



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107402320 B

(45)授权公告日 2019.05.10

(21)申请号 201710548882.9

审查员 李俊红

(22)申请日 2017.07.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107402320 A

(43)申请公布日 2017.11.28

(73)专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72)发明人 付松年 杨正 姜智升 唐明

朱本鹏

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 李智 曹葆青

(51)Int.Cl.

G01R 15/24(2006.01)

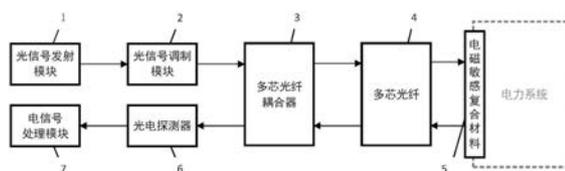
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统

(57)摘要

本发明公开了一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,包括:光信号发射模块、光信号调制模块、多芯光纤耦合器、多芯光纤、电磁敏感复合材料、光电探测器和电信号处理模块;多芯光纤的一端与所述多芯光纤耦合器的一端相连,多芯光纤的另一端与电磁敏感复合材料的反射面保持一定距离,电磁敏感复合材料连接在待测电力系统中。本发明系统具有抗电磁干扰性强、安全性高、成本低廉、结构灵活和可靠性好等优点,同时既能测量直流信号也能测量交流信号,还可与不同复合材料相结合,实现其他物理参数的测量。



1. 一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,其特征在于,包括:光信号发射模块(1)、光信号调制模块(2)、多芯光纤耦合器(3)、多芯光纤(4)、电磁敏感复合材料(5)、光电探测器(6)和电信号处理模块(7);

所述多芯光纤耦合器(3)包括N个单芯并行支路,所述多芯光纤(4)包括N个纤芯, $N \geq 2$;

所述光信号发射模块(1)的输出端通过光信号调制模块(2)与多芯光纤耦合器(3)的n个单芯并行支路连接, $1 \leq n < N$;

所述多芯光纤耦合器(3)的其它(N-n)个单芯并行支路通过所述光电探测器(6)与所述电信号处理模块(7)的输入端相连;

所述多芯光纤(4)的一端与所述多芯光纤耦合器(3)的一端相连,多芯光纤(4)的另一端与电磁敏感复合材料(5)的反射面保持一定距离,所述电磁敏感复合材料(5)连接在待测电力系统中。

2. 如权利要求1所述的一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,其特征在于,所述电磁敏感复合材料(5)接收待测电力系统的直流电信号产生固定位移,接收待测电力系统的交流信号产生同频率的机械振动,电磁敏感复合材料(5)与多芯光纤端面距离小于10mm,夹角小于 5° 。

3. 如权利要求2所述的一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,其特征在于,所述系统在工作时,光信号发射模块(1)产生光束经由光信号调制模块(2)进行调制产生信号光,多芯光纤耦合器(3)的n个单芯并行支路与多芯光纤(4)的n个纤芯连接并传输信号光,信号光在多芯光纤(4)端面出射至电磁敏感复合材料(5)表面发生反射,多芯光纤(4)的另外(N-n)个纤芯接收反射光,并与多芯光纤耦合器(3)的另外(N-n)个单芯并行支路连接传输反射光至光电探测器(6)进行光电转换,得到的电信号经电信号处理模块(7)处理得到接收光功率,利用接收光功率获得电磁敏感复合材料(5)的固定位移或者机械振动产生的位移,结合电磁敏感复合材料的磁致伸缩效应得到待测电力系统的待测电量信息。

4. 如权利要求3所述的一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,其特征在于,所述电信号处理模块(7)包括:放大电路、带通滤波器、相敏检波电路、低通滤波器、模数转换器和上位机处理模块,放大电路和带通滤波器对电信号进行初步放大和去噪,经相敏检波电路对信号频率进行锁相放大,再由低通滤波电路滤除大部分噪声后,由模数转换器转换为数字信号并在上位机处理模块进行处理,得到接收光功率。

5. 如权利要求4所述的一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,其特征在于,所述上位机处理模块包括数据采集电路、数据传输电路、数据处理模块,数据采集电路获取数字信号,由数据传输电路传输至数据处理模块中得到接收光功率。

6. 如权利要求1-5任一所述的一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,其特征在于,所述光信号发射模块(1)为非相干光源,包括:LED、宽带光源和ASE光源。

7. 如权利要求6所述的一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,其特征在于,所述光信号发射模块(1)为LED。

8. 如权利要求1-5任一所述的一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,其特征在于,所述光信号调制模块(2)包括驱动电路和调制电路,驱动电路用于限制通过光源的电流输出信号光,调制电路用于接收信号光输出稳定的信号光。

