



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104236697 B

(45)授权公告日 2017.02.15

(21)申请号 201410441731.X

(22)申请日 2014.09.01

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104236697 A

(43)申请公布日 2014.12.24

(73)专利权人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72)发明人 周琰 田孝忠 谭东杰 孙巍
马云宾 刘路 孟佳 邱红辉
王海明 蔡永军

(74)专利代理机构 北京华沛德权律师事务所
11302
代理人 刘杰

(51)Int.Cl.

G01H 9/00(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开2004-193244 A,2004.07.08,
CN 101551266 A,2009.10.07,
CN 101893476 A,2010.11.24,
US 2007/0247631 A1,2007.10.25,
CN 102928063 A,2013.02.13,

审查员 毕重连

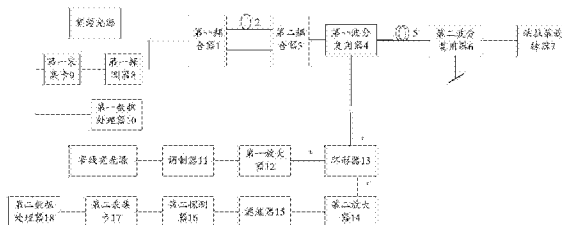
权利要求书3页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种基于波分复用的分布式光纤振动检测方法
方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于波分复用的分布式光纤振动检测方法及系统,其中,通过宽谱光源,第一耦合器,延时光纤,第二耦合器,第一波分复用器,传感光纤,第二波分复用器,法拉第旋转器,第一探测器和第一采集卡构成Sagnac传感系统检测振动信号的频率;通过窄线宽光源,调制器,第一放大器,环形器,第二放大器,滤波器,第二探测器,第二采集卡,第二数据处理器,第一波分复用器和第二波分复用器构成Φ-OTDR传感系统检测振动信号的发生位置,从而实现了振动信号位置和频率的同时检测。



1. 一种基于波分复用的分布式光纤振动检测系统,其特征在于,包括:

第一耦合器,用于将中心波长为 λ_1 的宽谱光源分为第一光束和第二光束;

第二耦合器,通过延时光纤和所述第一耦合器连接;所述延时光纤用于传输所述第一光束;所述第二耦合器用于从所述延时光纤处接收所述第一光束,以及直接从所述第一耦合器处接收所述第二光束;

第一波分复用器,用于从所述第二耦合器处分别接收所述第一光束和所述第二光束;

第二波分复用器,通过传感光纤和所述第一波分复用器连接;所述传感光纤用于分别传输所述第一光束和所述第二光束,所述第二波分复用器用于从所述传感光纤处分别接收所述第一光束和所述第二光束;

法拉第旋转器,和所述第二波分复用器连接,用于从所述第二波分复用器处接收并反射所述第一光束,以及接收并反射所述第二光束;然后通过所述第二波分复用器、所述传感光纤、所述第一波分复用器的相互配合将所述第一光束和所述第二光束分别传输给所述第二耦合器,以使所述第二耦合器将所述第一光束分光成第三光束,将所述第二光束分光成第四光束,然后将所述第三光束直接传输给所述第一耦合器,将所述第四光束通过所述延时光纤传输给所述第一耦合器,以使所述第一耦合器对所述第三光束和所述第四光束进行干涉;

第一探测器,和所述第一耦合器连接,用于接收所述第三光束和所述第四光束进行干涉之后形成的第一干涉信号,并将所述第一干涉信号转换为第一模拟电信号;

第一采集卡,和所述第一探测器连接,用于将所述第一模拟电信号转换为第一数字信号;

第一数据处理器,和所述第一采集卡连接,用于接收所述第一数字信号进行处理;

调制器,用于接收波长为 λ_2 的窄线宽光源,将所述窄线宽光源调制为脉冲光;

第一放大器,将所述脉冲光进行放大;

环形器,和所述第一放大器连接,用于将放大后的脉冲光传输至第一波分复用器并且传输第二干涉信号至第二放大器,其中,所述第二干涉信号是放大之后的脉冲光在传感光纤内产生的后向瑞利散射光相互干涉形成的;

第二放大器,和所述环形器连接,用于从所述环形器处接收所述第二干涉信号,并将所述第二干涉信号放大;

