



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105804981 B

(45)授权公告日 2018.04.24

(21)申请号 201610294031.1

F04B 49/10(2006.01)

(22)申请日 2016.05.04

F04B 51/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 阮锦泉

申请公布号 CN 105804981 A

(43)申请公布日 2016.07.27

(73)专利权人 浙江尔格科技股份有限公司

地址 317113 浙江省台州市三门县沙柳经济开发区

(72)发明人 黎贤钦 陈文联 张世荣 张其强 王道华

(74)专利代理机构 台州市方圆专利事务所(普通合伙) 33107

代理人 林米良

(51)Int.Cl.

F04B 49/06(2006.01)

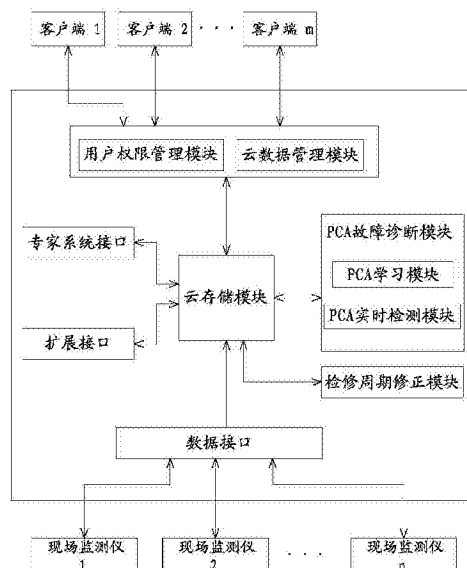
权利要求书2页 说明书10页 附图10页

(54)发明名称

动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统及其方法

(57)摘要

本发明提供了动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统及其方法,属于变压器技术领域。它解决了现有技术中对缺乏远程监测变压器油泵轴承偏移量的问题。本故障监测和预警系统包括云计算中心,均与云计算中心连接的若干个现场监测仪和若干个客户端,现场监测仪用于检测变压器转子轴承的偏移量,云计算中心用于对数据进行分析判断现场监测仪所对应变压器油泵的运行工况并将结果输出给客户端进行显示。本方法包括:A、建立PCA主元模型;B、对比判断;C、输出比较结果;本动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统及其方法能够实现变压器有本远程故障监测和预警,监测全面并且实时显示,实用性高。



1. 动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,包括现场监测仪、云计算中心和客户端,其特征在于,所述现场监测仪和客户端均有若干个,若干个现场监测仪和若干个客户端分别配置有唯一识别条码且均通过无线网络与所述云计算中心连接,所述现场监测仪用于检测变压器转子轴承(2) X轴方向、Y轴方向和Z轴方向的偏移量并将检测结果输出,所述X轴、Y轴和Z轴为以转子轴承(2)一个端面的中心为原点且以转子轴承(2)的轴心线为X轴所建立的空间直角坐标系的三条互相垂直的坐标轴,所述X轴为横轴,Y轴为纵轴,Z轴为竖轴,所述云计算中心用于接收现场监测仪的检测结果进行分析判断现场监测仪所对应变压器油泵的运行工况并将结果输出给客户端,所述客户端接收云计算中心发送的计算结果并将监测结果进行显示,当所述云计算中心分析出某个变压器油泵发生故障时客户端进行预警提示。

2. 根据权利要求1所述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,其特征在于,所述系统还包括企业数据中心,所述企业数据中心与所述云计算中心通过无线网络连接,所述企业数据中心接收云计算中心的数据并进行备份。

3. 根据权利要求1或2所述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,其特征在于,所述现场监测仪包括依次以90度间隔设在油泵定子(1)左端的检测线圈C1-检测线圈C4、依次以90度间隔设在油泵定子(1)右端的检测线圈C5-检测线圈C8、开关组一(3)、开关组二(4)和控制器,所述检测线圈C1和检测线圈C5位置相对应,所述检测线圈C1和检测线圈C3串联形成回路一,所述检测线圈C5和检测线圈C7串联形成回路二,所述开关组一(3)和开关组二(4)能够相互配合使检测线圈C2与检测线圈C4串联形成回路三且检测线圈C6与检测线圈C8串联形成回路四,或者所述开关组一(3)和开关组二(4)能够相互配合使检测线圈C2与检测线圈C6串联形成回路五且检测线圈C4与检测线圈C8串联形成回路六,所述回路一-回路六分别与所述控制器的输入端连接,所述控制器分别根据回路一和回路二、回路三和回路四、回路五和回路六输入的电信号计算出转子轴承(2)在各个方向上的偏移量。

4. 根据权利要求3所述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,其特征在于,所述开关组一(3)包括开关k1-开关k4,所述开关组二(4)包括开关k5-开关k8,所述检测线圈C2的引出端一与控制器连接,所述检测线圈C2的引出端二分别通过开关k1与检测线圈C6的引出端一连接以及通过开关k3与检测线圈C4的引出端二连接,所述检测线圈C4的引出端一分别通过开关k5和开关k6与控制器连接,所述检测线圈C4的引出端二通过开关k2与检测线圈C8的引出端一连接,所述检测线圈C6的引出端一通过开关k4与检测线圈C8的引出端一连接,所述检测线圈C6的引出端二分别通过开关k7和开关k8与控制器连接,所述检测线圈C8的引出端二与控制器连接。

5. 根据权利要求4所述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,其特征在于,所述现场监测仪还包括用于采集油泵工作电流的电流采集模块和用于定位现场监测仪的GPS模块,所述电流采集模块和所述GPS模块均与控制器连接。

6. 根据权利要求1或2所述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,其特征在于,所述云计算中心包括云存储模块、云数据管理模块、用户权限管理模块、PCA故障诊断模块和检修周期修正模块,所述云数据管理模块、用户权限管理模块、PCA故障诊断模块和检修周期修正模块均与云存储模块连接。

7. 根据权利要求6所述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,其特征在

于,所述云计算中心还包括专家系统接口和扩展接口。

8. 根据权利要求1或2所述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,其特征在于,所述客户端包括智能手机和联网计算机。

9. 动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

A、建立PCA主元模型:通过现场监测仪采集油泵正常工况下的历史运行数据,然后将历史运行数据输入云计算中心进行PCA模型学习和训练;

B、对比判断:将PCA主元模型与实测样本数据进行对比,获得实测样本数据的偏离量,根据实测样本数据的偏移量判断出油泵是否发生故障;

C、输出比较结果:当步骤B中判断出油泵发生故障后,通过云计算中心向客户端发送预警提示。

10. 根据权利要求9所述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警方法,其特征在于,所述步骤B中还包括求取检修周期修正参数的步骤:

B1、设定 T^2 统计量的临界值 T_{α}^2 和SPE统计量的临界值 SPE_{α} ;

B2、通过对实测数据进行采样获取实测样本数据求取实际 T^2 统计量和实际SPE统计量;

B3、分别计算出实际 T^2 统计量与临界值 T_{α}^2 的偏离量、实际SPE统计量与临界值 SPE_{α} 的偏离量作为检修周期修正参数。

动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明属于变压器油泵技术领域,涉及动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统及其方法。

背景技术

[0002] “和谐”系列高速动车组全部是动力分散式交流传动动车组。交流传动动车组将电能转变为机械能的过程是:接触网提供25kV单相工频高压电→牵引变压器将高压电降压→降压后的单相工频电输出到牵引变流器→牵引变流器完成整流、滤波和逆变,输出可调频、调压的三相交流电→驱动三相交流异步牵引电机→列车运行。可见,牵引变压器是动车组列车的动力核心。大功率牵引变压器工作时,会产生大量的热量,如果不能及时将这些热量传递出去,变压器内部温度过高,会导致线圈老化、绝缘失效等严重后果。

[0003] 目前,动车组牵引变压器大多采用强油风冷式冷却装置,热油被油泵抽出进入油冷却器,油冷却装置利用风扇吹风把热量带走,冷却器后的变压器油再回到牵引变压器油箱。通过强油循环及风冷散热,使变压器油温度降低到设计要求的数值。油泵是牵引变压器冷却系统的动力部件;另外,每套变压器冷却系统一般只配置1台油泵。可见,油泵的可靠性直接决定了冷却系统的性能。动车组牵引变压器大多配套使用Y型油泵,转子与定子之间气隙小。在长期的运转中,轴承磨损会导致转子径向及轴向位移,具体体现为定转子间的径向气隙变化及轴向相对位移。若未能及时监测油泵的轴承磨损且在轴承发生故障前进行预报,则轴承故障会进一步演化为定、转子间的直接摩擦,可能造成重大事故。

