



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108592781 A

(43)申请公布日 2018.09.28

(21)申请号 201810456503.8

(22)申请日 2018.05.14

(71)申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 钟再敏 康劲松 刘宇松 胡程宇  
孙梁榕

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 翁惠瑜

(51) Int. Cl.

G01B 7/30(2006.01)

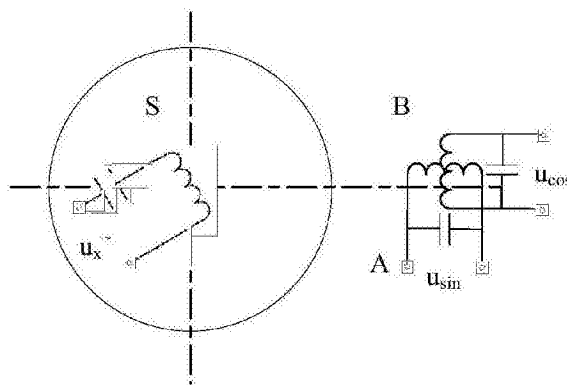
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种电机转子位置检测方法与检测装置

(57)摘要

本发明涉及一种电机转子位置检测方法与检测装置,所述装置包括至少一个原边线圈和至少两个副边线圈,所述原边线圈和副边线圈分别与各自的补偿电路电气联接,构成具有特定谐振频率的谐振电路,且各线圈的谐振频率一致,实现原、副边线圈之间磁耦合谐振式无线电能传输,原边线圈和副边线圈工作于准谐振状态或谐振状态,通过原边线圈和副边线圈之间的互感的变化检测电机转子位置。与现有技术相比,本发明具有频率选择性好,抗干扰性强,空间布置更灵活多样,精度高等优点。



1. 一种电机转子位置检测方法,其特征在于,该方法基于一个原边线圈和至少两个副边线圈实现,所述原边线圈和副边线圈各自构成具有特定谐振频率的谐振电路,且各谐振电路的谐振频率一致,所述原边线圈和副边线圈采用磁耦合谐振式无线电能传输,通过原边线圈和副边线圈之间的互感的变化检测电机转子位置。

2. 根据权利要求1所述电机转子位置检测方法,其特征在于,根据所述原边线圈与副边线圈的磁路耦合程度获得所述原边线圈和副边线圈之间的互感的变化。

3. 根据权利要求1所述电机转子位置检测方法,其特征在于,根据所述原边线圈与副边线圈的磁阻的变化获得所述原边线圈和副边线圈之间的互感的变化。

4. 一种电机转子位置检测装置,其特征在于,包括至少一个原边线圈和至少两个副边线圈,所述原边线圈和副边线圈分别与各自的补偿电路电气联接,构成具有特定谐振频率的谐振电路,且各谐振电路的谐振频率一致,实现原、副边线圈之间磁耦合谐振式无线电能传输;

所述原边线圈和副边线圈之间的互感被构造成随电机转子位置变化。

5. 根据权利要求4所述的电机转子位置检测装置,其特征在于,所述副边线圈固定设置于电机机座上,且所述至少两个副边线圈在空间上呈特定角度设置,与原边线圈通过励磁磁场耦合。

6. 根据权利要求5所述的电机转子位置检测装置,其特征在于,所述原边线圈与电机转子固定连接,并且原边线圈与副边线圈的磁路耦合程度随电机转子位置改变而改变。

7. 根据权利要求5所述的电机转子位置检测装置,其特征在于,所述原边线圈与电机机座固定连接,原边线圈和副边线圈均绕制在定子铁芯,并且原边线圈与副边线圈之间的磁阻随电机转子位置改变而改变。

## 一种电机转子位置检测方法与检测装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于电机与控制技术领域,涉及一种电机转子位置检测方法与检测装置,特别是涉及一种基于磁耦合谐振式无线电能传输原理的电机转子位置检测方法与检测装置。