滤波器,和所述第二放大器连接,用于过滤由所述第二放大器在放大所述第二干涉信号的过程中产生的噪声信号;

第二探测器,和所述滤波器连接,用于将放大之后的第二干涉信号转换为第二模拟电信号;

第二采集卡,和所述第二探测器连接,用于将所述第二模拟电信号转换为第二数字信号;

第二数据处理器,和所述第二采集卡、所述第一数据处理器连接,用于通过处理所述第二数字信号,得到振动事件的发生位置,然后将所述振动事件的发生位置发送给所述第一数据处理器,以使所述第一数据处理器基于所述第一数字信号和所述振动事件的发生位置对所述振动事件的振动频率进行检测。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,

所述环形器还用于将所述放大之后的脉冲光传送给所述第一波分复用器；

所述第一波分复用器还用于将所述第一光束、所述第二光束和所述放大之后的脉冲光通过所述传感光纤一并传输给所述第二波分复用器。

3. 如权利要求2所述的系统,其特征在于,所述第二波分复用器具体还用于从所述传感光纤处接收所述第一光束、所述第二光束和所述放大之后的脉冲光,并将所述放大之后的脉冲光与所述第一光束、所述第二光束进行分离。

4. 一种基于波分复用的分布式光纤振动检测方法,所述方法应用在如权利要求1-3任意权项所述的基于波分复用的分布式光纤振动检测系统中,其特征在于,所述方法包括:

通过第一耦合器将中心波长为 λ_1 的宽谱光源分为第一光束和第二光束;

通过第二耦合器从延时光纤处接收所述第一光束,以及直接从所述第一耦合器处接收所述第二光束;

通过第一波分复用器从所述第二耦合器处分别接收所述第一光束和所述第二光束;

通过第二波分复用器从所述传感光纤处分别接收所述第一光束和所述第二光束;

所述法拉第旋转器从所述第二波分复用器处接收并反射所述第一光束,以及接收并反射所述第二光束;

通过所述第二波分复用器、所述传感光纤、所述第一波分复用器的相互配合,将所述第一光束和所述第二光束分别传输给所述第二耦合器;

通过所述第二耦合器将所述第一光束分光成第三光束,且将所述第二光束分光成第四光束,然后将所述第三光束直接传输给所述第一耦合器,将所述第四光束通过所述延时光纤传输给所述第一耦合器;

通过所述第一耦合器对所述第三光束和所述第四光束进行干涉;

通过第一探测器,接收所述第三光束和所述第四光束进行干涉之后形成的第一干涉信号,并将所述第一干涉信号转换为第一模拟电信号;

通过第一采集卡将所述第一模拟电信号转换为第一数字信号;

通过第一数据处理器接收所述第一数字信号;

通过调制器接收波长为 λ_2 的窄线宽光源,将所述窄线宽光源调制为脉冲光;

通过第一放大器将所述脉冲光进行放大;

通过环形器传输第二干涉信号,其中,所述第二干涉信号是放大之后的脉冲光产生的后向瑞利散射光相互干涉形成的;

通过第二放大器从所述环形器处接收所述第二干涉信号,并将所述第二干涉信号放大;

通过滤波器过滤由所述第二放大器在放大所述第二干涉信号的过程中产生的噪声信号;

通过第二探测器将放大之后的第二干涉信号转换为第二模拟电信号;

通过第二采集卡将所述第二模拟电信号转换为第二数字信号;

通过第二数据处理器处理所述第二数字信号,得到振动事件的发生位置,并将所述振动事件的发生位置发送给所述第一数据处理器,以使所述第一数据处理器基于所述第一数字信号和所述振动事件的发生位置对所述振动事件的振动频率进行检测。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

通过所述环形器将所述放大之后的脉冲光传送给所述第一波分复用器,以使所述第一波分复用器将所述第一光束、所述第二光束和所述放大之后的脉冲光通过所述传感光纤一并传输给所述第二波分复用器。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

通过所述第二波分复用器从所述传感光纤处接收所述第一光束、所述第二光束和所述放大之后的脉冲光,并将所述放大之后的脉冲光与所述第一光束、所述第二光束进行分离。

一种基于波分复用的分布式光纤振动检测方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及振动信号检测领域,特别涉及一种基于波分复用的分布式光纤振动检测方法及系统。