[0004] 中国专利封闭马达的轴承磨损监视装置[申请号97116268.9],针对普通屏蔽电机的轴承磨损提出了一种基于检测线圈的检测装置,其公开的技术方案如下:封闭马达的轴承磨损监视装置,备有检测回路,分别在油泵定子铁心齿部长度方向两端,以180度间隔设置相向的一对检测线圈,通过整流元件将该相向的各一对检测线圈的差动输出接线回路并联连接,将输出显示器与该并联回路串联连接。如图1所示,该专利是通过测量线圈的信号变化来检测转子轴承位移,为了便于说明,在图1中设定了3维坐标系。其中,检测线圈C1、检测线圈C3、检测线圈C5、检测线圈C7用于检测转子轴承在Z轴方向位移,而检测线圈C2、检测线圈C4、检测线圈C6、检测线圈C8用于转子轴承在X轴方向位移,检测线圈C1-检测线圈C8均具有两个引出端。在其公开的技术方案中,将检测线圈C1-检测线圈C8按照图2所示线路进行连接,可以通过电压表的输出获得转子Z轴方向和X轴方向位移。

[0005] 然而,该专利公开的技术方案存在以下缺点:1、只能实现转子Z轴方向和X轴方向位移的检测,当转子轴承发生y轴方向位移时,则无法检测。2、只能输出电压值的模拟信号,并不能直观的反应故障情况,并且输出的信号不能够使用信息化管理的需求;3、智能现场检测和预警,不能实现远程监测预警。

发明内容

[0006] 本发明的主要目的在于提供动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,该

系统所要解决的技术问题是如何实现动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警。

[0007] 本发明通过下列技术方案来实现:动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统,包括现场监测仪、云计算中心和客户端,其特征在于,所述现场监测仪和客户端均有若干个,若干个现场监测仪和若干个客户端分别配置有唯一识别条码且均通过无线网络与所述云计算中心连接,所述现场监测仪用于检测变压器转子轴承X轴方向、Y轴方向和Z轴方向的偏移量并将检测结果输出,所述X轴、Y轴和Z轴为以转子轴承2一个端面的中心为原点且以转子轴承2的轴心线为X轴所建立的空间直角坐标系的三条互相垂直的坐标轴,所述X轴为横轴,Y轴为纵轴,Z轴为竖轴,所述云计算中心用于接收现场监测仪的检测结果进行分析判断现场监测仪所对应变压器油泵的运行工况并将结果输出给客户端,所述客户端接收云计算中心发送的计算结果并将监测结果进行显示,当所述云计算中心分析出某个变压器油泵发生故障时客户端进行预警提示。

[0008] 本动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统的工作原理如下:将具有唯一识别条码的现场监测仪安装在对应的动车组牵引变压器油泵上,现场监测仪工作后实时采集变压器油泵的工况数据,并将检测到的工况数据通过无线网络发送到云计算中心,云计算中心接收工况数据后进行分析处理并将数据存储备份,处理结束后云计算中心通过无线网络将结果发送客户端进行显示;此外,当处理结果显示有油泵发生故障后,云计算中心记录对应的现场监测仪识别条码,同时将处理结果发送给客户端,通过客户端提示用户,客户可以非常方便地根据检测到故障的现场监测仪的唯一识别条码来辨别对应的变压器油泵。

[0009] 在上述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统中,所述系统还包括企业数据中心,所述企业数据中心与所述云计算中心通过无线网络连接,所述企业数据中心接收云计算中心的数据并进行备份。这里所说的企业数据中心主要为油泵生产企业服务,通过企业数据中心能够将油泵的运行数据备份,确保数据的安全性,这样能够便于油泵生产企业对数据进行分析和研究。

[0010] 在上述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统中,所述现场监测仪包括依次以90度间隔设在油泵定子左端的检测线圈C1-检测线圈C4、依次以90度间隔设在油泵定子右端的检测线圈C5-检测线圈C8、开关组一、开关组二和控制器,所述检测线圈C1和检测线圈C5位置相对应,所述检测线圈C1和检测线圈C3串联形成回路一,所述检测线圈C5和检测线圈C7串联形成回路二,所述开关组一和开关组二能够相互配合使检测线圈C2与检测线圈C4串联形成回路三且检测线圈C6与检测线圈C8串联形成回路四,或者所述开关组一和开关组二能够相互配合使检测线圈C2与检测线圈C6串联形成回路五且检测线圈C4与检测线圈C8串联形成回路六,所述回路一-回路六分别与所述控制器的输入端连接,所述控制器分别根据回路一和回路二、回路三和回路四、回路五和回路六输入的电信号计算出转子轴承在各个方向上的偏移量。通过在油泵定子上设置八个检测线圈,检测线圈C1-检测线圈C4设置在油泵定子的左端并相互之间间隔90度,检测线圈C5-检测线圈C8设置在油泵定子右端的相应位置,这样能够便于建X-Y-Z立直角坐标系,并且检测线圈C1与检测线圈C3串联配对形成回路一,检测线圈C5与检测线圈C7串联配对形成回路二,此外通过开关组一和开关组二的配合时检测线圈C2、检测线圈C4、检测线圈C6和检测线圈C8能够在不同时刻实现如下配对方案:1、检测线圈C2与检测线圈C4串联形成回路三且检测线圈C6与检测线圈C8串联形成回路四;2、检测线圈C2与检测线圈C6串联形成回路五且检测线圈C4与检测线圈C8串

联形成回路六,这样可以通过控制器对回路一和回路二、回路三和回路四、回路五和回路六进行差动分析处理;回路一和回路二两个回路信号差动处理后能够反映出油泵轴的Z轴方向的径向位移;回路三和回路四两个回路信号差动处理后能够反映出油泵轴的Y轴方向的径向位移;回路五和回路六两个回路信号差动处理后能够反映出油泵轴的X轴方向的径向位移,从而能够检测出油泵轴在建立的X-Y-Z立直角坐标系中任意方向上的偏移,实现转子轴承位置的全方位检测。

[0011] 在上述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统中,所述开关组一包括开关k1-开关k4,所述开关组二包括开关k5-开关k8,所述检测线圈C2的引出端一与控制器连接,所述检测线圈C2的引出端二分别通过开关k1与检测线圈C6的引出端一连接以及通过开关k3与检测线圈C4的引出端二连接,所述检测线圈C4的引出端一分别通过开关k5和开关k6与控制器连接,所述检测线圈C4的引出端二通过开关k2与检测线圈C8的引出端一连接,所述检测线圈C6的引出端一通过开关k4与检测线圈C8的引出端一连接,所述检测线圈C6的引出端二分别通过开关k7和开关k8与控制器连接,所述检测线圈C8的引出端二与控制器连接。由于转子轴承故障并非偶发性故障,故障状态会重复性呈现,故无需连续进行监测,开关组一和开关组二可以通过以下配合实现上述连接:当需要将检测线圈C2和检测线圈C4配对、检测线圈C6和检测线圈C8配对时,使开关k3、开关k4、开关k5、开关k8闭合,其余开关断开;当需要将检测线圈C2和检测线圈C6配对、检测线圈C4和检测线圈C8配对时,使开关k1、开关k2、开关k6、开关k7闭合,其余开关断开,这样能够实现检测线圈C2、检测线圈C4、检测线圈C6和检测线圈C8分时地进行功能复用,各个检测线圈的利用率高,并且能够实现全方位的检测。

[0012] 在上述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统中,所述现场监测仪还包括用于采集油泵工作电流的电流采集模块和用于定位现场监测仪的GPS模块,所述电流采集模块和所述GPS模块均与控制器连接。通过采集油泵的工作电流能够进一步判段油泵的工作状况;通过设置GPS模块便于油泵的定位管理。

[0013] 在上述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统中,所述云计算中心包括云存储模块、云数据管理模块、用户权限管理模块、PCA故障诊断模块和检修周期修正模块,所述云数据管理模块、用户权限管理模块、PCA故障诊断模块和检修周期修正模块均与云存储模块连接。云存储模块可以用于存储现场监测仪采集的各项数据;云数据管理模块用于对各个现场监测仪采集的各项数据进行分类、编号等管理操作;用户权限管理模块用于设置每个客户端的管理权限,以避免各个客户端的用户越权操作;PCA故障诊断模块分为PCA学习模块和PCA实时检测模块,主要用于对接收的各项数据进行处理判断,以区分正常工作的油泵和发生故障的油泵;检修周期修正模块用于获取检修周期修正参数。

[0014] 在上述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统中,所述云计算中心还包括专家系统接口和扩展接口。通过设置专家系统接口能够便于越来越多的专家知识融入系统,为油泵预警提供更多的技术支持;设置扩展接口能够满足后续接入设备增加以及数据存储、计算的要求,方便扩展存储空间、更多CPU数量等要求。

[0015] 在上述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统中,所述客户端包括智能手机和联网计算机。油泵的管理、位置定位、实时运行状态、故障监测信息、预警信息提示等可以在联网计算机、智能手机及平板电脑上显示出来;在基于Windows平台的计算机上用

Web方式访问,在智能手机用Web或APP访问;需要说明的是,为了确保实时性,当监测算法判断某油泵出现故障后,将及时以APP推送的方式及短消息方式通知相关技术人员,提高了客户体验。

[0016] 本发明的另一目的在于提供动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警方法,该方法所要解决的技术问题是如何实现动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警。

