



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113381663 A

(43) 申请公布日 2021.09.10

(21) 申请号 202110774441.7

(22) 申请日 2021.07.08

(71) 申请人 珠海格力电器股份有限公司

地址 519070 广东省珠海市前山金鸡西路

(72) 发明人 梁晓华 米雪涛 郭清风 宋泽琳

(74) 专利代理机构 北京煦润律师事务所 11522

代理人 梁永芳

(51) Int. Cl.

H02P 21/14 (2016.01)

H02P 21/18 (2016.01)

H02P 21/22 (2016.01)

H02P 21/24 (2016.01)

H02P 25/022 (2016.01)

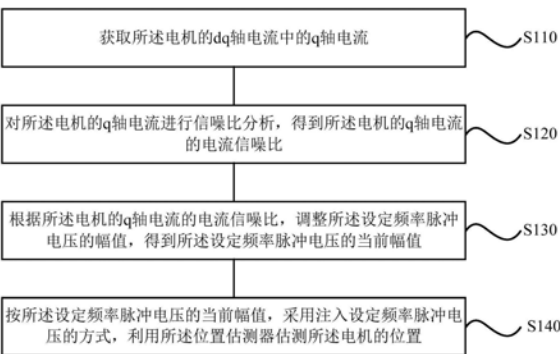
权利要求书3页 说明书14页 附图5页

(54) 发明名称

电机的位置确定方法、装置、电机、存储介质及处理器

(57) 摘要

本发明公开了一种电机的位置确定方法、装置、电机、存储介质及处理器,该方法包括:获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流;对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比;根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值;按所述设定频率脉冲电压的当前幅值,采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。该方案,通过调整电机运行过程中的高频振动的振幅,能够减小电机的高频损耗。



1. 一种电机的位置确定方法,其特征在于,所述电机的驱动控制器中,设置有位置估测器;所述电机的驱动控制器,能够采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置;所述电机的位置确定方法,包括:

获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流;

对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比;

根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值;

按所述设定频率脉冲电压的当前幅值,采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。

2. 根据权利要求1所述的电机的位置确定方法,其特征在于,获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流,包括:

在利用所述位置观测器观测所述电机的位置的情况下,采样所述电机的三相电流,对所述电机的三相电流经Clark变换和Park变换后,得到所述电机的dq轴电流。

3. 根据权利要求1所述的电机的位置确定方法,其特征在于,对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:

提取所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号;

根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比。

4. 根据权利要求3所述的电机的位置确定方法,其特征在于,根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:

按下面的公式,计算得到所述电机的q轴电流的电流信噪比;

$$i_{SNR} = \frac{\sum_{t=1}^N |iq_{hf}(t) - \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N iq_{hf}(t)|}{Iq_{hf\_N}};$$

其中, $iq_{hf}(t)$ 为q轴电流含有的设定频率信号, $Iq_{hf\_N}$ 为q轴电流标准信号值,N为采样点的数量;所述采样点的数量,能够根据所述电机的三相电流的采样频率和采样周期计算得到。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的电机的位置确定方法,其特征在于,根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值,包括:

根据给定电流信噪比与所述电机的q轴电流的电流信噪比的差值,经第一限幅处理、PI调节和第二限幅处理后,得到所述设定频率脉冲电压的幅值比例;

将所述设定频率脉冲电压的幅值比例、以及给定幅值的乘积,作为所述设定频率脉冲电压的当前幅值,以将所述设定频率脉冲电压的当前幅值反馈给所述设定频率脉冲电压的生成器。

6. 一种电机的位置确定装置,其特征在于,所述电机的驱动控制器中,设置有位置估测器;所述电机的驱动控制器,能够采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置;所述电机的位置确定装置,包括:

获取单元,被配置为获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流;

确定单元,被配置为对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比;

所述确定单元,还被配置为根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值;

所述确定单元,还被配置为按所述设定频率脉冲电压的当前幅值,采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。

7. 根据权利要求6所述的电机的位置确定装置,其特征在于,所述获取单元,获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流,包括:

在利用所述位置观测器观测所述电机的位置的情况下,采样所述电机的三相电流,对所述电机的三相电流经Clark变换和Park变换后,得到所述电机的dq轴电流。

8. 根据权利要求6所述的电机的位置确定装置,其特征在于,所述确定单元,对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:

提取所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号;

根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比。

9. 根据权利要求8所述的电机的位置确定装置,其特征在于,所述确定单元,根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:

按下面的公式,计算得到所述电机的q轴电流的电流信噪比;

$$i_{SNR} = \frac{\sum_{t=1}^N |iq_{hf}(t) - \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N iq_{hf}(t)|}{Iq_{hf\_N}};$$

其中, $iq_{hf}(t)$ 为q轴电流含有的设定频率信号, $Iq_{hf\_N}$ 为q轴电流标准信号值,N为采样点的数量;所述采样点的数量,能够根据所述电机的三相电流的采样频率和采样周期计算得到。

10. 根据权利要求6至9中任一项所述的电机的位置确定装置,其特征在于,所述确定单元,根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值,包括:

根据给定电流信噪比与所述电机的q轴电流的电流信噪比的差值,经第一限幅处理、PI调节和第二限幅处理后,得到所述设定频率脉冲电压的幅值比例;

将所述设定频率脉冲电压的幅值比例、以及给定幅值的乘积,作为所述设定频率脉冲电压的当前幅值,以将所述设定频率脉冲电压的当前幅值反馈给所述设定频率脉冲电压的

生成器。

11. 一种电机, 其特征在于, 包括: 如权利要求6至10中任一项所述的电机的位置确定装置。

12. 一种存储介质, 其特征在于, 所述存储介质包括存储的程序, 其中, 在所述程序运行时控制所述存储介质所在设备执行权利要求1至5中任一项所述的电机的位置确定方法。

13. 一种处理器, 其特征在于, 所述处理器用于运行程序, 其中, 所述程序运行时执行权利要求1至5中任一项所述的电机的位置确定方法。

## 电机的位置确定方法、装置、电机、存储介质及处理器

### 技术领域

[0001] 本发明属于电机技术领域(如纯电动汽车、电机驱动等领域),具体涉及一种电机的位置确定方法、装置、电机、存储介质及处理器,尤其涉及一种观测永磁同步电机位置的方法、装置、电机、存储介质及处理器。

### 背景技术

[0002] 在电机(如永磁同步电机)驱动控制时,可以通过脉振高频电压信号注入的方式估测电机的转速和位置。通过注入高频电压信号的方式可以保证电机在低速情况下(如近零速情况下)的观测有效性,以使电机控制系统根据观测到的转速以及位置数据对电机进行控制;但是,注入高频电压信号的方式,会加剧电机运行过程中的高频振动,增加了电机的高频损耗。

[0003] 上述内容仅用于辅助理解本发明的技术方案,并不代表承认上述内容是现有技术。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于,提供一种电机的位置确定方法、装置、电机、存储介质及处理器,以解决通过注入高频电压信号的方式估测电机的转速和位置,会加剧电机运行过程中的高频振动,增加了电机的高频损耗的问题,达到通过调整电机运行过程中的高频振动的振幅,能够减小电机的高频损耗的效果。

[0005] 本发明提供一种电机的位置确定方法中,所述电机的驱动控制器中,设置有位置估测器;所述电机的驱动控制器,能够采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置;所述电机的位置确定方法,包括:获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流;对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比;根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值;按所述设定频率脉冲电压的当前幅值,采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。

[0006] 在一些实施方式中,获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流,包括:在利用所述位置观测器观测所述电机的位置的情况下,采样所述电机的三相电流,对所述电机的三相电流经Clark变换和Park变换后,得到所述电机的dq轴电流。

[0007] 在一些实施方式中,对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:提取所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号;根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比。

[0008] 在一些实施方式中,根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电

流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:

[0009] 按下面的公式,计算得到所述电机的q轴电流的电流信噪比;

$$[0010] \quad i_{SNR} = \frac{\sum_{t=1}^N \left| iq_{hf}(t) - \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N iq_{hf}(t) \right|}{Iq_{hf\_N}};$$

