



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102621430 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 01

(21) 申请号 201210102917. 3

(22) 申请日 2012. 03. 31

(71) 申请人 山东电力研究院

地址 250002 山东省济南市市中区二环南路
500 号

(72) 发明人 郭锐 曹雷 张峰 仲亮 贾娟

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 王吉勇

(51) Int. Cl.

G01R 31/00(2006. 01)

G01R 1/00(2006. 01)

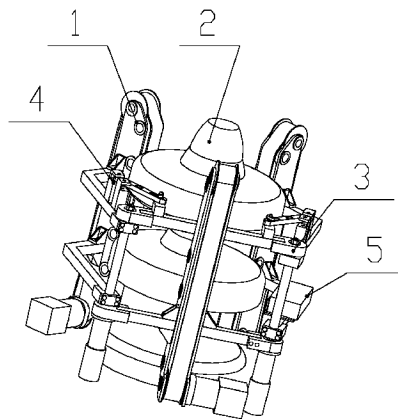
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

水平绝缘子串智能检测机器人系统

(57) 摘要

本发明公开了一种水平绝缘子串智能检测机器人系统,包括若干履带轮、若干旋转抱紧机构、至少一个绝缘子带电检测仪及若干防掉落保护机构,所述履带轮、绝缘子带电检测仪及防掉落保护机构均设置于旋转抱紧机构上,所述履带轮和旋转抱紧机构均通过线路与控制系统相连。履带轮与旋转抱紧机构连接成一体,并且在机器人运行时成 120 度均匀环抱于绝缘子周围。携带电场式绝缘子检测仪,机器人运行时可自动检测绝缘子串电场强度分布,识别绝缘子是否完好。本发明结构紧凑,爬行平稳,对绝缘子磨损小,最多短接 3 片绝缘子,运行安全可靠,可沿水平单串绝缘子串带电检测。



1. 一种水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,包括若干履带轮、若干旋转抱紧机构、至少一个绝缘子带电检测仪及若干防掉落保护机构,所述履带轮、绝缘子带电检测仪及防掉落保护机构均设置于旋转抱紧机构上,所述履带轮和旋转抱紧机构均通过线路与控制系统相连。

2. 如权利要求 1 所述的水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,所述履带轮的纵向长度大于两片且小于三片绝缘子串的轴向长度。

3. 如权利要求 2 所述的水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,所述履带轮包括履带、驱动电机、主动轮、若干张紧轮、两个联板、若干支撑柱、传动轴和从动轮,所述两个平行的联板之间通过若干支撑柱连接,每两个支撑柱之间设有一个涨紧轮,涨紧轮套在传动轴上,传动轴两端设置于两个联板上,两个联板之间的两端分别设置有主动轮和从动轮,所述主动轮和从动轮上绕有履带;所述一个联板的外侧设有与主动轮相连的驱动电机,所述驱动电机通过线路与控制系统相连。

4. 如权利要求 3 所述的水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,所述每个旋转抱紧机构均包括直流电机、轴承座、旋转轴、旋转块及连接拐角,所述旋转轴的下端与直流电机的输出轴相连,所述旋转轴的上端和下端上分别套有一轴承,轴承的外圈固定于轴承座上,轴承座上固定连接有一短连接支架;所述两轴承座之间的旋转轴上固定连接有两块平行设置的旋转块,两旋转块上分别固定有一长连接支架;所述短连接支架和长连接支架的末端均设有连接履带轮的连接拐角。

5. 如权利要求 4 所述的水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,所述直流电机固定于旋转轴下端的轴承座上,且所述直流电机通过线路与控制系统相连。

6. 如权利要求 4 所述的水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,所述两短连接支架平行设置。

7. 如权利要求 4 所述的水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,所述两长连接支架平行设置。

8. 如权利要求 1 所述的水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,所述每个防掉落保护机构均包括一个连杆、两个固定块、一个锁紧块及若干快锁插销,所述两个固定块设置于旋转轴上部的长连接支架上,所述锁紧块固定于旋转轴上部的短连接支架上;所述连杆一端与其中一个固定块铰接,另一端通过快锁插销与锁紧块铰接。

9. 如权利要求 8 所述的水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,所述连杆上与锁紧块铰接端以及中部分别开有 U 型槽。