[0017] 动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

[0018] A、建立PCA主元模型:通过现场监测仪采集油泵正常工况下的历史运行数据,然后将历史运行数据输入云计算中心进行PCA模型学习和训练;

[0019] B、对比判断:将PCA主元模型与实测样本数据进行对比,获得实测样本数据的偏离量,根据实测样本数据的偏移量判断出油泵是否发生故障;

[0020] C、输出比较结果:当步骤B中判断出油泵发生故障后,通过云计算中心向客户端发送预警提示。

[0021] 在上述的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警方法中,所述步骤B中还包括求取检修周期修正参数的步骤:

[0022] B1、设定 T^2 统计量的临界值 T_{α}^2 和SPE统计量的临界值 SPE_{α} ;

[0023] B2、通过对实测数据进行采样获取实测样本数据求取实际 T^2 统计量和实际SPE统计量;

[0024] B3、分别计算出实际 T^2 统计量与临界值 T_{α}^2 的偏离量、实际SPE统计量与临界值 SPE_{α} 的偏离量,作为检修周期修正参数。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:1、能够实现对转子轴承的全方位检测,检测更全面,更准确,避免检测死角;2、检测线圈C2、检测线圈C4、检测线圈C6和检测线圈C8实现了分时复用,减少了检测线圈的数量,巧妙利用开关组的开闭配合,电路简单,成本低;3、实现以物联网和互联网为基础远程遥控监测,检测方便、实时;4、设置专家系统接口和扩展接口,便于后期专家知识的融入、空间扩展和系统计算能力的扩展;5、设置了GPS模块,方便了油泵的定位管理;6、提升了客户体验,确保了信息传递的及时性和有效性。

附图说明

[0026] 图1是本发明实施例一中动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统的原理示意图。

[0027] 图2是本发明实施例一中现场监测仪的检测线圈安装结构示意图。

[0028] 图3是本发明实施例一中现场监测仪的检测线圈连接电路示意图。

[0029] 图4是本发明实施例一中现场监测仪的控制器电路原理图。

[0030] 图5是本发明实施例一中变压器转子轴承在X轴方向偏移状态示意图。

[0031] 图6是本发明实施例一中变压器转子轴承在Y轴方向偏移状态示意图。

[0032] 图7是本发明实施例一中变压器转子轴承在Z轴方向偏移状态示意图。

[0033] 图8是本发明实施例一中动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警的流程图。

[0034] 图9是本发明实施例二中动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统的原理

示意图。

[0035] 图10是本发明实施例三中现场监测仪的检测线圈连接电路示意图。

[0036] 图中,1、油泵定子;2、转子轴承;3、开关组一;4、开关组二。

具体实施方式

[0037] 以下是本发明的具体实施例,并结合附图对本发明的技术方案作进一步的描述,但本发明并不限于这些实施例。

[0038] 实施例一:

[0039] 如图1所示,本动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统包括现场监测仪、云计算中心和客户端,现场监测仪为n个,客户端为m个,n个现场监测仪和m个客户端分别配置有唯一识别条码且均通过无线网络与云计算中心连接。每个现场监测仪均用于检测对应变压器转子轴承2的偏移量并将检测结果输出,详细的说,转子轴承2的偏移量包括其X轴方向、Y轴方向和Z轴方向的偏移量,所述X轴、Y轴和Z轴为以转子轴承2一个端面的中心为原点且以转子轴承2的轴心线为X轴所建立的空间直角坐标系的三条互相垂直的坐标轴,所述X轴为横轴,Y轴为纵轴,Z轴为竖轴。云计算中心用于接收现场监测仪的检测结果进行分析判断现场监测仪所对应变压器油泵的运行工况并将结果输出给相应的客户端,客户端接收云计算中心发送的计算结果并将监测结果进行显示,当云计算中心分析出某个变压器油泵发生故障时客户端进行预警提示。需要说明的是,一个客户端可以对应一个或者多个现场监测仪,在实际使用中根据需要进行配对。

[0040] 结合图2、图3和图4具体来说,现场监测仪包括依次以90度间隔设在油泵定子1左端的检测线圈C1-检测线圈C4和依次以90度间隔设在油泵定子1右端的检测线圈C5-检测线圈C8,检测线圈C1和检测线圈C5位置相对应,在本实施例中,根据检测线圈C1-检测线圈C8的位置关系建立X-Y-Z立直角坐标系。

[0041] 检测线圈C1和检测线圈C3串联形成回路一,检测线圈C5和检测线圈C7串联形成回路二,检测电路还包括开关组一3、开关组二4和控制器,开关组一3和开关组二4能够相互配合使检测线圈C2与检测线圈C4串联形成回路三且检测线圈C6与检测线圈C8串联形成回路四,或者开关组一3和开关组二4能够相互配合使检测线圈C2与检测线圈C6串联形成回路五且检测线圈C4与检测线圈C8串联形成回路六,回路一-回路六分别与控制器的输入端连接,控制器分别根据回路一和回路二、回路三和回路四、回路五和回路六输入的电信号计算出转子轴承2在各个方向上的偏移量。具体来说:开关组一3包括开关k1-开关k4,开关组二4包括开关k5-开关k8,检测线圈C2的引出端一与控制器连接,检测线圈C2的引出端二分别通过开关k1与检测线圈C6的引出端一连接以及通过开关k3与检测线圈C4的引出端二连接,检测线圈C4的引出端一分别通过开关k5和开关k6与控制器连接,检测线圈C4的引出端二通过开关k2与检测线圈C8的引出端一连接,检测线圈C6的引出端一通过开关k4与检测线圈C8的引出端一连接,检测线圈C6的引出端二分别通过开关k7和开关k8与控制器连接,检测线圈C8的引出端二与控制器连接。

[0042] 由于转子轴承2故障并非偶发性故障,故障状态会重复性呈现,故无需连续进行监测,本电路的开关组一3和开关组二4可以通过以下配合实现上述连接:当需要将检测线圈C2和检测线圈C4配对、检测线圈C6和检测线圈C8配对时,使开关k3、开关k4、开关k5、开关k8

闭合,其余开关断开;当需要将检测线圈C2和检测线圈C6配对、检测线圈C4和检测线圈C8配对时,使开关k1、开关k2、开关k6、开关k7闭合,其余开关断开,这样能够实现检测线圈C2、检测线圈C4、检测线圈C6和检测线圈C8分时地进行功能复用,各个检测线圈的利用率高,并且能够实现全方位的检测。

[0043] 如图4所示,控制器包括数字滤波电路一、数字滤波电路二、数字滤波电路三、数字滤波电路四、数字滤波电路五、数字滤波电路六、加法电路一、加法电路二和加法电路三,数字滤波电路一、数字滤波电路二、数字滤波电路三、数字滤波电路四、数字滤波电路五、数字滤波电路六分别与回路一、回路二、回路三、回路四、回路五和回路六一一对应连接,加法电路一的输入端分别连接数字滤波电路一和数字滤波电路二的输出端,加法电路二的输入端分别连接数字滤波电路三和数字滤波电路四的输出端,加法电路三的输入端分别连接数字滤波电路五和数字滤波电路六的输出端。本实施例中,数字滤波电路一、数字滤波电路二、数字滤波电路三和数字滤波电路四为高通滤波电路,数字滤波电路五和数字滤波电路六为低通滤波电路,通过数字滤波处理后回路一、回路二、回路三、回路四、回路五和回路六所输出的信号分别表示为 U_{1-3} 、 U_{5-7} 、 U_{2-4} 、 U_{6-8} 、 U_{2-6} 及 U_{4-8} 。数字滤波器能够滤除各个回路输出的无用信号和噪声信号,然后通过加法电路将相互配对的回路输出的电压信号进行合成以获得对应两个回路的有效值,从而根据合成后信号的变化值来测得对应方向上转子轴承2发生的位移。具体的合成过程如下:控制器对回路一和回路二、回路三和回路四、回路五和回路六进行差动分析处理:回路一和回路二两个回路信号差动处理后能够反映出油泵轴的Z轴方向的径向位移;回路三和回路四两个回路信号差动处理后能够反映出油泵轴的Y轴方向的径向位移;回路五和回路六两个回路信号差动处理后能够反映出油泵轴的X轴方向的轴向位移,从而能够检测出油泵轴在建立的X-Y-Z立直角坐标系中任意方向上的偏移,实现转子轴承2位置的全方位检测。

[0044] 如图1所示,云计算中心包括云存储模块、云数据管理模块、用户权限管理模块、PCA故障诊断模块和检修周期修正模块,云数据管理模块、用户权限管理模块、PCA故障诊断模块和检修周期修正模块均与云存储模块连接。云存储模块可以用于存储现场监测仪采集的各项数据;云数据管理模块用于对各个现场监测仪采集的各项数据进行分类、编号等管理操作;用户权限管理模块用于设置每个客户端的管理权限,以避免各个客户端的用户越权操作;具体的,PCA故障诊断模块分为PCA学习模块和PCA实时检测模块,主要用于对接收的各项数据进行学习、分析、判断等处理,以区分正常工作的油泵和发生故障的油泵;检修周期修正模块用于获取检修周期修正参数。