9. 如权利要求1-5任一所述的一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,其特征在

于,所述光电探测器(6)为PIN光电二极管或者APD雪崩二极管。

一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统

技术领域

[0001] 本发明属于光纤传感领域,更具体地,涉及一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统。

背景技术

[0002] 智能电网即电网的智能化,被称为“电网2.0”,是建立在集成高速双向通信网络的基础上,通过先进传感、测量、控制、设备与决策支持系统技术,实现电网可靠、安全、经济、高效、绿色的使用。在智能电网中,传感设备要实时监测电网系统中电压电流等信息,结合通信、自动控制技术等与电网基础设施有机融合,获取电网全景信息,及时预防与发现故障,并快速隔离故障,实现自我恢复。因此,高效、准确、节能的传感系统是智能电网中的关键环节。

[0003] 目前电网所采用的传感设备主要为电类传感器,输入输出信号均为电信号,如电压传感器可分为电阻分压器、电容分压器、电磁式电压互感器、电容式电压互感器以及霍尔电压传感器等,电流传感器分为分流器、电磁式电流互感器以及电子式电流互感器等。在复杂电磁环境或长距离传输情况下,电类传感器的信号采集与传输将变得困难;且传感部分均为有源器件,操作性和安全性都比较差,在高电压电流线路中为满足绝缘要求,需要复杂的工艺手段。此外,传统电类传感器需要耦合进待测系统中,其准确性会受到电压电流水平、频率波动、负载波动、剩磁、地磁感应电流等多种因素的影响。

[0004] 随着光纤制造工艺的发展,人们开始探索尝试利用介质的磁光效应即Faraday效应来替代电磁感应原理来进行电流的测量。目前大部分的光纤电流传感器是利用Faraday效应实现传感,并利用光纤完成信息传输的电流测量装置。受到光纤双折射等因素的影响,目前光纤电流电压传感器在可靠性、稳定性与测量精度等方面均有待提高,且仅限于测量直流信号,成熟的实用化的产品很少,大部分都停留在实验室的原理样机阶段。

[0005] 由此可见,现有技术存在安全性差、抗干扰能力差、准确性不高、可靠性差且仅限于测量直流信号的技术问题。

发明内容

[0006] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,由此解决现有技术存在安全性差、抗干扰能力差、准确性不高、可靠性差且仅限于测量直流信号的技术问题。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,包括:

[0008] 光信号发射模块、光信号调制模块、多芯光纤耦合器、多芯光纤、电磁敏感复合材料、光电探测器和电信号处理模块;

[0009] 多芯光纤耦合器包括N个单芯并行支路,所述多芯光纤包括N个纤芯, $N \geq 2$;

[0010] 光信号发射模块的输出端通过光信号调制模块与多芯光纤耦合器的n个单芯并行

支路连接, $1 \leq n < N$;

[0011] 多芯光纤耦合器的其它 $(N-n)$ 个单芯并行支路通过所述光电探测器与所述电信号处理模块的输入端相连;

[0012] 多芯光纤的一端与所述多芯光纤耦合器的一端相连,多芯光纤的另一端与电磁敏感复合材料的反射面保持一定距离,所述电磁敏感复合材料连接在待测电力系统中。

[0013] 进一步的,电磁敏感复合材料接收待测电力系统的直流电信号产生固定位移,接收待测电力系统的交流信号产生同频率的机械振动,电磁敏感复合材料与多芯光纤端面距离小于10mm,夹角小于 5° 。

[0014] 进一步的,系统在工作时,光信号发射模块产生光束经由光信号调制模块进行调制产生信号光,多芯光纤耦合器的 n 个单芯并行支路与多芯光纤的 n 个纤芯连接并传输信号光,信号光在多芯光纤端面出射至电磁敏感复合材料表面发生反射,多芯光纤的另外 $(N-n)$ 个纤芯接收反射光,并与多芯光纤耦合器的另外 $(N-n)$ 个单芯并行支路连接传输反射光至光电探测器进行光电转换,得到的电信号经电信号处理模块处理得到接收光功率,利用接收光功率获得电磁敏感复合材料的固定位移或者机械振动产生的位移,结合电磁敏感复合材料的磁致伸缩效应得到待测电力系统的待测电量信息。

[0015] 进一步的,电信号处理模块包括:放大电路、带通滤波器、相敏检波电路、低通滤波器、模数转换器和上位机处理模块,放大电路和带通滤波器对电信号进行初步放大和去噪,经相敏检波电路对信号频率进行锁相放大,再由低通滤波电路滤除大部分噪声后,由模数转换器转换为数字信号并在上位机处理模块进行处理,得到接收光功率。