[0011] 其中, $iq_{hf}(t)$ 为q轴电流含有的设定频率信号(如q轴电流含有高频信号), $Iq_{hf\_N}$ 为q轴电流标准信号值, $N$ 为采样点的数量;所述采样点的数量,能够根据所述电机的三相电流的采样频率和采样周期计算得到。

[0012] 在一些实施方式中,根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值,包括:根据给定电流信噪比与所述电机的q轴电流的电流信噪比的差值,经第一限幅处理、PI调节和第二限幅处理后,得到所述设定频率脉冲电压的幅值比例;将所述设定频率脉冲电压的幅值比例、以及给定幅值的乘积,作为所述设定频率脉冲电压的当前幅值,以将所述设定频率脉冲电压的当前幅值反馈给所述设定频率脉冲电压的生成器。

[0013] 与上述方法相匹配,本发明另一方面提供一种电机的位置确定装置中,所述电机的驱动控制器中,设置有位置估测器;所述电机的驱动控制器,能够采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置;所述电机的位置确定装置,包括:获取单元,被配置为获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流;确定单元,被配置为对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比;所述确定单元,还被配置为根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值;所述确定单元,还被配置为按所述设定频率脉冲电压的当前幅值,采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。

[0014] 在一些实施方式中,所述获取单元,获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流,包括:在利用所述位置观测器观测所述电机的位置的情况下,采样所述电机的三相电流,对所述电机的三相电流经Clark变换和Park变换后,得到所述电机的dq轴电流。

[0015] 在一些实施方式中,所述确定单元,对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:提取所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号;根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比。

[0016] 在一些实施方式中,所述确定单元,根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:

[0017] 按下面的公式,计算得到所述电机的q轴电流的电流信噪比;

$$[0018] \quad i_{SNR} = \frac{\sum_{t=1}^N \left| iq_{hf}(t) - \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N iq_{hf}(t) \right|}{Iq_{hf\_N}};$$

[0019] 其中, $iq_{hf}(t)$ 为q轴电流含有的设定频率信号(如q轴电流含有高频信号), $Iq_{hf\_N}$

为q轴电流标准信号值,N为采样点的数量;所述采样点的数量,能够根据所述电机的三相电流的采样频率和采样周期计算得到。

[0020] 在一些实施方式中,所述确定单元,根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值,包括:根据给定电流信噪比与所述电机的q轴电流的电流信噪比的差值,经第一限幅处理、PI调节和第二限幅处理后,得到所述设定频率脉冲电压的幅值比例;将所述设定频率脉冲电压的幅值比例、以及给定幅值的乘积,作为所述设定频率脉冲电压的当前幅值,以将所述设定频率脉冲电压的当前幅值反馈给所述设定频率脉冲电压的生成器。

[0021] 与上述装置相匹配,本发明再一方面提供一种电机,包括:以上所述的电机的位置确定装置。

[0022] 与上述方法相匹配,本发明再一方面提供一种存储介质,所述存储介质包括存储的程序,其中,在所述程序运行时控制所述存储介质所在设备执行以上所述的电机的位置确定方法。

[0023] 与上述方法相匹配,本发明再一方面提供一种处理器,所述处理器用于运行程序,其中,所述程序运行时执行以上所述的电机的位置确定方法。

[0024] 由此,本发明的方案,通过提取电机的dq轴电流,分析dq轴电流的信噪比,注入高频电压信号频率与dq轴电流中频率相近的高频信号的幅值,实现对电机运行过程中的高频振动的振幅的调整;从而,通过调整电机运行过程中的高频振动的振幅,能够减小电机的高频损耗。

[0025] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。

[0026] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

## 附图说明

[0027] 图1为本发明的电机的位置确定方法的一实施例的流程示意图;

[0028] 图2为本发明的方法中调整所述设定频率脉冲电压的幅值的一实施例的流程示意图;

[0029] 图3为本发明的电机的位置确定装置的一实施例的结构示意图;

[0030] 图4为基于高频注入的永磁同步电机无位置传感器矢量控制系统的一实施例的结构示意图;

[0031] 图5为均方信噪比的计算流程示意图;

[0032] 图6为 $2^0$ 倍注入高频信号周期信噪比的采样点的曲线示意图;

[0033] 图7为高频注入信号信噪比控制器的一实施例的结构示意图;

[0034] 图8为高频脉振注入控制方法的一实施例的控制流程示意图;

[0035] 图9为高频注入观测方法的U相电流的反馈波形示意图;

[0036] 图10为高频注入观测方法的电机输出轴的反馈波形示意图。

[0037] 结合附图,本发明实施例中附图标记如下:

[0038] 102-获取单元;104-确定单元。

## 具体实施方式

[0039] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明具体实施例及相应的附图对本发明技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0040] 根据本发明的实施例,提供了一种电机的位置确定方法,如图1所示本发明的方法的一实施例的流程示意图。所述电机的驱动控制器中,设置有位置估测器。所述电机的驱动控制器,能够采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。所述电机的位置确定方法,包括:步骤S110至步骤S140。

[0041] 在步骤S110处,获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流,如获取Park模块输出的dq轴电流 $i_{dq}$ 。

[0042] 在一些实施方式中,步骤S110中获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流,包括:在利用所述位置观测器观测所述电机的位置的情况下,采样所述电机的三相电流,对所述电机的三相电流经Clark变换和Park变换后,得到所述电机的dq轴电流。

[0043] 在永磁同步电机通过注入高频电压信号的方式估测电机转速和位置时,为了降低电机高频损耗,减小电磁噪音,需要优化高频脉振信号注入。具体地,在满足估测转子位置条件下,通过调整注入高频信号的幅值实现。本发明的方案,采用分析三相电流经过Park变化(即帕克变换)后的q轴电流信噪比(即只使用dq轴中q轴的电流),并且通过自适应的控制方式,调整预设注入的高频脉振幅值,避免电机中注入的高频电压信号信号产生较大的电磁噪音和高频损耗。

[0044] 通过注入脉振高频电压信号的方式,可以使相电流中含有与注入信号频率相同的高频电流,该高频电流的幅值 $i_{q_{hf}}$ , $i_{q_{hf}}$ 幅值大小直接影响了电机速度与位置的观测过程中的信噪比,该信噪比影响了电机的电感凸极率。所以满足“估测转子位置条件”是,能够实现电感凸极率要求就可以。

[0045] 图4为基于高频注入的永磁同步电机无位置传感器矢量控制系统的一实施例的结构示意图。如图4所示,基于高频注入的永磁同步电机无位置传感器矢量控制系统,包括:第一比较器、转速控制器、第二比较器、电流控制器、第三比较器、I\_Park变换模块、SVPWM模块、三相逆变器、相电流采样模块、永磁同步电机、Clark变换(即克拉克变换)模块、Park变换模块、低通滤波模块、信噪比分析器、高频信号生成器、高频注入法位置估测器。

[0046] 在图4所示的例子中,给定转速 $\omega_r^*$ ,输入至第一比较器的同相输入端。测定转速 $\omega_r$ ,输入至第一比较器的反相输入端。第一比较器的输出端,经转速控制器后,输出d、q轴的给定电流 $i_{d,q}^*$ ,并将d、q轴的给定电流 $i_{d,q}^*$ 输入至第二比较器的同相输入端。d、q轴的测定电流 $i_{d,q}$ ,输入至第二比较器的反相输入端。第二比较器的输出端,经电流控制器后,输出d、q轴的给定电压 $U_{d,q}^*$ ,并将d、q轴的给定电压 $U_{d,q}^*$ 输入至第三比较器的第一同相输入端。第三比较器的第二同相输入端,输入高频信号生成器输出的高频信号。第三比较器的输出端,输出输出d、q轴的另一给定电压 $U_{d,qc}^*$ ,并将d、q轴的另一给定电压 $U_{d,qc}^*$ 输入至I\_Park变换模块的第一输入端。I\_Park变换模块的输出端,经SVPWM模块后输出至三相逆变器。三相逆变器在SVPWM模块的控制下,对直流母线电压 $U_{DC}$ 进行逆变,得到交流电输出至永磁同步电机。