[0045] 需要说明的是,云计算中心还包括专家系统接口和扩展接口。通过设置专家系统接口能够便于越来越多的专家知识融入系统,为油泵预警提供更多的技术支持;设置扩展接口能够满足后续接入设备增加以及数据存储、计算的要求,方便扩展存储空间、更多CPU数量等要求。另一方面,系统将大量的运行数据都存入云存储模块,后期系统的升级或功能扩展时只需修改云计算中心的功能即可,此举可大大缩减系统升级的时间和工作量。

[0046] 此外,还需要说明的是,本发明中的客户端包括智能手机和联网计算机。油泵的管理、位置定位、实时运行状态、故障监测信息、预警信息提示等可以在联网计算机、智能手机上显示出来;在基于Windows平台的计算机上用Web方式访问,在智能手机上用Web或APP访问;需要说明的是,为了确保实时性,当监测算法判断某油泵出现故障后,将及时以APP推送

的方式及短消息方式通知相关技术人员,提高了客户体验。

[0047] 实施例二:

[0048] 如图9所示,在本实施例中,动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统与实施例一中基本相同,其不同之处在于,本实施例中的动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统还包括企业数据中心,企业数据中心与云计算中心通过无线网络连接,企业数据中心接收云计算中心的数据并进行备份。这里所说的企业数据中心主要为油泵生产企业服务,通过企业数据中心能够将油泵的运行数据备份,确保数据的安全性,这样能够便于油泵生产企业对数据进行分析 and 研究。

[0049] 实施例三:

[0050] 如图10所示,在本实施例中,动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警系统与实施例一中基本相同,其不同之处在于,本实施例中的现场监测仪还包括用于采集油泵工作电流的电流采集模块和用于定位现场监测仪的GPS模块,电流采集模块和GPS模块均与控制器连接。通过采集油泵的工作电流能够进一步判段油泵的工作状况;通过设置GPS模块便于油泵的定位管理。

[0051] 如图8所示,本动车组牵引变压器油泵远程故障监测和预警方法包括以下步骤:

[0052] A、建立PCA主元模型:通过现场监测仪采集油泵正常工况下的历史运行数据,然后将历史运行数据输入云计算中心进行PCA模型学习和训练;

[0053] 具体过程如下:选取油泵正常工况下的运行数据为训练样本集 $X(X \in R^{n \times m})$, x 为样本个数, y 为监测变量个数。本发明采用的变量包括: U_{1-3} 、 U_{5-7} 、 U_{2-4} 、 U_{6-8} 、 U_{2-6} 、 U_{4-8} 及油泵电流 I_p ,故 $y=7$ 。

[0054] 学习过程采用指导学习方式,当油泵处于正常工况状态时(典型状况包括:①油泵初装时,②油泵检修后,③运行人员利用专家知识判别油泵运行正常),发出“学习开始”命令则故障监测和预警方法进入正常学习模式。进入学习模式后,周期性采集上述7个变量的值构成训练样本:

[0055]

$$x^k = [U_{1-3}^k, U_{5-7}^k, U_{2-4}^k, U_{6-8}^k, U_{2-6}^k, U_{4-8}^k, I_p^k]^{-T} (1 \leq k \leq n) \quad (1)$$

[0056] 然后将训练样本构成样本集 $X(X \in R^{n \times m})$, X 的每一行对应监测样本 $x_i(x_i \in R^{1 \times 7})$;每一列对应一个变量 $\eta_j(\eta_j \in R^{n \times 1})$ 。以上7个变量的数据具有不同的数值量纲,为了进行综合测评分析,需要将原始数据转换为无量纲化数据指标:

[0057]

$$\bar{\eta}_j = \frac{\eta_j - \mu_j}{\sigma_j} (j = 1, \dots, 7) \quad (2)$$

[0058] 式中, $\bar{\eta}_j$ 为标准化处理后的变量, μ_j 、 σ_j 分别为变量 η_j 的均值和标准差, $I_n(I_n \in R^{n \times 1})$ 为单位矩阵。将标准化后的无量纲数据构成训练样本集 $\bar{X} = [\bar{U}_{1-3}, \bar{U}_{5-7}, \bar{U}_{2-4}, \bar{U}_{6-8}, \bar{U}_{2-6}, \bar{U}_{4-8}, \bar{I}_p]$,其协方差计算如下:

[0059]

$$C = \frac{1}{m-1} \bar{X}^T \bar{X} \quad (3)$$

[0060] 式中, $C(C \in R^{m \times m})$ 为协方差。

[0061] 再由协方差矩阵计算主元空间的特征值 $\lambda_i \in [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m]$ 及对应的单位正交特征向量 $p_i \in [p_1, p_2, \dots, p_m]$ 。按照由大到小的顺序排列 λ_i ，以满足 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m$ ，特征向量 p_i 也随之进行重新排列。而后，采用累计贡献率法 (Cumulative percent variance, CPV) 确定主元空间的主元个数

[0062]

$$k = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} \geq 1 \quad (4)$$

[0063] 式中, k 是主元个数。阈值 1 一般取 0.85, 认为前 k 个主元携带原始数据空间 85% 的信息。

[0064] B、对比判断: 将 PCA 主元模型与实测样本数据进行对比, 获得实测样本数据的偏离量, 根据实测样本数据的偏移量判断出油泵是否发生故障;

[0065] 其中, 步骤 B 中还包括求取检修周期修正参数的步骤:

[0066] B1、设定 T^2 统计量的临界值 T_{α}^2 和 SPE 统计量的临界值 SPE_{α} ;

[0067] B2、通过对实测数据进行采样获取实测样本数据求取实际 T^2 统计量和实际 SPE 统计量;

[0068] B3、分别计算出实际 T^2 统计量与临界值 T_{α}^2 的偏离量、实际 SPE 统计量与临界值 SPE_{α} 的偏离量, 作为检修周期修正参数。

[0069] 具体过程如下: 设计采用得分向量和特征向量为计算指标。取油泵运行过程中的实测样本 $\bar{x} (\bar{x} \in R^{2 \times n})$ (已标准化), 其得分向量计算如下

$$[0070] \quad t = x P_k \quad (5)$$

式中, $t (t \in R^{1 \times k})$ 为得分向量, \bar{x} 是标准化后的实测样本, 特征向量集 $P_k = [p_1, p_2, \dots, p_k]$, $P_k (P_k \in R^{m \times k})$ 。

[0071] 通过对油泵正常运行工况的数据进行训练建立 PCA 主元模型后, 对比实测样本与 PCA 主元模型的偏离量。油泵故障监测主要依赖两个检测指标: T^2 统计量和 SPE 统计量。 T^2 统计量计算如下:

[0072]

$$T^2 = t D_k^{-2} t^T \quad (6)$$

[0073] 式中, $D_k^{-2} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \lambda_k \end{bmatrix}^{-2}$ 为前 k 个特征值组成的对角矩阵的逆, t 是实测样本 \bar{x} 的得分向量。控制极限是衡量 T^2 统计量是否超限的指标, 采用下式计算:

[0074]

$$T_{\alpha}^2 = \frac{k(n^2-1)}{n(n-k)} F_{\alpha}(k, n-k) \quad (7)$$

[0075] 式中, k 是主元个数, α 为显著性水平, n 是主元模型的样本个数; 且 T^2 统计量服从自由度为 k 和 $n-k$ 的 F 分布。SPE 统计量称为平方预报误差 (Square prediction error, SPE), 采

用下式计算：

[0076]

$$SPE = \mathbf{r}(\mathbf{I} - \mathbf{P}_k \mathbf{P}_k^T)(\mathbf{I} - \mathbf{P}_k \mathbf{P}_k^T)^T \mathbf{r}^T \quad (8)$$

[0077] SPE统计量的控制极限计算如下：

[0078]

$$SPE_\alpha = \theta_1 \left[\frac{C_\alpha \sqrt{2\theta_2 h_\alpha}}{\theta_1} + 1 + \frac{\theta_2 h_\alpha (h_\alpha - 1)}{\theta_1^2} \right]^{\frac{1}{h_\alpha}} \quad (9)$$

[0079] 式中， $\theta_1 = \sum_{i=1}^m \lambda_i^2$ ($i = 1, 2, 3$)， $h_\alpha = 1 - 2\theta_1 \theta_2 / 3\theta_1^2$ ， C_α 是正态分布在显著性水平为 α 下的临界值。

[0080] 当进行油泵故障实时监测时，若实测向量满足 $T^2 > T_\alpha^2$ ， $SPE > SPE_\alpha$ ，可判断油泵出现了故障。

[0081] 在上述步骤中，还需要计算 T^2 及 SPE 统计量与其临界值之间的偏离量，分别用

$$\chi_{T^2} = \frac{T^2 - T_\alpha^2}{T_\alpha^2} \text{ 和 } \chi_{SPE} = \frac{SPE - SPE_\alpha}{SPE_\alpha} \text{ 表示，这两个系数将被用于对自动修正检修周期。}$$