[0016] 进一步的,上位机处理模块包括数据采集电路、数据传输电路、数据处理模块,数据采集电路获取数字信号,由数据传输电路传输至数据处理模块中得到接收光功率。

[0017] 进一步的,光信号发射模块为非相干光源,包括:LED、宽带光源和ASE光源。

[0018] 优选的,光信号发射模块为LED。

[0019] 进一步的,光信号调制模块包括驱动电路和调制电路,驱动电路用于限制通过光源的电流输出信号光,调制电路用于接收信号光输出稳定的信号光。

[0020] 进一步的,光电探测器为PIN光电二极管或者APD雪崩二极管。

[0021] 优选的,光电探测器为PIN光电二极管。

[0022] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0023] (1) 由于本发明利用电磁敏感复合材料实现反射型强度调制的工作方式,大大简化了设计结构,降低了成本;一个纤芯表示一个通道,利用多芯光纤多通道的独立性,提高了系统灵敏度和测量范围,且可以根据实际需求调整收发结构,具有物理层的灵活性;利用多芯光纤和电磁敏感复合材料的无源性,提高了系统的抗电磁干扰能力、安全性和可靠性。

[0024] (2) 优选的,基于磁致伸缩效应,在合适的边界条件下,电磁敏感材料对直流电信号能产生固定的位移,对交流信号能产生同频率的机械振动,因此该系统既能测量直流信号,也能测量交流信号;将此系统与其它复合材料结合,还可以实现其他物理参数的测量,如利用压电陶瓷的逆压电效应,可实现对电压信号的测量。

[0025] (3) 优选的,电磁敏感复合材料与多芯光纤端面距离小于10mm,夹角小于 5° ,在结构紧凑的同时保证测量的准确性呢,是的本发明系统达到最佳工作效果。

[0026] (4) 优选的,由于LED光源使用方便、体积小、成本低、寿命长、工作稳定,更适用于传感系统中。PIN二极管制造工艺简单,成本低,工作电压低,抗噪声性能好,适用于中、短距离探测系统。

附图说明

[0027] 图1是本发明实施例提供的一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统的结构示意图;

[0028] 图2为本发明实施例提供的多芯光纤端面图;

[0029] 图3为实施例提供的线性磁致伸缩率随外磁场强度变化关系曲线示意图;

[0030] 图4为实施例提供的接收光功率随反射面位移量变化关系曲线示意图。

具体实施方式

[0031] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0032] 如图1所示,本发明提供了一种反射型强度调制多芯光纤电流传感系统,包括:

[0033] 光信号发射模块1、光信号调制模块2、多芯光纤耦合器3、多芯光纤4、电磁敏感复合材料5、光电探测器6和电信号处理模块7;

[0034] 多芯光纤耦合器3包括N个单芯并行支路,所述多芯光纤4包括N个纤芯, $N \geq 2$;

[0035] 光信号发射模块1的输出端通过光信号调制模块2与多芯光纤耦合器3的n个单芯并行支路连接, $1 \leq n < N$;整个器件的固有插入损耗小于2dB;

[0036] 多芯光纤耦合器3的其它(N-n)个单芯并行支路通过所述光电探测器6与所述电信号处理模块7的输入端相连;

[0037] 所述多芯光纤4的一端与所述多芯光纤耦合器3的一端相连,多芯光纤4的另一端与电磁敏感复合材料5的反射面保持一定距离,所述电磁敏感复合材料5连接在待测电力系统中。

[0038] 在本发明实施例中,电磁敏感复合材料5接收待测电力系统的直流电信号产生固定位移,接收待测电力系统的交流信号产生同频率的机械振动,电磁敏感复合材料5与多芯光纤端面距离小于10mm,夹角小于 5° 。

[0039] 当所述电磁敏感复合材料连接在待测电力系统中时,由待测电场产生磁场,在磁场作用下,铁磁晶体被磁化,宏观上表现为线性尺寸的伸长或缩短,即线性磁致伸缩效应。对于待测直流电信号,经电磁材料如线圈等可产生直流磁场,所述电磁敏感复合材料在直流磁场作用下产生一定位移;交流信号可产生交变磁场,使所述电磁敏感复合材料发生反复伸长或缩短,从而将待测电信号转变为微位移。由于线性磁致伸缩方向与磁场方向无关,在待测交流信号作用下所述电磁敏感复合材料的振动频率与磁场方向无关,因此振动频率为待测信号的两倍,即倍频效应;实践中可以利用直流电信号或永久磁铁产生一个合适的恒定偏置磁场,使振动频率与待测信号相同。

