



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110504896 A

(43)申请公布日 2019. 11. 26

(21)申请号 201910380227.6

(22)申请日 2019.05.08

(30)优先权数据

15/982,470 2018.05.17 US

(71)申请人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 高利军 刘生义

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 黄纶伟 李辉

(51)Int.Cl.

H02P 27/04(2016.01)

H02P 27/08(2006.01)

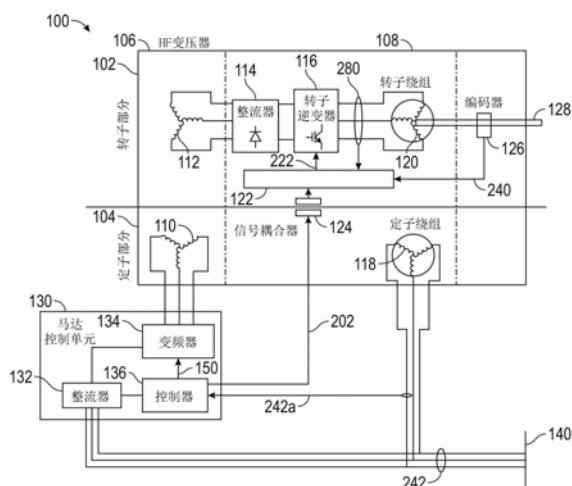
权利要求书3页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

变频独立速度马达

(57)摘要

本公开涉及变频独立速度马达,具体地,电动马达设备可以包括转子和定子。设备可以包括主场马达级,该主场马达级具有位于定子上的一组定子电枢绕组和位于转子上的一组主场绕组,其中,该组定子电枢绕组被配置为从交流电力母线接收主多相电力信号,该主多相电力信号具有引起相对于定子旋转的第一旋转磁通的第一电流,其中,一组主场绕组被配置为接收副多相电力信号,该副多相电力信号具有引起相对于转子旋转的第二旋转磁通的第二电流,并且其中,第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合使得转子以预定基准频率转动。



1. 一种电动马达设备,该电动马达设备包括:

转子(102);

定子(104);

高频变压器级(106),该高频变压器级(106)用于从所述定子向所述转子发送激励信号(370),所述高频变压器级具有位于所述定子上的第一组变压器绕组(110)和位于所述转子上的第二组变压器绕组(112);以及

主场马达级(108),该主场马达级(108)具有位于所述定子上的一组定子电枢绕组(118)和位于所述转子上的一组主场绕组(120),其中,所述一组定子电枢绕组被配置为从交流电力母线(140)接收主多相电力信号(242),该主多相电力信号(242)具有引起相对于所述定子旋转的第一旋转磁通的第一电流,其中,所述一组主场绕组被配置为接收副多相电力信号(280),该副多相电力信号(280)具有引起相对于所述转子旋转的第二旋转磁通的第二电流,其中,所述第一旋转磁通和所述第二旋转磁通的组合使得所述转子以预定基准频率转动。

2. 根据权利要求1所述的设备,所述设备还包括:

整流器(114),该整流器(114)联接到所述转子并电连接到所述第二组变压器绕组,所述整流器被配置为对所述激励信号进行整流,以生成直流电力信号;以及

逆变器(116),该逆变器(116)联接到所述转子并电连接到所述整流器,其中,所述逆变器被配置为对所述直流电力信号进行调制,以生成所述副多相电力信号。

3. 根据权利要求2所述的设备,所述设备还包括:

编码器(126);以及

嵌入式控制器电路(122),该嵌入式控制器电路(122)联接到所述转子,所述嵌入式控制器电路被配置为进行如下操作:

基于所述主多相电力信号,生成电相位信号(246);

从所述编码器接收转子相位信号(240);

基于所述电相位信号与所述转子相位信号之间的差,生成组合相位信号(250);以及

基于所述组合相位信号来生成脉宽调制信号(222),以控制所述逆变器使得所述副多相电力信号具有如下频率、幅值以及相位,该频率、幅值以及相位使得所述第一旋转磁通和所述第二旋转磁通能够组合地使所述转子以所述预定基准频率来转动。

4. 根据权利要求3所述的设备,所述设备还包括:

控制信号联接器(124),该控制信号联接器(124)具有布置在所述定子上的第一部分和布置在所述转子上的第二部分,其中,所述控制信号联接器是非接触光联接器,并且其中,所述嵌入式控制器电路被配置为经由所述控制信号联接器从马达控制单元(130)的控制器电路(136)接收一个或更多个控制信号。

5. 根据权利要求3所述的设备,其中,所述嵌入式控制器还被配置为进行如下操作:

从马达控制单元接收基准频率信号(202),所述基准频率信号表示所述预定基准频率;

基于所述基准频率信号和转子频率信号,生成Q轴电流信号(208);

基于所述Q轴电流信号和Q轴反馈电流信号,生成Q轴电压信号(214);

从所述马达控制单元接收D轴基准电流信号(230);

基于所述D轴基准电流信号和D轴反馈电流信号,生成D轴电流信号(236);以及

将所述Q轴电压信号和所述D轴电流信号用作对逆派克变换(216)的输入,在所述逆派克变换中应用组合相位信号,来生成 α - β 电压信号(218),其中,所述脉宽调制信号是在脉宽调制生成器电路(220)处由所述 α - β 电压信号导出的。

6. 根据权利要求5所述的设备,其中,所述嵌入式控制器还被配置为进行如下操作:

从所述一组主场绕组接收转子反馈电流信号(260);

将所述转子反馈电流信号用作对克拉克变换(262)的输入,应用所述克拉克变换,来生成 α - β 电流反馈信号(264);以及

将所述 α - β 电流反馈信号用作对派克变换(266)的输入,在所述派克变换中应用所述组合相位信号,来生成所述D轴反馈电流信号和所述Q轴反馈电流信号。

7. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述一组主场绕组直接联接到所述第二组变压器绕组,并且被配置为从所述第二组变压器绕组接收所述副多相电力信号。

8. 根据权利要求7所述的设备,其中,所述激励信号包括高频调制信号分量和副多相电力分量,并且其中,所述第二组变压器绕组和所述一组主场绕组处的电感对所述高频调制信号分量进行滤波,以形成所述副多相电力信号。

9. 根据权利要求1所述的设备,其中,满足以下中的至少一项:

所述转子的所述预定基准频率独立于所述主多相电力信号的频率;

所述第一组变压器绕组、所述第二组变压器绕组、所述一组主场绕组以及所述一组定子电枢绕组各包括用于以3相电力信号进行工作的三个绕组;以及

所述激励信号的频率在大约1kHz至1MHz之间。

10. 一种系统,该系统包括:

马达控制单元(130);以及

马达(100),该马达(100)包括:

转子(102);

定子(104);

高频变压器级(106),该高频变压器级(106)用于从所述定子向所述转子发送激励信号(370),所述高频变压器级具有位于所述定子上的第一组变压器绕组(110)和位于所述转子上的第二组变压器绕组(112);以及

主马达级(108),该主马达级(108)具有位于所述定子上的一组定子电枢绕组(118)和位于所述转子上的一组主场绕组(120),其中,所述一组定子电枢绕组被配置为从交流电力母线(140)接收主多相电力信号(242),该主多相电力信号(242)具有引起相对于所述定子旋转的第一旋转磁通的电流,其中,所述一组主场绕组被配置为接收副多相电力信号(280),该副多相电力信号(280)具有引起相对于所述转子旋转的第二旋转磁通的电流,其中,所述第一旋转磁通和所述第二旋转磁通的组合使得所述转子以预定基准频率转动。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中,所述马达控制单元包括:

整流器(114),该整流器(114)被配置为对来自所述交流电力母线的主多相电力信号进行整流,以生成直流电力信号;

控制器电路(136);以及

变频器(134),该变频器(134)包括逆变器(116),其中,所述控制器电路被配置为控制所述变频器对所述直流电力信号进行调制,以生成所述激励信号。

12. 根据权利要求11所述的系统,其中,所述控制器电路被配置为还控制所述逆变器,使得所述激励信号包括高频调制信号分量和副多相电力分量,其中,所述第二组变压器绕组与所述一组主场绕组之间的电感对所述高频调制信号分量进行滤波,以形成所述副多相电力分量,并且其中,所述控制器电路被配置为控制所述逆变器生成具有如下频率、幅值以及相位的所述副多相电力信号,该频率、幅值以及相位使得所述第一旋转磁通和所述第二旋转磁通的组合以所述预定基准频率转动所述转子。

13. 根据权利要求11所述的系统,其中,所述控制器电路被配置为进行如下操作:

基于所述主多相电力信号,生成电相位信号(246);

从编码器接收转子相位信号(240);

基于所述电相位信号与所述转子相位信号之间的差,生成组合相位信号(250);以及

基于所述组合相位信号生成脉宽调制信号(222),以控制所述逆变器使得所述副多相电力信号具有如下频率、幅值以及相位,该频率、幅值以及相位使得所述第一旋转磁通和所述第二旋转磁通能够组合地使所述转子以所述预定基准频率转动。

14. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述控制器电路还被配置为进行如下操作:

接收基准频率信号(202),所述基准频率信号表示所述预定基准频率;

基于所述基准频率信号和转子频率信号,生成Q轴电流信号(208);

基于所述Q轴电流信号和Q轴反馈电流信号,生成Q轴电压信号(214);

接收D轴基准电流信号(230);

基于所述D轴基准电流信号和D轴反馈电流信号,生成D轴电流信号(236);以及

将所述Q轴电压信号和D轴基准信号用作对逆派克变换(216)的输入,在所述逆派克变换中应用所述组合相位信号,来生成 α - β 电压信号(218),其中,所述脉宽调制信号是由所述 α - β 电压信号导出的。

15. 根据权利要求14所述的系统,其中,所述控制器电路还被配置为进行如下操作:

对所述激励信号进行滤波,以提取转子反馈电流信号(260);

将所述转子反馈电流信号用作对克拉克变换(262)的输入,应用所述克拉克变换,来生成 α - β 电流反馈信号(264);以及

将所述 α - β 电流反馈信号用作对派克变换(266)的输入,在所述派克变换中应用所述组合相位信号,来生成所述D轴反馈电流信号和所述Q轴反馈电流信号。

变频独立速度马达

技术领域

[0001] 本公开总体涉及多相(multiphases) 马达,具体涉及变频独立速度马达。

背景技术

[0002] 典型感应马达包括联接到定子的有源的一组多相绕组和联接到转子的无源的(或反应的)一组多相绕组。向有源组的多相绕组施加多相电力信号(multiphase power signal)。由有源组的绕组中的多相电力信号产生的电流产生磁场,该磁场在无源组的多相绕组中引起反向电流。反向电流引起使得转子转动的反向磁场。随着转子转动,无源组的多相绕组内的反向电流减小,这减小磁场。马达基于附加到马达的负载和多相电力信号的频率而最终处于平衡速度。平衡速度通常是比AC电力信号的频率稍小的频率。AC电力信号的频率与转子的旋转频率之间的差被称为差频(或滑移角,slip angle)。在具有恒定负载的典型系统中,转子的旋转频率和滑移角取决于AC电力信号的频率。

[0003] 为了实现独立的旋转频率,典型的马达系统可以依赖整流器电路来执行全功率AC到DC电力转换,然后依赖逆变器来关于具有期望频率、幅值以及相位的新AC电力信号执行另一个全功率DC到AC电力转换。该新AC电力信号然后可以用于以对应的新频率驱动感应马达。该全规模电力转换可能导致重大的功率损失。进一步地,执行电力转换所需的部件可能增加重大重量,这在特定应用中(诸如在飞行器内)可能不期望。

发明内容

[0004] 公开了一种克服上述缺陷中的至少一个的变频独立速度马达。在实施方式中,电动马达设备包括高频变压器级,该高频变压器级用于从定子向转子发送激励信号。激励信号可以用于为位于转子上的一组主场绕组供电。进一步地,AC电力信号可以直接联接到位于定子上的一组主场绕组。这两组主场绕组可以在不执行全规模功率转移的情况下用应用于位于定子上的一组主场绕组的大部分有效功率供电。通过在位于转子上的一组主场绕组内生成电流,马达的平衡速度可以被调节至独立于AC信号的频率的预定速度。

[0005] 在实施方式中,电动马达设备包括转子和定子。设备还包括高频变压器级,该高频变压器级用于从定子向转子发送激励信号,高频变压器级具有位于定子上的第一组变压器绕组和位于转子上的第二组变压器绕组。设备还包括主场马达级,该主场马达级具有位于定子上的一组定子电枢绕组和位于转子上的一组主场绕组,其中,该组定子电枢绕组被配置为从交流电力母线接收主多相电力信号,该主多相电力信号具有引起相对于定子旋转的第一旋转磁通的第一电流,其中,一组主场绕组被配置为接收副多相电力信号,该副多相电力信号具有引起相对于转子旋转的第二旋转磁通的第二电流,其中,第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合使得转子以预定基准频率转动。

[0006] 在一些实施方式中,设备包括:整流器,该整流器联接到转子并电连接到第二组变压器绕组,整流器被配置为整流激励信号,以生成直流电力信号;和逆变器,该逆变器联接到转子并电连接到整流器,其中,逆变器被配置为调制直流电力信号,以生成副多相电力信

号。在一些实施方式中,设备包括:编码器;和嵌入式控制器电路,该嵌入式控制器电路联接到转子,嵌入式控制器电路被配置为:基于主多相电力信号生成电相位信号;从编码器接收转子相位信号;基于电相位信号与转子相位信号之间的差生成组合相位信号;并且基于组合相位信号生成脉宽调制信号,以控制逆变器使得副多相电力信号具有如下频率、幅值以及相位,该频率、幅值以及相位使得第一旋转磁通和第二旋转磁通能够组合地,使转子以预定基准频率转动。

[0007] 在一些实施方式中,设备包括控制信号联接器,该控制信号联接器具有布置在定子上的第一部分和布置在转子上的第二部分,其中,控制信号联接器是非接触光联接器,并且其中,嵌入式控制器电路被配置为,经由控制信号联接器从马达控制单元的控制电路接收一个或更多个控制信号。在一些实施方式中,嵌入式控制器还被配置为:从马达控制单元接收基准频率信号,基准频率信号表示预定基准频率;基于基准频率信号和转子频率信号生成Q轴电流信号;基于Q轴电流信号和Q轴反馈电流信号生成Q轴电压信号;从马达控制单元接收D轴基准电流信号;基于D轴基准电流信号和D轴反馈电流信号生成D轴电流信号;以及将Q轴电压信号和D轴电流信号用作对逆派克变换的输入,在逆派克变换中应用组合相位信号来生成 α - β 电压信号,其中,脉宽调制信号在脉宽调制生成器电路处从 α - β 电压信号导出。

[0008] 在一些实施方式中,嵌入式控制器还被配置为:从该组定子电枢绕组接收转子反馈电流信号;将转子反馈电流信号用作对克拉克变换的输入通过应用克拉克变换来生成 α - β 电流反馈信号;并且将 α - β 电流反馈信号用作对派克变换的输入通过在派克变换中应用组合相位信号来生成D轴反馈电流信号和Q轴反馈电流信号。

[0009] 在一些实施方式中,该组定子电枢绕组直接联接到第二组变压器绕组,并且被配置为从第二组变压器绕组接收副多相电力信号。在一些实施方式中,激励信号包括高频调制信号分量和副多相电力分量,其中,在第二组变压器绕组和一组定子电枢绕组处的电感对高频调制信号分量进行滤波,以形成副多相电力信号。在一些实施方式中,转子的预定基准频率独立于主多相电力信号的频率。在一些实施方式中,第一组变压器绕组、第二组变压器绕组、一组主场绕组以及该组定子电枢绕组各包括用于以3相电力信号进行工作的三个绕组。在一些实施方式中,激励信号的频率在大约1kHz至1MHz之间。

[0010] 在实施方式中,一种系统包括马达控制单元和马达。马达包括转子和定子。系统包括高频变压器级,该高频变压器级用于从定子向转子发送激励信号,高频变压器级具有位于定子上的第一组变压器绕组和位于转子上的第二组变压器绕组。系统还包括主马达级,该主马达级具有位于定子上的一组定子电枢绕组和位于转子上的一组主场绕组,其中,一组主场绕组被配置为从交流电力母线接收主多相电力信号,该主多相电力信号具有引起相对于定子旋转的第一旋转磁通的电流,其中,该组定子电枢绕组被配置为接收副多相电力信号,该副多相电力信号具有引起相对于转子旋转的第二旋转磁通的电流,其中,第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合使得转子以预定基准频率转动。

[0011] 在一些实施方式中,马达控制单元包括:整流器,该整流器被配置为整流来自交流电力母线的主多相电力信号,以生成直流电力信号;控制器电路;以及变频器,该变频器包括逆变器,其中,控制器电路被配置为控制变频器调制直流电力信号,以生成激励信号。在一些实施方式中,控制器电路被配置为还控制逆变器使得激励信号包括高频调制信号分量

和副多相电力分量,其中,第二组变压器绕组与一组定子电枢绕组处的电感对高频调制信号分量进行滤波,以形成副多相电力分量,并且其中,控制器电路被配置为控制逆变器生成具有频率、幅值以及相位的副多相电力信号,该频率、幅值以及相位引起第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合地,使转子以预定基准频率转动。

[0012] 在一些实施方式中,控制器电路被配置为:基于主多相电力信号生成电相位信号;从编码器接收转子相位信号;基于电相位信号与转子相位信号之间的差生成组合相位信号;并且基于组合相位信号生成脉宽调制信号,以控制逆变器使得副多相电力信号具有如下频率、幅值以及相位,该频率、幅值以及相位使得第一旋转磁通和第二旋转磁通能够组合地,使转子以预定基准频率转动。