[0082] 实现过程为：油泵生产企业根据各型油泵的特征及专家知识推荐检修周期 t_m ，系统累计油泵距离初装或上次检修的运行时间 t_o ，若 $t_o \geq t_m$ 则给终端用户发出检修预警。系统还累计油泵的总共运行时间，用于全寿命管理。由于安装位置、运行环境等条件的不同，各台油泵存在个体差异，故不能对所有同型号油泵都采用相同的推荐检修周期。本方法对各台油泵的检修周期进行修正过程如下：以油泵 k 为例，其检修周期按照下式进行修正：

[0083]

$$t_m^k = f(\bar{\chi}_{T^2}^k, \bar{\chi}_{SPE}^k) \times t_m \quad (10)$$

[0084] 其中， $f(\bar{\chi}_{T^2}^k, \bar{\chi}_{SPE}^k)$ 为综合考虑 T^2 和 SPE 统计指标的修正函数。为了提高修正系数的稳定性，对偏离系数进行了滤波，本方法采用求均值的方式实现：

[0085]

$$\bar{\chi}_{T^2}^k = \frac{1}{N} \sum_{i=c}^{c-N} \chi_{T^2-i}^k \quad (11)$$

[0086]

$$\bar{\chi}_{SPE}^k = \frac{1}{N} \sum_{i=c}^{c-N} \chi_{SPE-i}^k \quad (12)$$

[0087] 其中， N 为长度， c 表示当前采样， N 根据采样周期进行确定。函数 f 需要满足以下要求：当 $\bar{\chi}_{T^2}^k$ 、 $\bar{\chi}_{SPE}^k$ 较小时，表示 T^2 和 SPE 统计量距离其控制限近，油泵偏离其正常工况的程度大，故 f 值减小检修周期缩短。反之；当 $\bar{\chi}_{T^2}^k$ 及 $\bar{\chi}_{SPE}^k$ 较大时，表示 T^2 和 SPE 统计量距离其控制限远，即当前工况接近正常工况， f 值增加检修周期增长。需要说明的是函数 f 并不唯一，只要满足以上要求即可。

[0088] C、输出比较结果：当步骤B中判断出油泵发生故障后，通过云计算中心向客户端发送预警提示。

[0089] 以上所述，仅是本发明的较佳实施方式，仅仅是对本发明精神作举例说明，并非对发明作任何形式上的限制，凡是依据本发明的技术原理对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化或修饰，并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

