



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104393690 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201410777921. 9

H01F 27/42(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 12. 15

(71) 申请人 山东大学

地址 250100 山东省济南市历城区山大南路  
27 号

(72) 发明人 孔凡敏 郭铁军

(74) 专利代理机构 济南金迪知识产权代理有限  
公司 37219

代理人 宁钦亮

(51) Int. Cl.

H02J 17/00(2006. 01)

H01F 38/14(2006. 01)

H01F 27/24(2006. 01)

H01F 27/40(2006. 01)

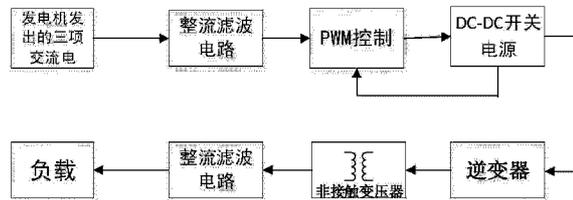
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

油田井下电能无线传输系统

(57) 摘要

一种油田井下电能无线传输系统,包括依次连接的电源整流滤波电路、PWM 控制器、DC-DC 开关电源、逆变器、非接触变压器和稳压整流滤波电路;非接触变压器包括初级线圈、初级谐振补偿电路、初级侧铁氧体、次级线圈、次级谐振补偿电路和次级侧铁氧体,初级线圈绕在初级侧铁氧体上并与初级谐振补偿电路连接,次级线圈绕在与次级侧铁氧体上并与次级谐振补偿电路连接,初级谐振补偿电路与次级谐振补偿电路的作用是使电路的谐振频率稳定在 200kHz;稳压整流滤波电路用于转换成电压稳定的直流电。该系统将三相交流电形成符合要求的直流电,向油田井下无线传输电能,解决了线圈自谐振频率太高难以实现的问题。



1. 一种油田井下电能无线传输系统,包括依次连接的电源整流滤波电路、PWM 控制器、DC-DC 开关电源、逆变器、非接触变压器和稳压整流滤波电路;其特征是:电源整流滤波电路用于将发电机发出的电能整流滤波,转换成电压不稳定的直流电,输送到 DC-DC 开关电源;DC-DC 开关电源用于产生电压稳定的直流电;逆变器将直流电转换成频率 10K-100KHz 的交流电,发送给非接触变压器的初级线圈;非接触变压器包括初级线圈、初级谐振补偿电路、初级侧铁氧体、次级线圈、次级谐振补偿电路和次级侧铁氧体,初级线圈绕在初级侧铁氧体上并与初级谐振补偿电路连接,次级线圈绕在与次级侧铁氧体上并与次级谐振补偿电路连接,初级谐振补偿电路与次级谐振补偿电路的作用是使电路的谐振频率稳定在 200kHz;稳压整流滤波电路用于转换成电压稳定的直流电。

2. 根据权利要求 1 所述油田井下电能无线传输系统,其特征是:所述初级线圈与次级线圈之间的距离为 10mm-20mm。

3. 根据权利要求 1 所述油田井下电能无线传输系统,其特征是:所述初级侧铁氧体和次级侧铁氧体的形状采用 U 型或 E 型。

4. 根据权利要求 1 所述油田井下电能无线传输系统,其特征是:所述初级谐振补偿电路与次级谐振补偿电路采用补偿电容。

## 油田井下电能无线传输系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种井下电能无线传输方法及系统,属于油田井下电能传输技术领域。

### 背景技术

[0002] 油田井下设备供电常采用的方式是通过接触式滑环,由于钻井中的中心钻杆不停转动,使用一段时间后,滑环会因磨损而脱离接触,导致失效,无法继续向负载供电。因此需要经常更换滑环,耽误工作进度并且需要大量费用。

[0003] 现在已经问世的无线供电技术,根据其电能传输原理,大致上可以分为三类:

[0004] 第一类是非接触式充电技术所采用的电磁感应原理,这种非接触式充电技术在许多便携式终端里应用日益广泛。这种类型中,将两个线圈放置于邻近位置上,当电流在一个线圈中流动时,所产生的磁通量成为媒介,导致另一个线圈中也产生电动势。