10. 如权利要求 1 所述的水平绝缘子串智能检测机器人系统,其特征是,所述控制系统采用基于 CAN 总线的分布式电机控制系统,其包括运动控制板,运动控制板与数据收发板通过 RS-232 总线连接,所述数据收发板通过全向天线与手持遥控器一对一建立无线连接;所述运动控制板通过 CAN 总线与分别与履带轮和旋转抱紧机构的电机驱动器相连,各电机驱动器分别连接设置于与其相对应的电机上;所述 CAN 总线上还连接有错误检测板;

所述运动控制板和错误检测板均包括中央处理器,中央处理器上分别设有指示灯及无线状态数字输入输出接口,RS-232、CAN 串行总线接口;所述运动控制板还通过电源采集电路采集电池电压;

所述数据收发板包括无线模块,无线模块接全向天线,及 RS-232 串行接口电路,并扩

展数字输出接口。

水平绝缘子串智能检测机器人系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种移动检测机器人系统,尤其是一种可用来完成高压输电线路水平绝缘子的检测工作,以代替人工作业的水平绝缘子串带电检测机器人系统。

背景技术

[0002] 高压输电线路的绝缘子是用于输电导线与铁塔进行绝缘连接的设备。在高压输电线路路上,其长期工作于强电场、机械应力、污秽及温湿度等共同构成的错综复杂的恶劣环境中,出现故障老化的几率很大;当绝缘子的劣化发展到一定程度,或者遇到雷击过电压、冲击过电压、污秽闪络等外部作用,容易发生流注放电、头部绝缘击穿等现象,有可能发展成瓷裙炸裂、钢帽爆炸、钢脚烧断等故障,甚至发展为断串、掉线事故,对电网安全构成严重威胁。

[0003] 为了实现在线检测不良绝缘子,人们采用了许多方法,其中常用的有火花叉法、光电法、静电探头法、自走式不良绝缘子电阻检测法等。但是,根据这些方法研制的装置在使用时都要求操作人员爬上杆塔,逐个检测塔上所有的绝缘子,其上串劳动强度很大。

[0004] 中国专利 ZL200820232350.0 公开了一种绝缘子检测机器人,包括第一履带轮、箱体、第二履带轮、变距伸缩机构及探头驱动机构,箱体上安装有变距伸缩机构,第一、二履带轮位于箱体两侧、分别与变距伸缩机构相铰接,第一、二履带轮上分别连接有第一、二行程传感器;箱体的下方设有探头驱动机构。综合分析,此专利主要有如下缺点:无法检测单串耐张绝缘子串。此专利采用能够伸缩变化的变距伸缩机构,能适应双联水平绝缘子串的距离变化,但是,在输电线路中 110KV 有大部分为单串耐张绝缘子串,其只能沿水平双串绝缘子串行走,无法完成对单串绝缘子串进行检测;

[0005] 中国专利 ZL201120069946.5 公开了一种高压与超高压输电线路的绝缘子检测设备,包括对称设置的两个环形支架,两个环形支架上分别设置有爬行机构,两个爬行机构之间通过连接板连接;爬行机构包括对称设置的两个导轨,两个导轨上分别设置卡脚机构;卡脚机构包括滑动装置和摆动装置,滑动装置包括滑动设置在导轨上的卡脚滑块,摆动装置包括摆动键套,摆动键套通过轴承连接到卡脚滑块上;摆动键套套设在摆动键轴上,摆动键套上固设有卡脚;卡脚滑块连接有主动驱动步进伺服电机,摆动键轴连接有卡脚摆动驱动伺服机构。综合分析,此专利主要有如下缺点:

[0006] (1)、无法检测输电线路耐张绝缘子串。此专利主要针对高压成对并垂直设置的绝缘子的检测,无法应用于输电线路耐张绝缘子串的检测工作,特别是水平单串耐张绝缘子串。

[0007] (2)、移动速度缓慢,检测效率较低。此专利的行走方式主要采用移动机构上的卡爪卡住每个绝缘子瓶的外沿,交替向上移动,这种移动机构在检测过程在,移动比较缓慢,检测时间较长,效率低下。

[0008] 中国专利申请 01102273.6 公开了一种高压输电线路绝缘子带电智能监测仪,它包括有能够套设在绝缘子本体周边的环形支架,环形支架的本体上设置有能够沿绝缘子瓶