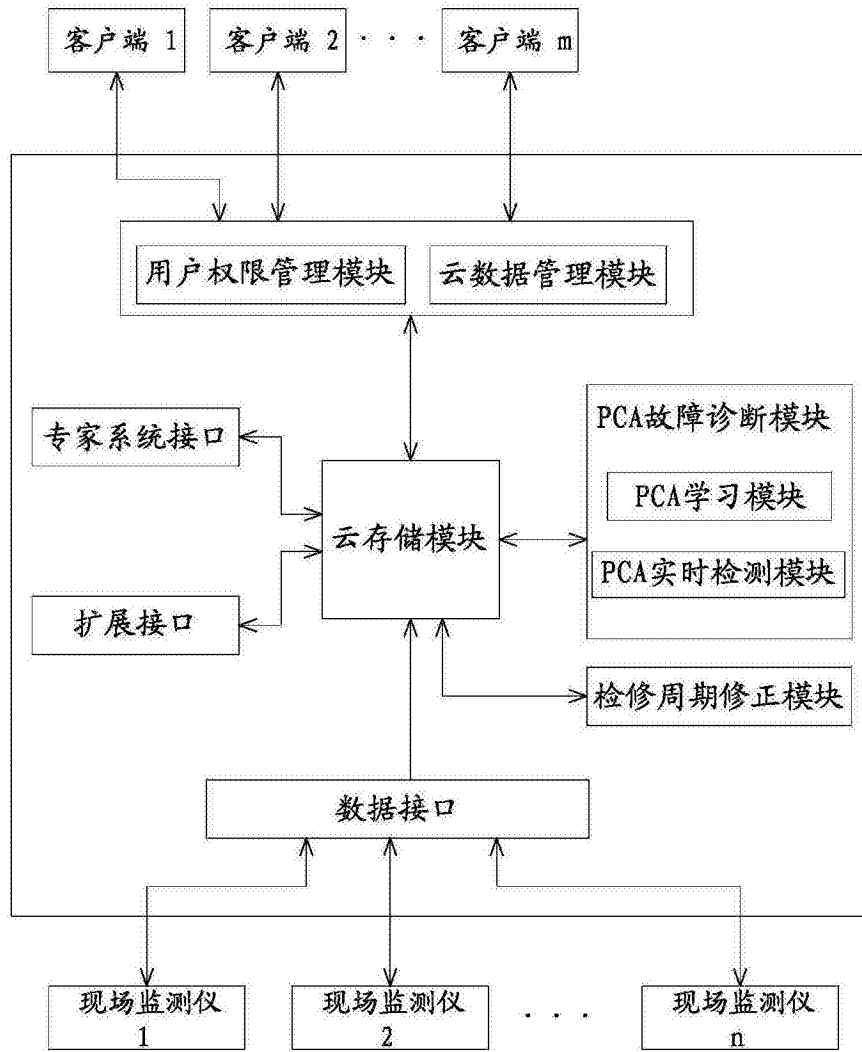


图1

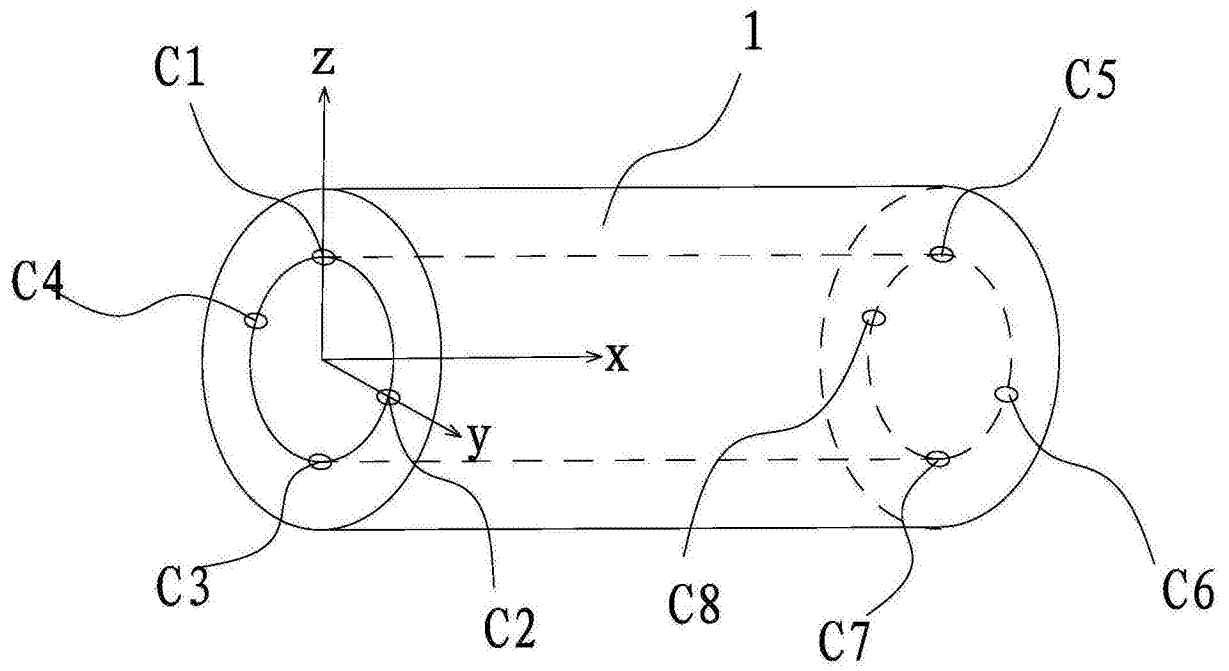


图2

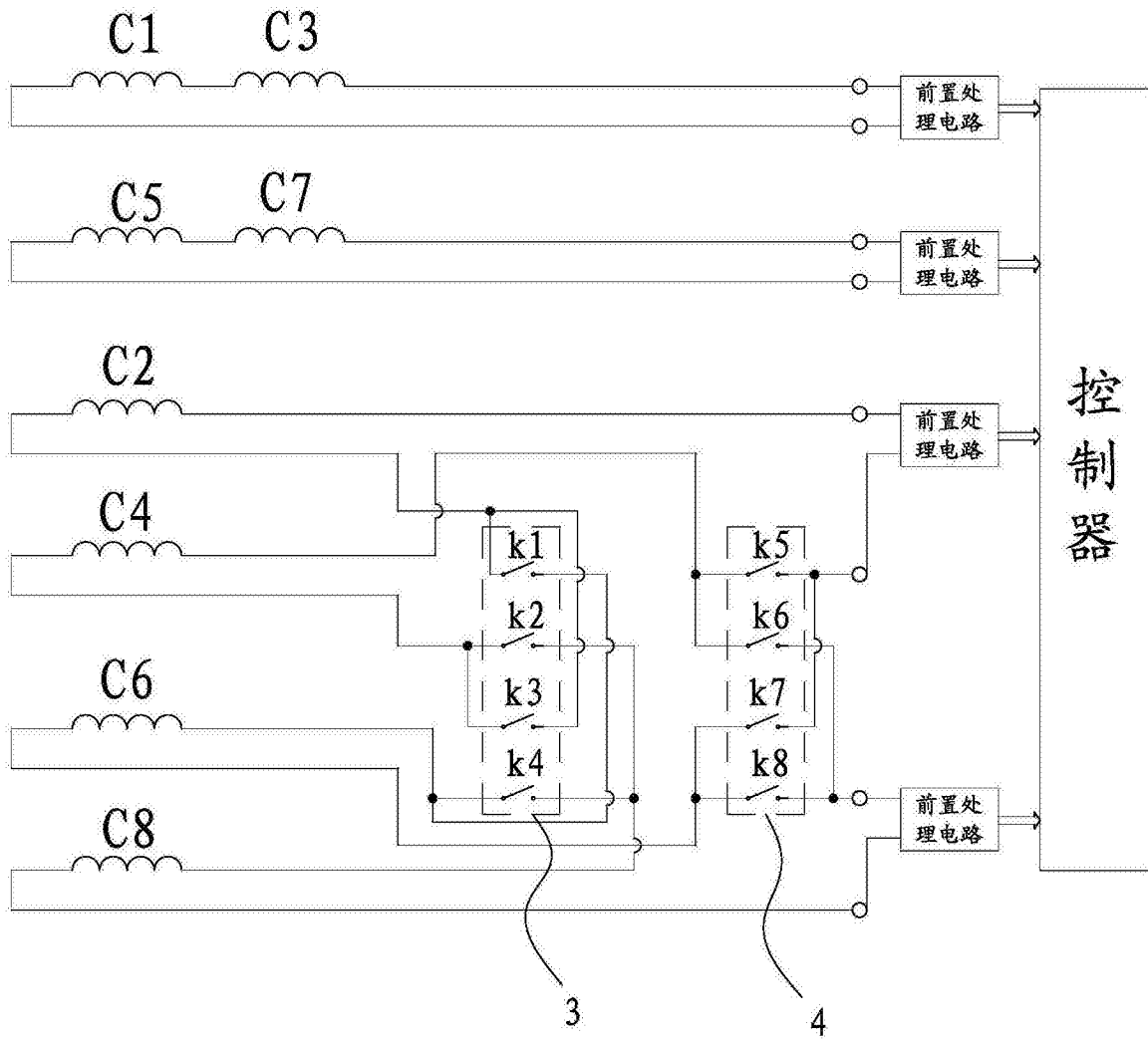


图3

