



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103983454 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201410224519. 8

(22) 申请日 2014. 05. 26

(71) 申请人 湖南科技大学

地址 411201 湖南省湘潭市雨湖区石码头 2 号

(72) 发明人 沈意平 唐世浩 戴巨川 李学军 宾光富 蒋勉 贺赛坪

(74) 专利代理机构 湘潭市汇智专利事务所(普通合伙) 43108

代理人 颜昌伟

(51) Int. Cl.

G01M 13/02(2006. 01)

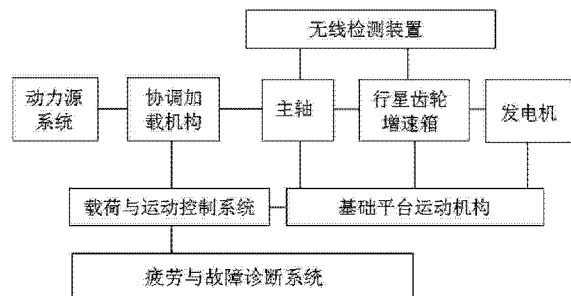
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种风电机组传动链全工况测试模拟装置

(57) 摘要

本发明公开了一种风电机组传动链全工况测试模拟装置,包括动力源系统、协调加载机构、传动链系统、发电机、基础平台运动机构、载荷与运动控制系统、无线检测装置、疲劳与故障诊断系统,动力源系统、传动链系统、发电机依次连接,协调加载机构安装在主轴上,传动链系统、发电机固定在基础平台运动机构上,基础平台运动机构与载荷与运动控制系统相连,无线检测装置分别与传动链系统、疲劳与故障诊断系统相连,疲劳与故障诊断系统与载荷与运动控制系统相连。本发明能够模拟不同工况下风电机组的真实载荷,为风电机组传动链全工况性能测试、疲劳寿命预估及故障机理研究提供前提条件。



1. 一种风电机组传动链全工况测试模拟装置,其特征在于:包括动力源系统、协调加载机构、传动链系统、发电机、基础平台运动机构、载荷与运动控制系统、无线检测装置、疲劳与故障诊断系统,传动链系统包括主轴、轴承、行星齿轮增速箱,动力源系统与主轴相连,主轴、行星齿轮增速箱、发电机依次连接,所述协调加载机构安装在主轴上,采集传动链承受的轴向和径向载荷信号并送入载荷与运动控制系统,所述轴承、行星齿轮增速箱、发电机固定在基础平台运动机构上,基础平台运动机构与载荷与运动控制系统相连,所述无线检测装置分别与传动链系统、疲劳与故障诊断系统相连,疲劳与故障诊断系统与载荷与运动控制系统相连。

2. 如权利要求1所述的风电机组传动链全工况测试模拟装置,其特征在于:所述动力源系统包括变频器I、原动机和减速箱,变频器I、原动机和减速箱依次连接,减速箱与传动链系统的主轴连接。

3. 如权利要求2所述的风电机组传动链全工况测试模拟装置,其特征在于:所述协调加载机构包括加载盘、液压加载机构I和加载控制器,所述加载盘安装在主轴上,加载盘两端面和侧面均开有螺纹连接孔,液压加载机构I布置在加载盘两端面及侧面,加载控制器与液压加载机构I相连。

4. 如权利要求3所述的风电机组传动链全工况测试模拟装置,其特征在于:所述传动链系统的轴承包括滚子轴承I和滚子轴承II,滚子轴承I采用双排调心球面滚子轴承,滚子轴承II采用短圆柱滚子轴承,所述行星齿轮增速箱采用多级行星齿轮传动系统。

5. 如权利要求4所述的风电机组传动链全工况测试模拟装置,其特征在于:所述基础平台运动机构包括主基础板、液压加载机构II及液压控制器,所述轴承、行星齿轮增速箱、发电机均固定在主基础板上,主基础板下方设有液压加载机构II,液压加载机构II采用六支腿的并联结构,每条支腿均由一个液压泵、液压缸组成,液压控制器分别与液压加载机构II的六条支腿结构相连。