[0047] 其中,第三比较器,并不是比较器;其实际意义是 $U_{d,q} * + U_{d,qi} = U_{d,qc} *$ ,是需要两路信号叠加得到 $U_{d,qc} *$ ,然后输入到I\_Park变换器中。 $U_{d,q} * + U_{d,qi} = U_{d,qc} *$ , $U_{d,qc} *$ 电压是将电流控制器输出信号与高频信号发生器中的高频信号叠加,最终使进入I\_Park变换器的信号,含有需要注入的高信号。

[0048] 相电流采样模块,自永磁同步电机的相线采样电流,得到采样电流 $i_{abc}$ ,经Clark模块进行Clark变换后,输出 $\alpha\beta$ 轴电流 $i_{\alpha\beta}$ ,再经Park模块进行Park后,输出dq轴电流 $i_{dq}$ 。Park模块输出的dq轴电流,经低通滤波模块滤波后,得到d、q轴的测定电流 $i_{d,q}$ ,至第二比较器的反相输入端。Park模块输出的dq轴电流,经信噪比分析器和高频信号生成器后,生成高频信号 $u_{d,qi}$ ,至第三比较器的反相输入端。Clark模块输出的 $\alpha\beta$ 轴电流 $i_{\alpha\beta}$ ,经高频注入法位置估算其后,输出测定转速 $\omega_r$ 至第一比较器的反相输入端,还输出电机角度 $\theta$ 至I\_Park模块和Park模块。电机角度 $\theta$ 的值,根据算法运算的单位有所不同,例如可以使弧度(rad)为单位。

[0049] 在步骤S120处,对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比。

[0050] 在一些实施方式中,步骤S120中对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:提取所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比。

[0051] 为了更好地说明本发明的具体实施方案,通过图4给出了基于高频注入的永磁同步电机无位置传感器矢量控制系统框图,图4中包含了高频注入法转子位置估测器,并且通过提取观测转子坐标系dq轴电流信号,分析电流信噪比。注入高频电压信号频率与电流中频率相近的高频信号的幅值 $I_{FH}$ ,影响了电机转子位置的观测过程中的信噪比。SVPWM(空间矢量脉宽调制)逆变电路频繁的高低电压切换,作用在电动机上,会产生丰富的电压和电流的谐波。因为在SVPWM调制过程中产生大量的高频电流谐波,电流中的谐波频谱主要分布为5次、7次和13次以及开关频率的电流谐波。

[0052] 由于电机负载增大则电流中谐波所含有的高频电流分量的幅值增大,与注入的高频信号叠加,信噪比会大于观测器允许的范围值。可以利用谐波高频分量,适当减小注入的高频信号,既满足了观测器的观测信号信噪比要求,又降低了电机产生的噪音和振动。

[0053] 在一些实施方式中,根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:

[0054] 按下面的公式,计算得到所述电机的q轴电流的电流信噪比。

$$[0055] \quad i_{SNR} = \frac{\sum_{t=1}^N \left| i_{q_{hf}}(t) - \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N i_{q_{hf}}(t) \right|}{I_{q_{hf-N}}}。$$

[0056] 其中, $i_{q_{hf}}(t)$ 为q轴电流含有的设定频率信号(如q轴电流含有高频信号), $I_{q_{hf-N}}$ 为q轴电流标准信号值,N为采样点的数量。所述采样点的数量,能够根据所述电机的三相电流的采样频率和采样周期计算得到。

[0057] 需要一种可以评估电流信噪比的计算方法,本发明的方案,可以给出一种q轴电流信号的信噪比分析方法,为了对信噪比进行控制,那么就需要对信噪比进行表征,均方信噪比分析:

$$[0058] \quad i_{SNR} = \frac{\sum_{t=1}^N \left| iq_{hf}(t) - \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N iq_{hf}(t) \right|}{Iq_{hf\_N}} \quad (1)。$$

[0059] 公式(1)中, $iq_{hf}(t)$ 为q轴电流含有高频信号, $Iq_{hf\_N}$ 为q轴电流标准信号值,一般将 $Iq_{hf\_N}$ 的值设为1。 $N$ 为采样值的数量, $N$ 为正整数。

[0060] q轴电流标准信号值,是设定值。信噪比分析器中的算法核心是公式(1),按照设定的采样周期和频率,完成采集q轴电流,然后按照公式(1)进行计算。

[0061] 由上式(1)可以得出可用于估测位置的高频信号的幅值在电流信号中的占比。

[0062] 图5为均方信噪比的计算流程示意图,图6为 $2^0$ 倍注入高频信号周期信噪比的采样点的曲线示意图。如图5所示,均方信噪比的计算流程,包括:

[0063] 步骤11、确定q轴电力标准信号值,以及均方信噪比计算所用的采样频率和计算周期。

[0064] 步骤12、按照采样频率和计算周期,确定采样样本集合,采样q轴电流信号。

[0065] 步骤13、计算采样周期内的q轴均方信噪比。

[0066] 均方信噪比计算流程如图5所示,由于离散数字控制系统中,对于高频信号的采样分析要满足一定的带宽,需要根据注入的高频信号频率确定均方信噪比计算数据的样本量,采样频率确定为注入的高频信号频率 $f_{hf}$ 的 $2^4$ 倍以上,计算周期定为注入高频信号周期 $2^0$ 倍以上,参见图6所示的电流信噪比采样点。图6中在对高频电流信号采样时,采用了一个频率周期内选取了16个点。

[0067] 在步骤S130处,根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值。

[0068] 在一些实施方式中,步骤S130中根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值的具体过程,参见以下示例性说明。

[0069] 下面结合图2所示本发明的方法中调整所述设定频率脉冲电压的幅值的一实施流程图示意图,进一步说明步骤S130中调整所述设定频率脉冲电压的幅值的具体过程,包括:步骤S210和步骤S220。

[0070] 步骤S210,根据给定电流信噪比与所述电机的q轴电流的电流信噪比的差值,经第一限幅处理、PI调节和第二限幅处理后,得到所述设定频率脉冲电压的幅值比例。给定电流信噪比,如目标均方信噪比设定值 $i_{SNR}^*$ 。所述设定频率脉冲电压的幅值比例,如预设注入高频信号幅值比例值 $K_{ph}^*$ 。

[0071] 步骤S220,将所述设定频率脉冲电压的幅值比例、以及给定幅值的乘积,作为所述设定频率脉冲电压的当前幅值,以将所述设定频率脉冲电压的当前幅值反馈给所述设定频率脉冲电压的生成器,通过所述设定频率脉冲电压的生成器,按所述设定频率脉冲电压的当前幅值,采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。

给定幅值,如标准注入高频信号幅值 $V_{pl}$ 。

[0072] 图7为高频注入信号的信噪比控制器的一实施例的结构示意图。如图7所示,高频注入信号的信噪比控制器,包括:第一限幅模块、第四比较器、PI调节器、第二限幅模块和乘法器。第一限幅模块,基于目标均方信噪比设定值 $i_{SNR}^*$ ,进行第一限幅处理,得到第一限幅值。第四比较器,将目标均方信噪比设定值 $i_{SNR}^*$ 与计算得到的均方信噪比 $i_{SNR}$ 进行比较,得到二者的信噪比差值。该信噪比差值,经PI调节器调节后,得到预设注入高频信号幅值比例值 $K_{ph}^*$ 。该预设注入高频信号幅值比例值 $K_{ph}^*$ ,经第二限幅模块以给定限幅系数 $K_{ph}^*$ 进行第二限幅处理后,得到限定值 $K_{ph}$ 。该限定值 $K_{ph}$ 与标准注入高频信号幅值 $V_{pl}$ 乘积,得到 $V_{d\_pl}$ ,输出到高频信号生成器控制环节。

[0073] 信噪比分析器包含在高频注入信号信噪比控制器中,信噪比分析器计算结果输入到高频注入信号信噪比控制器,即图7中的 $i_{SNR}$ 。图7中第一个限幅模块是对信噪比设定值得限制;第二个限幅模块是对高频信号幅值控制比例值得限制,即比例值为 $K_{min} \sim 1$ 之间。