### 背景技术

[0002] 电机位置检测是电机控制的重要环节。

[0003] 当前电机位置检测中,旋转变压器是其中最重要的一种形式,如图1所示。旋转变压器一般设置一个原边励磁绕组、若干(一般设置正弦和余弦两个)副边检测绕组,励磁绕组与检测绕组之间的磁导随电机转子改变而变化,进而引起两者间的互感改变。这样一来,随着转子旋转,副边的感应电动势幅值呈周期性变化,通过后续分析提取,即可分析得到转子位置信息。

[0004] 此类旋转变压器具有如下难点和不足:

[0005] 1) 交流励磁激励信号与检测信号的频率选择性不强,容易受谐波等的干扰;

[0006] 2) 气隙的加工精度和导磁材料的性能直接影响转子位置检测的精度。

[0007] 因此,需要对现有的电机励磁方式进行改进。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种基于磁耦合谐振式无线电能传输原理的电机转子位置检测方法与检测装置。

[0009] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0010] 一种电机转子位置检测方法,该方法基于一个原边线圈和至少两个副边线圈实现,所述原边线圈和副边线圈各自构成具有特定谐振频率的谐振电路,且各谐振电路的谐振频率一致,所述原边线圈和副边线圈采用磁耦合谐振式无线电能传输,通过原边线圈和副边线圈之间的互感的变化检测电机转子位置。

[0011] 可选地,根据所述原边线圈与副边线圈的磁路耦合程度获得所述原边线圈和副边线圈之间的互感的变化。

[0012] 可选地,根据所述原边线圈与副边线圈的磁阻的变化获得所述原边线圈和副边线圈之间的互感的变化。

[0013] 本发明还提供一种电机转子位置检测装置,包括至少一个原边线圈和至少两个副边线圈,所述原边线圈和副边线圈分别与各自的补偿电路电气联接,构成具有特定谐振频率的谐振电路,且各谐振电路的谐振频率一致,实现原、副边线圈之间磁耦合谐振式无线电能传输;

[0014] 所述原边线圈和副边线圈之间的互感被构造成随电机转子位置变化。

[0015] 进一步地,所述副边线圈固定设置于电机机座上,且所述至少两个副边线圈在空间上呈特定角度设置,与原边线圈通过励磁磁场耦合。

[0016] 可选地,所述原边线圈与电机转子固定连接,并且原边线圈与副边线圈的磁路耦合程度随电机转子位置改变而改变。

[0017] 可选地,所述原边线圈与电机机座固定连接,原边线圈和副边线圈均绕制在定子铁芯,并且原边线圈与副边线圈之间的磁阻随电机转子位置改变而改变。

[0018] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0019] 1) 本发明依据谐振无线电能传输原理实现原、副边绕组的磁耦合,工作于谐振状态,频率选择性好,抗干扰性强;

[0020] 2) 无线电能传输主要通过空气里面的磁场耦合,定转子间距离不再受传统旋转变压器限制,可以省略传感器铁芯等导磁元件,进而消除磁滞损耗,空间布置更灵活多样;

[0021] 3) 转子位置主要通过原、副边绕组的互感的改变来体现,而不是通过改变气隙磁阻来体现,精度高,容错性好。

## 附图说明

[0022] 图1为现有旋转变压器安装及定子绕组结构图;

[0023] 图2为MCR-WPT的原理示意图,其中,(a)为原理模型示意图,(b)为等效电路模型示意图;

[0024] 图3为本发明实施例1的结构示意图;

[0025] 图4为本发明实施例1激励电压波形和副边正交绕组的感应电动势波形示意图;

[0026] 图5为本发明实施例2的结构示意图。

## 具体实施方式

[0027] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0028] “磁耦合谐振式无线电能传输”(Magnetically-Coupled Resonant WPT,MCR-WPT),其特点是两个具有相同谐振频率的子系统之间通过磁场耦合完成能量传输,如图2所示。其中发射线圈和接收线圈分别与各自的补偿电路电气联接,并工作于谐振状态。补偿电路根据实际应用有串联补偿、并联补偿、串并联等多种形式。目前MCR-WPT已展示出巨大的应用前景,技术成果丰硕。