[0040] 电磁敏感复合材料的微位移时,主要是由于当所述电磁敏感复合材料的端面为反

射面,当反射面位置变化时,所述多芯光纤发射通道端面的出射光传输至反射面上的光场分布会发生变化,经反射传输至多芯光纤接收通道端面处的光场分布也会发生变化,从而改变接收光功率,当传感系统的其他参数一定时,接收光功率大小只与所述电磁敏感复合材料的位移量有关,因此测量接收光功率就能获得所述电磁敏感复合材料的位移量,从而间接测得待测电量信息。

[0041] 在本发明实施例中,系统在工作时,光信号发射模块1产生光束经由光信号调制模块2进行调制产生信号光,多芯光纤耦合器3的n个单芯并行支路与多芯光纤4的n个纤芯连接并传输信号光,信号光在多芯光纤4端面出射至电磁敏感复合材料5表面发生反射,多芯光纤端面示意图参见图2,多芯光纤4的另外(N-n)个纤芯接收反射光,并与多芯光纤耦合器3的另外(N-n)个单芯并行支路连接传输反射光至光电探测器6进行光电转换,得到的电信号经电信号处理模块7处理得到接收光功率,利用接收光功率获得电磁敏感复合材料5的固定位移或者机械振动产生的位移,结合电磁敏感复合材料的磁致伸缩效应得到待测电力系统的待测电量信息。

[0042] 在本发明实施例中,电信号处理模块7包括:放大电路、带通滤波器、相敏检波电路、低通滤波器、模数转换器和上位机处理模块,放大电路和带通滤波器对电信号进行初步放大和去噪,经相敏检波电路对信号频率进行锁相放大,再由低通滤波电路滤除大部分噪声后,由模数转换器转换为数字信号并在上位机处理模块进行处理,得到接收光功率。

[0043] 在本发明实施例中,上位机处理模块包括数据采集电路、数据传输电路、数据处理模块,数据采集电路获取数字信号,由数据传输电路传输至数据处理模块中得到接收光功率。

[0044] 在本发明实施例中,光信号发射模块1为非相干光源,包括:LED、宽带光源和ASE光源。

[0045] 在本发明实施例中,优选的,光信号发射模块1为LED。

[0046] 在本发明实施例中,光信号调制模块2包括驱动电路和调制电路,驱动电路用于限制通过光源的电流输出信号光,调制电路用于接收信号光输出稳定的信号光。

[0047] 在本发明实施例中,光电探测器6为PIN光电二极管或者APD雪崩二极管。

[0048] 在本发明实施例中,优选的,光电探测器6为PIN光电二极管。

[0049] 电磁敏感复合材料连接在待测电力系统中,由于线性磁致伸缩效应,其反射面位移量随待测电流变化而变化;同时反射面位移量会对光纤接收功率进行调制,通过分析接收功率即可获得待测电流等信息。线性磁致伸缩效应可以用可用磁致伸缩率 λ 表示

$$[0050] \quad \lambda = \frac{\Delta l}{l}$$

[0051] 式中 Δl 为磁场作用下材料长度变化量,l为材料长度,典型的磁致伸缩率随外磁场强度变化关系曲线如图3,可以看出随着磁场强度增加,磁致伸缩率不断增加后趋于饱和。典型的接收光功率随反射面位移量变化关系曲线如图4所示,可以看出当d很小时,反射光场与多芯光纤的接收纤芯没有交集,接收不到光功率,即产生死区;随着距离d增大,接收到的光功率随着交叠区域面积的增大而急剧变大,这一区间线性度较好,灵敏度高,适用于测量本传感系统中材料产生的微位移;当反射光场完全覆盖接收纤芯时能接收到最多的光