[0074] 通过信噪比控制器,可以适当调控减小注入高频电流分量的幅值,从而避免信噪比太高。因此本发明的方案中提出了可以调控对应注入脉冲的幅值比例,控制均方信噪比,如图7所示,提供了高频注入信号幅值调控结构示意图。该控制环节包含有均方信噪比计算环节,通过与目标均方信噪比设定值作差,然后进行PI控制,输出预设注入高频信号幅值比例值 $K_{ph}^*$ ,所以信噪比控制器中可以得出限定值 $K_{ph}$ ,并通过限值环节(即第二限幅模块)对预设注入高频信号幅值比例值 $K_{ph}^*$ 进行限定,得到限定值 $K_{ph}$ 。该限定值 $K_{ph}$ 的限定值范围为(最小限定值 $K_{min} \sim 1$ ),该限定值 $K_{ph}$ 可以控制注入高信号的比例,最终与标准注入高频信号幅值 $V_{pl}$ 乘积,得到 $V_{d\_pl}$ ,输出到高频信号生成器控制环节。

[0075] 在步骤S140处,按所述设定频率脉冲电压的当前幅值,采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。

[0076] 考虑到,在永磁同步电机控制驱动,通过注入高频电压信号的方式估测电机转速和位置。虽然,注入高频电压信号的方式,可以保证电机在近零速情况下的观测有效性。但是,注入高频电压信号的方式,也会加剧电机运行过程中的高频振动,并加剧了电磁噪音,增加了电机的高频损耗,降低了用户体验。

[0077] 通过注入高频电压信号的方式可以保证电机零低速观测的有效性,电机控制系统根据观测到的转速以及位置数据对电机进行控制,但是其也会加剧电机运行过程中的高频振动并提高电磁噪音,增加了电机的高频损耗。也就是说,电机控制系统根据估测的转速和位置,进行闭环控制,高频电压信号的注入引发了电机高频振动,产生较大的电磁噪声。

[0078] 然而,采用高频电压信号注入的方式观测电机位置时,考虑到永磁同步电机所带负载大可导致电机的电流的幅值较大,较大的负载可提高电流信噪比,可以根据信噪比对注入脉冲电压的幅值进行调节。也就是说,通过对电流信噪比的监测,控制高频注入电压信号的幅值,以电流信噪比为控制基础,满足了观测信噪比的需求,同时调整高频注入的信号幅值,可以降低目标电机在运行过程中的高频振动强度,降低电磁噪音,有利于降低电机的高频损耗。

[0079] 本发明的方案,提供一种有利于降低电机高频损耗的高频脉振注入控制方法,主要目的是减小电机所带负载波动加剧电机高频振动,减小电磁噪音。在本发明的方案中,估测注入高频信号的信噪比,并且通过自适应的控制方式,调整预设注入的高频脉振幅值,避

免电机电流产生较大幅度变化时降低信噪比,防止不满足观测器观测能力情况发生,以此降低电磁噪音,降低高频损耗。

[0080] 一些方案中,采样基于随机频率正弦波电压注入进行永磁同步电机转子位置的估计,有效地解决了高频注入噪音问题,适用于对噪音要求较高的场合。但是注入的随机频率正弦波电压信号的幅值无法确定到最优最小值,对电机的振动优化控制的作用不太理想。

[0081] 另一些方案中,提出利用转矩电流检测值调节注入高频信后的幅值,其实际利用了注入高频幅值比例与转矩电流检测值呈反比例线性关系。主要考虑了相电流中的频率与注入脉冲频率相同的高频电流的幅值直接影响了电机速度与位置的观测过程中的信噪比,然后通过对注入脉冲的幅值的控制,从而降低电机振动强度并减小电磁噪音,有利于降低电机的高频损耗。但是不能针对电流中注入频率高频的信噪比进行调节,转矩电流中目标频率的高频信号的信噪比并不能得到有效的控制。

[0082] 再一些方案中,建立负载转矩与同步磁阻电机电感的查找表,通过负载转矩观测器在线辨识电机负载进而得到电感,进而推导出所需注入高频信号的幅值,最后在估计旋转坐标系中注入高频方波电压信号并提取该信号对应的高频响应电流。但是,该方案,可以根据控制结果调节注入高频方波的信号,需要提前做实验确定查表数据,针对不同规格的电机具有不确定性。

[0083] 本发明的方案,为了提供一种利于降低电机高频损耗的高频脉振注入控制方法,给出一种d轴电流信号信噪比分析方法,即均方信噪比分析,估测注入高频信号的信噪比,并且通过自适应的控制方式,调整预设注入的高频脉振幅值,避免电机电流产生较大幅度变化时降低信噪比,防止不满足观测器观测能力情况发生,以此降低电磁噪音,降低高频损耗。这样,可以调控对应注入脉冲的幅值比例,控制均方信噪比。其中,自适应的控制方式,是利用电流中接近注入高频信号频率的谐波,通过信噪比控制器,可以适当调控减小注入高频电流分量的幅值,从而避免信噪比太高。

[0084] 图8为高频脉振注入控制方法的一实施例的控制流程示意图。如图8所示,高频脉振注入控制方法,包括:

[0085] 步骤21、获取当前电机电流信噪比实时值。

[0086] 步骤22、根据设定的相电力信噪比预设值,即根据预设的电流信噪比,确定实时高频电压信号幅值比例,限定最终幅值不大于预定标准幅值。

[0087] 步骤23、将补偿后的幅值给定到脉冲生成器中,控制注入到 $U_d$ 中的高频电压幅值。 $U_{d,q}$ \*其实是向量,即 $[U_d, U_q]$ 。

[0088] 图9为高频注入观测方法的U相电流的反馈波形示意图,图10为高频注入观测方法的电机输出轴的反馈波形示意图。

[0089] 图9中为本发明提供的一种高频注入的永磁同步电机无位置传感器控制下三相电流的反馈波形,并且对应图10提供的电机输出轴对应的转矩波形。通过图9、图10的显示可以说明,当开启信噪比控制器,可以实现对高频信号注入的幅值进行调控,则电机中的高频电流有效减少,电机输出转矩的波动明显改善。

[0090] 经大量的试验验证,采用本实施例的技术方案,通过提取电机的dq轴电流,分析dq轴电流的信噪比,注入高频电压信号频率与dq轴电流中频率相近的高频信号的幅值,实现对电机运行过程中的高频振动的振幅的调整。从而,通过调整电机运行过程中的高频振动

的振幅,能够减小电机的高频损耗。

[0091] 根据本发明的实施例,还提供了对应于电机的位置确定方法的一种电机的位置确定装置。参见图3所示本发明的装置的一实施例的结构示意图。所述电机的驱动控制器中,设置有位置估测器。所述电机的驱动控制器,能够采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。所述电机的位置确定装置,包括:获取单元102和确定单元104。

[0092] 其中,获取单元102,被配置为获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流,如获取Park模块输出的dq轴电流 $i_{dq}$ 。该获取单元102的具体功能及处理参见步骤S110。

[0093] 在一些实施方式中,所述获取单元102,获取所述电机的dq轴电流中的q轴电流,包括:所述获取单元102,具体还被配置为在利用所述位置观测器观测所述电机的位置的情况下,采样所述电机的三相电流,对所述电机的三相电流经Clark变换和Park变换后,得到所述电机的dq轴电流。

[0094] 在永磁同步电机通过注入高频电压信号的方式估测电机转速和位置时,为了降低电机高频损耗,减小电磁噪音,需要优化高频脉振信号注入。具体地,在满足估测转子位置条件下,通过调整注入高频信号的幅值实现。本发明的方案,采用分析三相电流经过Park变化(即帕克变换)后的q轴电流信噪比,并且通过自适应的控制方式,调整预设注入的高频脉振幅值,避免电机中注入的高频电压信号信号产生较大的电磁噪音和高频损耗。

[0095] 图4为基于高频注入的永磁同步电机无位置传感器矢量控制系统的一实施例的结构示意图。如图4所示,基于高频注入的永磁同步电机无位置传感器矢量控制系统,包括:第一比较器、转速控制器、第二比较器、电流控制器、第三比较器、I\_Park变换模块、SVPWM模块、三相逆变器、相电流采样模块、永磁同步电机、Clark变换(即克拉克变换)模块、Park变换模块、低通滤波模块、信噪比分析器、高频信号生成器、高频注入法位置估测器。