6. 如权利要求5所述的风电机组传动链全工况测试模拟装置,其特征在于:所述无线检测装置包括转矩转速传感器I、转矩转速传感器II、振动传感器I、振动传感器II、振动传感器III、温度传感器、无线发射器和若干个应力应变传感器,所述转矩转速传感器I置于原动机和减速箱之间,转矩转速传感器II置于传动链系统的主轴上,振动传感器I、振动传感器II、振动传感器III分别安装在滚子轴承I、滚子轴承II、行星齿轮增速箱上,滚子轴承I、滚子轴承II、行星齿轮增速箱上均设有噪声传感器,温度传感器安装在行星齿轮增速箱内,若干个应力应变传感器置于行星齿轮增速箱轮齿根部,所有的传感器检测到的数据信号传送到无线发射器,由无线发射器发出。

7. 如权利要求6所述的风电机组传动链全工况测试模拟装置,其特征在于:所述疲劳与故障诊断系统包括无线接收装置和计算机,计算机分别与无线接收装置、载荷与运动控制系统相连,无线接收装置接收来自无线发射器发出的信号,并将信号送入计算机,计算机对信号进行处理与分析,获得风力发电机组无故障主轴运行不同载荷下的状态信息数据。

8. 如权利要求7所述的风电机组传动链全工况测试模拟装置,其特征在于:所述减速箱与主轴之间通过联轴器I连接,所述联轴器I采用金属弹性元件挠性联轴器中的膜片联轴器。

9. 如权利要求7所述的风电机组传动链全工况测试模拟装置,其特征在于:所述主轴

与行星齿轮增速箱之间通过联轴器 II 连接。

一种风电机组传动链全工况测试模拟装置

技术领域

[0001] 本发明涉及风电领域,特别涉及一种风电机组传动链全工况测试模拟装置。

背景技术

[0002] 风电机组传动系统包括轮毂、主轴、轴承、齿轮箱、发电机等部件。风电机组传动链各部件承受着复杂的风载荷,表现为弯扭耦合作用以及间隙接触带来的冲击效应;传动链布置在高耸的塔架顶部,外部载荷作用下具有前后、侧向以及俯仰运动特征;风电机组往往在风沙、腐蚀、冰冻等苛刻环境下运行,而且风速风向具有随机不确定性。因此,风电机组传动链极易出现构件裂纹、磨损、点蚀等结构件失效故障,导致传动系统性能劣化、传动效率降低,严重条件下甚至引起整个传动链瘫痪。我国风电产业近年来发展十分迅速,然而在役的风电机组故障不断涌现,运行效率低、寿命短、故障率高、可靠性差等问题日益突出,尤其是近年来安装的 3-5MW 大容量风电机组频繁出现齿轮箱批量的现场更换事件,高昂的维护费用和停机损失对企业的生存发展带来巨大挑战,也给我国风电行业的健康发展带来强大冲击。

[0003] 为了保证风电机组在服役周期内运行可靠,美国、丹麦、英国和德国等国家的相关研究机构都建有国家级风电机组测试平台,如丹麦 Vestas 公司建成的风电机组测试平台可用于 V164-8.0MW 风电机组测试。国外风电制造企业在产品安装前都会针对不同目的开展不同的试验测试,但是风电机组测试平台均为地面测试系统,很难准确模拟风电机组真实工况,尤其对于齿轮箱这类封闭部件内部结构件应力应变状态没有实现微观观测,无法了解结构件性能劣化的动态过程,因此结构件的疲劳破坏机理尚不明确。尽管我国风电产业发展迅猛,然而风电行业的发展主要是引进国外的设计经验和模式,基础实验测试技术远落后于产业发展。上海电气、东方电气、国电联合动力等建成的 MW 级风电机组测试平台仅供出厂性能测试,尚未开展传动链整机的疲劳寿命实验与评估及故障机理研究。因此,大型风电机组传动链测试系统已成为我国风电产业健康发展的技术瓶颈。

[0004] 专利 CN202599657 提出一种实现并网测试和传动链性能测试装置,但没有涉及到全工况载荷下传动链的动态性能。现有的一些加载实验装置也没有考虑到扭矩、轴向和径向载荷的耦合作用及传动链基础平台运动与载荷的关联,无法掌握风电机组实际运行的应力应变、振动、噪声的动态历程,传动链的疲劳损伤及故障机理尚不明确。

发明内容

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种能够测试全工况载荷下传动链的动态性能的风电机组传动链全工况测试模拟装置。