沿爬行的爬行机构,检测探头设置于环形支架或爬行机构上,其控制电路输出接控制爬行机构、探头的控制端,输入接探头的输出端,控制电路控制爬行机构、探头的检测动作,并接收探头的输出信号。综合分析,此专利主要有如下缺点:

[0009] (1)、检测效率较低。此专利的通过套设在平行导向柱上的卡爪卡住绝缘子边沿,卡爪分为上下两层,交替向上移动,检测时间较长,效率低下。

[0010] (2)、不易上串安装。此发明主要有三节以上的环形支架拼对扣合而成,在安装前需要工作人员针对绝缘子的尺寸套合安装,费时费力。

[0011] (3)、不能为履带提供持续的张紧力,适应性较小。履带与绝缘子的卡紧力来自于履带弹性支撑架上的很多弹簧,但机器人在抱紧绝缘子后,如果绝缘子尺寸稍大,弹簧压缩量较大,则会造成履带比较松弛,起不到对履带的张紧作用,对电机的动力传输造成影响。

发明内容

[0012] 本发明的目的是为克服上述现有技术的不足,提供一种水平绝缘子串智能检测机器人系统,能够沿水平单串绝缘子自主爬行,可带电检测绝缘子绝缘性能。要求机器人结构紧凑,可实现自主检测、自动记录,检测效率较高,并且能够适应双联水平绝缘子串及单串耐张绝缘子串。

[0013] 为实现上述目的,本发明采用下述技术方案:

[0014] 一种水平绝缘子串智能检测机器人系统,包括若干履带轮、若干旋转抱紧机构、若干防掉落保护机构、一套绝缘子带电检测仪、相应控制电路及手持遥控器。所述履带轮、绝缘子带电检测仪及防掉落保护机构均设置于旋转抱紧机构上,所述履带轮和旋转抱紧机构均通过线路与控制系统相连。

[0015] 所述履带轮的纵向长度大于两片且小于三片绝缘子串的轴向长度。

[0016] 所述履带轮包括履带、驱动电机、主动轮、若干张紧轮、两个联板、若干支撑柱、传动轴和从动轮,所述两个平行的联板之间通过若干支撑柱连接,每两个支撑柱之间设有一个涨紧轮,涨紧轮套在传动轴上,传动轴两端设置于两个联板上,两个联板之间的两端分别设置有主动轮和从动轮,所述主动轮和从动轮上绕有履带;所述一个联板的外侧设有与主动轮相连的驱动电机,所述驱动电机通过线路与控制系统相连。

[0017] 所述每个旋转抱紧机构均包括直流电机、轴承座、旋转轴、旋转块及连接拐角,所述旋转轴的下端与直流电机的输出轴相连,所述旋转轴的上端和下端上分别套有一轴承,轴承的外圈固定于轴承座上,轴承座上固定连接有一短连接支架;所述两轴承座之间的旋转轴上固定连接有两块平行设置的旋转块,两旋转块上分别固定有一长连接支架;所述短连接支架和长连接支架的末端均设有连接履带轮的连接拐角。

[0018] 所述直流电机固定于旋转轴下端的轴承座上,且所述直流电机通过线路与控制系统相连。

[0019] 所述两短连接支架平行设置。

[0020] 所述两长连接支架平行设置。

[0021] 所述每个防掉落保护机构均包括一个连杆、两个固定块、一个锁紧块及若干快锁插销,所述两个固定块设置于旋转轴上部的长连接支架上,所述锁紧块固定于旋转轴上部的短连接支架上;所述连杆一端与其中一个固定块铰接,另一端通过快锁插销与锁紧块铰

接。

[0022] 所述连杆上与锁紧块铰接端以及中部分别开有 U 型槽。

[0023] 所述控制系统采用基于 CAN 总线的分布式电机控制系统,其包括运动控制板,运动控制板与数据收发板通过 RS-232 总线连接,所述数据收发板通过全向天线与手持遥控器一对一建立无线连接;所述运动控制板通过 CAN 总线与分别与履带轮和旋转抱紧机构的电机驱动器相连,各电机驱动器分别连接设置于与其相对应的电机上;所述 CAN 总线上还连接有错误检测板;

[0024] 所述运动控制板和错误检测板均包括中央处理器,中央处理器上分别设有指示灯及无线状态数字输入输出接口,RS-232、CAN 串行总线接口;所述运动控制板还通过电源采集电路采集电池电压;