[0096] 在图4所示的例子中,给定转速 $\omega_r^*$ ,输入至第一比较器的同相输入端。测定转速 $\omega_r$ ,输入至第一比较器的反相输入端。第一比较器的输出端,经转速控制器后,输出d、q轴的给定电流 $i_{d,q}^*$ ,并将d、q轴的给定电流 $i_{d,q}^*$ 输入至第二比较器的同相输入端。d、q轴的测定电流 $i_{d,q}$ ,输入至第二比较器的反相输入端。第二比较器的输出端,经电流控制器后,输出d、q轴的给定电压 $U_{d,q}^*$ ,并将d、q轴的给定电压 $U_{d,q}^*$ 输入至第三比较器的同相输入端。第三比较器的反相输入端,输入高频信号生成器输出的高频信号。第三比较器的输出端,输出输出d、q轴的另一给定电压 $U_{d,qc}^*$ ,并将d、q轴的另一给定电压 $U_{d,qc}^*$ 输入至I\_Park变换模块的第一输入端。I\_Park变换模块的输出端,经SVPWM模块后输出至三相逆变器。三相逆变器在SVPWM模块的控制下,对直流母线电压 $U_{dc}$ 进行逆变,得到交流电输出至永磁同步电机。

[0097] 相电流采样模块,自永磁同步电机的相线采样电流,得到采样电流 $i_{abc}$ ,经Clark模块进行Clark变换后,输出 $\alpha\beta$ 轴电流 $i_{\alpha\beta}$ ,再经Park模块进行Park后,输出dq轴电流 $i_{dq}$ 。Park模块输出的dq轴电流,经低通滤波模块滤波后,得到d、q轴的测定电流 $i_{d,q}$ ,至第二比较器的反相输入端。Park模块输出的dq轴电流,经信噪比分析器和高频信号生成器后,生成高频信号 $u_{d,qi}$ ,至第三比较器的反相输入端。Clark模块输出的 $\alpha\beta$ 轴电流 $i_{\alpha\beta}$ ,经高频注入法位置估算其后,输出测定转速 $\omega_r$ 至第一比较器的反相输入端,还输出电机角度 $\theta$ 至I\_Park模块和Park模块。

[0098] 确定单元104,被配置为对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q

轴电流的电流信噪比。该确定单元104的具体功能及处理参见步骤S120。

[0099] 在一些实施方式中,所述确定单元104,对所述电机的q轴电流进行信噪比分析,得到所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:

[0100] 所述确定单元104,具体还被配置为提取所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号。

[0101] 所述确定单元104,具体还被配置为根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比。

[0102] 为了更好地说明本发明的具体实施方案,通过图4给出了基于高频注入的永磁同步电机无位置传感器矢量控制系统框图,图4中包含了高频注入法转子位置估测器,并且通过提取观测转子坐标系dq轴电流信号,分析电流信噪比。注入高频电压信号频率与电流中频率相近的高频信号的幅值 $I_{FH}$ ,影响了电机转子位置的观测过程中的信噪比。SVPWM(空间矢量脉宽调制)逆变电路频繁的高低电压切换,作用在电动机上,会产生丰富的电压和电流的谐波。因为在SVPWM调制过程中产生大量的高频电流谐波,电流中的谐波频谱主要分布为5次、7次和13次以及开关频率的电流谐波。

[0103] 由于电机负载增大则电流中谐波所含有的高频电流分量的幅值增大,与注入的高频信号叠加,信噪比会大于观测器允许的范围值。可以利用谐波高频分量,适当减小注入的高频信号,既满足了观测器的观测信号信噪比要求,又降低了电机产生的噪音和振动。

[0104] 在一些实施方式中,所述确定单元104,根据基于设定数量个采样点得到的所述电机的dq轴电流中q轴电流含有的设定频率信号,以及所述电机的q轴电流标准信号值,确定所述电机的q轴电流的均方信噪比,作为所述电机的q轴电流的电流信噪比,包括:

[0105] 所述确定单元104,具体还被配置为按下面的公式,计算得到所述电机的q轴电流的电流信噪比。

$$[0106] \quad i_{SNR} = \frac{\sum_{t=1}^N |iq_{hf}(t) - \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N iq_{hf}(t)|}{Iq_{hf\_N}}。$$

[0107] 其中, $iq_{hf}(t)$ 为q轴电流含有的设定频率信号(如q轴电流含有高频信号), $Iq_{hf\_N}$ 为q轴电流标准信号值, $N$ 为采样点的数量。所述采样点的数量,能够根据所述电机的三相电流的采样频率和采样周期计算得到。

[0108] 需要一种可以评估电流信噪比的计算装置,本发明的方案,可以给出一种q轴电流信号的信噪比分析装置,为了对信噪比进行控制,那么就需要对信噪比进行表征,均方信噪比分析:

$$[0109] \quad i_{SNR} = \frac{\sum_{t=1}^N |iq_{hf}(t) - \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N iq_{hf}(t)|}{Iq_{hf\_N}} \quad (1)。$$

[0110] 公式(1)中, $iq_{hf}(t)$ 为q轴电流含有高频信号, $Iq_{hf\_N}$ 为q轴电流标准信号值,一般将 $Iq_{hf\_N}$ 的值设为1。 $N$ 为采样值的数量, $N$ 为正整数。

[0111] 由上式(1)可以得出可用于估测位置的高频信号的幅值在电流信号中的占比。

[0112] 图5为均方信噪比的计算流程示意图,图6为 $2^0$ 倍注入高频信号周期信噪比的采样点的曲线示意图。如图5所示,均方信噪比的计算流程,包括:

[0113] 步骤11、确定q轴电力标准信号值,以及均方信噪比计算所用的采样频率和计算周期。

[0114] 步骤12、按照采样频率和计算周期,确定采样样本集合,采样q轴电流信号。

[0115] 步骤13、计算采样周期内的q轴均方信噪比。

[0116] 均方信噪比计算流程如图5所示,由于离散数字控制系统中,对于高频信号的采样分析要满足一定的带宽,需要根据注入的高频信号频率确定均方信噪比计算数据的样本量,采样频率确定为注入的高频信号频率 $f_{hf}$ 的 $2^4$ 倍以上,计算周期定为注入高频信号周期 $2^0$ 倍以上,参见图6所示的电流信噪比采样点。图6中在对高频电流信号采样时,采用了一个频率周期内选取了16个点。

[0117] 所述确定单元104,还被配置为根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值。该确定单元104的具体功能及处理还参见步骤S130。

[0118] 在一些实施方式中,所述确定单元104,根据所述电机的q轴电流的电流信噪比,调整所述设定频率脉冲电压的幅值,得到所述设定频率脉冲电压的当前幅值,包括:

[0119] 所述确定单元104,具体还被配置为根据给定电流信噪比与所述电机的q轴电流的电流信噪比的差值,经第一限幅处理、PI调节和第二限幅处理后,得到所述设定频率脉冲电压的幅值比例。给定电流信噪比,如目标均方信噪比设定值 $i_{SNR}^*$ 。所述设定频率脉冲电压的幅值比例,如预设注入高频信号幅值比例值 $K_{ph}^*$ 。该确定单元104的具体功能及处理还参见步骤S210。

[0120] 所述确定单元104,具体还被配置为将所述设定频率脉冲电压的幅值比例、以及给定幅值的乘积,作为所述设定频率脉冲电压的当前幅值,以将所述设定频率脉冲电压的当前幅值反馈给所述设定频率脉冲电压的生成器,通过所述设定频率脉冲电压的生成器,按所述设定频率脉冲电压的当前幅值,采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。给定幅值,如标准注入高频信号幅值 $V_{p1}$ 。该确定单元104的具体功能及处理还参见步骤S220。