[0006] 本发明解决上述问题的技术方案是:一种风电机组传动链全工况测试模拟装置,包括动力源系统、协调加载机构、传动链系统、发电机、基础平台运动机构、载荷与运动控制系统、无线检测装置、疲劳与故障诊断系统,传动链系统包括主轴、轴承、行星齿轮增速箱,动力源系统与主轴相连,主轴、行星齿轮增速箱、发电机依次连接,所述协调加载机构安装

在主轴上,采集传动链承受的轴向和径向载荷信号并送入载荷与运动控制系统,所述轴承、行星齿轮增速箱、发电机固定在基础平台运动机构上,基础平台运动机构与载荷与运动控制系统相连,所述无线检测装置分别与传动链系统、疲劳与故障诊断系统相连,疲劳与故障诊断系统与载荷与运动控制系统相连。

[0007] 上述风电机组传动链全工况测试模拟装置中,所述动力源系统包括变频器 I、原动机和减速箱,变频器 I、原动机和减速箱依次连接,减速箱与传动链系统的主轴连接。

[0008] 上述风电机组传动链全工况测试模拟装置中,所述协调加载机构包括加载盘、液压加载机构 I 和加载控制器,所述加载盘安装在主轴上,加载盘两端面和侧面均开有螺纹连接孔,液压加载机构 I 布置在加载盘两端面及侧面,加载控制器与液压加载机构 I 相连。

[0009] 上述风电机组传动链全工况测试模拟装置中,所述传动链系统的轴承包括滚子轴承 I 和滚子轴承 II,滚子轴承 I 采用双排调心球面滚子轴承,滚子轴承 II 采用短圆柱滚子轴承,所述行星齿轮增速箱采用多级行星齿轮传动系统。

[0010] 上述风电机组传动链全工况测试模拟装置中,所述基础平台运动机构包括主基础板、液压加载机构 II 及液压控制器,所述轴承、行星齿轮增速箱、发电机均固定在主基础板上,主基础板下方设有液压加载机构 II,液压加载机构 II 采用六支腿的并联结构,每条支腿均由一个液压泵、液压缸组成,液压控制器分别与液压加载机构 II 的六条支腿结构相连。

[0011] 上述风电机组传动链全工况测试模拟装置中,所述无线检测装置包括转矩转速传感器 I、转矩转速传感器 II、振动传感器 I、振动传感器 II、振动传感器 III、温度传感器、无线发射器和若干个应力应变传感器,所述转矩转速传感器 I 置于原动机和减速箱之间,转矩转速传感器 II 置于传动链系统的主轴上,振动传感器 I、振动传感器 II、振动传感器 III 分别安装在滚子轴承 I、滚子轴承 II、行星齿轮增速箱上,滚子轴承 I、滚子轴承 II、行星齿轮增速箱上均设有噪声传感器,温度传感器安装在行星齿轮增速箱内,若干个应力应变传感器置于行星齿轮增速箱轮齿根部,所有的传感器检测到的数据信号传送到无线发射器,由无线发射器发出。

[0012] 上述风电机组传动链全工况测试模拟装置中,所述疲劳与故障诊断系统包括无线接收装置和计算机,计算机分别与无线接收装置、载荷与运动控制系统相连,无线接收装置接收来自无线发射器发出的信号,并将信号送入计算机,计算机对信号进行处理与分析,获得风力发电机组无故障主轴运行不同载荷下的状态信息数据。

[0013] 上述风电机组传动链全工况测试模拟装置中,所述减速箱与主轴之间通过联轴器 I 连接,所述联轴器 I 采用金属弹性元件挠性联轴器中的膜片联轴器。

[0014] 上述风电机组传动链全工况测试模拟装置中,所述主轴与行星齿轮增速箱之间通过联轴器 II 连接。

[0015] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

1、本发明将风电机组实际载荷转换为传动链地面测试平台施加载荷,采用高频大功率的液压加载机构协同加载策略,可以将扭矩、轴向力、径向力等载荷按照预定的规律同时施加在传动链系统的主轴上,用以模拟不同工况下风电机组的真实载荷,为风电机组传动链全工况性能测试、疲劳寿命预估及故障机理研究提供前提条件;