背景技术

[0002] 大型工程结构健康监测、输油管线维护、地质灾害预防等都需要采集振动信号,分布式光纤振动传感器由于具有传统传感器不可比拟的优势而成为了研究的热点。分布式光纤振动传感器利用光波在光纤传输时的输出相位、偏振等对振动敏感特征实现对光纤周围振动信号的实时检测。

[0003] 根据传感原理的不同,分布式光纤振动传感器可以分为干涉型和后向散射型两大类。基于Sagnac原理的光纤振动传感器属于前者,Sagnac干涉仪中两路传输路径相同的光波在探测器中发生干涉,外界振动使得两束光产生一定的相位差,对干涉信号进行解调得到振动信号的频率等信息,但是单Sagnac干涉仪对于振动信号的定位较为困难。

[0004] 基于相干瑞利散射的光纤振动传感器属于后向散射型。相干瑞利散射技术又称为相位敏感光时域反射技术(Φ -OTDR),利用传感光纤中的后向瑞利散射光干涉信号检测光纤周围振动信号,该技术最显著的优点是定位精度高,缺点是不能实现振动频率的检测。

[0005] 单一的传感器很难实现振动信号频率和位置的同时检测,为了实现该目标通常做法是在同一区域布设两套不同原理的光纤振动传感器,一套用于检测振动信号频率,一套用于检测振动位置。这样不仅需要占用的光纤数量增加而且使得成本大幅度提高。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种基于波分复用技术的分布式振动检测方法及系统,该方法可以实现振动信号频率和位置信息的同时检测。

[0007] 为解决不能够实现振动信号频率和位置信息的同时检测的技术问题,本发明提供一种基于波分复用技术的分布式振动检测方法及系统。

[0008] 其中,该系统将Sagnac传感技术和 Φ -OTDR传感技术相结合,使两种传感技术共用一根传感光纤。具体包括:第一耦合器,用于将中心波长为 λ_1 的宽谱光源分为第一光束和第二光束;第二耦合器,通过延时光纤和所述第一耦合器连接;所述延时光纤用于传输所述第一光束,增强Sagnac中的非互易效应;所述第二耦合器用于从所述延时光纤处接收所述第一光束,以及直接从所述第一耦合器处接收所述第二光束;第一波分复用器,用于从所述第二耦合器处分别接收所述第一光束和所述第二光束;第二波分复用器,通过传感光纤和所述第一波分复用器连接;所述传感光纤用于分别传输所述第一光束和所述第二光束,所述第二波分复用器用于从所述传感光纤处分别接收所述第一光束和所述第二光束;法拉第旋转器,和所述第二波分复用器连接,用于从所述第二波分复用器处接收并反射所述第一光束,以及接收并反射所述第二光束;然后通过所述第二波分复用器、所述传感光纤、所述第一波分复用器的相互配合将所述第一光束和所述第二光束分别传输给所述第二耦合器,以

使所述第二耦合器将所述第一光束分光成第三光束,将所述第二光束分光成第四光束,然后将所述第三光束直接传输给所述第一耦合器,将所述第四光束通过所述延时光纤传输给所述第一耦合器,以使所述第一耦合器对所述第三光束和所述第四光束进行干涉;第一探测器,和所述第一耦合器连接,用于接收所述第三光束和所述第四光束进行干涉之后形成的第一干涉信号,并将所述第一干涉信号转换为第一模拟电信号;第一采集卡,和所述第一探测器连接,用于将所述第一模拟电信号转换为第一数字信号;第一数据处理器,和所述第一采集卡连接,用于接收所述第一数字信号进行处理;

[0009] 窄线宽光源发出波长为 λ_2 的连续光,调制器用于接收波长为 λ_2 的连续光,将所述窄线宽光源调制为脉冲光;第一放大器,将所述脉冲光进行放大;环形器,和所述第一放大器连接,用于将放大后的脉冲光传输至第一波分复用器并且传输第二干涉信号至第二放大器,其中,所述第二干涉信号是放大之后的脉冲光在传感光纤内产生的后向瑞利散射光相互干涉形成的;第一波分复用器将波长为 λ_1 的宽谱光和波长为 λ_2 的脉冲光一起传输至传感光纤;第二放大器,和所述环形器连接,用于从所述环形器处接收所述第二干涉信号,并将所述第二干涉信号放大;滤波器,和所述第二放大器连接,用于过滤由所述第二放大器在放大所述第二干涉信号的过程中产生的噪声;第二探测器,和所述滤波器连接,用于将放大之后的第二干涉信号转换为第二模拟电信号;第二采集卡,和所述第二探测器连接,用于将所述第二模拟电信号转换为第二数字信号;第二数据处理器,和所述第二采集卡、所述第一数据处理器连接,用于通过处理所述第二数字信号,得到振动事件的发生位置,然后将所述振动事件的发生位置发送给所述第一数据处理器,以使所述第一数据处理器基于所述第一数字信号和所述振动事件的发生位置对所述振动事件的振动频率进行检测。