[0025] 所述数据收发板包括无线模块,无线模块接全向天线,及 RS-232 串行接口电路,并扩展数字输出接口。

[0026] 所述绝缘子带电检测仪所用结构采用中国授权专利号 ZL200510063334.4 实用新型专利中所述结构。该检测仪通过检测各绝缘子的场强变化分析绝缘子的绝缘性能。检测仪上装有绝缘子位置检测传感器,能够自动开始检测,自动存储。

[0027] 本发明中的控制系统与手持遥控器通过无线连接,输出分别接履带轮部分的三个步进电机和旋转抱紧机构的两个直流电机。

[0028] 本发明包括三个履带轮、旋转抱紧机构、绝缘子带电检测仪及防掉落保护机构;左右两侧及中间的履带轮通过旋转抱紧机构连接成一体,并且在机器人运行时成 120 度均匀环抱于绝缘子周围;旋转抱紧机构上安装有防掉落保护机构;操作人员可以通过手持遥控器发送控制指令遥控机器人运行;绝缘子检测仪自动检测绝缘子,自动保存检测数据。

[0029] 本发明的工作原理:

[0030] 本发明上串工作前,首先要将机器人本体打开,通过遥控器发送控制指令给左右两套旋转抱紧机构上的直流电机带动旋转轴正转,从而带动固定在旋转轴上的旋转块围绕轴承座旋转,旋转块、连接支架及履带轮通过连接拐角连接为一个整体,上述模块都随着旋转轴转动,从而机器人两侧的履带轮成打开状态。此外,确保防掉落保护机构处于打开状态,即快锁插销将连杆与中间的固定块连接。

[0031] 机器人上串时,用绝缘绳吊装在两侧的旋转轴上即可,使中间的履带轮紧贴在绝缘子串的上表面,此时,再发送控制指令给左右两侧的直流电机同时反转,从而带动两侧的连接支架和履带轮转动,逐渐贴近绝缘子串,当直流电机达到设定的输出扭矩值时,将不再转动,此时两侧的履带轮已抱紧绝缘子串,同时,增加了履带与绝缘子串间的压力,从而增加两者间的摩擦力。

[0032] 当机器人抱紧绝缘子串后,为了防止在运行过程中发生掉电等造成机器人跌落意外情况,需要将两侧的防掉落保护机构关闭,将快锁插销从中间的固定块中手动拔出,将其同时插入连杆的 U 型槽和锁紧块的销孔中,这样防掉落保护机构限制机器人两侧履带轮的张开角度,使其最大张开范围小于绝缘子串的直径,防止其从绝缘子串上跌落。

[0033] 通过遥控器发送控制指令使驱动电机工作,带动与其相连的主动轮旋转,主动轮通过履带使从动轮和张紧轮转动,机器人依靠紧贴在绝缘子串上的各履带向前行走。其中,固定在连接支架上的绝缘子带电检测仪随着机器人的前进,自动采集各绝缘子伞裙处的电

场强度,当采集完整串绝缘子串后,绝缘子带电检测仪自动形成一条电场强度曲线,根据曲线可判断绝缘子串是否完好。

[0034] 本发明的有益效果是,本发明由于采用上述结构,三个履带轮均匀环抱于绝缘子串,采用履带式机构,运动连续性好,行走平稳,保证了带电检测仪能采集到较为准确的数据曲线,并且对绝缘子表面磨损较小;安全性高,机器人在绝缘子串上行走时,防掉落保护机构使三个履带轮与绝缘子串表面贴合,在机器人运行时不至于脱离绝缘子串;由于绝缘子串表面比较光滑,除了机器人自身重力外,旋转抱紧机构为机器人提供持续的抱紧力,从而增加了履带与绝缘子串表面的压紧力,更有利于机器人的运行;短接绝缘子片数少,最多短接3片绝缘子串,符合电力作业规则;机器人操作简单,操作人员只需通过手持遥控器给定机器人动作指令,机器人即可自动完成绝缘子检测与数据存储,将高压绝缘子串检测工作由人工高空作业变为了对人身没有危害的机器人作业。

附图说明

[0035] 图1为本发明的立体结构示意图;

[0036] 图2为本发明履带轮的结构示意图;

[0037] 图3为本发明旋转抱紧机构和防掉落保护机构的结构示意图;

[0038] 图4为本发明控制系统结构示意图;

[0039] 图5为本发明运动控制板组成框图;