2、本发明在传动链系统的主轴、轴承、行星齿轮增速箱敏感位置布置光纤光栅传感器,采用先进的无线信号传输技术,实现封闭旋转部件应力应变、温度、振动等信息采集与传

输；

3、本发明基础平台运动机构的六自由度运动及其与载荷与运动控制系统的协调控制，可以真实模拟风电机组实际运行工况，能够把握其疲劳破坏和故障演化的动态变化过程；

4、本发明的疲劳与故障诊断系统可以实现载荷计算、疲劳寿命预估和故障智能诊断，能为开发风电机组传动链监测系统提供理论和技术支持；

5、本发明可以用于风电机组传动链全工况动态行为监测、传动链整机疲劳加速实验、典型故障振动机理研究，还可以应用于新型风电机组传动链的产品定型实验。

附图说明

[0016] 图 1 为本发明的结构框图。

[0017] 图 2 为本发明的结构示意图。

[0018] 图 3 为本发明行星齿轮增速箱内传感器的布置位置示意图，其中黑色小块为传感器布置位置。

[0019] 图中：1-变频器 I，2-原动机，3-减速箱，4-联轴器 I，5-液压缸 I，6-液压缸 II，7-液压缸 III，8-振动传感器 I，9-滚子轴承 I，10-滚子轴承 II，11-振动传感器 II，12-联轴器 II，13-振动传感器 III，14-行星齿轮增速箱，15-发电机；16-基础平台运动机构，17-无线接收装置，18-载荷与运动控制系统，19-计算机。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

[0021] 如图 1、图 2 所示，本发明包括动力源系统、协调加载机构、传动链系统、发电机 15、基础平台运动机构 16、载荷与运动控制系统 18、无线检测装置、疲劳与故障诊断系统。

[0022] 传动链系统包括主轴、轴承、行星齿轮增速箱 14，主轴、行星齿轮增速箱 14、发电机 15 依次连接，主轴与行星齿轮增速箱 14 之间通过联轴器 II 12 连接，轴承包括滚子轴承 I 9 和滚子轴承 II 10，滚子轴承 I 9 采用双排调心球面滚子轴承，将其置于风轮一侧作为悬臂梁，使之承受加载荷上施加的径向载荷和轴向载荷；滚子轴承 II 10 采用短圆柱滚子轴承，只承受径向载荷，可以轴向浮动；所述行星齿轮增速箱 14 采用多级行星齿轮传动系统，行星齿轮增速箱 14 包括 1-2 级行星轮系和 1 级斜齿轮 / 直齿轮，轮齿根部、行星系杆和轴及轴承敏感部件布置传感器。

[0023] 所述动力源系统包括变频器 I 1、原动机 2 和减速箱 3，变频器 I 1、原动机 2 和减速箱 3 依次连接，减速箱 3 与传动链系统的主轴连接，原动机 2 输出动力拖动减速箱 3 运转，经过减速箱 3 降速，达到增大转矩的作用，模拟风电机组风轮的旋转状态；所述减速箱 3 与主轴之间通过联轴器 I 4 连接，为了避免动力源系统和基础平台运动机构 16 对传动系统的损坏，所述联轴器 I 4 采用金属弹性元件挠性联轴器中的膜片联轴器。

[0024] 所述协调加载机构包括加载盘、液压加载机构 I 和加载控制器，液压加载机构 I 包括液压缸 I 5、液压缸 II 6、液压缸 III 7，加载控制器与液压加载机构 I 相连，加载控制器输出控制液压加载机构 I 的驱动信号，真实模拟风电机组典型工况载荷；所述加载盘安装在主轴上，加载盘两端面和侧面均开有螺纹连接孔，液压加载机构 I 布置在加载盘两端面及侧面，三个液压缸采用空间三维立体布置实现 X、Y、Z 三个方向的力加载，通过加载控制

器传递的轴向和径向协同载荷谱进行油缸作动,模拟传动链承受的轴向和径向载荷。

[0025] 所述基础平台运动机构 16 用于模拟传动链系统的载荷及运动情况,其包括主基础板、液压加载机构 II 及液压控制器,所述轴承、行星齿轮增速箱 14、发电机 15 均固定在主基础板上,主基础板下方设有液压加载机构 II,液压加载机构 II 采用六支腿的并联结构,每条支腿均由一个液压泵、液压缸组成,支腿采用液压机构以实现大型传动结构的运动控制,液压控制器分别与液压加载机构 II 的六条支腿结构相连。基础平台运动机构 16 能够实现六自由度运动,用以模拟机舱随塔架顶部运动情况,由于在实际工作条件下,风电机组传动链基础随塔架顶部的运动与传动链随的载荷是相互影响的,因此其运动控制与轴向和径向载荷也存在耦合关系,通过液压控制器进行对应载荷情况下的运动控制;同时,基础平台运动机构能够实现 6° 左右的小角度倾斜模拟实际机舱的倾斜安装状态,可以通过实验理清倾斜安装传动链的动态特性,以便更好真实的反映实际情况对故障特征的影响。

