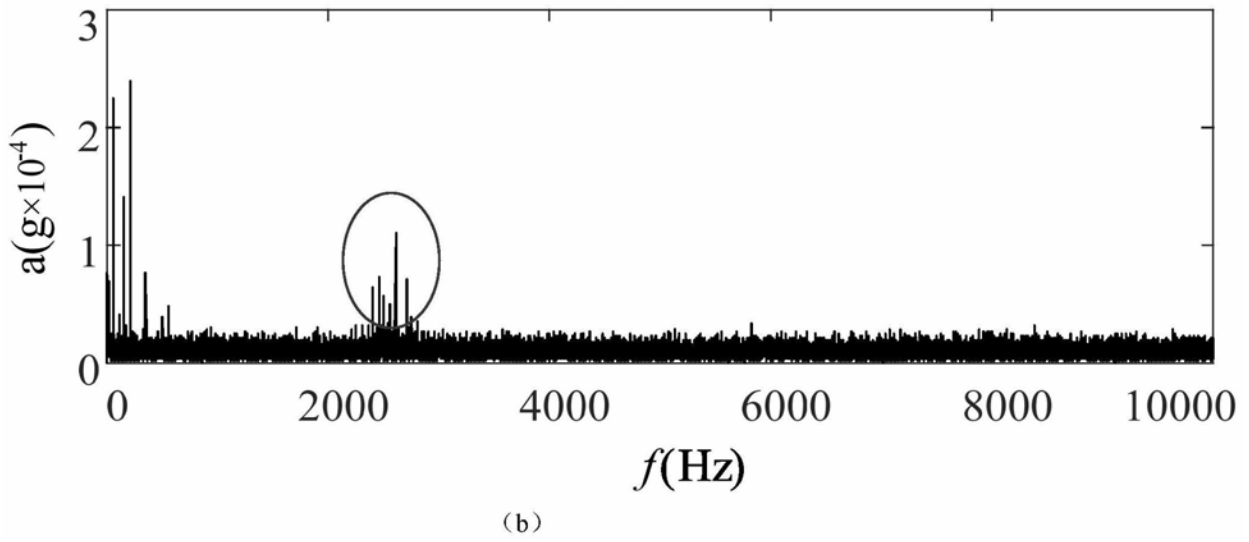
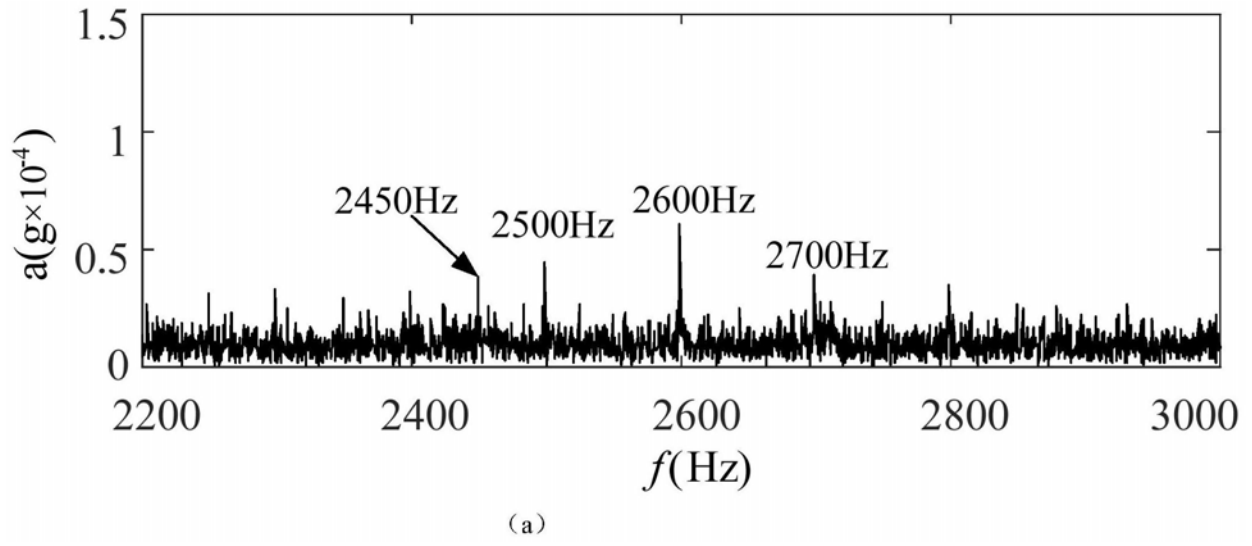