功率,接受光功率随之逐渐达到最大值;随着距离 d 继续增大,反射光场光强减小,而两者交叠面积为恒定,导致耦合进入接收光纤的光功率减小。

[0052] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

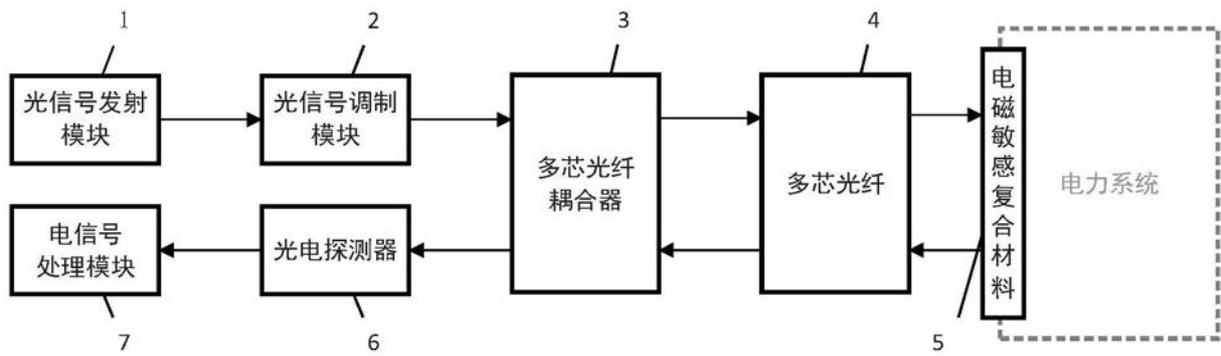


图1

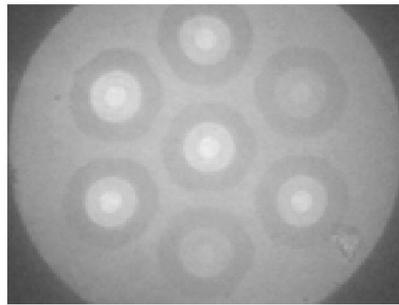


图2

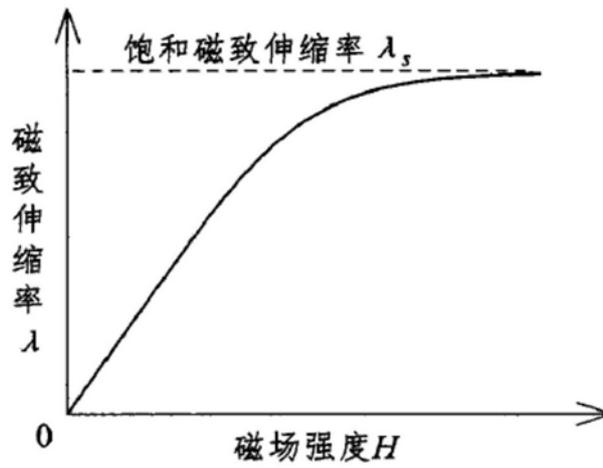


图3

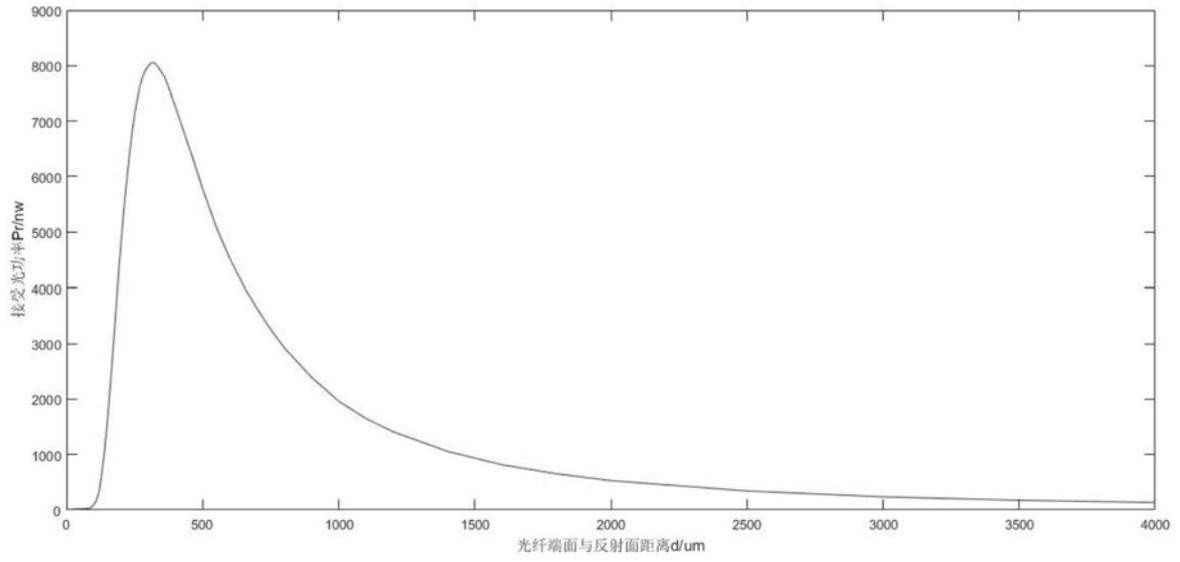


图4