[0029] 本发明提供一种电机转子位置检测装置及方法,基于“磁耦合谐振式无线电能传输原理”,所述检测装置具有至少一个原边线圈和至少两个副边线圈,原边线圈用于建立交变励磁磁场,副边线圈与电机机座固联,且空间上呈特定角度,与原边通过励磁磁场耦合。一般地,可将两个副边线圈设成正交,即呈90度。所述原、副边线圈分别与各自补偿电路电气联接,构成具有特定谐振频率的谐振电路,且各谐振电路的谐振频率应基本一致进而可实现原、副边线圈之间磁耦合谐振式无线电能传输。原边通以特定频率交变电流,实现原、副边之间的无线电能传输,此时原、副边均工作在(准)谐振状态。根据副边线圈布置角度的不同,由磁耦合谐振在其中产生的感应电势随着原边线圈在空间的旋转呈现不同的变化规律,故此通过检测副边的电压信号就能够从中获得电机转子的位置信息。

[0030] 实施例1:

[0031] 如图3所示,本实施例中,设置一个原边用于建立励磁磁场,两个副边正交布置,原、副边通过空气耦合且没有铁芯,原边绕组与转子固结,原边和副边之间的互感随转子位置分别呈正弦、余弦变化。

[0032] 将原边和副边的补偿电路均设计为串联补偿,且原、副边设计谐振频率相等,计为:

$$[0033] \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

[0034] 其中,L为线圈的自感,C为串联补偿回路的电容,此时回路阻抗为线圈内阻R。

[0035] 在原边电路两端施加幅值恒定的交流简谐激励电压 $U_x$ ,并保持 $U_x$ 频率 $f$ 与线圈设计谐振频率相等。

[0036] 此时原、副边电路工作在谐振状态,传输效率高、受谐波干扰较小,理论传输距离较远。

[0037] 如图3所示,在电机转子轴线垂直平面里,原边线圈设计成具有指向性,即励磁磁场随原边线圈的旋转在空间上不均匀分布,同时将两个副边线圈空间上正交布置,即只能匝链特定方向的磁场。易知此时原副边线圈的互感随转子旋转而改变。经过有效的设计,例如保证原边线圈建立按正弦空间分布的交变励磁磁场,则不难实现原、副边线圈之间的互感随着转子位置改变而分别呈正弦、余弦变化。

[0038] 控制励磁磁场幅值近似恒定,假设副边线圈最大匝链磁通为 $\Phi_m$ 。设转子逆时针偏离垂直位置的角度为 $\theta$ ,由于原、副边线圈之间的互感随着转子位置改变而分别呈正弦、余弦变化,故A、B线圈的磁通分别为 $\Phi_m \cos\theta$ 、 $\Phi_m \sin\theta$ ,由此可得到原、副边中的感应电动势有效值:

$$[0039] \quad E_s = U_x = 4.44fN_s k_s \Phi_m$$

$$[0040] \quad E_A = 4.44fN_r k_r \Phi_m \cos\theta = kU_x \cos\theta$$

$$[0041] \quad E_B = 4.44fN_r k_r \Phi_m \sin\theta = kU_x \sin\theta$$

[0042] 其中, $N_s$ , $k_s$ 和 $N_r$ , $k_r$ 分别为原、副边线圈的匝数和绕组系数; $k = \frac{N_r k_r}{N_s k_s}$ 是两线圈的有效匝数比。波形如图4所示。

[0043] 副边线圈A、B中由于负载电流存在,将分别产生磁动势 $F_A$ 、 $F_B$ :在沿原边线圈轴线方向上,磁动势只会引起原边线圈电流大小改变;在垂直原边线圈轴线方向上,数值分别为 $F_A \sin\theta$ 和 $F_B \cos\theta$ ,方向相反,而:

$$[0044] \quad F_A \sin\theta = NI_A = N \frac{E_A}{R_A} \sin\theta = Nk \frac{U_x}{R_A} \sin\theta \cos\theta$$

$$[0045] \quad F_B \cos\theta = NI_B = N \frac{E_B}{R_B} \cos\theta = Nk \frac{U_x}{R_B} \sin\theta \cos\theta$$