[0005] 第二类是最接近实际应用的一种技术,它直接应用了电磁波能量可以通过天线发送和接收的原理。直接在整流电路中将电波的交流波形变换成直流后加以利用,但不使用放大电路等。

[0006] 第三类是利用电磁场的谐振方法。谐振技术在电子领域应用广泛,但是,在供电技术中应用的不是电磁波或者电流,而只是利用电场或者磁场。

[0007] 无线供电与泥浆发电机主要用在无线随钻测量(MWD)、旋转导向系统(RSS)以及垂直钻井系统中。采用非接触式变压器后,电能通过电磁感应原理通过无线方式供给测井仪器,不会产生磨损等问题,可以向负载长时间供电,不仅节约了成本,而且提高了工作效率。

[0008] 现有的井下电能无线传输系统存在的最主要问题是电能非接触变压器周围空间的损耗较大,电能的传输效率较低。不采用补偿电容的情况下,非接触变压器线圈的谐振频率太高,实现比较困难,频率太高,电能的损耗较大。

### 发明内容

[0009] 本发明针对现有电能无线传输技术存在的不足,提供一种能够向油田井下无线传输电能、节约成本,提高油田钻井的生产效率的油田井下电能无线传输系统。

[0010] 本发明的油田井下电能无线传输系统,采用以下技术方案:

[0011] 该系统,包括依次连接的电源整流滤波电路、PWM 控制器、DC-DC 开关电源、逆变器、非接触变压器和稳压整流滤波电路;电源整流滤波电路用于将发电机发出的电能整流滤波,转换成电压不稳定的直流电,输送到 DC-DC 开关电源;DC-DC 开关电源用于产生电压稳定的直流电;逆变器将直流电转换成频率 10K-100KHz 的交流电,发送给非接触变压器的初级线圈;非接触变压器包括初级线圈、初级谐振补偿电路、初级侧铁氧体、次级线圈、次级谐振补偿电路和次级侧铁氧体,初级线圈绕在初级侧铁氧体上并与初级谐振补偿电路连接,次级线圈绕在与次级侧铁氧体上并与次级谐振补偿电路连接,初级谐振补偿电路与次

级谐振补偿电路的作用是使电路的谐振频率稳定在 200kHz ;稳压整流滤波电路用于转换成电压稳定的直流电。

[0012] PWM 控制器、DC-DC 开关电源、逆变器和整流滤波电路均采用现有通用电路。

[0013] 初级线圈与次级线圈之间的距离为 10mm-20mm。距离较近可以减少损耗,电能传输效果较好。

[0014] 初级侧铁氧体和次级侧铁氧体的形状采用 U 型或 E 型。

[0015] 初级侧铁氧体和次级侧铁氧体的作用是增强两个线圈之间的磁场强度,提高电能的传输效率。固定在油井的中心钻杆与外侧钻杆表面。中心钻杆与外侧钻杆表面均有铁氧体涂层,用于增强钻井内的磁场强度,也具有屏蔽电磁场的作用,可以减少金属材质的中心钻杆与外侧钻杆中产生的涡流。

[0016] 初级线圈和次级线圈的绕法主要有三种 :

[0017] 初级线圈与次级线圈分别围绕在中心钻杆与外侧钻杆表面,中心钻杆与外侧钻杆表面均有铁氧体涂层,以中心钻杆与外侧钻杆作为初级侧铁氧体和次级侧铁氧体 ;初级线圈与次级线圈分别围绕在初级侧铁氧体和次级侧铁氧体上,然后将铁氧体材料固定在钻杆上 ;将初级与次级线圈分别围绕在 E 型铁氧体材料的中柱上,然后将铁氧体材料固定在钻杆上。

[0018] 初级谐振补偿电路与次级谐振补偿电路采用补偿电容的方式,两者可以采用串联串联补偿、串联并联补偿、并联串联补偿、并联并联补偿等方式。考虑到各种方式实现的难易程度,及对传输效率的影响,实际采用的初次级线圈分别串联电容的形式。