[0010] 优选的,所述环形器还用于将所述放大之后的脉冲光传送给所述第一波分复用器;所述第一波分复用器还用于将所述第一光束、所述第二光束和所述放大之后的脉冲光通过所述传感光纤一并传输给所述第二波分复用器。

[0011] 优选的,所述第二波分复用器具体还用于从所述传感光纤处接收所述第一光束、所述第二光束和所述放大之后的脉冲光,并将所述放大之后的脉冲光与所述第一光束、所述第二光束进行分离。

[0012] 另外,本发明还提供了一种基于波分复用的分布式光纤振动检测方法,所述方法应用在上述技术方案中的基于波分复用的分布式光纤振动检测系统中,其特征在于,所述方法包括:通过第一耦合器将中心波长为 λ_1 的宽谱光源分为第一光束和第二光束;

[0013] 通过第二耦合器从延时光纤处接收所述第一光束,以及直接从所述第一耦合器处接收所述第二光束;通过第一波分复用器从所述第二耦合器处分别接收所述第一光束和所述第二光束;通过第二波分复用器从所述传感光纤处分别接收所述第一光束和所述第二光束;所述法拉第旋转器从所述第二波分复用器处接收并反射所述第一光束,以及接收并反射所述第二光束;通过所述第二波分复用器、所述传感光纤、所述第一波分复用器的相互配合,将所述第一光束和所述第二光束分别传输给所述第二耦合器;通过所述第二耦合器将所述第一光束分光成第三光束,且将所述第二光束分光成第四光束,然后将所述第三光束直接传输给所述第一耦合器,将所述第四光束通过所述延时光纤传输给所述第一耦合器;通过所述第一耦合器对所述第三光束和所述第四光束进行干涉;通过第一探测器,接收所述第三光束和所述第四光束进行干涉之后形成的第一干涉信号,并将所述第一干涉信号转

换为第一模拟电信号;通过第一采集卡将所述第一模拟电信号转换为第一数字信号;通过第一数据处理器接收所述第一数字信号;通过调制器接收波长为 λ_2 的窄线宽光源,将所述窄线宽光源调制为脉冲光;通过第一放大器将所述脉冲光进行放大;通过环形器传输第二干涉信号,其中,所述第二干涉信号是放大之后的脉冲光产生的后向瑞利散射光相互干涉形成的;通过第二放大器从所述环形器处接收所述第二干涉信号,并将所述第二干涉信号放大;通过滤波器过滤由所述第二放大器在放大所述第二干涉信号的过程中产生的噪声信号;通过第二探测器将放大之后的第二干涉信号转换为第二模拟电信号;通过第二采集卡将所述第二模拟电信号转换为第二数字信号;通过第二数据处理器处理所述第二数字信号,得到振动事件的发生位置,并将所述振动事件的发生位置发送给所述第一数据处理器,以使所述第一数据处理器基于所述第一数字信号和所述振动事件的发生位置对所述振动事件的振动频率进行检测。

[0014] 优选的,所述方法还包括:通过所述环形器将所述放大之后的脉冲光传送给所述第一波分复用器,以使所述第一波分复用器将所述第一光束、所述第二光束和所述放大之后的脉冲光通过所述传感光纤一并传输给所述第二波分复用器。

[0015] 优选的,所述方法还包括:第一波分复用器还用于将经过法拉第旋转器反射回波长为 λ_1 的光(所述第一光束和所述第二光束)以及波长为 λ_2 的脉冲光产生的后向散射光(所述第二干涉信号)分离,将所述第一光束和所述第二光束传输至第二耦合器,将第二干涉信号传输至环形器。