[0013] 在一些实施方式中,控制器电路还被配置为:接收基准频率信号,基准频率信号表示预定基准频率;基于基准频率信号和转子频率信号生成Q轴电流信号;基于Q轴电流信号和Q轴反馈电流信号生成Q轴电压信号;接收D轴基准电流信号;基于D轴基准电流信号和D轴反馈电流信号生成D轴电流信号;并且将Q轴电压信号和D轴基准信号用作对逆派克变换的输入,在逆派克变换中应用组合相位信号来生成 α - β 电压信号,其中,脉宽调制信号从 α - β 电压信号导出。

[0014] 在一些实施方式中,控制器电路被配置为:对激励信号进行滤波,以提取转子反馈电流信号;将转子反馈电流信号用作对克拉克变换的输入,应用克拉克变换来生成 α - β 电流反馈信号;并且将 α - β 电流反馈信号用作对派克变换的输入,在派克变换中应用组合相位信号来生成D轴反馈电流信号和Q轴反馈电流信号。

[0015] 在实施方式中,方法包括以下步骤:在联接到马达设备的定子的一组主场绕组处接收主多相电力信号,该主多相电力信号具有引起相对于定子旋转的第一旋转磁通的电流。该方法还包括以下步骤:在联接到马达设备的转子的一组定子电枢绕组处接收副多相电力信号,该副多相电力信号具有引起相对于转子旋转的第二旋转磁通的电流。该方法还包括以下步骤:基于主多相电力信号生成电相位信号。该方法包括以下步骤:从被配置为监测转子的旋转的编码器接收转子相位信号。该方法包括以下步骤:基于电相位信号与转子相位信号之间的差生成组合相位信号。该方法还包括以下步骤:基于组合相位信号生成脉宽调制信号,以控制逆变器使得副多相电力信号具有如下频率、幅值以及相位,该频率、幅值以及相位使得第一旋转磁通和第二旋转磁通能够组合地,使转子以预定基准频率转动。

[0016] 在一些实施方式中,转子的预定基准频率独立于主多相电力信号的频率。在一些实施方式中,该方法包括以下步骤:使用高频变压器级从定子向转子转移激励信号,该高频变压器级包括联接到定子的第一组变压器绕组和联接到转子的第二组变压器绕组;以及使用激励信号为副多相电力信号供电。

附图说明

[0017] 图1是描绘了变频独立速度马达系统的实施方式的框图。

[0018] 图2是描绘了用于变频独立速度马达系统的控制系统的实施方式的框图。

[0019] 图3是描绘了变频独立速度马达系统的实施方式的框图。

[0020] 图4是描绘了用于变频独立速度马达系统的控制系统的实施方式的框图。

[0021] 图5是描绘了具有调制分量和多相电力信号分量的脉宽调制后的激励信号的单个

相位的实施方式的图。

[0022] 图6是描绘了低通滤波的脉宽调制后的激励信号的三个相位的实施方式的图。

[0023] 图7是描绘了用于变频独立速度马达系统的方法的实施方式的流程图。

[0024] 虽然本公开易受各种修改和另选形式影响,但在附图中已经用示例的方式示出并将在这里详细描述具体实施方式。然而,应理解,本公开不旨在限于所公开的特定形式。相反,意图是覆盖落在本公开范围内的所有修改、等同物以及另选方案。

具体实施方式

[0025] 参照图1,描绘了变频独立速度马达系统100的实施方式。系统100可以包括转子102和定子104。系统还可以包括高频变压器级106和主场级108。

[0026] 高频变压器级106可以包括第一组变压器绕组110和第二组变压器绕组112。第一组变压器绕组110可以联接到定子104并位于定子104上,并且第二组变压器绕组112可以联接到转子102并位于转子102上。第一组变压器绕组110和第二组变压器绕组112可以包括用于从定子104向转子102发送激励信号的3相绕组。

[0027] 如这里使用的,高频意指信号的频率大于转子102的旋转频率。例如,随着要从第一组变压器绕组110向第二组变压器绕组112发送的激励信号的频率增大,转子102的旋转效应变得不那么显著。这可以使得能够在没有由转子102的旋转引起的显著干扰或功率损失的情况下发送激励信号。进一步地,高频变压器级106可以省略定子104与转子102之间的接触功率传输机构。例如,虽然典型的功率传输机构可以包括滑环或类似的接触功率传输机构,但系统100可以省略这些接触机构。通过消除定子104与转子102之间的接触功率传输机构,可以避免性能问题,诸如形成电弧、磨损以及接触电阻。这可以引起更大的可靠性、更低的维护成本、更少的停工期以及减少的功率损失。其他优点可以存在。

[0028] 主场级108可以包括整流器114和逆变器116,整流器114和逆变器116联接到转子102并位于转子102上。整流器114可以被配置为对高频激励信号进行整流,以生成DC电力信号。例如,整流器114可以为3相二极管式整流器。逆变器116可以包括用于调制如这里描述的DC电力信号的多个开关。

[0029] 主场级108还可以包括联接到定子104并位于定子104上的一组定子电枢绕组118和联接到转子102并位于其上的一组主场绕组120。该组定子电枢绕组118可以联接到AC电力母线140,并且被配置为从AC电力母线140接收多相电力信号242。多相电力信号242可以是3相电力信号。一组主场绕组120可以联接到逆变器116的输出,并且被配置为从逆变器116接收副多相电力信号280。

[0030] 主场级108可以包括嵌入式控制器电路122,该嵌入式控制器电路122联接到转子102并至少部分位于转子102上。嵌入式控制器电路122可以包括逻辑电路,以便控制逆变器116如这里描述的生成具有预定频率、幅值以及相位的副多相电力信号280。另选地或另外地,嵌入式控制器电路122可以包括被配置为控制如这里描述的逆变器116的处理器和对应存储器。

[0031] 系统100还可以包括信号联接器124,该信号联接器124在不进行物理接触的情况下从定子104向转子102传递控制信号,诸如这里进一步描述的基准频率信号202。信号联接器124可以具有布置在定子104上的第一部分和布置在转子102上的第二部分,并且可以包

括光链路。由此可见,信号联接器124为了如与接触信号联接器相比产生更少摩擦而可以是非接触联接器。

[0032] 转子102可以包括联接到转子102的轴128,该轴128用于向外部系统转移机械功率。例如,轴128可以为飞行器或其他交通工具的推进系统提供旋转功率。编码器126可以监测轴128的旋转,并且可以产生表示轴128的位置的转子相位信号240。

[0033] 系统100可以包括马达控制单元130。马达控制单元130可以在转子102和定子104之外。进一步地,马达控制单元130可以放置为远离系统100的其他部分。马达控制单元130可以包括整流器132、变频器134以及控制器电路136。

[0034] 整流器132可以联接到AC母线140,并且被配置为,生成用于由变频器134生成激励信号的DC电力信号,并为控制器电路136供电。控制器电路136可以被配置为控制在变频器134内的多个开关,以便产生激励信号。例如,变频器134可以包括功率调制器电路(未示出)。

[0035] 控制器电路135可以被实施为逻辑电路,以便控制变频器134。另选地或另外地,控制器电路136可以包括被配置为控制变频器134的处理器和对应存储器。例如,在一些实施方式中,控制器电路136可以包括中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、数字信号处理器(DSP)、外围接口控制器(PIC)、另一种微处理器和/或其组合。控制器电路136可以被实施为集成电路、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、逻辑门电路的组合、其他类型的数字或模拟电气设计部件、或其组合。

[0036] 在操作期间,AC母线140可以向该组定子电枢绕组118提供主多相电力信号242。AC母线140可以同时向马达控制单元130的整流器132提供主多相电力信号242。

[0037] 整流器132可以整流主多相电力信号242,以生成用于为变频器134和控制器电路136供电的DC电力信号。控制器电路136可以向变频器134发送信号150,以控制变频器134使用DC电力信号来生成可以发送到第一组变压器绕组110的高频激励信号。激励信号的频率可以在大约1kHz至1MHz之间。

[0038] 第一组变压器绕组110可以向第二组变压器绕组112发送高频激励信号,并且整流器114可以将高频激励信号转换成可以由逆变器116使用的DC电力信号。控制器电路136可以监测在AC母线140上的主AC电力信号242的相位242a。控制器电路136还可以发送包括表示主AC电力信号242的电相位的信号的控制信号,诸如基准频率信号202,以经由信号联接器124控制嵌入式控制器电路122。嵌入式控制器电路122还可以接收来自编码器126的转子相位信号240以及基于逆变器116的输出的、表示与副多相电力信号280关联的电流的信号。

[0039] 基于控制信号和反馈信号,嵌入式控制器电路122可以使用脉宽调制信号222控制逆变器116生成副多相电力信号280,该副多相电力信号可以应用于一组主场绕组120。