图3



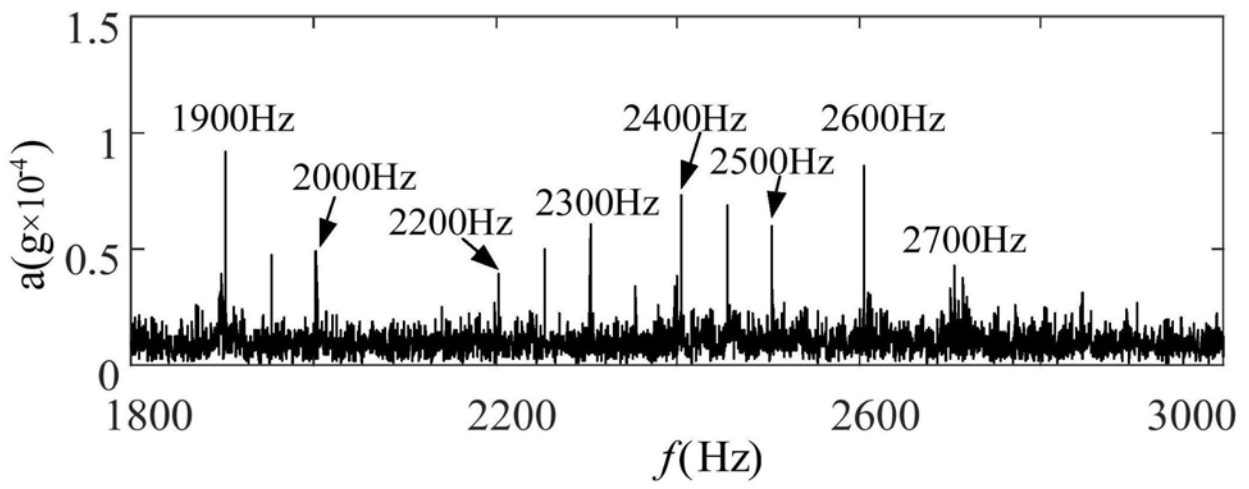
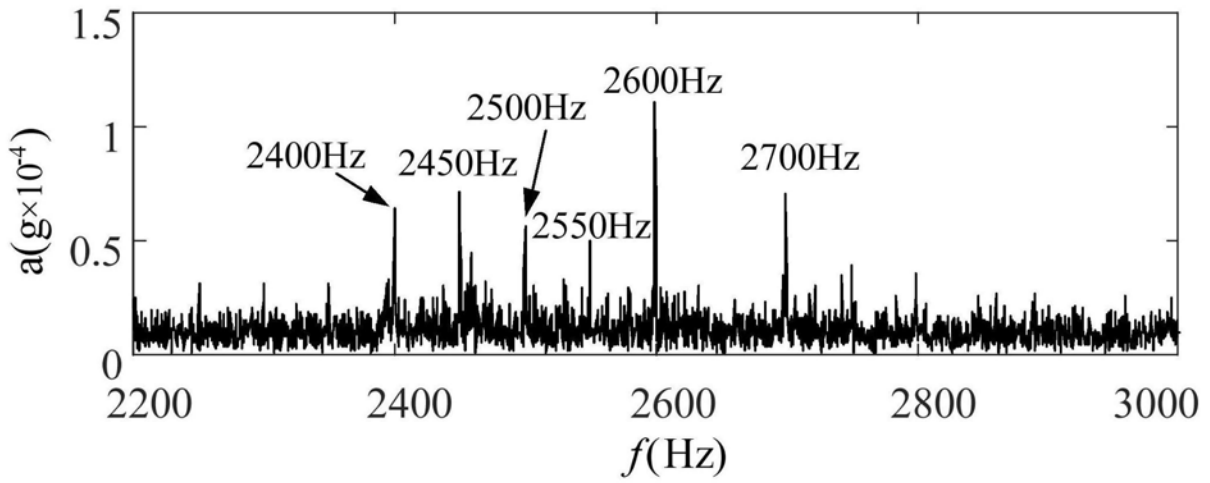