[0016] 优选的,所述方法还包括:通过所述第二波分复用器从所述传感光纤处接收所述第一光束、所述第二光束和所述放大之后的脉冲光,并将所述放大之后的脉冲光与所述第一光束、所述第二光束进行分离,使得所述第一光束和所述第二光束经过法拉第旋转器反射回传感光纤,使得所述放大之后的脉冲光消耗掉。通过本发明的一个或者多个技术方案,本发明具有以下有益效果或者优点:

[0017] 本发明提供了一种基于波分复用的分布式光纤振动检测方法及系统,其中,通过宽谱光源,第一耦合器,延时光纤,第二耦合器,第一波分复用器,传感光纤,第二波分复用器,法拉第旋转器,第一探测器和第一采集卡构成Sagnac传感系统检测振动信号的频率;通过窄线宽光源,调制器,第一放大器,环形器,第二放大器,滤波器,第二探测器,第二采集卡,第二数据处理器,第一波分复用器和第二波分复用器构成 Φ -OTDR传感系统检测振动信号的发生位置,从而实现了振动信号位置和频率的同时检测。

附图说明

[0018] 图1为本发明实施例中基于波分复用的分布式光纤振动检测系统的架构图。

[0019] 附图标记说明:第一耦合器1,延时光纤2,第二耦合器3,第一波分复用器4,传感光纤5,第二波分复用器6,法拉第旋转器7,第一探测器8,第一采集卡9,第一数据处理器10,调制器11,第一放大器12,环形器13,第二放大器14,滤波器15,第二探测器16,第二采集卡17,第二数据处理器18。

具体实施方式

[0020] 为了使本申请所属技术领域中的技术人员更清楚地理解本申请,下面结合附图,

通过具体实施例对本申请技术方案作详细描述。

[0021] 实施例一：

[0022] 请参看图1,是基于波分复用的分布式光纤振动检测系统的架构图。

[0023] 其中,该系统具体包括:隔离器,第一耦合器1,延时光纤2,第二耦合器3,第一波分复用器4,传感光纤5,第二波分复用器6,法拉第旋转器7,第一探测器8,第一采集卡9,第一数据处理器10,调制器11,第一放大器12,环形器13,第二放大器14,滤波器15,第二探测器16,第二采集卡17,第二数据处理器18。

[0024] 下面介绍各个部件的连接关系及作用。

[0025] 其中,隔离器用来对中心波长为 λ_1 的宽谱光源进行处理。

[0026] 第一耦合器1通过延时光纤2和第二耦合器3连接,另外第一耦合器1也直接和第二耦合器3连接。第一耦合器1,用于将中心波长为 λ_1 的宽谱光源分为第一光束和第二光束。延时光纤2用于传输第一光束。第二耦合器3,第二耦合器3用于从延时光纤2处接收第一光束,以及直接从第一耦合器1处接收第二光束。

[0027] 第二耦合器3和第一波分复用器4连接。第一波分复用器4和第二波分复用器6通过传感光纤5连接。

[0028] 第一波分复用器4,用于从第二耦合器3处分别接收第一光束和第二光束。传感光纤5用于分别传输第一光束和第二光束,第二波分复用器6用于从传感光纤5处分别接收第一光束和第二光束;

[0029] 法拉第旋转器7,和第二波分复用器6连接,用于从第二波分复用器6处接收并反射第一光束,以及接收并反射第二光束;然后通过第二波分复用器6、传感光纤、第一波分复用器4的相互配合将第一光束和第二光束分别传输给第二耦合器3,以使第二耦合器3将第一光束分光成第三光束,将第二光束分光成第四光束,然后将第三光束直接传输给第一耦合器1,将第四光束通过延时光纤2传输给第一耦合器1,以使第一耦合器1对第三光束和第四光束进行干涉。

[0030] 第一探测器8,和第一耦合器1连接,用于接收第三光束和第四光束进行干涉之后形成的第一干涉信号,并将第一干涉信号转换为第一模拟电信号。

[0031] 第一采集卡9,和第一探测器8连接,用于将第一模拟电信号转换为第一数字信号。

[0032] 第一数据处理器10,和第一采集卡9连接,用于接收第一数字信号进行处理。

[0033] 以上,便是系统中的部件对宽谱光源处理的过程,下面介绍处理窄线宽光源时,各个部件的作用。

[0034] 调制器11,用于接收波长为 λ_2 的窄线宽光源,将窄线宽光源调制为脉冲光。

[0035] 第一放大器12,将脉冲光进行放大;