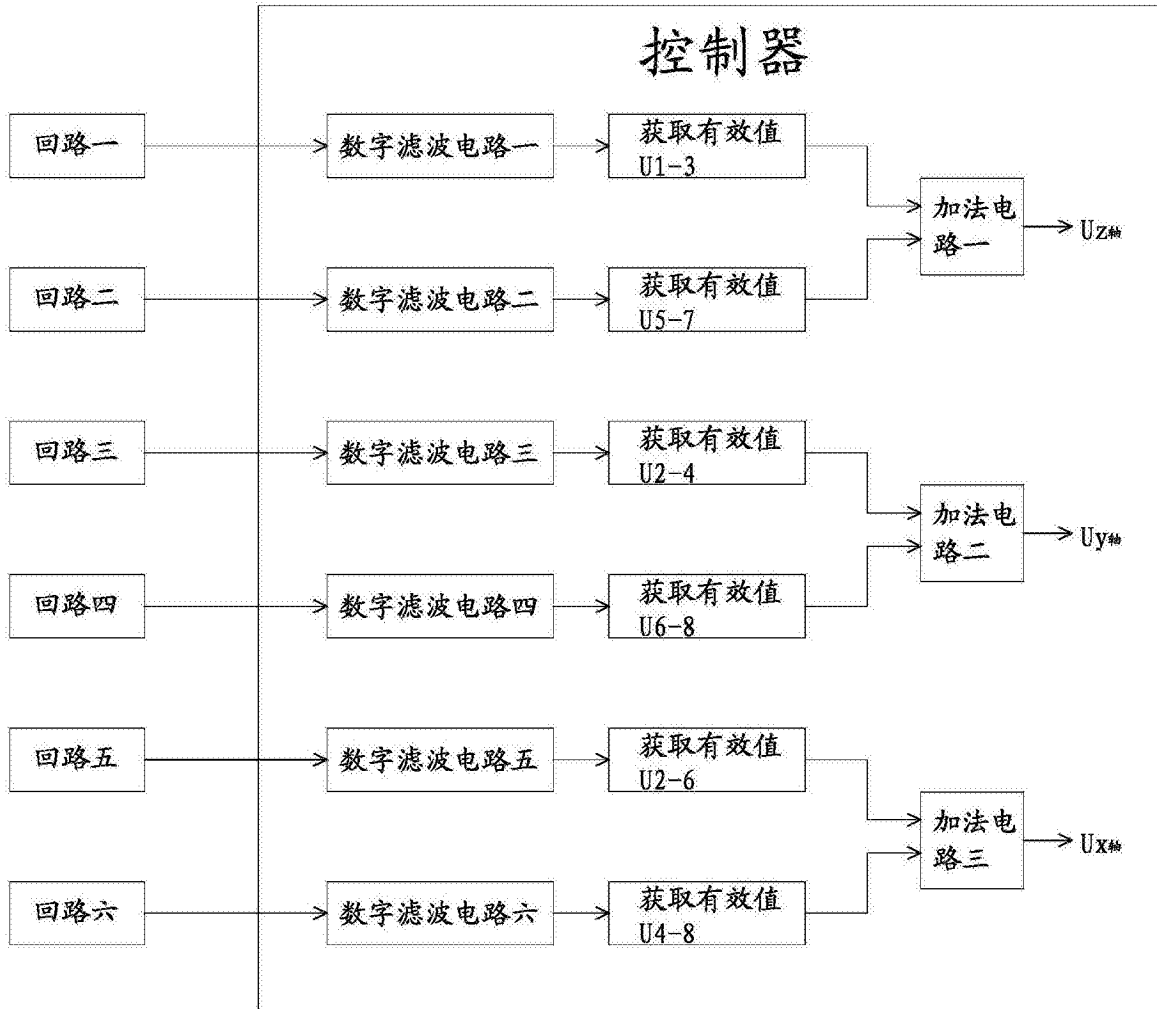


图4

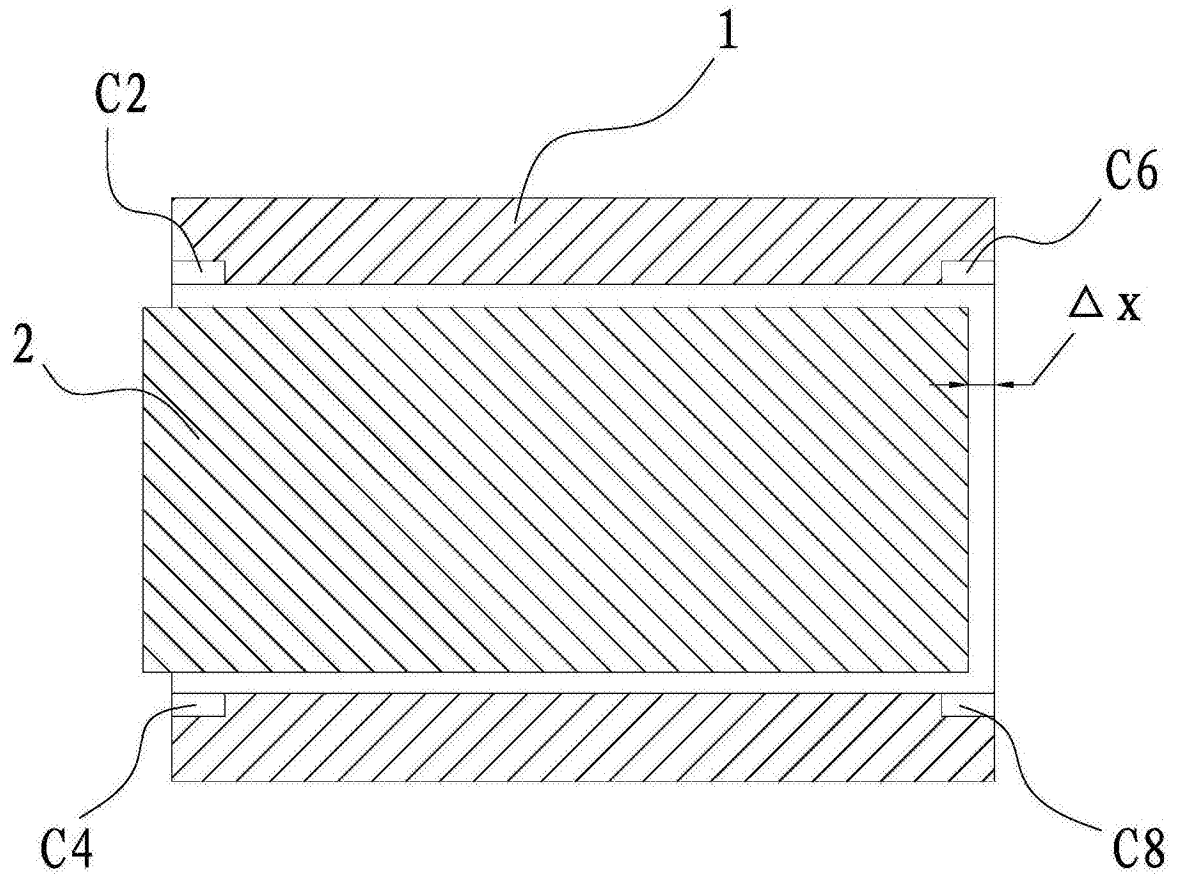


图5

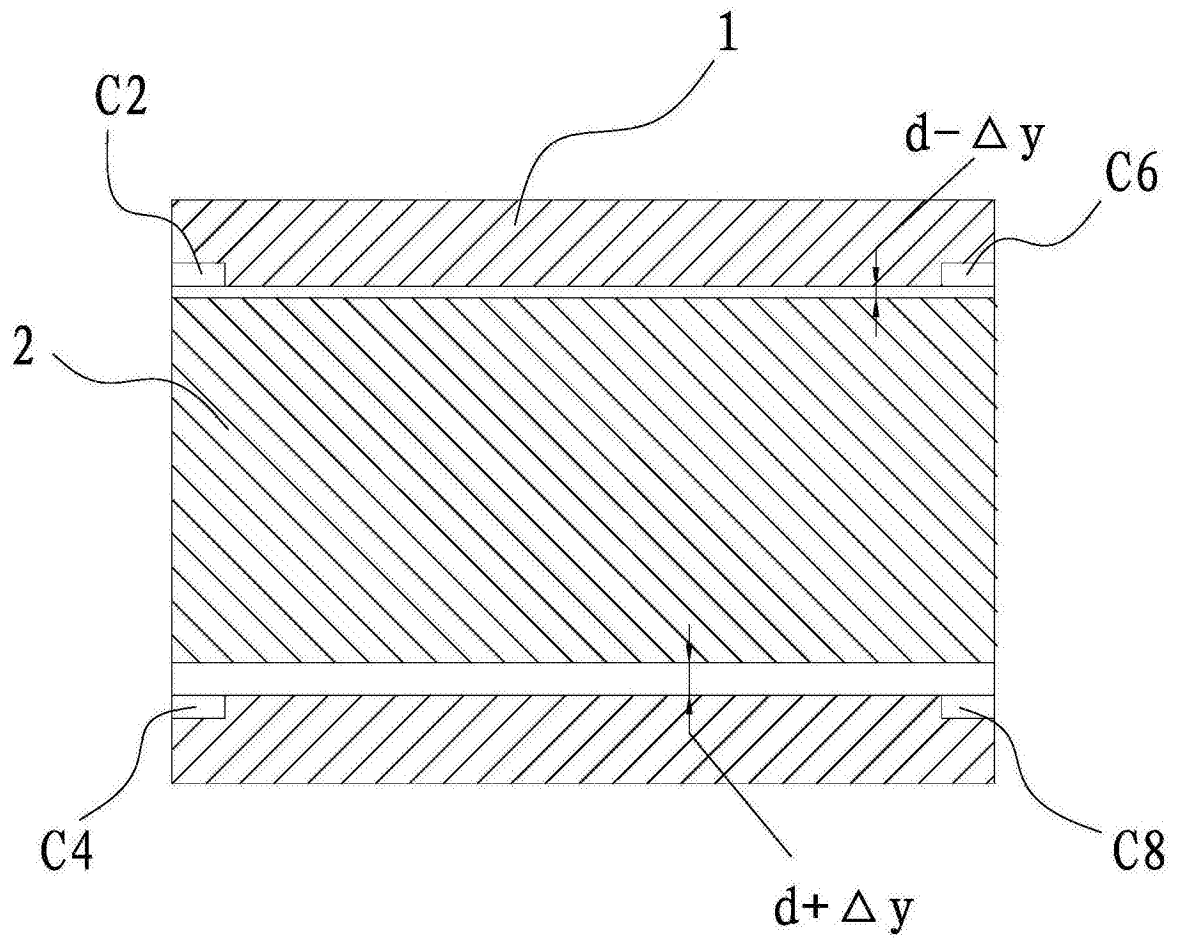


图6

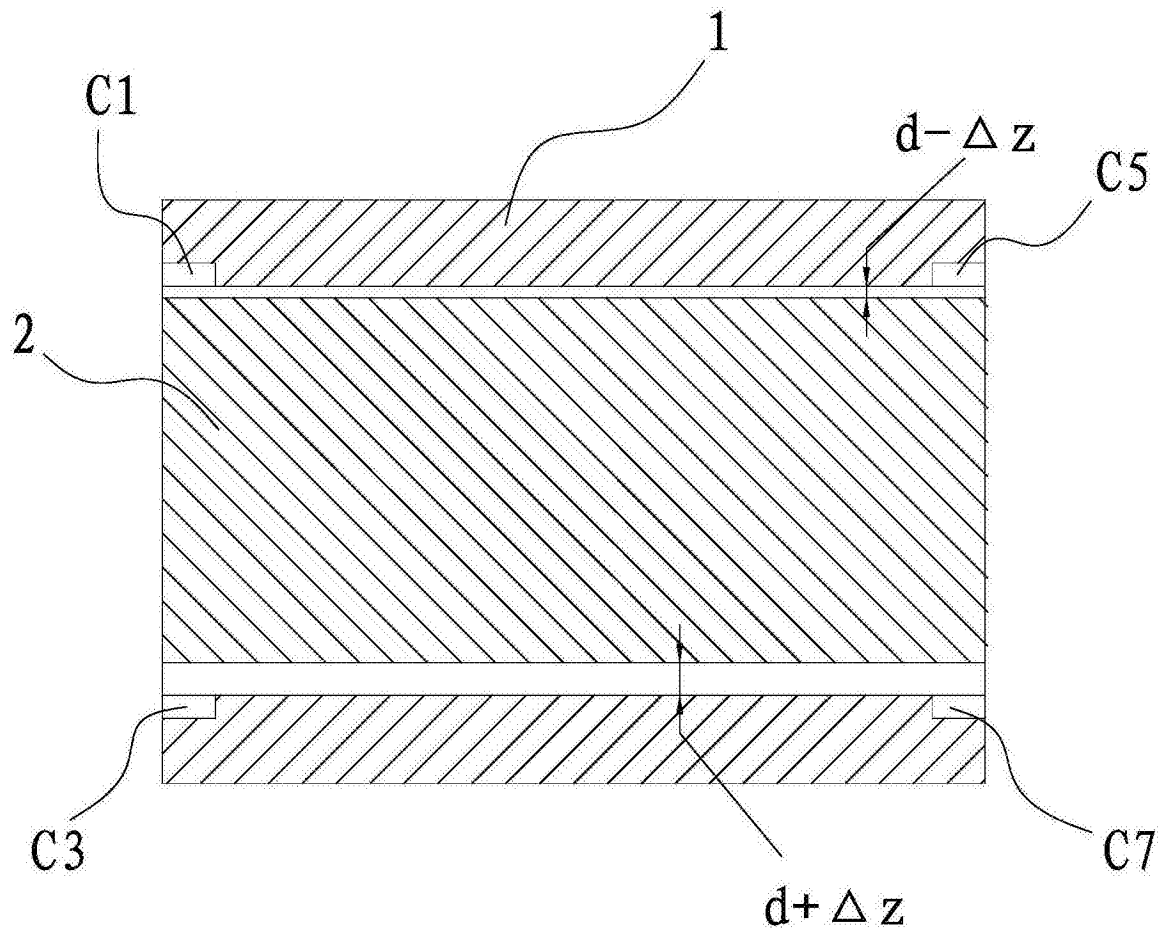