[0040] 图6为本发明数据收发板组成框图;

[0041] 其中:1为履带轮,2为绝缘子串,3为旋转抱紧机构,4为防掉落保护机构,5为绝缘子带电检测仪,6为联板,7为履带,8为从动轮,9为张紧轮,10为传动轴,11为支撑柱,12为驱动电机,13为主动轮,14为连接拐角,15为连接支架,16为固定块,17为连杆,18为快锁插销,19为锁紧块,20为轴承座,21为旋转块,22为旋转轴,23为直流电机。

具体实施方式

[0042] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0043] 本发明在水平绝缘子串上运行,如图1所示,包括履带轮1、旋转抱紧机构3、防掉落保护机构4及绝缘子带电检测仪5;绝缘子带电检测仪5固定在旋转抱紧机构3上;三个履带轮1均匀分布在绝缘子串2上,两个旋转抱紧机构3将三个履带轮1连接固定在一起;旋转抱紧机构3上安装有防掉落保护机构4。

[0044] 如图1、2所示,履带轮有3个,结构相同,分别安装固定在旋转抱紧机构3的两端,形成机器人本体,在机器人运行时会均匀分布在绝缘子串2周围,其结构包括联板6,履带7,从动轮8,张紧轮9,传动轴10,支撑柱11,驱动电机12,主动轮13;其中,履带轮1由左右两侧的两个联板6形成主要骨架,驱动电机12固定在右侧联板上,其电机输出轴与主动轮13连接;左右两侧联板6之间安装多个支撑柱11;主动轮13和从动轮8分别位于履带轮1的前后两端;多个张紧轮9通过传动轴10安装在左右两侧联板6之间,并通过履带7与主动轮13和从动轮8相连,形成传动。履带轮1的纵向长度大于两片且小于三片绝缘子串2的轴向长度,以保证机器人行走时的平稳与安全性;

[0045] 如图1、3所示,旋转抱紧机构3和防掉落保护机构4分别有两套,机械结构相同,

旋转抱紧机构 3 的两端分别固定安装有履带轮 1,防掉落保护机构 4 固定在旋转抱紧机构 3 上;旋转抱紧机构包括连接拐角 14、连接支架 15、轴承座 20、旋转块 21、旋转轴 22、直流电机 23,其中,连接支架 15、轴承座 20、旋转块 21 分为上下两层;多个连接拐角 14 固定在连接支架 15 的一端上,与履带轮 1 相连,连接支架 15 的另一端固定在轴承座 20 或旋转块 21 上;旋转轴 22 两端各连接有上、下两个轴承座 20,直流电机 23 固定在下侧轴承座 20 上,其输出轴与旋转轴 22 相连;旋转块 21 紧固于旋转轴 22 上。

[0046] 其中,防掉落保护机构 4 包括两个固定块 16、连杆 17、快锁插销 18、锁紧块 19;固定块 16 和锁紧块 19 紧固于连接支架 15 上,连杆 17 的一端与其中一个固定块 16 铰接,另一端通过快锁插销 18 与锁紧块 19 铰接;连杆 17 中间和末端开有 U 型槽,当机器人工作运行时,将快锁插销 18 插入连杆 17 的末端的 U 型槽和锁紧块 19 的销孔中,当机器人下串时,打开快锁插销 18,并将其插入到连杆 17 中间的 U 型槽和固定块的销孔中。

[0047] 本发明整个机构的动作受控制电路的控制。整个控制系统结构如图 4 所示,采用基于 CAN 总线的分布式电机控制系统,主要由三个电路板和五个驱动器组成。数据收发板通过全向天线与手持遥控器一对一建立无线连接,可以接收遥控器发送的控制指令,也可以发送机器人动作状态的反馈信息。数据收发板与运动控制板之间通过 RS-232 总线连接。运动控制板接收数据收发板与电机控制相关的控制指令,实现对相应电机的驱动控制。机器人驱动电机采用的是步进电机,旋转抱紧机构采用的是直流有刷电机。运动控制板通过 CAN 总线与各电机驱动器连接,通过 CAN 指令实现多电机的协调控制。错误检测板监控 CAN 总线是否存在异常,一旦 CAN 总线存在异常,立即停止机器人所有动作,并复位重启各 CAN 节点,确保机器人运行安全。