[0040] 通过在不执行全电力转换的情况下向该组定子电枢绕组118应用来自AC母线140的AC电力信号,系统100可以比依赖电力母线与主级的输入之间的整流和调制的典型感应马达更高效。进一步地,通过向一组主场绕组120有效地应用副多相电力信号280,转子可以被设置为以独立于AC母线140上的多相电力信号的频率的预定频率旋转。由此可见,系统100可以通过直接向该组定子电枢绕组118应用AC母线140上的电力信号的有效功率的大部分(例如,90%),来更高效地实现马达102的独立速度。有效功率的剩余部分(例如,10%)可以传输到转子102,独立转换并应用于一组主场绕组120来实现独立于AC母线140上的多相

电力信号的频率的旋转频率。系统100的其他优点可以存在。

[0041] 参照图2,描绘了用于变频独立速度马达系统的控制系统200。控制系统200的部分可以位于定子104上,并且其他部分可以位于转子102上。进一步地,图2描述了嵌入式控制器电路122的功能。所述功能可以由逻辑电路、处理器或其任意组合执行,该处理器与具有使得处理器执行功能的指令的存储器联接。应注意,对于这里描述的各个信号,可以对于多相电力系统的各相位生成单独信号。

[0042] 控制系统200可以经由信号联接器124接收基准频率信号202。在一些实施方式中,基准频率信号202可以从图1的控制器电路136来接收。另选地,基准频率信号202可以由用户设置或可以被硬编码到控制器电路136中。

[0043] 控制系统200可以包括速度比例积分导数(PID) 204。速度PID 204可以接收基准频率信号202和转子频率信号206,这在这里进一步描述。基于基准频率信号202和转子频率信号206,速度PID 204可以生成正交轴(Q轴)电流信号208。

[0044] 控制系统200还可以包括转矩PID 210。转矩PID 210可以接收Q轴电流信号208和Q轴反馈电流信号212,这在这里进一步描述。基于Q轴电流信号208和Q轴反馈电流信号212,转矩PID 210可以生成Q轴电压信号214。

[0045] 控制系统200还可以包括逆派克电路(inverse-Park circuit) 216。逆派克电路216可以接收Q轴电压信号以及直轴(D轴)电流信号236和组合相位信号250(这些信号在这里进一步描述)。组合相位信号250可以应用于逆派克变换中,以将Q轴电压信号214和D轴电流信号236变换成 α - β 电压信号218。

[0046] 系统200可以包括脉宽调制生成器220,该脉宽调制生成器220可以接收 α - β 电压信号218并将其用于导出驱动逆变器116的脉宽调制信号222。逆变器然后可以生成驱动一组主场绕组120的副多相电力信号280。

[0047] 可以通过AC母线140引起第一旋转磁场来驱动该组定子电枢绕组118。一组主场绕组120可以由副多相电力信号280驱动,该副多相电力信号在逆变器116处生成并引起第二旋转磁场。第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合可以使得转子以由基准频率信号202表示的预定基准频率转动。预定基准频率可以独立于AC母线140上的多相电力信号的频率。

[0048] 关于转子频率信号206,编码器126可以监测转子102的机械旋转并生成转子相位信号240。系统200可以包括速度转换器252,该速度转换器252接收转子相位信号240并将其转换成转子频率信号206。例如,速度转换器252可以确定由转子相位信号240表示的转子相位完成一个完全旋转所需的时间(即,与转子102关联的时段),并且使用对于一个完全旋转花费的时间确定转子频率信号206的频率。

[0049] 关于组合相位信号250,系统200可以包括电相位角度转换器244。电相位角度转换器244可以监测AC母线140上的多相电力信号242的相位242a,并且通过确定与多相电力信号的相位关联的时段,电相位角度转换器244可以生成电相位信号246。

[0050] 系统200可以包括组合电路248。例如,组合电路248可以是相位加/减电路。同样,如这里说明的,组合电路248可以是被编程为执行加和减功能的处理器和存储器。组合电路248可以通过确定转子相位信号240与电相位信号246之间的差,来生成组合相位信号250。

[0051] 关于D轴电流信号236,系统200可以经由信号联接器124接收D轴基准电流信号230。D轴基准电流信号230可以从图1的控制器电路136接收,并且可以由用户设置,可以被

硬编码到控制器电路136中,或者可以基于期望的转子102的功率输出计算。

[0052] 系统200可以包括通量PID 232。通量PID 232可以接收D轴基准电流信号230和D轴反馈电流信号234,这在这里进一步描述。通量PID 232可以使用D轴基准电流信号230和D轴反馈电流信号234生成D轴电流信号236。

[0053] 关于D轴反馈电流信号234和Q轴反馈电流信号212,系统200可以包括克拉克变换电路262。可以变换用于一组主场绕组120的各相位的电流信号260,以生成 α - β 电流信号264。

[0054] 系统200可以包括派克变换电路266,该派克变换电路266接收 α - β 电流信号264和组合相位信号250。D轴反馈电流信号234和Q轴反馈电流信号212可以以 α - β 电流信号264为输入通过向派克变换应用组合相位信号250来生成。

[0055] 系统200的电路和/或模块中的任意一个可以组合并且可以共享逻辑电路。进一步地,系统200的电路和/或模块中的任意一个可以包括处理器或可以共享处理器,以执行关于各电路和/或模块描述的功能。

[0056] 控制系统200的益处是,它可以使得能够生成脉宽调制控制信号,这些信号控制逆变器116生成副多相电力信号,该副多相电力信号在应用于一组主场绕组120时,创建第二旋转磁场,该第二旋转磁场在与由该组定子电枢绕组118生成的第一旋转磁场组合时,使得转子102以由基准频率信号202表示的预定基准频率来旋转。预定基准频率可以独立于AC母线140上的多相电力信号的频率。可以具有其他优点。

[0057] 参照图3,描绘了变频独立速度马达系统300的实施方式。与图1中相同,系统300可以包括具有高频变压器级106和主场级108的转子102和定子104。高频变压器级106可以包括第一组变压器绕组110和第二组变压器绕组112。主场级108可以包括一组定子电枢绕组118和一组主场绕组120。转子102可以与转子轴128联接,并且编码器126可以被配置为监测马达轴128的旋转。AC电力母线140可以提供为系统300供电的多线电力信号。

[0058] 系统300与系统100的不同可以在于,第二组变压器绕组112可以直接联接到一组主场绕组120。如这里使用的,术语“直接联接”意指,在第二组变压器绕组112与一组主场绕组120之间没有介入整流器电路或逆变器电路。

[0059] 系统300还可以包括马达控制单元130。马达控制单元130可以包括整流器132、变频器134以及控制器电路136。控制器电路136可以包括控制器模块322,该控制器模块322执行用于经由控制信号150控制变频器134的功能。控制器模块322可以被实施为逻辑电路或,被实施为被编程为执行这里描述的功能的处理器和存储器。

[0060] 在操作期间,AC母线140可以向第一组主绕组118提供主多相电力信号242。AC母线140可以同时向马达控制单元130的整流器132提供主多相电力信号242。整流器132可以整流主多相电力信号,以生成用于为变频器134和控制器电路136供电的DC电力信号。控制器电路136可以控制变频器134,使用DC电力信号来生成可以发送到第一组变压器绕组110的高频激励信号。

[0061] 激励信号可以包括高频调制分量和副多相电力信号分量。副多相电力信号分量可以基于提供给控制器电路136的控制器模块322的反馈信号来生成,这些反馈信号诸如为多相电力信号242的相位242a、转子相位信号240以及反馈高频激励信号370。例如,马达控制单元130可以包括低通滤波器302。低通滤波器302可以用于对激励信号进行滤波的各相位,

以提供反馈电流信号。反馈电流信号可以表示将应用于一组主场绕组120的电流。控制器模块322还可以接收来自编码器126的转子相位信号以及表示来自AC母线的主AC电力信号的电相位的信号。基于这些反馈信号,变频器134可以受控制器电路136控制,以生成高频激励信号。

[0062] 第一组变压器绕组1120可以向第二组变压器绕组112发送高频激励信号。第二组变压器绕组112与一组主场绕组120之间的电感可以从高频激励信号滤波高频调制分量,这导致可以有效地驱动一组主场绕组120的剩余副多相电力信号280。

[0063] 随着向该组定子电枢绕组118应用来自AC母线140的主多相电力信号,可以在一组主场绕组118处生成第一旋转磁通。随着向一组主场绕组120应用副多相电力信号280,可以生成第二旋转磁通,该第二旋转磁通在与第一旋转磁通组合时,使得转子102以预定基准频率旋转。因为转子102的旋转频率基于第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合,所以转子102的频率可以独立于AC母线140上的主多相电力信号的频率。

[0064] 系统300的优点是转子102可以在还启用从AC母线140到该组定子电枢绕组118的直接功率转移的同时以独立频率旋转。这可以使得系统300如与典型AC马达相比能够更高效,这些典型AC马达被配置为在独立于为它们供电的AC电力母线的频率下运行,可以依赖主级绕组与AC母线之间的全规模电力转换。进一步地,系统300可以通过以下方式省略转子102上的复杂电路:在马达控制单元130内生成副多相电力信号,随后向转子102发送副多相电力信号,作为由变频器134生成的高频激励信号的分量。