[0121] 图7为高频注入信号的信噪比控制器的一实施例的结构示意图。如图7所示,高频注入信号的信噪比控制器,包括:第一限幅模块、第四比较器、PI调节器、第二限幅模块和乘法器。第一限幅模块,基于目标均方信噪比设定值 $i_{SNR}^*$ ,进行第一限幅处理,得到第一限幅值。第四比较器,将目标均方信噪比设定值 $i_{SNR}^*$ 与计算得到的均方信噪比 $i_{SNR}$ 进行比较,得到二者的信噪比差值。该信噪比差值,经PI调节器调节后,得到预设注入高频信号幅值比例值 $K_{ph}^*$ 。该预设注入高频信号幅值比例值 $K_{ph}^*$ ,经第二限幅模块以给定限幅系数 $K_{ph}^*$ 进行第二限幅处理后,得到限定值 $K_{ph}$ 。该限定值 $K_{ph}$ 与标准注入高频信号幅值 $V_{p1}$ 乘积,得到 $V_{d_{p1}}$ ,输出到高频信号生成器控制环节。

[0122] 通过信噪比控制器,可以适当调控减小注入高频电流分量的幅值,从而避免信噪比太高。因此本发明的方案中提出了可以调控对应注入脉冲的幅值比例,控制均方信噪比,如图7所示,提供了高频注入信号幅值调控结构示意图。该控制环节包含有均方信噪比计算环节,通过与目标均方信噪比设定值作差,然后进行PI控制,输出预设注入高频信号幅值比

例值 $K_{ph}^*$ ,所以信噪比控制器中可以得出限定值 $K_{ph}$ ,并通过限值环节(即第二限幅模块)对预设注入高频信号幅值比例值 $K_{ph}^*$ 进行限定,得到限定值 $K_{ph}$ 。该限定值 $K_{ph}$ 的限定值范围为(最小限定值 $K_{min} \sim 1$ ),该限定值 $K_{ph}$ 可以控制注入高信号的比例,最终与标准注入高频信号幅值 $V_{pl}$ 乘积,得到 $V_{dpl}$ ,输出到高频信号生成器控制环节。

[0123] 所述确定单元104,还被配置为按所述设定频率脉冲电压的当前幅值,采用注入设定频率脉冲电压的方式,利用所述位置估测器估测所述电机的位置。该确定单元104的具体功能及处理还参见步骤S140。

[0124] 考虑到,在永磁同步电机控制驱动,通过注入高频电压信号的方式估测电机转速和位置。虽然,注入高频电压信号的方式,可以保证电机在近零速情况下的观测有效性。但是,注入高频电压信号的方式,也会加剧电机运行过程中的高频振动,并加剧了电磁噪音,增加了电机的高频损耗,降低了用户体验。

[0125] 通过注入高频电压信号的方式可以保证电机零低速观测的有效性,电机控制系统根据观测到的转速以及位置数据对电机进行控制,但是其也会加剧电机运行过程中的高频振动并提高电磁噪音,增加了电机的高频损耗。也就是说,电机控制系统根据估测的转速和位置,进行闭环控制,高频电压信号的注入引发了电机高频振动,产生较大的电磁噪声。

[0126] 然而,采用高频电压信号注入的方式观测电机位置时,考虑到永磁同步电机所带负载大可导致电机的电流的幅值较大,较大的负载可提高电流信噪比,可以根据信噪比对注入脉冲电压的幅值进行调节。也就是说,通过对电流信噪比的监测,控制高频注入电压信号的幅值,以电流信噪比为控制基础,满足了观测信噪比的需求,同时调整高频注入的信号幅值,可以降低目标电机在运行过程中的高频振动强度,降低电磁噪音,有利于降低电机的高频损耗。

[0127] 本发明的方案,提供一种有利于降低电机高频损耗的高频脉振注入控制装置,主要目的是减小电机所带负载波动加剧电机高频振动,减小电磁噪音。在本发明的方案中,估测注入高频信号的信噪比,并且通过自适应的控制方式,调整预设注入的高频脉振幅值,避免电机电流产生较大幅度变化时降低信噪比,防止不满足观测器观测能力情况发生,以此降低电磁噪音,降低高频损耗。

[0128] 一些方案中,采样基于随机频率正弦波电压注入进行永磁同步电机转子位置的估计,有效地解决了高频注入噪音问题,适用于对噪音要求较高的场合。但是注入的随机频率正弦波电压信号的幅值无法确定到最优最小值,对电机的振动优化控制的作用不太理想。

[0129] 另一些方案中,提出利用转矩电流检测值调节注入高频信后的幅值,其实际利用了注入高频幅值比例与转矩电流检测值呈反比例线性关系。主要考虑了相电流中的频率与注入脉冲频率相同的高频电流的幅值直接影响了电机速度与位置的观测过程中的信噪比,然后通过对注入脉冲的幅值的控制,从而降低电机振动强度并减小电磁噪音,有利于降低电机的高频损耗。但是不能针对电流中注入频率高频的信噪比进行调节,转矩电流中目标频率的高频信号的信噪比并不能得到有效的控制。

[0130] 再一些方案中,建立负载转矩与同步磁阻电机电感的查找表,通过负载转矩观测器在线辨识电机负载进而得到电感,进而推导出所需注入高频信号的幅值,最后在估计旋转坐标系中注入高频方波电压信号并提取该信号对应的高频响应电流。但是,该方案,可以根据控制结果调节注入高频方波的信号,需要提前做实验确定查表数据,针对不同规格的

电机具有不确定性。

[0131] 本发明的方案,为了提供一种利于降低电机高频损耗的高频脉振注入控制装置,给出一种d轴电流信号信噪比分析装置,即均方信噪比分析,估测注入高频信号的信噪比,并且通过自适应的控制方式,调整预设注入的高频脉振幅值,避免电机电流产生较大幅度变化时降低信噪比,防止不满足观测器观测能力情况发生,以此降低电磁噪音,降低高频损耗。这样,可以调控对应注入脉冲的幅值比例,控制均方信噪比。其中,自适应的控制方式,是利用电流中接近注入高频信号频率的谐波,通过信噪比控制器,可以适当调控减小注入高频电流分量的幅值,从而避免信噪比太高。

[0132] 图8为高频脉振注入控制装置的一实施例的控制流程示意图。如图8所示,高频脉振注入控制装置,包括:

[0133] 步骤21、获取当前电机电流信噪比实时值。

[0134] 步骤22、根据设定的相电力信噪比预设值,即根据预设的电流信噪比,确定实时高频电压信号幅值比例,限定最终幅值不大于预定标准幅值。

[0135] 步骤23、将补偿后的幅值给定到脉冲生成器中,控制注入到 $U_d$ 中的高频电压幅值。

[0136] 图9为高频注入观测装置的U相电流的反馈波形示意图,图10为高频注入观测装置的电机输出轴的反馈波形示意图。

[0137] 图9中为本发明提供的一种高频注入的永磁同步电机无位置传感器控制下三相电流的反馈波形,并且对应图10提供的电机输出轴对应的转矩波形。通过图9、图10的显示可以说明,当开启信噪比控制器,可以实现对高频信号注入的幅值进行调控,则电机中的高频电流有效减少,电机输出转矩的波动明显改善。

[0138] 由于本实施例的装置所实现的处理及功能基本相应于前述方法的实施例、原理和实例,故本实施例的描述中未详尽之处,可以参见前述实施例中的相关说明,在此不做赘述。

[0139] 经大量的试验验证,采用本发明的技术方案,通过提取电机的dq轴电流,分析dq轴电流的信噪比,注入高频电压信号频率与dq轴电流中频率相近的高频信号的幅值,实现对电机运行过程中的高频振动的振幅的调整,既满足了观测器的观测信号信噪比要求,又降低了电机产生的噪音和振动。

[0140] 根据本发明的实施例,还提供了对应于电机的位置确定装置的一种电机。该电机可以包括:以上所述的电机的位置确定装置。

[0141] 由于本实施例的电机所实现的处理及功能基本相应于前述装置的实施例、原理和实例,故本实施例的描述中未详尽之处,可以参见前述实施例中的相关说明,在此不做赘述。

[0142] 经大量的试验验证,采用本发明的技术方案,通过提取电机的dq轴电流,分析dq轴电流的信噪比,注入高频电压信号频率与dq轴电流中频率相近的高频信号的幅值,实现对电机运行过程中的高频振动的振幅的调整,可以适当调控减小注入高频电流分量的幅值,从而避免信噪比太高。