[0048] 运动控制板主要组成如框图 5 所示,由中央处理器 (MCU) 接指示灯、无线状态等数字输入输出接口,及 RS-232、CAN 等串行总线接口。其中指示灯指机器人外部状态指示灯,给操作者直接的机器人状态指示。无线状态接口与数据收发板状态指示接口连接,随时获取无线连接状态。运动控制板还通过电源采集电路采集电池电压,作为机器人状态参数之一发送到遥控器反馈给操作者,并在电压较低时通过蜂鸣器报警指示。

[0049] 错误检测板与运动控制板同样作为 CAN 总线的节点,采用与运动控制板相同的硬件电路。

[0050] 数据收发板组成框图如图 6 所示,基于无线模块接全向天线,及 RS-232 串行接口电路,并扩展数字输出接口,用于指示无线连接状态。

[0051] 本发明采用基于 CAN 总线的分布式电机控制系统,通过 CAN 通讯实现了履带轮驱动电机和抱紧电机的多电机协调控制。

[0052] 绝缘子带电检测仪所用结构采用中国授权专利号 ZL200510063334.4 实用新型专利中所述结构。

[0053] 本发明的工作原理:

[0054] 本发明上串工作前,首先要将机器人本体打开,通过遥控器发送控制指令给左右两套旋转抱紧机构 3 上的直流电机 23 带动旋转轴 22 正转,从而带动固定在旋转轴 22 上的旋转块 21 围绕轴承座 20 旋转,旋转块 21、连接支架 15 及履带轮 1 通过连接拐角 14 连接为一个整体,上述模块都随着旋转轴 22 转动,从而机器人两侧的履带轮 1 成打开状态。此外,确保防掉落保护机构 4 处于打开状态,即快锁插销 18 将连杆 17 与中间固定块连接。

[0055] 机器人上串时,用绝缘绳吊装在两侧的旋转轴 22 上即可,使中间的履带轮紧贴在绝缘子串的上表面,此时,再发送控制指令给左右两侧的直流电机 23 同时反转,从而带动两侧的连接支架 15 和履带轮 1 转动,逐渐贴近绝缘子串,当直流电机 23 达到设定的输出扭矩值时,将不再转动,此时两侧的履带轮 1 已抱紧绝缘子串。

[0056] 当机器人抱紧绝缘子串后,为了防止在运行过程中发生掉电等造成机器人跌落意外情况,需要将两侧的防掉落保护机构 4 关闭,将快锁插销 18 从中间固定块中手动拔出,将其同时插入连杆 17 的 U 型槽和锁紧块 19 的销孔中,这样防掉落保护机构 4 限制机器人两侧履带轮 1 的张开角度,使其最大张开范围小于绝缘子串的直径,防止其从绝缘子串上跌落。

[0057] 驱动电机 12 工作,带动与其相连的主动轮 13 旋转,主动轮 13 通过履带 7 使从动轮 8 和张紧轮 9 转动,机器人依靠紧贴在绝缘子串上的 3 个履带 7 向前行走。其中,固定在连接支架 15 上的绝缘子带电检测仪 5 随着机器人的前进,采集绝缘子串周围的电场强度,当行采集完整串绝缘子串后,绝缘子带电检测仪 5 自动形成一条电场强度曲线,根据曲线可判断绝缘子串是否完好。