[0065] 参照图4,描绘了用于变频独立速度马达系统的控制系统400。控制系统400的大部分可以位于转子102和定子104之外。例如,控制系统400的部分可以位于控制器电路136内的控制器模块22内。进一步地,所述功能可以由逻辑电路、处理器或其任意组合执行,该处理器与具有使得处理器执行功能的指令的存储器联接。应注意,对于这里描述的各个信号,可以对于多相电力系统的各相位生成单独信号。

[0066] 控制系统400可以接收基准频率信号202。基准频率信号202可以由用户设置,由控制器电路136生成,或者可以被硬编码到控制器电路136中。

[0067] 控制系统200可以包括速度PID 204。速度PID可以接收基准频率信号202和转子频率信号206,这在这里进一步描述。基于基准频率信号202和转子频率信号206,速度PID 204可以生成Q轴电流信号208。

[0068] 控制系统400还可以包括转矩PID 210。转矩PID 210可以接收Q轴电流信号208和Q轴反馈电流信号212,这在这里进一步描述。基于Q轴电流信号208和Q轴反馈电流信号212,转矩PID 210可以生成Q轴电压信号214。

[0069] 控制系统400还可以包括逆派克电路216。逆派克电路216可以接收Q轴电压信号以及D轴电流信号236和组合相位信号250(这些信号在这里进一步描述)。组合相位信号250可以应用于逆派克变换中,以将Q轴电压信号214和D轴电流信号236变换成 α - β 电压信号218。

[0070] 系统400可以包括脉宽调制生成器220,该脉宽调制生成器220可以接收 α - β 电压信号218并将其用于导出驱动逆变器116的脉宽调制信号222。逆变器116然后可以生成包括副多相电力信号分量的激励信号,该副多相电力信号分量可以经由高频变压器绕组110、112从定子104转移到转子102。所提取的副多相电力信号280然后可以驱动一组主场绕组120。

[0071] 该组定子电枢绕组118可以通过AC母线140引起第一旋转磁场来驱动。一组主场绕

组120可以由副多相电力信号280驱动,这引起第二旋转磁场。第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合可以使得转子102以由基准频率信号202表示的预定基准频率转动。预定基准频率可以独立于AC母线140上的多相电力信号的频率。

[0072] 关于转子频率信号206,编码器126可以监测转子102的机械旋转并生成转子相位信号240。系统200可以包括速度转换器252,该速度转换器接收转子相位信号240并将其转换成转子频率信号206。例如,速度转换器252可以确定由转子相位信号240表示的转子相位完成一个完全旋转所需的时间(即,与转子102关联的时段),并且使用对于一个完全旋转花费的时间确定转子频率信号206的频率。

[0073] 关于组合相位信号250,系统200可以包括电相位角度转换器244。电相位角度转换器244可以监测AC母线140上的多相电力信号,并且通过确定与多相电力信号242的单个相位242a关联的时段,电相位角度转换器244可以生成电相位信号246。

[0074] 系统400可以包括组合电路248。例如,组合电路248可以是相位加/减电路。同样,如这里说明的,组合电路248可以是被编程为,执行加和减功能的处理器和存储器。组合电路248可以通过确定转子相位信号240与电相位信号246之间的差,来生成组合相位信号250。

[0075] 关于D轴电流信号236,系统200可以接收D轴基准电流信号230。D轴基准电流信号230可以从图1的控制器电路136接收,并且可以由用户设置,可以被硬编码到控制器电路136中,或者可以基于期望的转子102的功率输出计算。

[0076] 系统400可以包括通量PID 232。通量PID 232可以接收D轴基准电流信号230和D轴反馈电流信号234,这在这里进一步描述。通量PID 232可以使用D轴基准电流信号230和D轴反馈电流信号234生成D轴电流信号236。

[0077] 关于D轴反馈电流信号234和Q轴反馈电流信号212,系统200可以包括克拉克(Clarke)变换电路262。可以变换用于一组主场绕组120的各相位的电流信号260,以生成 α - β 电流信号264。为了生成电流信号260,系统400可以包括:从激励信号370提取副多相电力信号280的低通滤波器302。这与系统200不同,系统200随着副多相电力信号280应用于一组主场绕组120而直接测量副多相电力信号280。

[0078] 系统400可以包括派克(Park)变换电路266,该派克变换电路266接收 α - β 电流信号264和组合相位信号250。D轴反馈电流信号234和Q轴反馈电流信号212可以以 α - β 电流信号264为输入通过向派克变换电路266应用组合相位信号250来生成。

[0079] 系统200的电路和/或模块中的任意一个可以组合并且可以共享逻辑电路。进一步地,系统200的电路和/或模块中的任意一个可以包括处理器或可以共享处理器,以执行关于各电路和/或模块描述的功能。

[0080] 控制系统400的益处是,它可以使得能够生成脉宽调制控制信号,这些信号控制逆变器116生成副多相电力信号280,该副多相电力信号280在应用于一组主场绕组120时,创建第二旋转磁场,该第二旋转磁场在与由该组定子电枢绕组118生成的第一旋转磁场组合时,使得转子102以由基准频率信号202表示的预定基准频率旋转。预定基准频率可以独立于AC母线140上的多相电力信号的频率。其他优点可以存在。

[0081] 参照图5,描绘了高频激励信号的单个相位的实施方式。如图所示,高频激励信号可以包括由矩形脉冲构成的高频调制分量。高频激励信号还可以包括副调制电力信号,该

副调制电力信号基于各个矩形脉冲的持续时间或宽度来编码。矩形脉冲的变化脉宽可以提供平均功率,该平均功率在借助使用低通滤波器或基于电路内的电感二者之一滤波高频激励信号时形成正弦信号。电感可以是来自第二组变压器绕组112和一组主场绕组120的漏感,或者它可以是单独插入绕组112、120之间的专用电感(dedicated inductance)。在激励信号内承载的能量由图5所描绘的正弦线来表示。

[0082] 参照图6,描绘了在已经经由低通滤波器滤波之后的脉宽调制后的激励信号(例如,图5所描绘的信号)的三个相位。如图所示,在滤波图5所描绘的激励信号时,高频矩形脉冲被平滑成正弦功率相位。图6所描绘的多相信号可以用于驱动一组主场绕组120在转子102处生成第二旋转磁通。

[0083] 参照图7,描绘了方法700。方法700可以包括以下步骤:在702处,在联接到马达设备的定子的一组主场绕组处接收主多相电力信号,该主多相电力信号具有引起相对于定子旋转的第一旋转磁通的电流。

[0084] 方法700还可以包括以下步骤:在704处,在联接到马达设备的转子的一组定子电枢绕组处接收副多相电力信号,该副多相电力信号具有引起相对于转子旋转的第二旋转磁通的电流。

[0085] 方法700还可以包括以下步骤:在706处,基于主多相电力信号来生成电相位信号。

[0086] 方法700可以包括以下步骤:在708处,从被配置为监测转子的旋转的编码器接收转子相位信号。

[0087] 方法700还可以包括以下步骤:在710处,基于电相位信号与转子相位信号之间的差生成组合相位信号。

[0088] 方法700还可以包括以下步骤:在712处,基于组合相位信号来生成脉宽调制信号,以控制逆变器使得副多相电力信号具有频率、幅值以及相位,其中,该频率、幅值以及相位使得第一旋转磁通和第二旋转磁通能够组合地,使转子以预定基准频率转动。

[0089] 方法700的益处是,马达可以在独立于用于驱动马达的AC母线的频率的速度下旋转。进一步地,方法700可以比依赖电力母线与主级的输入之间的整流和调制的典型感应马达方法更高效。方法700的其他优点可以存在。

[0090] 进一步地,本公开包括根据以下条款的示例:

[0091] 条款1.一种电动马达设备,该电动马达设备包括:转子;定子;高频变压器级,该高频变压器级用于从定子向转子发送激励信号,高频变压器级具有位于定子上的第一组变压器绕组和位于转子上的第二组变压器绕组;以及主场马达级,该主场马达级具有位于定子上的一组定子电枢绕组和位于转子上的一组主场绕组,其中,该组定子电枢绕组被配置为从交流电力母线接收主多相电力信号,该主多相电力信号具有引起相对于定子旋转的第一旋转磁通的第一电流,其中,该组主场绕组被配置为接收副多相电力信号,该副多相电力信号具有引起相对于转子旋转的第二旋转磁通的第二电流,其中,第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合使得转子以预定基准频率转动。

[0092] 条款2.条款1的设备,还包括:整流器,该整流器联接到转子并电连接到第二组变压器绕组,整流器被配置为整流激励信号,以生成直流电力信号;和逆变器,该逆变器联接到转子并电连接到整流器,其中,逆变器被配置为调制直流电力信号,以生成副多相电力信号。

[0093] 条款3.条款2的设备,还包括:编码器;和嵌入式控制器电路,该嵌入式控制器电路联接到转子,嵌入式控制器电路被配置为:基于主多相电力信号生成电相位信号;从编码器接收转子相位信号;基于电相位信号与转子相位信号之间的差,生成组合相位信号;并且基于组合相位信号生成脉宽调制信号,以控制逆变器使得副多相电力信号具有如下频率、幅值以及相位,该频率、幅值以及相位使得第一旋转磁通和第二旋转磁通能够组合地,使转子以预定基准频率转动。