[0046] 故而,磁动势 $F_A$ 、 $F_B$ 不会对副边线圈感应电动势产生影响。

[0047] 原边感应电动势有简谐激励电压 $U_x$ 和谐振补偿电路共同提供;副边感应电动势由谐振补偿电路提供。通过检测副边线圈的两相感应电动势,经过滤波、锁相等方法可以解算得到其中包含的转子位置信息。

[0048] 实施例2:

[0049] 如图5所示,本实施例中,设置一个原边与机座固结,两个副边正交布置,原边和副

边线圈均绕制在定子铁芯上；原边和副边设置补偿回路并工作于谐振状态。电路谐振可实现频率选择性放大，可以达到检测效果的提升。

[0050] 设置转子铁芯随转子同步旋转，且转子铁芯在径向上不均匀且呈正弦变化。

[0051] 显然随转子旋转，定、转子铁芯之间的气隙呈周期性变化，进而改变原、副边绕组互感磁路的磁阻和原、副边之间的互感。

[0052] 考虑补偿电路和激励电压的共同作用，原边线圈S的励磁电压：

$$[0053] \quad U_x = E_s \sin(2\pi ft)$$

[0054] 与实施例1类似，由于定、转子之间的气隙磁导随转子位置角按正弦变化，故而两副边线圈中将感应出与转子转角的正弦或余弦成比例关系的电动势：

$$[0055] \quad E_A = EN_r k_r \sin(2\pi ft) \cos\theta = k U_x \cos\theta$$

$$[0056] \quad E_B = EN_r k_r \sin(2\pi ft) \sin\theta = k U_x \sin\theta$$

[0057] 其中， $N_s, k_s$ 和 $N_r, k_r$ 分别为原、副边线圈的匝数和绕组系数； $k = \frac{N_r k_r}{N_s k_s}$ 是两线圈的有效匝数比。

[0058] 同样地，副边磁动势不会影响感应电势，通过检测副边线圈的两相感应电动势，经过滤波、锁相等方法可以解算得到其中包含的转子位置信息。

[0059] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解，本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思作出诸多修改和变化。因此，凡本技术领域技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案，皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