图7

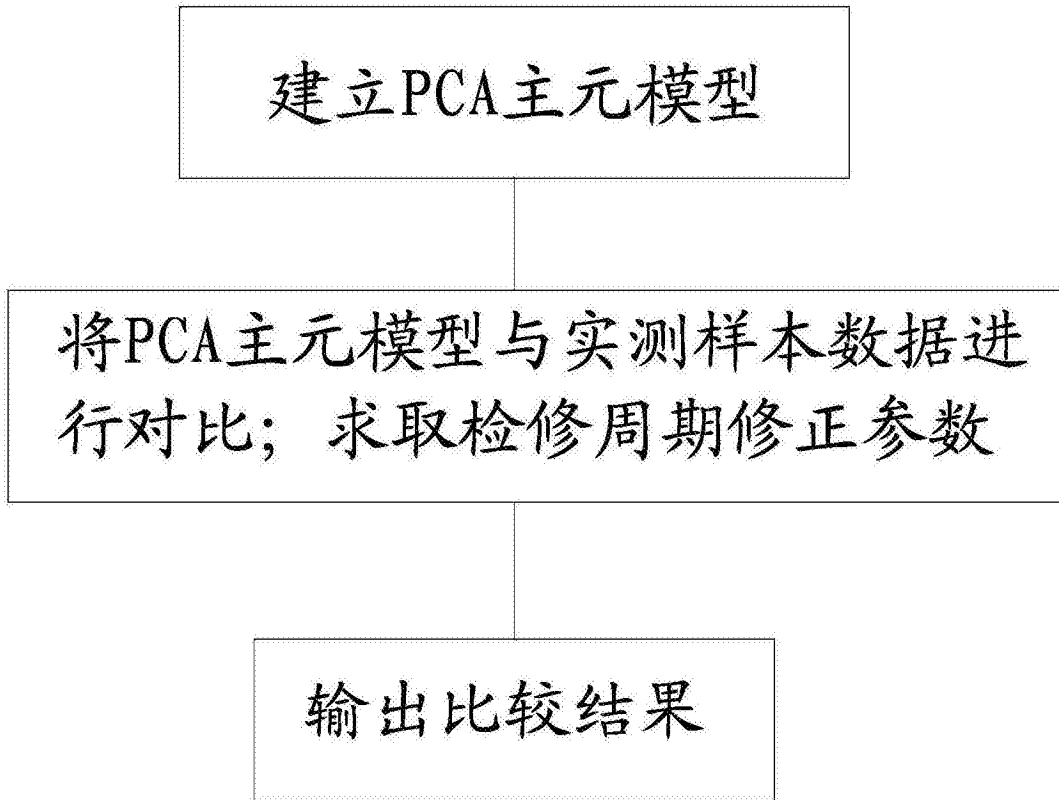


图8

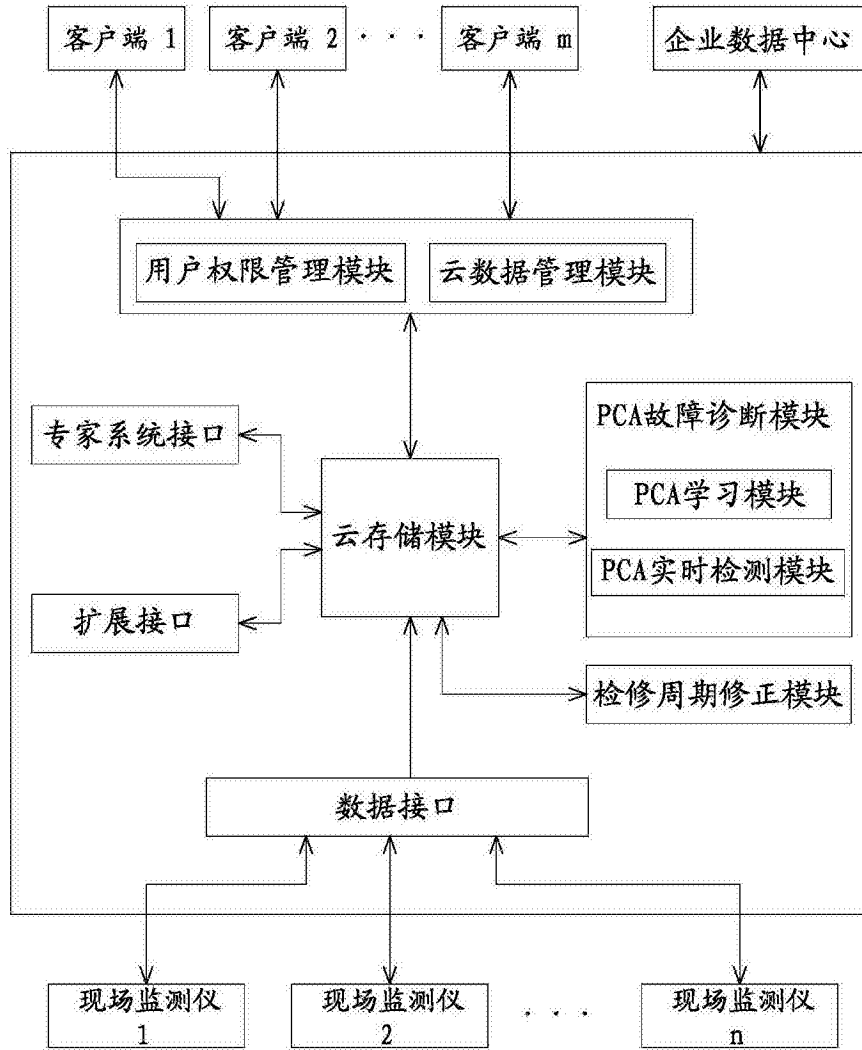


图9

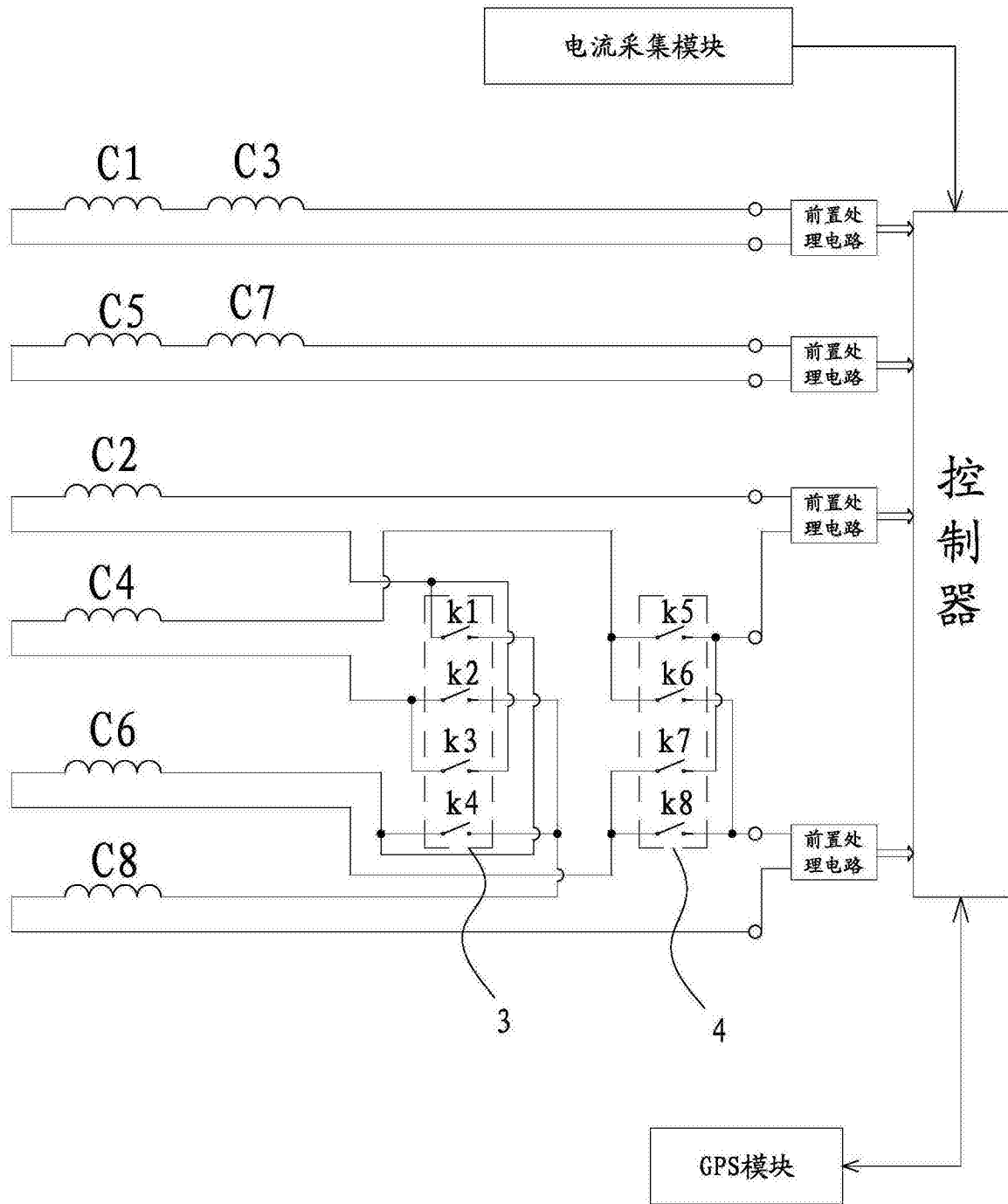


图10