[0019] 本发明对泥浆发电机发出的三相交流电通过稳压变频处理,输入到初级线圈进行发送,次级线圈接收后感应出的电能经电路处理后,形成符合要求的直流电供给用电设备,采用铁氧体材料与补偿电容,可以显著提高电能的传输效率,解决了线圈自谐振频率太高,难以实现的问题,能够向油田井下无线传输电能、节约成本。

## 附图说明

[0020] 图 1 为本发明井下电能无线传输系统的结构原理框图。

[0021] 图 2 为本发明中非接触变压器包含谐振电路的示意图。

[0022] 图 3 为非接触变压器初级与次级线圈第一种绕法示意图。

[0023] 图 4 为非接触变压器初级与次级线圈第二种绕法示意图。

[0024] 图 5 为非接触变压器初级与次级线圈第三种绕法示意图。

[0025] 图 6 为非接触变压器的铁氧体分布示意图。

[0026] 图 7 是初级谐振补偿电路与次级谐振补偿电路采用电容补偿的电路图。

## 具体实施方式

[0027] 如图 1 所示,本发明的油田井下电能无线传输系统,包括依次连接的电源整流滤波电路、PWM 控制器、DC-DC 开关电源、逆变器、非接触变压器和稳压整流滤波电路。电源整流滤波电路设置于泥浆发电机一侧,稳压整流滤波电路设置于用电设备一侧。泥浆发电机固定在油井的中心钻杆处。

[0028] 电源处理电路用于将发电机发出的电能整流滤波,转换成电压不稳定的直流电,

输送到 DC-DC 开关电源。电源整流滤波电路放置在泥浆发电机之后,处理发电机产生的三相交流电,由于发电机的转速较低,因而频率较低。经过整流滤波电路后输出电压为 45-150V 的直流电。泥浆发电机的功率发出的电能与井下泥浆排量,井下温度及压力有关。泥浆发电机的功率范围为 90W 到 300W,泥浆发电机的转速为 1500RPM 到 5000RPM。

[0029] DC-DC 开关电源用于产生电压稳定的直流电。逆变器将直流电转换成频率 10K-100KHz 的交流电。由于反激电源传输的功率较小,不适合在井下向负载供电,所以采用的是适合传输较大功率的正激电源。DC-DC 开关电源与 PWM 控制器对经过整流滤波后的直流电进行处理,输出电压为 36V 的稳定直流电,采用 DC-DC 开关电源的目的是在损耗很低的情况下进行电压变换,产生需要的 36V 直流电。

[0030] 逆变器将 36V 直流电转换为 10K-100KHz(最好为 200kHz)的交流电,经进一步处理后输送到非接触变压器的初级线圈进行发送。

[0031] 如图 2 所示,非接触变压器包括初级线圈、初级谐振补偿电路、初级侧铁氧体、次级线圈、次级谐振补偿电路和次级侧铁氧体,初级线圈绕在初级侧铁氧体上并与初级谐振补偿电路连接,次级线圈绕在与次级侧铁氧体上并与次级谐振补偿电路连接,初级谐振补偿电路与次级谐振补偿电路的作用是使电路的谐振频率稳定在 200kHz。

[0032] 初级线圈与次级线圈之间的距离为 10mm-20mm。距离较近可以减少损耗,电能传输效果较好。

[0033] 初级侧铁氧体和次级侧铁氧体的形状采用 U 型或 E 型,初级侧铁氧体和次级侧铁氧体的作用是增强两个线圈之间的磁场强度,提高电能的传输效率。固定在油井的中心钻杆与外侧钻杆表面。中心钻杆与外侧钻杆表面均有铁氧体涂层,用于增强钻井内的磁场强度,也具有屏蔽电磁场的作用,可以减少金属材质的中心钻杆与外侧钻杆中产生的涡流。