[0036] 环形器13,和第一放大器12连接,用于将放大后的脉冲光传输至第一波分复用器并且传输第二干涉信号至第二放大器14,其中,第二干涉信号是放大之后的脉冲光在传感光纤内产生的后向瑞利散射光相互干涉形成的。

[0037] 另外环形器13还用于将放大之后的脉冲光传送给第一波分复用器4。此时,第一波分复用器4还用于将第一光束、第二光束和放大之后的脉冲光通过传感光纤5一并传输给第二波分复用器6。此时,第二波分复用器6具体还用于从传感光纤处接收第一光束、第二光束和放大之后的脉冲光,并将放大之后的脉冲光与第一光束、第二光束进行分离。具体来说,

环形器13包含三个端口,其中b端口用来用于传输放大之后的脉冲光,a端口具体用来将由b端口传过来的放大之后的脉冲光传送给第一波分复用器4;c端口用来将第二干涉信号传输给第二放大器14。

[0038] 第二放大器14,和环形器13连接,用于从环形器13处接收第二干涉信号,并将第二干涉信号放大。

[0039] 滤波器15,和第二放大器14连接,用于过滤由第二放大器14在放大第二干涉信号的过程中产生的噪声信号;

[0040] 第二探测器16,和滤波器15连接,用于将放大之后的第二干涉信号转换为第二模拟电信号;

[0041] 第二采集卡17,和第二探测器16连接,用于将第二模拟电信号转换为第二数字信号;

[0042] 第二数据处理器18,和第二采集卡17、第一数据处理器10连接,用于通过处理第二数字信号,得到振动事件的发生位置,然后将振动事件的发生位置发送给第一数据处理器10,以使第一数据处理器10基于第一数字信号和振动事件的发生位置对振动事件的振动频率进行检测。

[0043] 基于同一发明构思,下面的实施例中介绍一种基于波分复用的分布式光纤振动检测方法。

[0044] 实施例二:

[0045] 请继续参看图1,Sagnac传感器和 Φ -OTDR传感器共用一根传感光纤。

[0046] 中心波长为 λ_1 的宽谱光源作为Sagnac传感器的光源,经过第一耦合器1分光之后变为两束光(即第一光束和第二光束)。其中,第一耦合器1包括但不限于是分光比为1:1的 2×2 耦合器。

[0047] 第一光束经过延迟光纤之后,再将进入到第二耦合器3中,第二光束不经过延迟光纤直接进入第二耦合器3。其中,第二耦合器3包括但不限于是分光比为1:1的 2×2 耦合器。

[0048] 延迟光纤的主要作用是用于增强Sagnac中的非互易效应。

[0049] 第一光束从第二耦合器3开始传送,经过第一波分复用器4、传感光纤和第二波分复用器6之后被法拉第旋转器7的旋转镜法反射后再次经过第二波分复用器6、传感光纤和第二波分复用器6之后,进入第二耦合器3。此时,第一光束会被第二耦合器3分为两束光。例如,第二耦合器3将第一光束分光成第三光束和另外的一束光束。第三光束不经过延迟光纤直接进入第一耦合器1。

[0050] 第二光束和第一光束经过路径相同,被第二耦合器3分为两束。例如,第二耦合器3将第二光束分光成第四光束和另外的一束光束。其中第四光束经过延迟光纤进入第一耦合器1。

[0051] 第三光束和第四光束这两束光在第一耦合器1内发生干涉,形成第一干涉信号。

[0052] 第一干涉信号经过被第一探测器8之后变为第一模拟电信号。第一探测器8,和第一耦合器1连接,用于接收第三光束和第四光束进行干涉之后形成的第一干涉信号,并将第一干涉信号转换为第一模拟电信号。

[0053] 第一采集卡9将第一探测器8的第一模拟电信号转化为第一数字信号,采集到的数据和 Φ -OTDR传感器的处理结果一起送入第一数据处理器10,然后对振动频率进行检测。