[0143] 根据本发明的实施例,还提供了对应于电机的位置确定方法的一种存储介质,所述存储介质包括存储的程序,其中,在所述程序运行时控制所述存储介质所在设备执行以上所述的电机的位置确定方法。

[0144] 由于本实施例的存储介质所实现的处理及功能基本相应于前述方法的实施例、原理和实例,故本实施例的描述中未详尽之处,可以参见前述实施例中的相关说明,在此不做赘述。

[0145] 经大量的试验验证,采用本发明的技术方案,通过提取电机的dq轴电流,分析dq轴电流的信噪比,注入高频电压信号频率与dq轴电流中频率相近的高频信号的幅值,实现对电机运行过程中的高频振动的振幅的调整,避免电机中注入的高频电压信号信号产生较大的电磁噪音和高频损耗。

[0146] 根据本发明的实施例,还提供了对应于电机的位置确定方法的一种处理器,所述处理器用于运行程序,其中,所述程序运行时执行以上所述的电机的位置确定方法。

[0147] 由于本实施例的处理器所实现的处理及功能基本相应于前述方法的实施例、原理和实例,故本实施例的描述中未详尽之处,可以参见前述实施例中的相关说明,在此不做赘述。

[0148] 经大量的试验验证,采用本发明的技术方案,通过提取电机的dq轴电流,分析dq轴电流的信噪比,注入高频电压信号频率与dq轴电流中频率相近的高频信号的幅值,实现对电机运行过程中的高频振动的振幅的调整,避免电机电流产生较大幅度变化时降低信噪比,防止不满足观测器观测能力情况发生,以此降低电磁噪音,降低高频损耗。

[0149] 综上,本领域技术人员容易理解的是,在不冲突的前提下,上述各有利方式可以自由地组合、叠加。

[0150] 以上所述仅为本发明的实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的权利要求范围之内。