[0034] 初级侧铁氧体和次级侧铁氧体的放置方式与初级线圈和次级线圈的绕线方式主要有三种。

[0035] 如图 3 所示,初级线圈与次级线圈分别围绕在中心钻杆与外侧钻杆表面,中心钻杆与外侧钻杆表面均有铁氧体涂层,以中心钻杆与外侧钻杆作为初级侧铁氧体和次级侧铁氧体。如图 4 所示,初级线圈与次级线圈分别围绕在初级侧铁氧体和次级侧铁氧体上,然后将铁氧体材料固定在钻杆上。如图 5 所示,将初级与次级线圈分别围绕在 E 型铁氧体材料的中柱上,然后将铁氧体材料固定在钻杆上。选择所用铜线的线径时应考虑铜线电阻与线径的关系,线圈中电流的热效应,趋附深度等因素,保证所选材料能正常工作即可。非接触变压器的铁氧体分布如图 6 所示。

[0036] 在中心钻杆与外侧钻杆表面均涂一层铁氧体,用于减少金属杆内的涡流损耗。工作时中心钻杆旋转,电能从非接触变压器的初级线圈耦合到次级线圈

[0037] 初级谐振补偿电路与次级谐振补偿电路可以采用串联串联补偿、串联并联补偿、并联串联补偿、并联并联补偿等方式。采用均为电容补偿,其电路如图 7 所示,采用电容的目的是与线圈的电感相匹配,使电路尽可能处于或接近谐振状态。最好采用串联电容的形式,因为串联方式比较容易实现和理解,加入补偿电路后,整个变压器等效电路处于谐振状态,无功功率的传输最少,电能的传输效果较好。

[0038] 稳压整流滤波电路用于转换成电压稳定的直流电,供给用电设备。用电设备端的逆变电路用于将非接触变压器次级端输出的交流电进行处理,产生 36V 直流电。36V 直流电