[0058] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

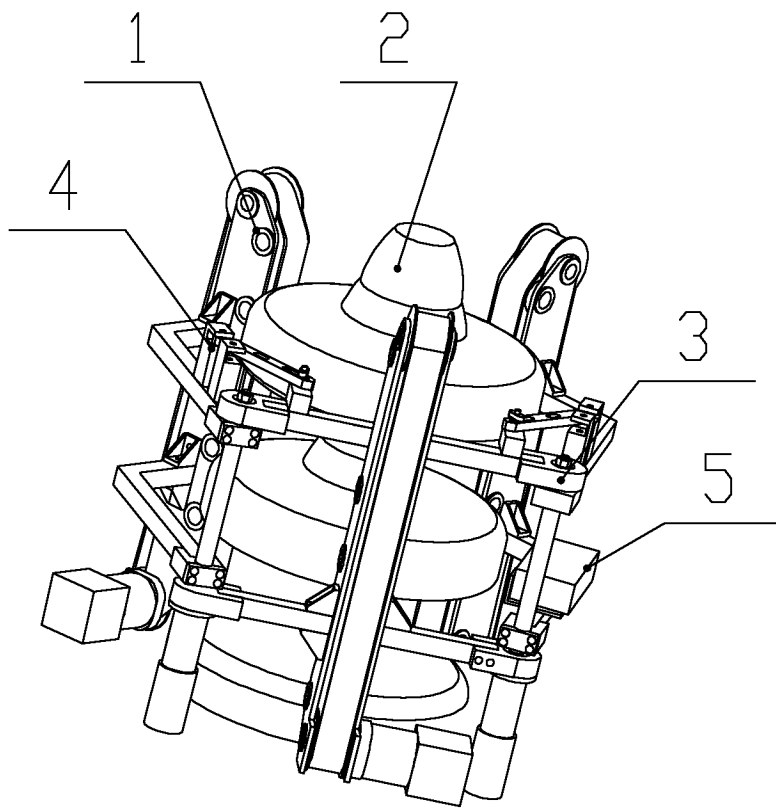


图 1

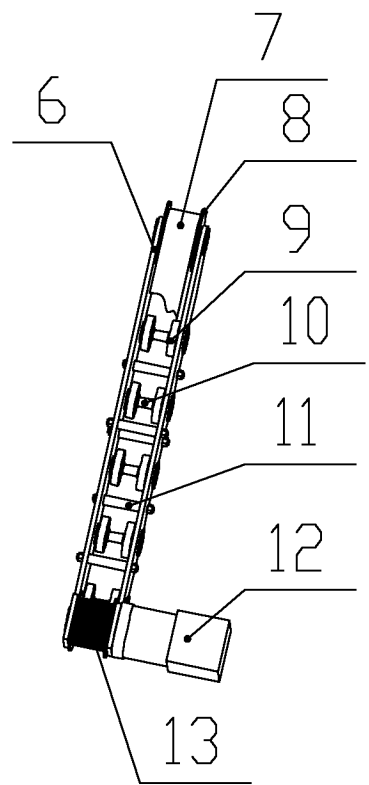


图 2