[0054] 波长为 λ_2 的窄线宽激光器作为 Φ -OTDR传感器的光源,其发出的连续光波经过调制器11之后,通过调制器11调制为脉冲光。

[0055] 第一放大器12将脉冲光进行放大,放大后的脉冲光经过环形器13之后和波长为 λ_1 的两束宽谱光经过第一波分复用器4之后进入传感光纤。脉冲光产生的后向瑞利散射光相互干涉,干涉信号通过环形器13的端口c进入第二放大器14,通过第二放大器14从环形器13处接收第二干涉信号,并将第二干涉信号放大。通过滤波器15过滤由第二放大器14在放大第二干涉信号的过程中产生的噪声信号。另外,对于环形器13来说,还可以通过环形器13将放大之后的脉冲光传送给第一波分复用器4,以使第一波分复用器4将第一光束、第二光束和放大之后的脉冲光通过传感光纤5一并传输给第二波分复用器6。然后,通过第二波分复用器6从传感光纤处接收第一光束、第二光束和放大之后的脉冲光,并将放大之后的脉冲光与第一光束、第二光束进行分离。

[0056] 第二探测器16将放大之后的第二干涉信号转换为第二模拟电信号。

[0057] 第二采集卡17将第二模拟电信号转换为第二数字信号。

[0058] 通过第二数据处理器18处理第二数字信号,得到振动事件的发生位置,并将振动事件的发生位置发送给第一数据处理器10,以使第一数据处理器10基于第一数字信号和振动事件的发生位置对振动事件的振动频率进行检测。

[0059] 为了防止反射回的脉冲光对干涉信号造成干扰,在法拉第旋转器7的前端加入第二波分复用器6以将波长为 λ_2 的脉冲光进行消耗。

[0060] 其中,第二波分复用器6的作用是将波长为 λ_1 的宽谱光和波长为 λ_2 的脉冲光分开,防止被法拉第旋转器7反射回的脉冲光对干涉信号造成干扰。

[0061] 检测原理是基于 Φ -OTDR的定位原理和Sagnac振动频率的解调原理而进行的,其中 Φ -OTDR传感技术中定位原理如下:

[0062] 波长为 λ_2 的脉冲光在传感光纤中传输,要求脉冲光的重复周期大于脉冲光在传感光纤中的传输时间,后向瑞利散射光信号相互干涉,对传感光纤同一位置处不同时刻的光强相除即可以得到振动信号的位置信息。

[0063] 具体的, Φ -OTDR传感器对振动事件定位原理如下:

[0064] (1):第二探测器16探测后向瑞利散射光,第二采集卡17实时采集数据,对同一位置相邻时刻采集到的信号 $V_1(1)$ 、 $V_2(1)$ 相除,这样能够有效减小背景噪声的影响,提高振动信号的信噪比:

$$[0065] \quad s(1) = \frac{V_2(1)}{V_1(1)} \quad (0 \leq 1 \leq L) \quad (1)$$

[0066] 式中,L为传感光纤长度。

[0067] (2)对于曲线 $s(1)$,设定电压阈值 v_0 ,超出阈值 v_0 记录时间 t_0 并进行定位,振动事件定位公式:

$$[0068] \quad L_0 = \frac{ct_0}{2n} \quad (2)$$

[0069] 式中,c为真空中光速,n为光纤纤芯折射率。

[0070] Sagnac传感技术中振动频率检测原理是现有的原理与理论,在得到两束波长为 λ_1 的宽谱光干涉信号之后,对传感光纤引起的相位变化进行分析得到式(6),其中 $\cos \omega_s(t - \frac{2L}{c})$

是时域信号,随着时间而改变。 $2\Delta\theta \sin\left(\omega_s \frac{\tau}{2}\right)$ 是一个与时间无关与振动信号发生位置相关的量,振动信号位置信息在 Φ -OTDR定位原理中可以得出,因此可以得到振动信号的频率信息。

[0071] 具体的,Sagnac传感器振动频率检测原理如下:

[0072] 假设振动信号的表达式为:

$$[0073] \quad x(t) = \Delta\theta \sin \omega_s t \quad (3)$$

[0074] 式中 $\Delta\theta$ 为振动信号的振幅, $\omega_s = 2\pi f_s$ 为振动信号的角频率。

[0075] 在第一耦合器1中相互干涉的两束光经过振动事件位置的时刻分别为 t_1 、 t_2 ,则两束光经过振动信号时引起的相位变化分别为:

$$[0076] \quad \theta_1(t) = \Delta\theta \sin \omega_s (t - t_1) \quad (4)$$

$$[0077] \quad \theta_2(t) = \Delta\theta \sin \omega_s (t - t_2) \quad (5)$$

[0078] 两束光的相位差为:

$$[0079] \quad \begin{aligned} \theta(t) &= \theta_1(t) - \theta_2(t) = \Delta\theta [\sin \omega_s (t - t_1) - \sin \omega_s (t - t_2)] \\ &= 2\Delta\theta \sin\left(\omega_s \frac{\tau}{2}\right) \cos \omega_s \left(t - \frac{\tau}{2}\right) \end{aligned} \quad (6)$$

[0080] 式中 τ_T 为光在传感光纤中的传输时间:

$$[0081] \quad \tau_T = Ln/c \quad (7)$$

[0082] τ_d 为干涉的两束光在经过振动事件位置处的时间差:

$$[0083] \quad \tau_d = \frac{2\Delta L \sin \theta / \lambda}{x} \quad (8)$$

[0084] τ_T 和 τ_d 都可以根据 Φ -OTDR中的计算结果得到,对(6)式作傅里叶变化即可以得出振动信号的频率。

[0085] 基于前述检测原理,本发明可以同时检测振动信号的位置和频率,能够提供振动信号的更多信息以便对振动信号进行判断。

[0086] 通过本发明的一个或者多个实施例,本发明具有以下有益效果或者优点:

[0087] 本发明提供了一种基于波分复用的分布式光纤振动检测方法及系统,其中,通过第一耦合器,延时光纤,第二耦合器,第一波分复用器,传感光纤,第二波分复用器,法拉第旋转器,第一探测器,第一采集卡,第一数据处理器;调制器,第一放大器,环形器,第二放大器,滤波器,第二探测器,第二采集卡,第二数据处理器,实现了振动信号位置和频率的同时检测。并且对振动事件进行定位准确,有效提高了信噪比。

[0088] 尽管已描述了本申请的优选实施例,但本领域内的普通技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本申请范围的所有变更和修改。

[0089] 显然,本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样,倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内,则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

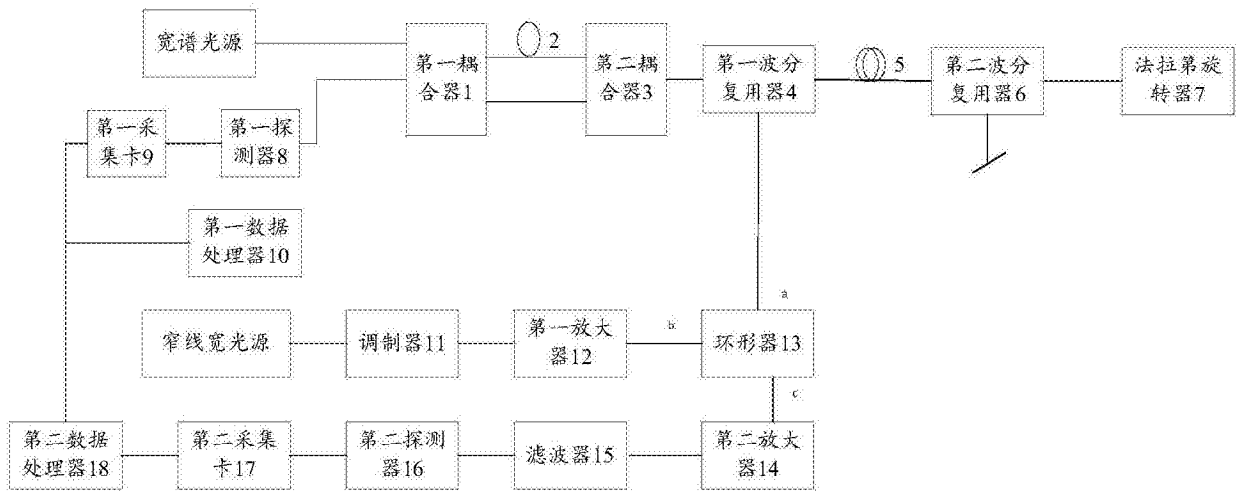


图1