供给用电设备,电压值能使负载正常工作。

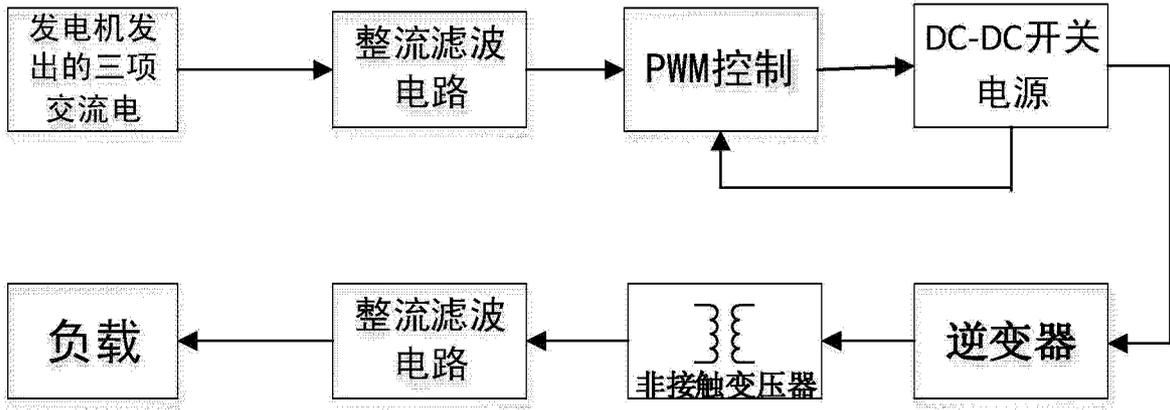


图 1

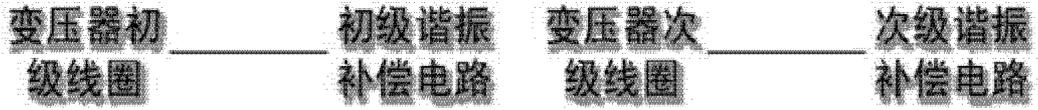


图 2

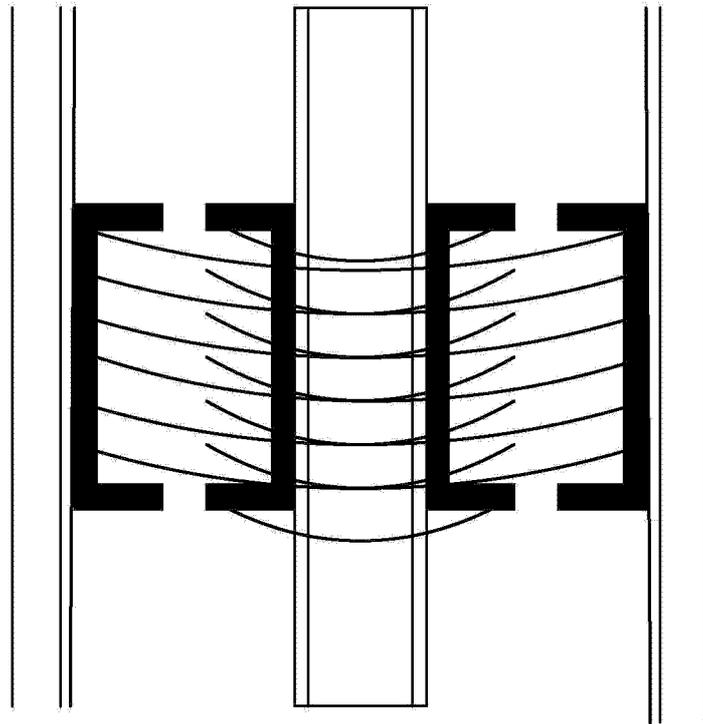


图 3