[0026] 所述无线检测装置包括转矩转速传感器 I、转矩转速传感器 II、振动传感器 I 8、振动传感器 II 11、振动传感器 III 13、温度传感器、无线发射器和若干个应力应变传感器,所述转矩转速传感器 I 置于原动机 2 和减速机 3 之间,转矩转速传感器 II 置于传动链系统的主轴上,振动传感器 I 8、振动传感器 II 11、振动传感器 III 13 分别安装在滚子轴承 I 9、滚子轴承 II 10、行星齿轮增速箱 14 上,滚子轴承 I 9、滚子轴承 II 10、行星齿轮增速箱 14 上均设有噪声传感器,温度传感器安装在行星齿轮增速箱 14 内,若干个应力应变传感器置于行星齿轮增速箱 14 轮齿根部,所有的传感器检测到的数据信号传送到无线发射器,由无线发射器发出。

[0027] 所述疲劳与故障诊断系统包括无线接收装置 17 和计算机 19,计算机 19 分别与无线接收装置 17、载荷与运动控制系统 18 相连,无线接收装置 17 接收来自无线发射器发出的信号,并将信号送入计算机 19,计算机 19 对信号进行处理与分析,能够进行相应的载荷和运动计算,用于控制协调加载机构和基础平台运动机构 16;计算机 19 根据接收到的应力应变、温度动态数据,进行疲劳损伤计算和疲劳寿命预测;计算机 19 根据接收到的振动、噪声信号,进行信号处理和故障诊断,掌握其振动特性,识别其故障类型。。

[0028] 本发明能够进行疲劳加速实验和故障诊断机理实验,疲劳加速实验:基本传动链结构损伤等效原则,通过大型风电机组传动链系统疲劳寿命加速试验的等效转换方法,将相应的载荷谱通过协调加载机构施加给风电机组传动链系统,开展疲劳加速试验;并监测敏感位置应力应变动态变化情况,实时掌握疲劳裂纹等深化过程。

[0029] 故障诊断机理实验:通过更换故障件,如主轴裂纹、齿轮断齿等故障件,通过电动机减速机 3 调节原动机 2 转速与扭矩,通过计算机 19、载荷与运动控制系统 18 进行协调加载机构和基础平台运动机构 16 的控制,模拟实际风电机组的运动状态;转矩转速传感器和振动传感器将捕获的数组不同信号输入计算机 19,由计算机 19 对信号进行处理与分析,获得风力发电机组无故障主轴运行不同载荷下状态信息数据;当模拟主轴为故障主轴时,同样的方法,输入与无故障主轴数组等同载荷,利用传感器将信号输入计算机 19;利用以上步骤获得风力发电机组传动系统主轴故障及诊断信息。