[0094] 条款4.条款3的设备,还包括:控制信号联接器,该控制信号联接器具有布置在定子上的第一部分和布置在转子上的第二部分,其中,控制信号联接器是非接触光联接器,并且其中,嵌入式控制器电路被配置为经由控制信号联接器从马达控制单元的控制器电路接收一个或更多个控制信号。

[0095] 条款5.条款3的设备,其中,嵌入式控制器还被配置为:从马达控制单元接收基准频率信号,基准频率信号表示预定基准频率;基于基准频率信号和转子频率信号生成Q轴电流信号;基于Q轴电流信号和Q轴反馈电流信号生成Q轴电压信号;从马达控制单元接收D轴基准电流信号;基于D轴基准电流信号和D轴反馈电流信号生成D轴电流信号;以及将Q轴电压信号和D轴电流信号用作到逆派克变换的输入,在逆派克变换中应用组合相位信号来生成 α - β 电压信号,其中,脉宽调制信号在脉宽调制生成器电路处从 α - β 电压信号导出。

[0096] 条款6.条款5的设备,其中,嵌入式控制器还被配置为:从一组主场绕组接收转子反馈电流信号;将转子反馈电流信号用作对克拉克变换的输入,应用克拉克变换来生成 α - β 电流反馈信号;并且将 α - β 电流反馈信号用作对派克变换的输入,在派克变换中应用组合相位信号来生成D轴反馈电流信号和Q轴反馈电流信号。

[0097] 条款7.条款1的设备,其中,一组主场绕组直接联接到第二组变压器绕组,并且被配置为从第二组变压器绕组接收副多相电力信号。

[0098] 条款8.条款7的设备,其中,激励信号包括高频调制信号分量和副多相电力分量,并且其中,在第二组变压器绕组和一组主场绕组处的电感对高频调制信号分量进行滤波,以形成副多相电力信号。

[0099] 条款9.条款1的设备,其中,转子的预定基准频率独立于主多相电力信号的频率。

[0100] 条款10.条款1的设备,其中,第一组变压器绕组、第二组变压器绕组、一组主场绕组以及一组定子电枢绕组各包括用于以3相电力信号进行工作的三个绕组。

[0101] 条款11.条款1的设备,其中,激励信号的频率在大约1kHz至1MHz之间。

[0102] 条款12.一种系统,该系统包括马达控制单元和马达,该马达包括:转子;定子;高频变压器级,该高频变压器级用于从定子向转子发送激励信号,高频变压器级具有位于定子上的第一组变压器绕组和位于转子上的第二组变压器绕组;以及主马达级,该主马达级具有位于定子上的一组定子电枢绕组和位于转子上的一组主场绕组,其中,一组定子电枢绕组被配置为从交流电力母线接收主多相电力信号,该主多相电力信号具有引起相对于定子旋转的第一旋转磁通的电流,并且其中,一组主场绕组被配置为接收副多相电力信号,该副多相电力信号具有引起相对于转子旋转的第二旋转磁通的电流,其中,第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合使得转子以预定基准频率转动。

[0103] 条款13.条款12的系统,其中,马达控制单元包括:整流器,该整流器被配置为对来自交流电力母线的主多相电力信号进行整流,以生成直流电力信号;控制器电路;以及变频

器,该变频器包括逆变器,其中,控制器电路被配置为控制变频器调制直流电力信号,以生成激励信号。

[0104] 条款14.条款13的系统,其中,控制器电路被配置为还控制逆变器使得激励信号包括高频调制信号分量和副多相电力分量,其中,第二组变压器绕组与一组主场绕组之间的电感对高频调制信号分量进行滤波,以形成副多相电力分量,并且其中,控制器电路被配置为控制逆变器生成具有如下频率、幅值以及相位的副多相电力信号,该频率、幅值以及相位引起第一旋转磁通和第二旋转磁通的组合地,使转子以预定基准频率转动。

[0105] 条款15.条款13的系统,其中,控制器电路被配置为:基于主多相电力信号生成电相位信号;从编码器接收转子相位信号;基于电相位信号与转子相位信号之间的差,生成组合相位信号;并且基于组合相位信号生成脉宽调制信号,以控制逆变器使得副多相电力信号具有如下频率、幅值以及相位,该频率、幅值以及相位使得第一旋转磁通和第二旋转磁通能够组合地,使转子以预定基准频率转动。

[0106] 条款16.条款15的系统,其中,控制器电路还被配置为:接收基准频率信号,基准频率信号表示预定基准频率;基于基准频率信号和转子频率信号生成Q轴电流信号;基于Q轴电流信号和Q轴反馈电流信号生成Q轴电压信号;接收D轴基准电流信号;基于D轴基准电流信号和D轴反馈电流信号生成D轴电流信号;并且将Q轴电压信号和D轴基准信号用作对逆派克变换的输入,在逆派克变换中应用组合相位信号来生成 α - β 电压信号,其中,脉宽调制信号从 α - β 电压信号导出。

[0107] 条款17.条款16的系统,其中,控制器电路还被配置为:对激励信号进行滤波,以提取转子反馈电流信号;将转子反馈电流信号用作对克拉克变换的输入,应用克拉克变换来生成 α - β 电流反馈信号;并且将 α - β 电流反馈信号用作对派克变换的输入,在派克变换中应用组合相位信号来生成D轴反馈电流信号和Q轴反馈电流信号。

[0108] 条款18.一种方法,该方法包括以下步骤:在联接到马达设备的定子的一组定子电枢绕组处接收主多相电力信号,该主多相电力信号具有引起相对于定子旋转的第一旋转磁通的电流;在联接到马达设备的转子的一组主场绕组处接收副多相电力信号,该副多相电力信号具有引起相对于转子旋转的第二旋转磁通的电流;基于主多相电力信号生成电相位信号;从被配置为监测转子的旋转的编码器接收转子相位信号;基于电相位信号与转子相位信号之间的差,生成组合相位信号;以及基于组合相位信号生成脉宽调制信号,以控制逆变器使得副多相电力信号具有频率、幅值以及相位,该频率、幅值以及相位使得第一旋转磁通和第二旋转磁通能够组合地,使转子以预定基准频率转动。

[0109] 条款19.条款18的方法,其中,转子的预定基准频率独立于主多相电力信号的频率。

[0110] 条款20.条款18的方法,还包括以下步骤:使用高频变压器级从定子向转子转移激励信号,该高频变压器级包括联接到定子的第一组变压器绕组和联接到转子的第二组变压器绕组;以及使用激励信号为副多相电力信号供电。