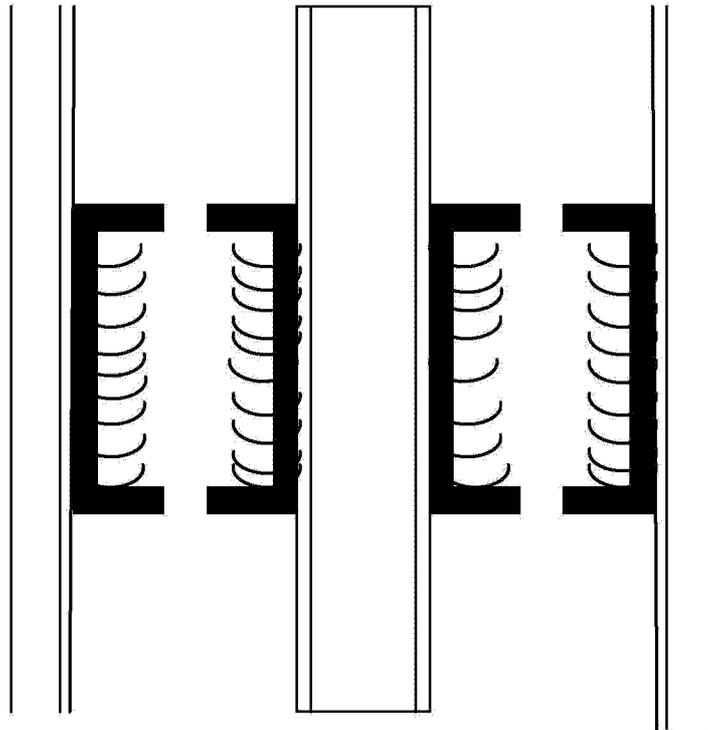


图 4

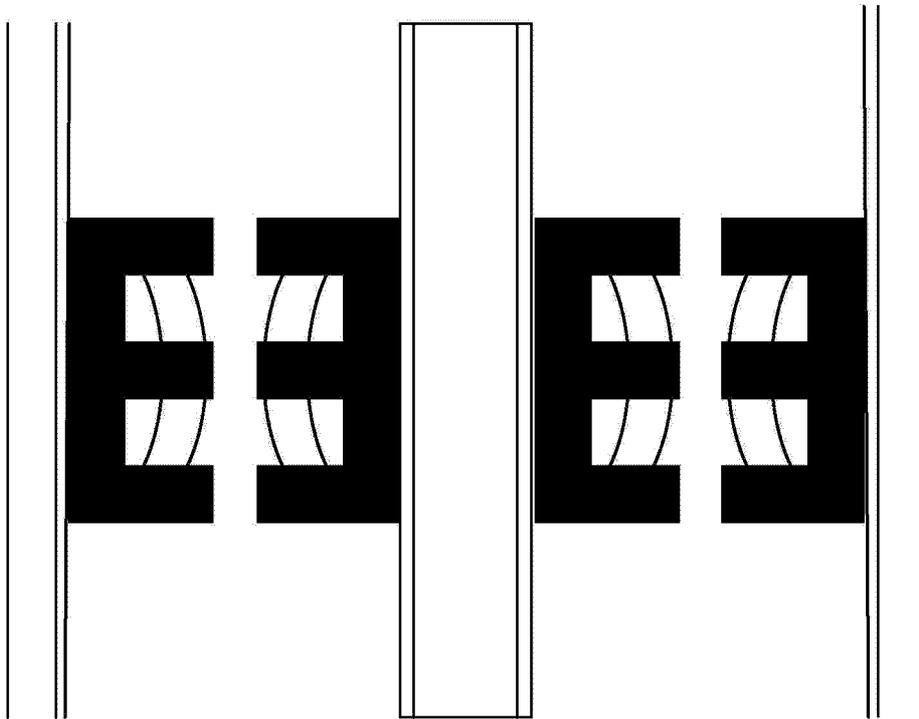


图 5

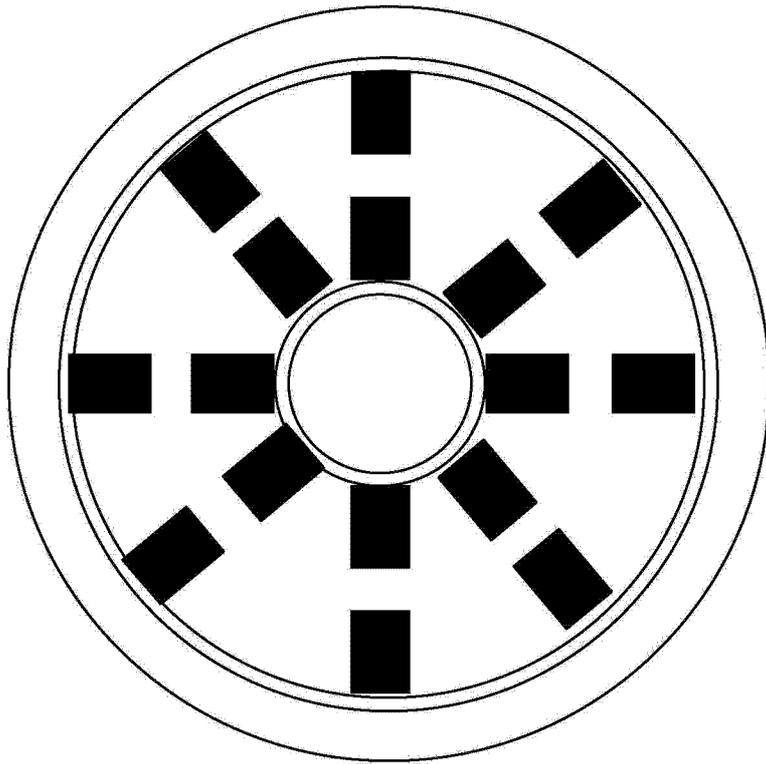


图 6

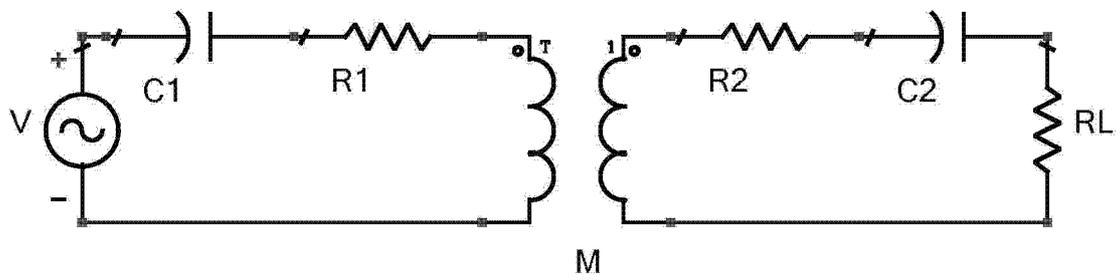


图 7