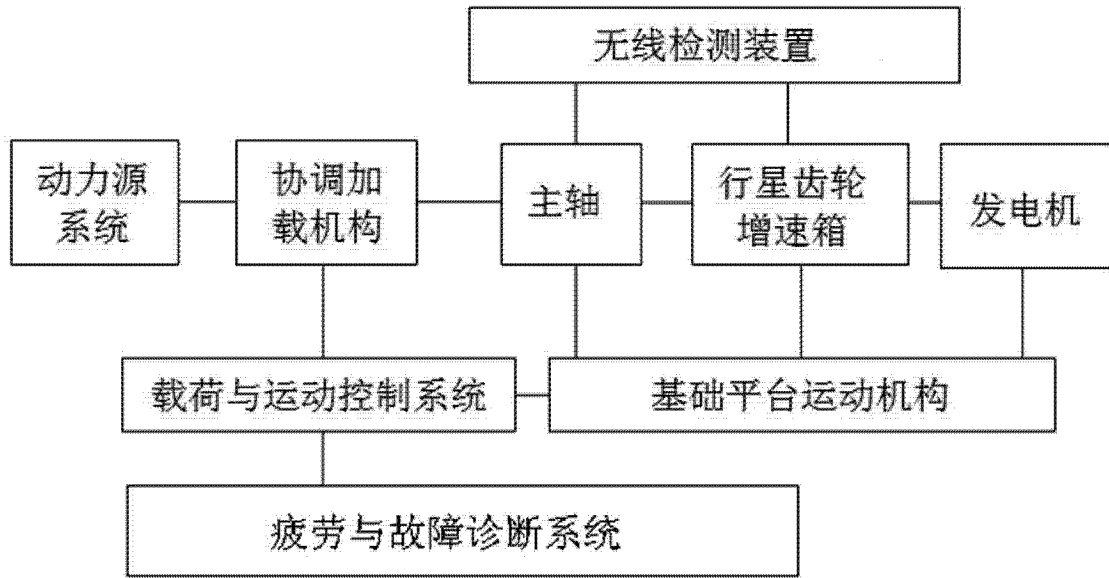


图 1

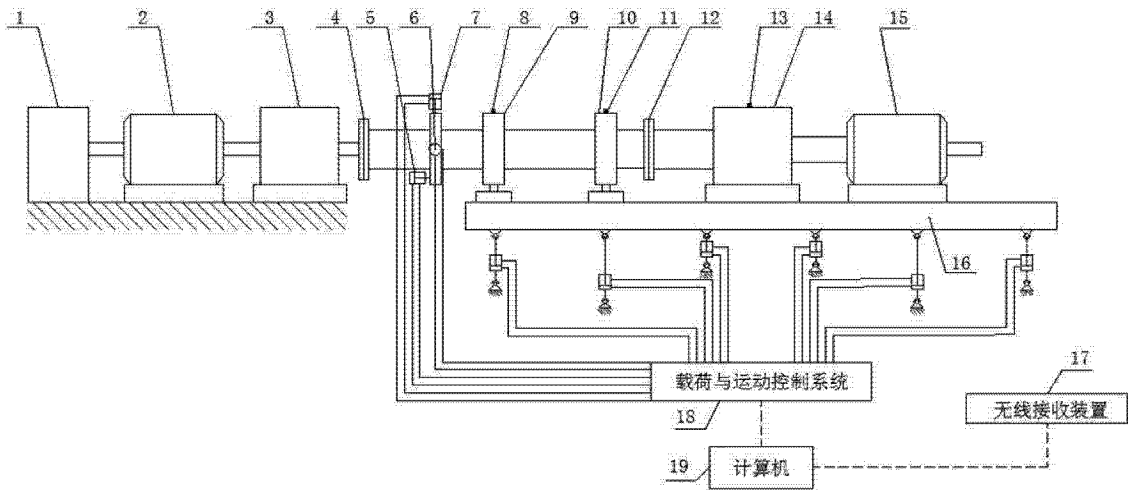


图 2

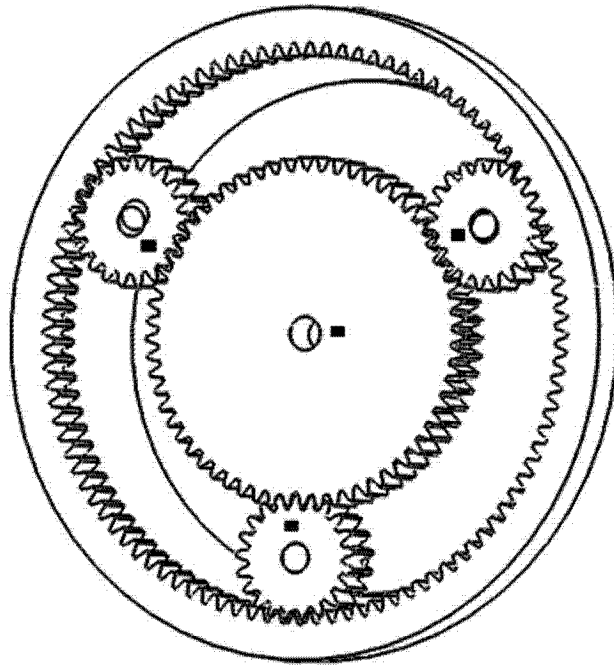


图 3