[0111] 虽然已经示出并且描述了各种实施方式,但本公开不这样限制,并且将被理解为包括如将对本领域技术人员明显的所有这种修改和变更。

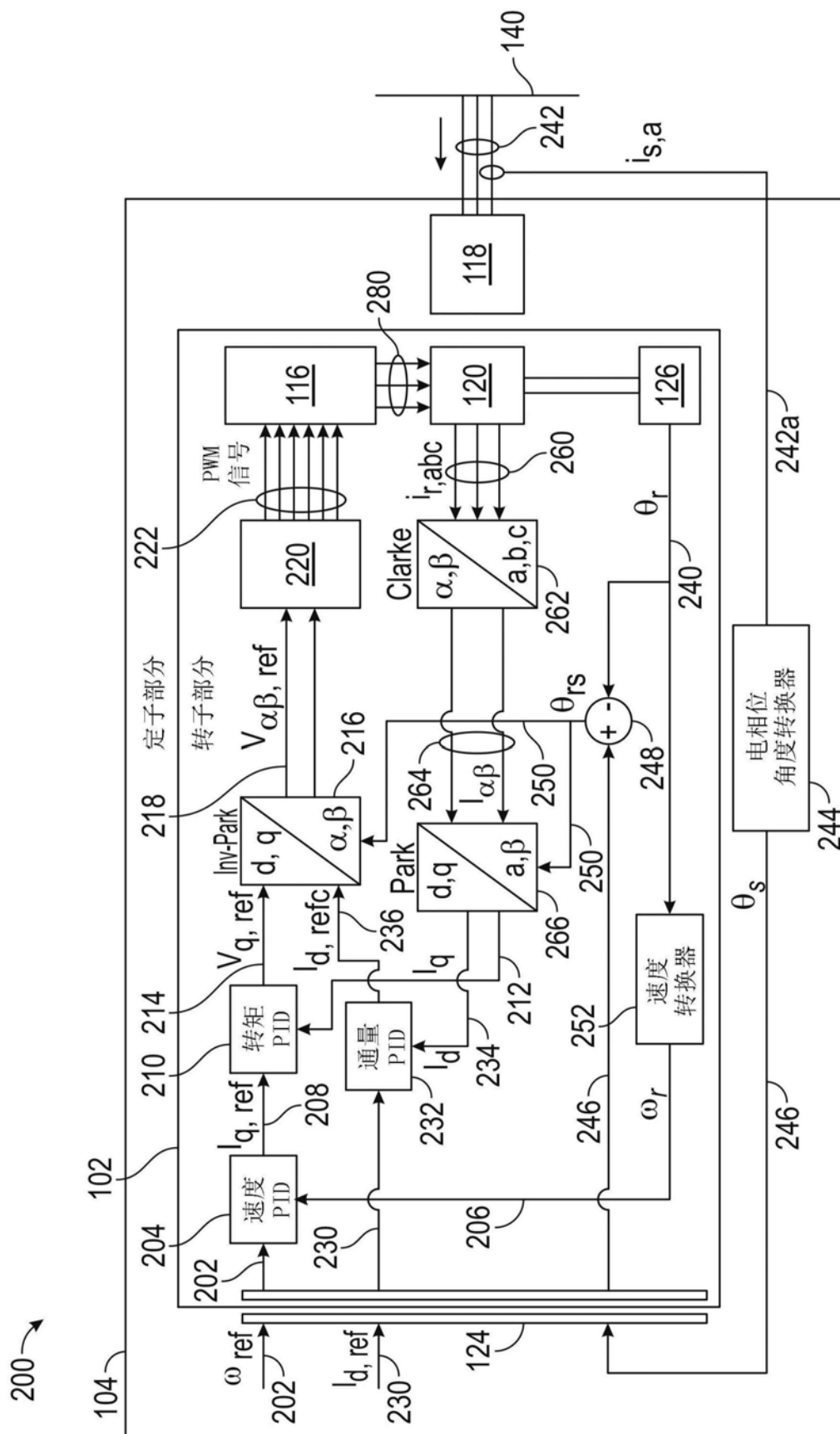


图2

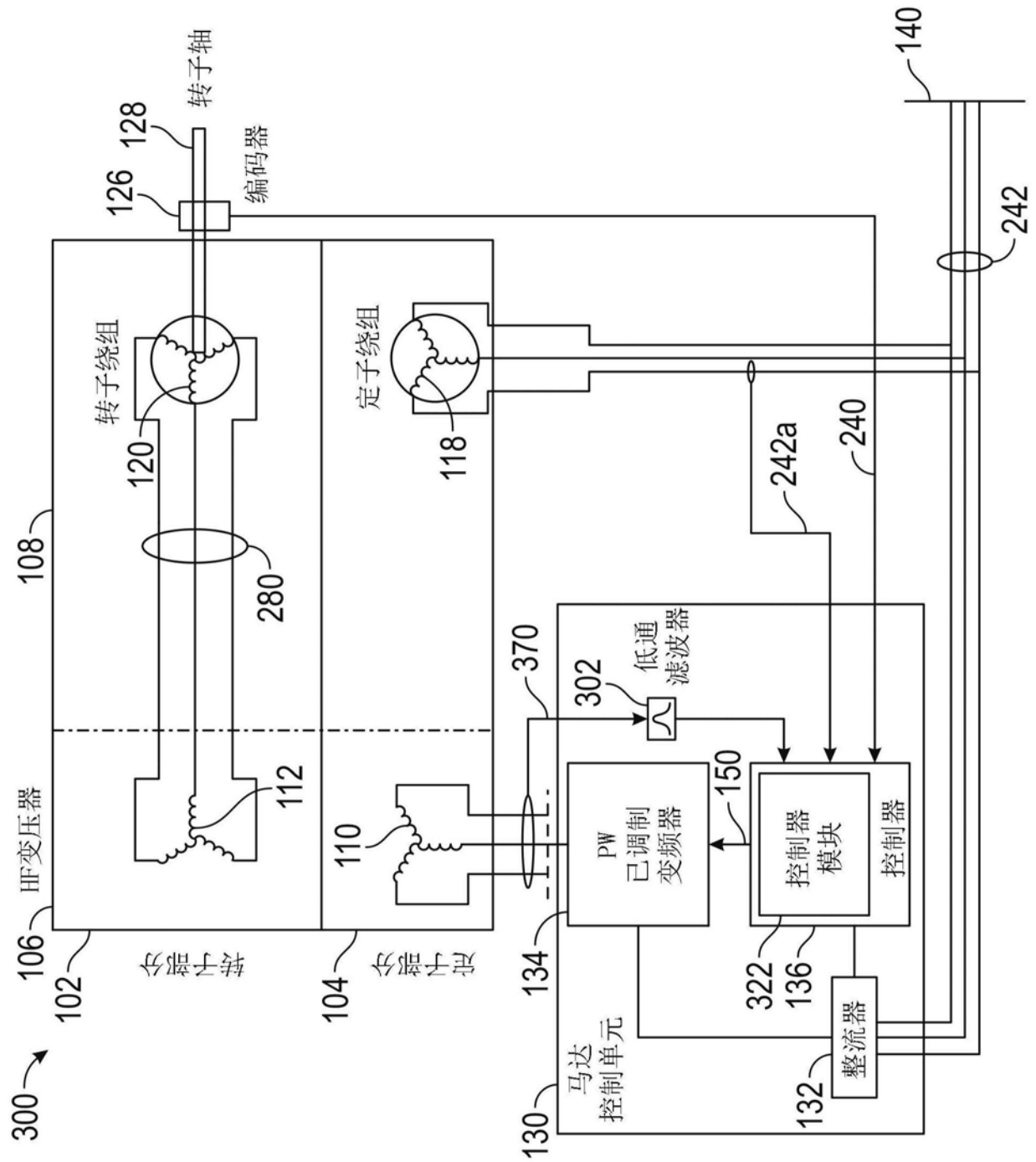


图3