图4

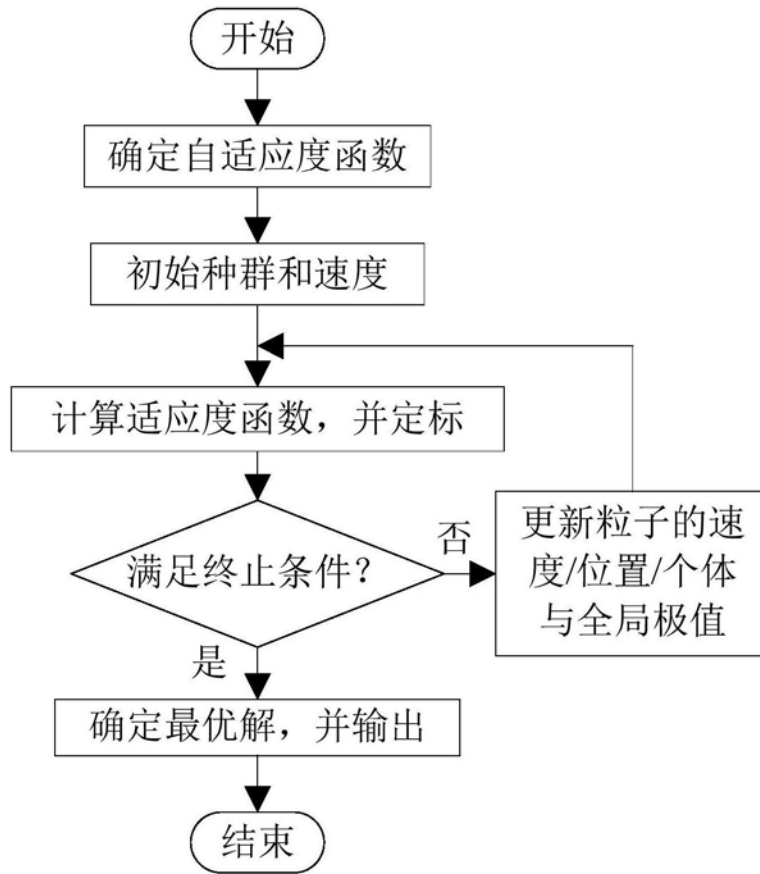


图5

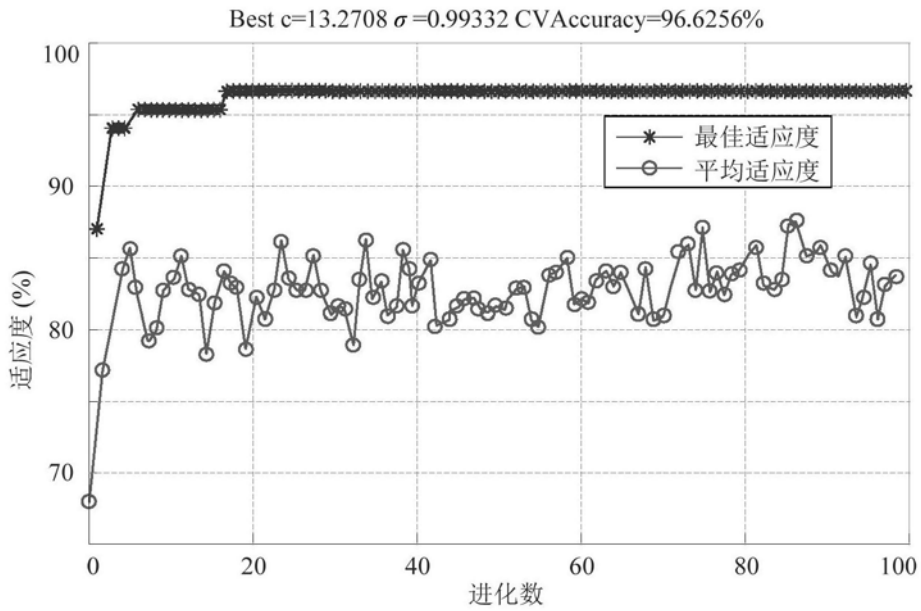


图6