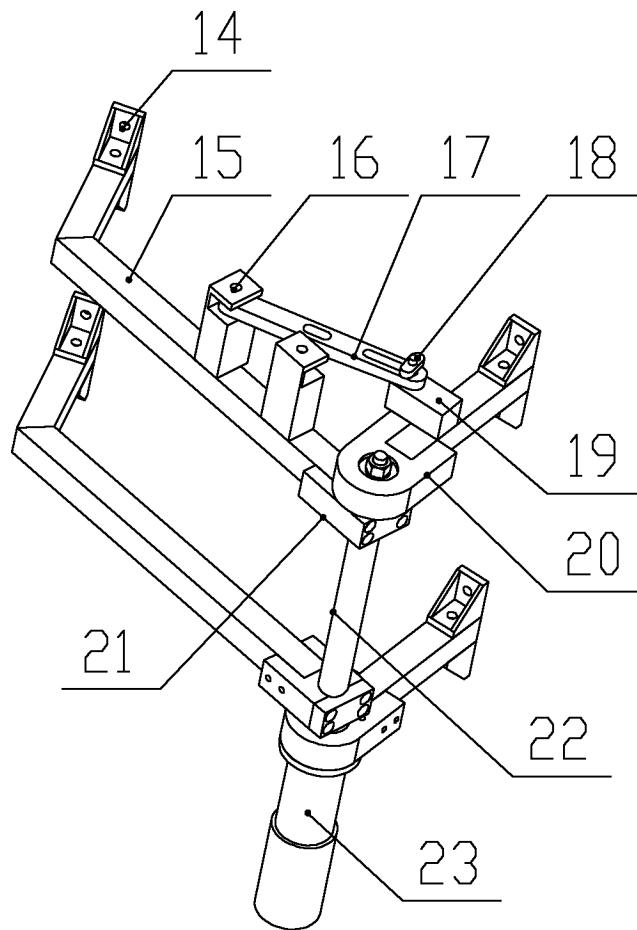


图 3

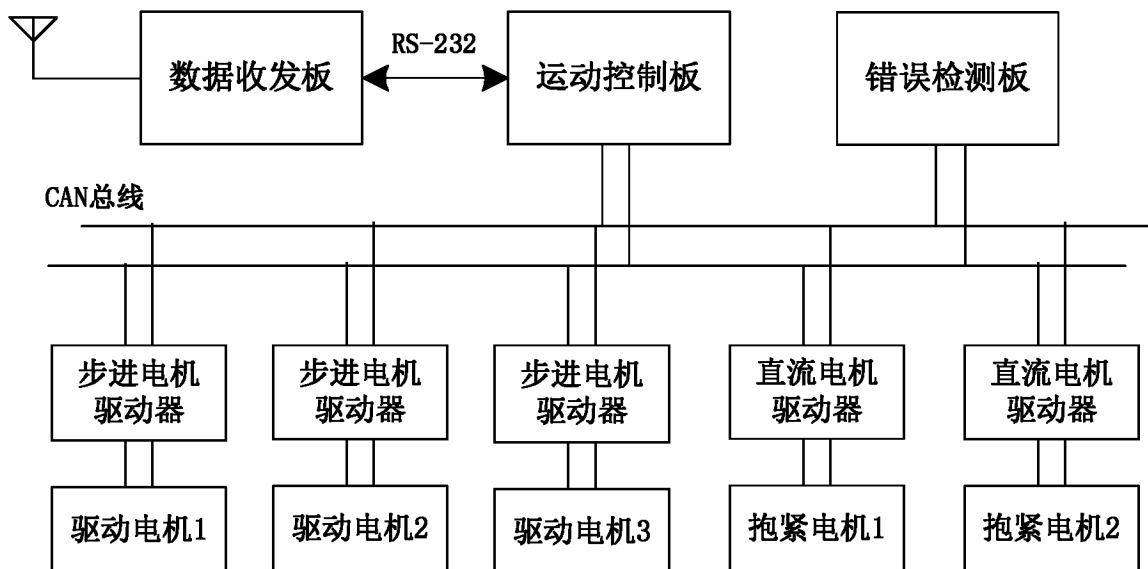


图 4

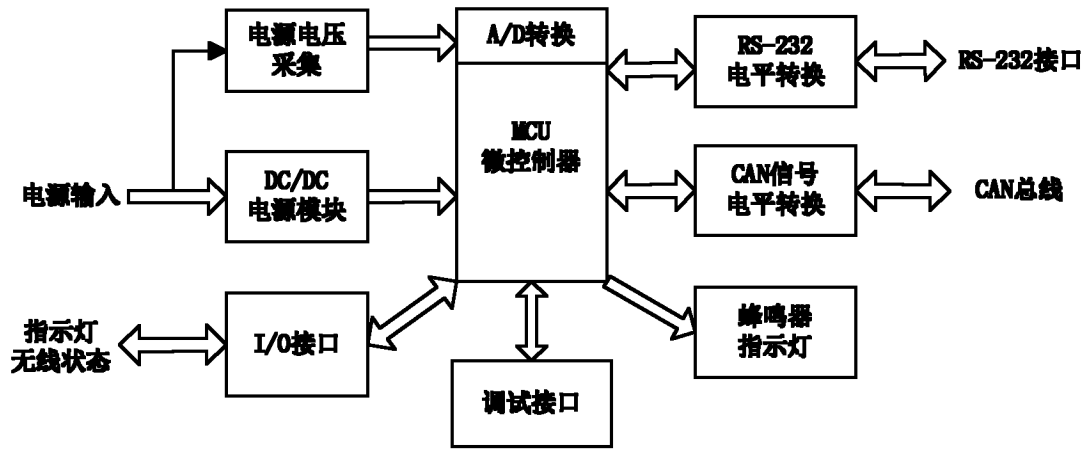


图 5

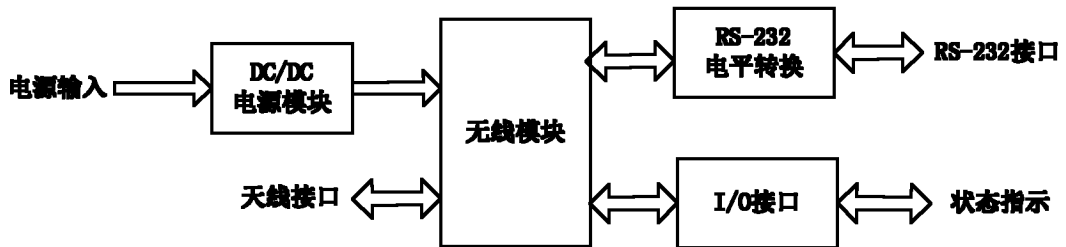


图 6