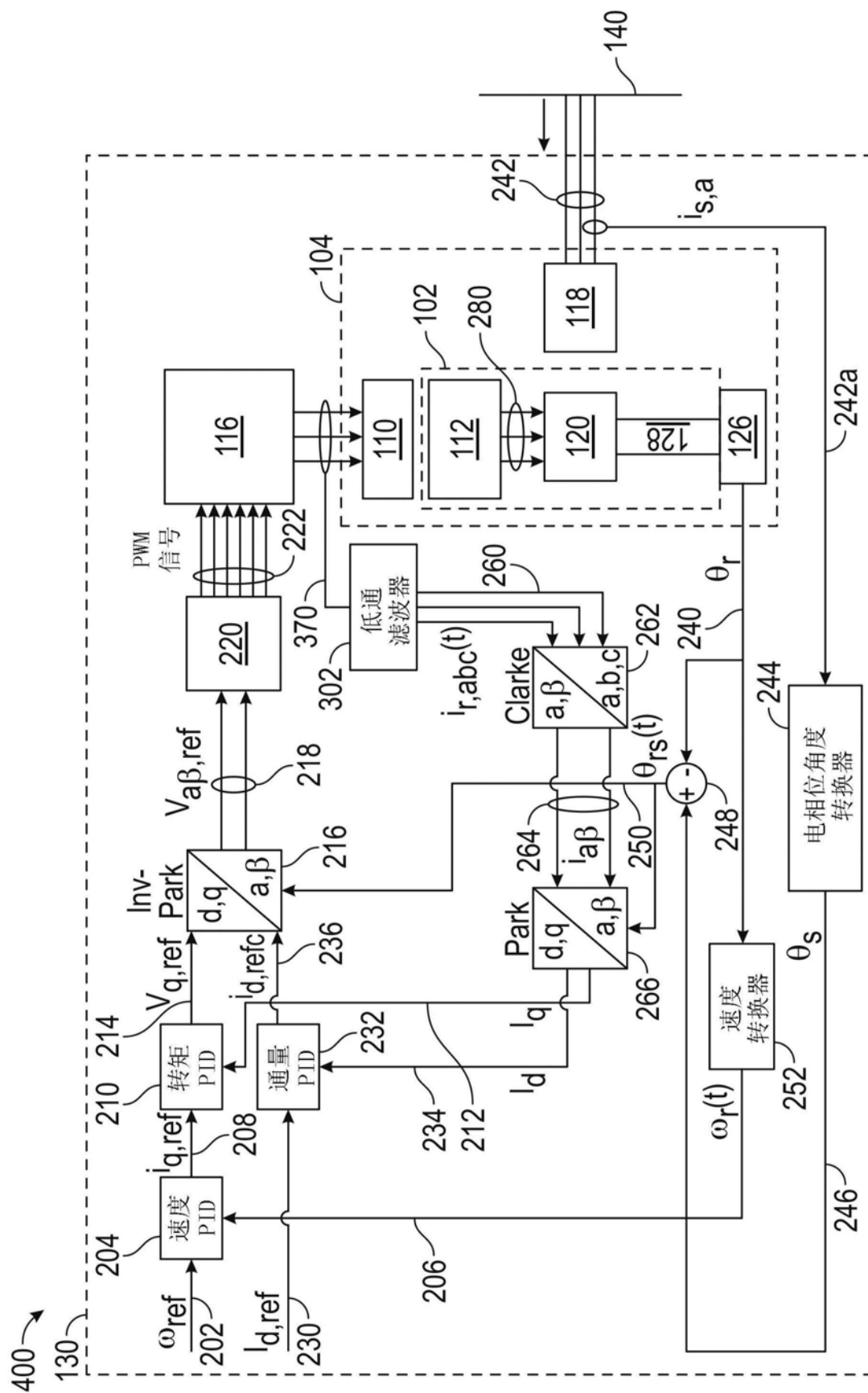


图4

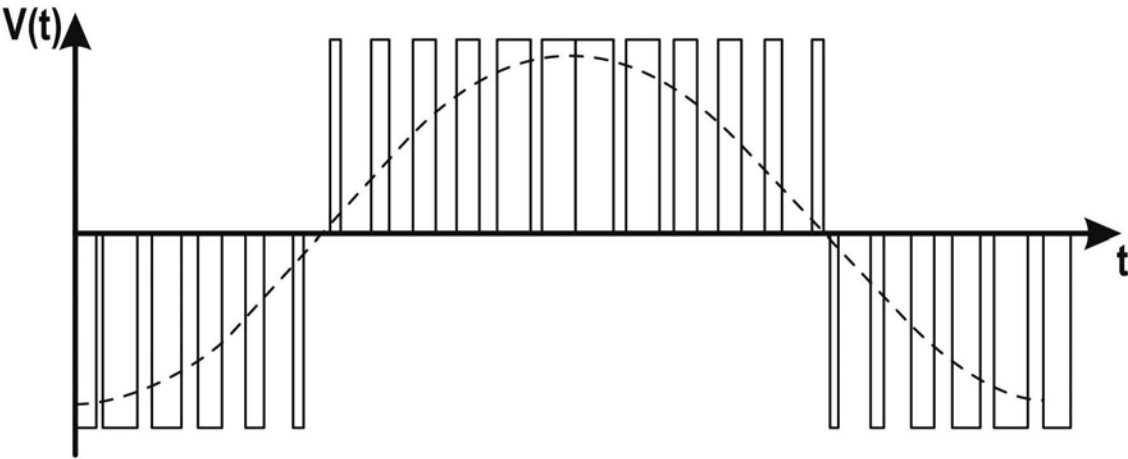


图5

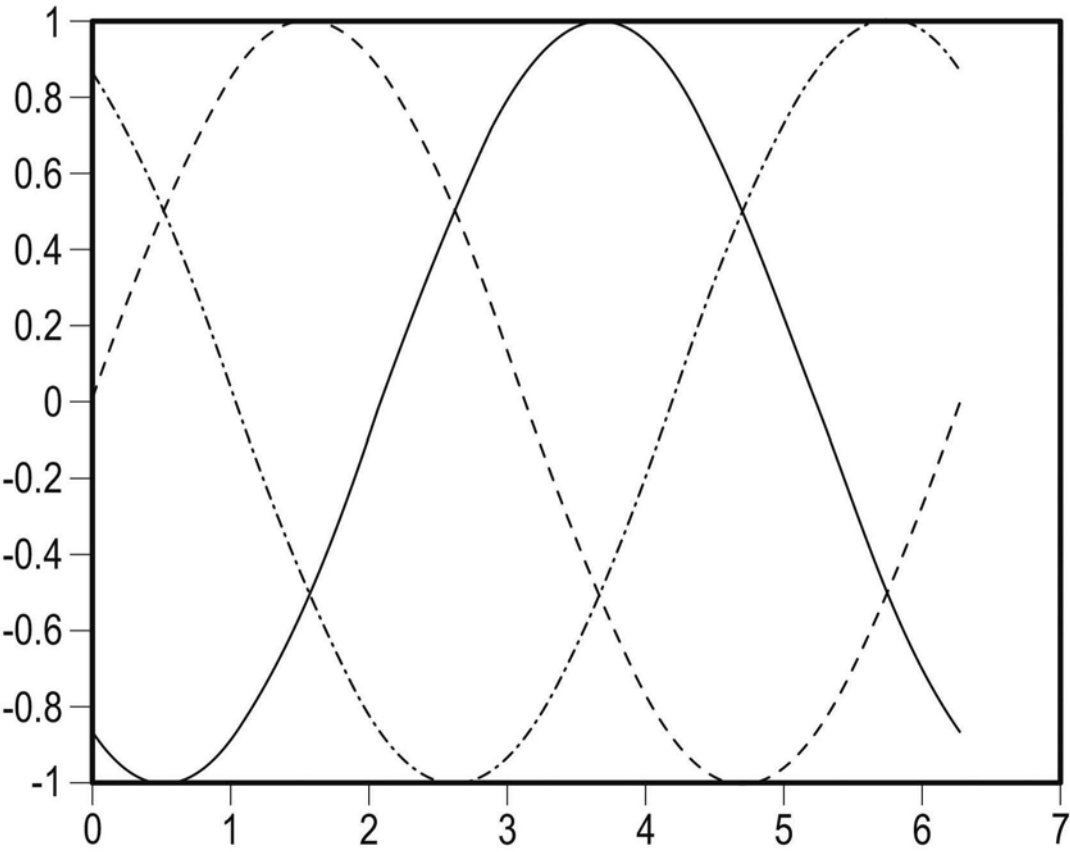


图6

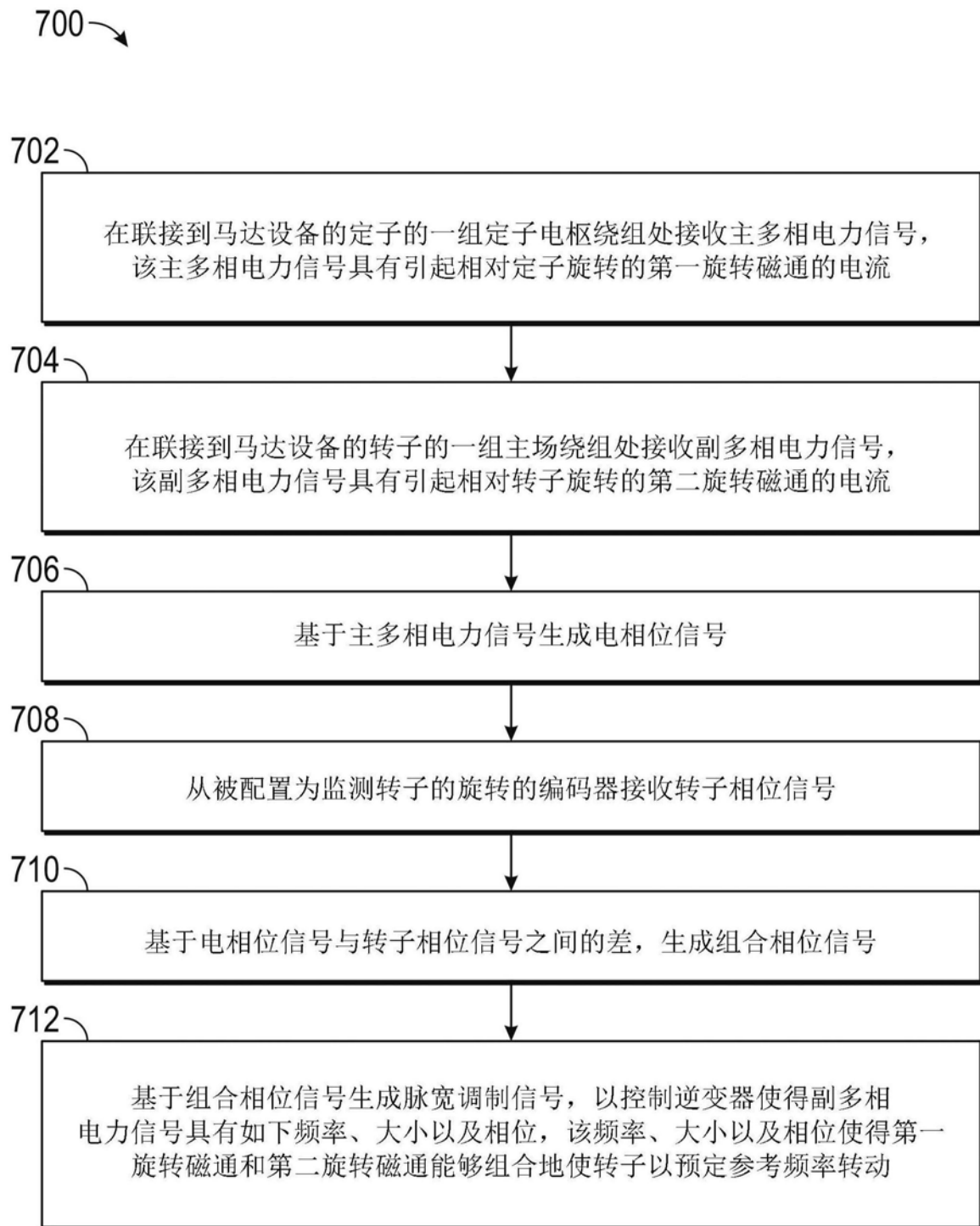


图7