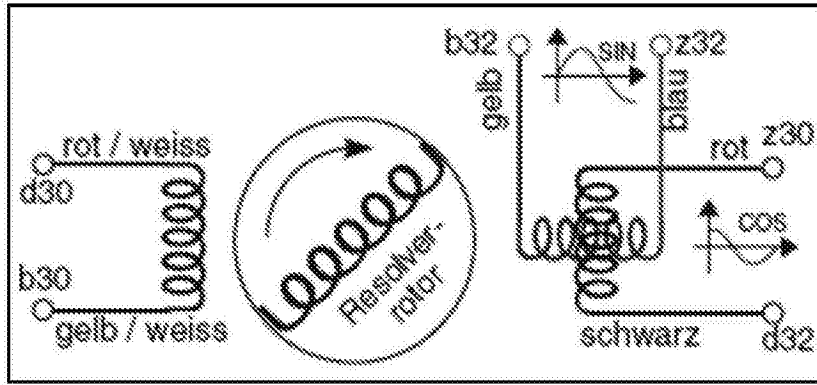


图1

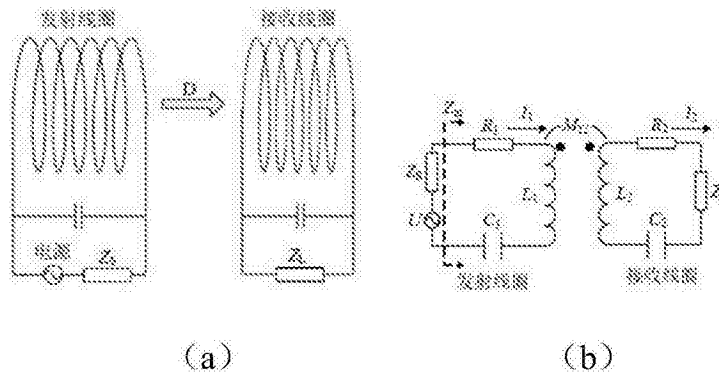


图2

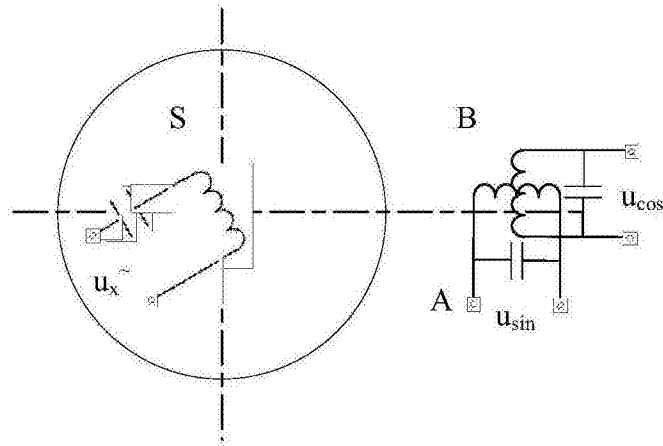


图3

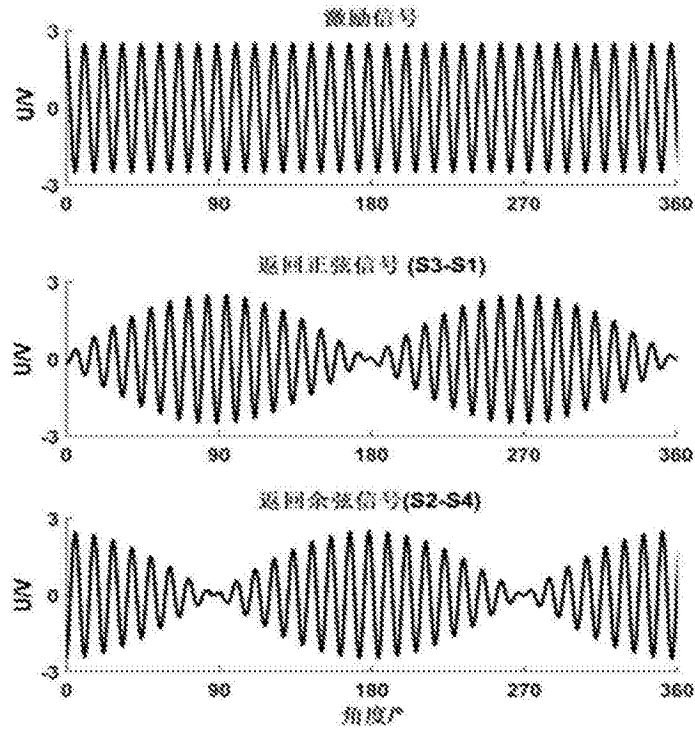


图4

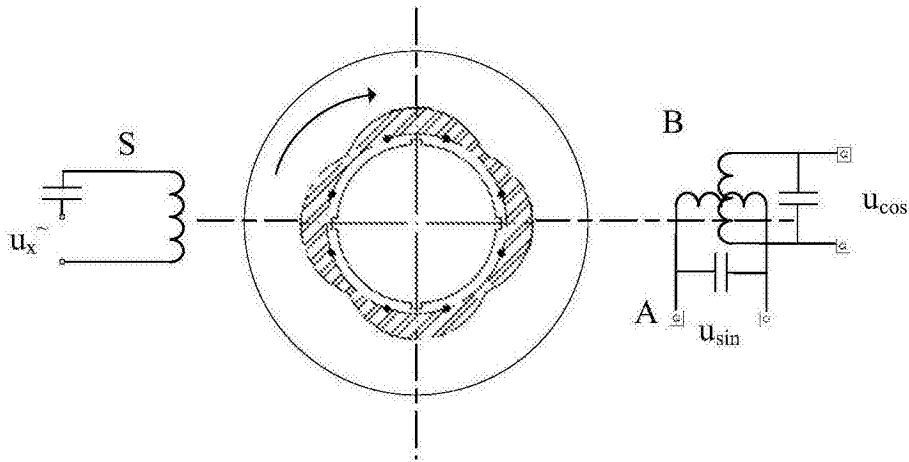


图5