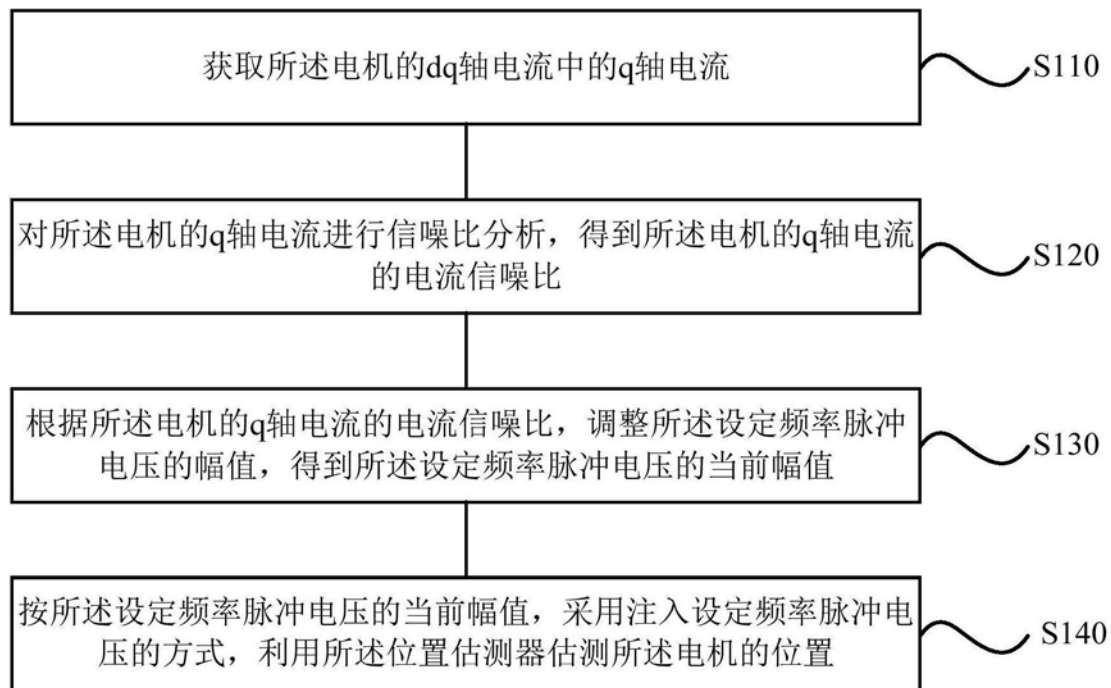


图1

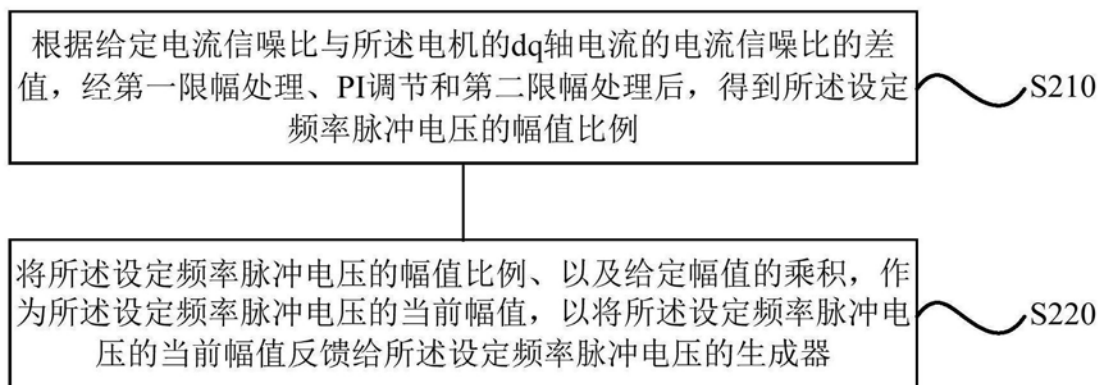


图2

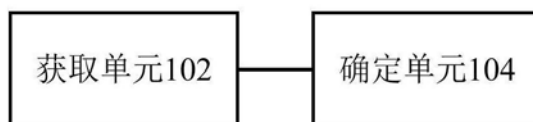


图3

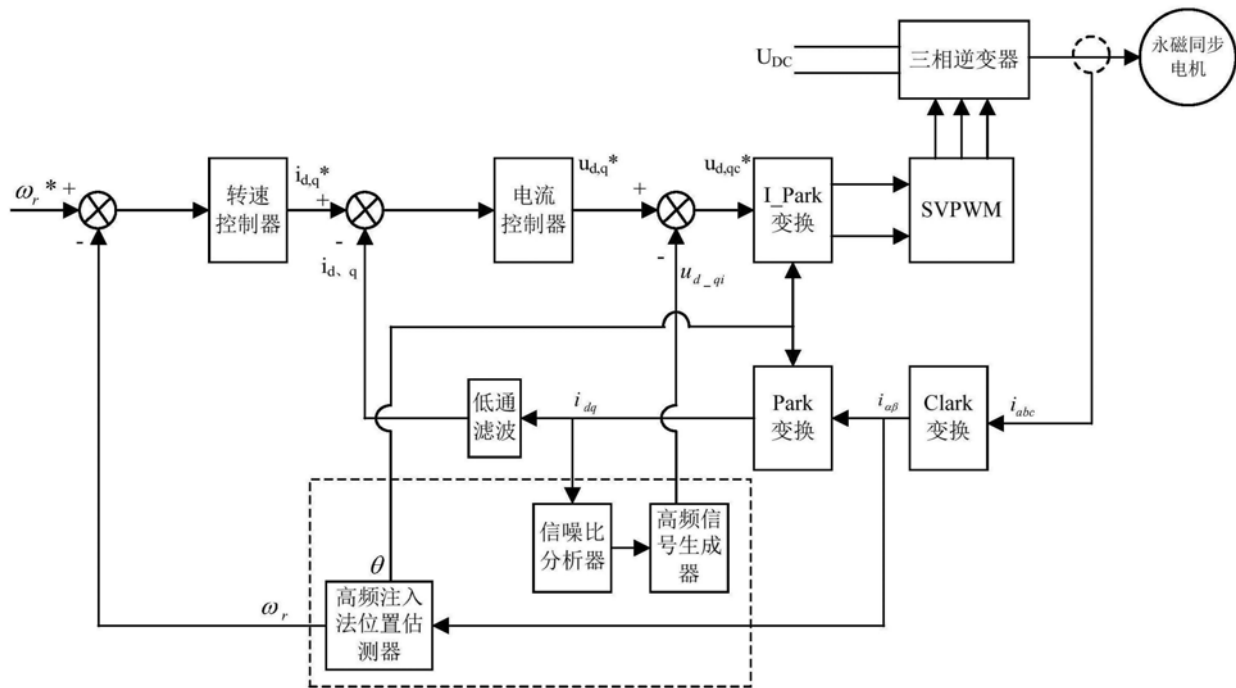


图4

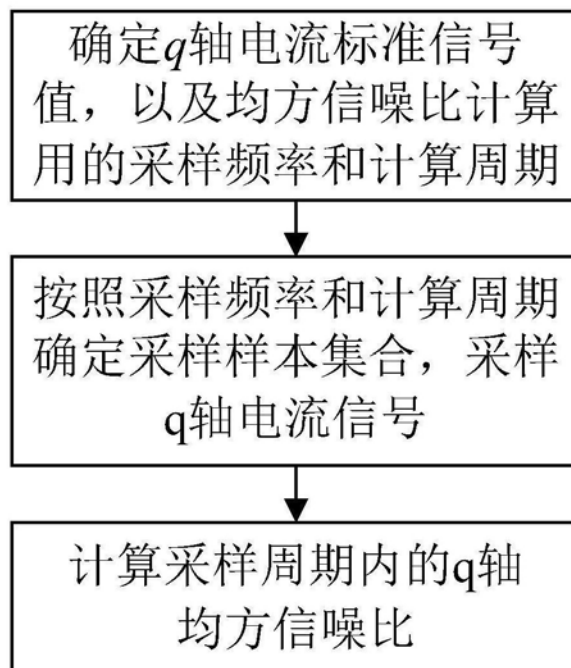


图5

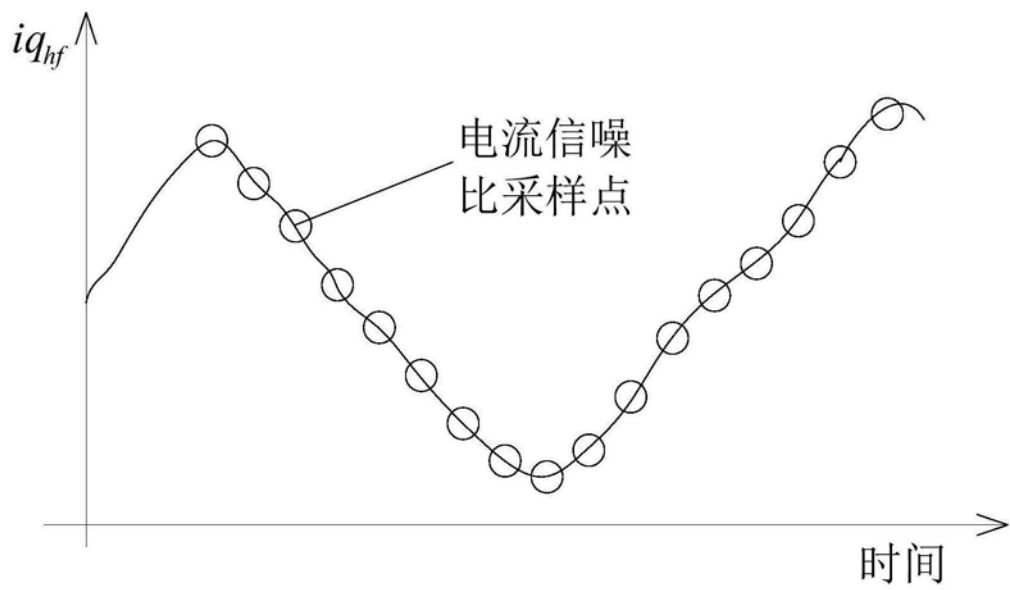


图6

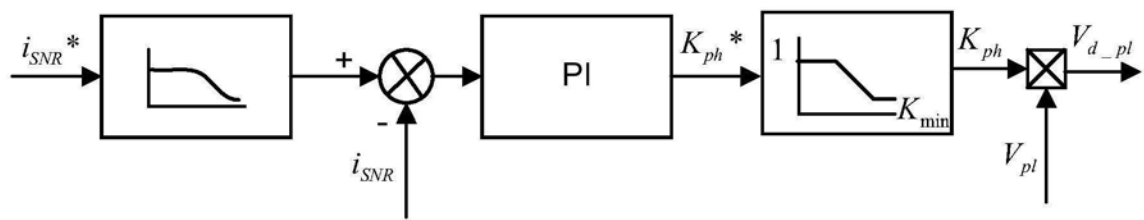


图7

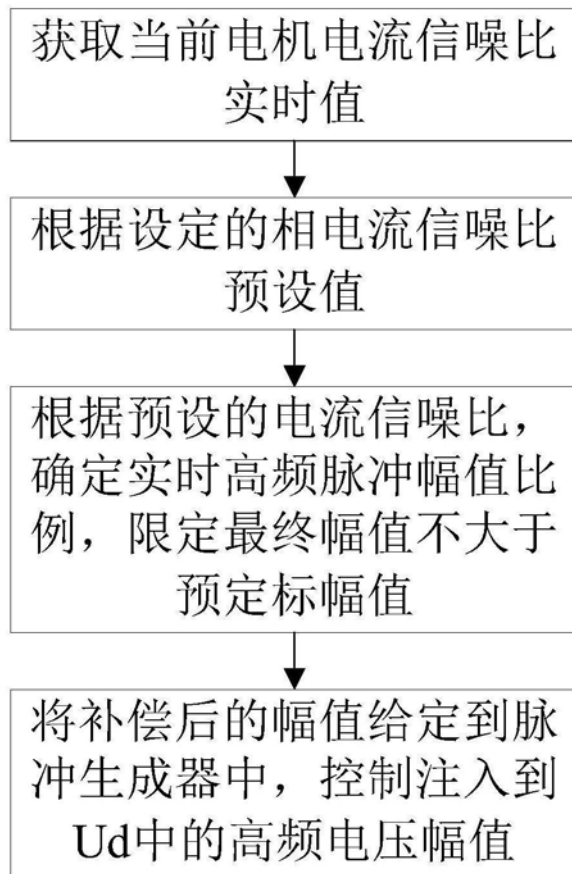


图8

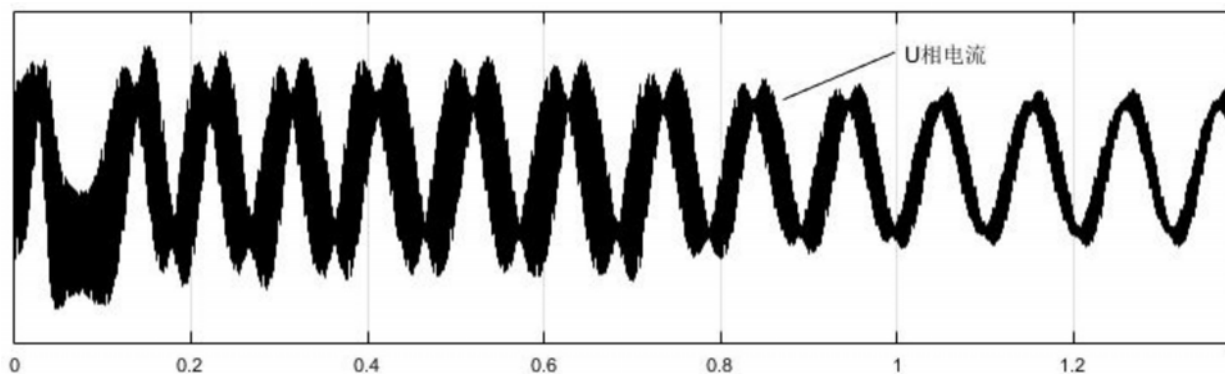


图9

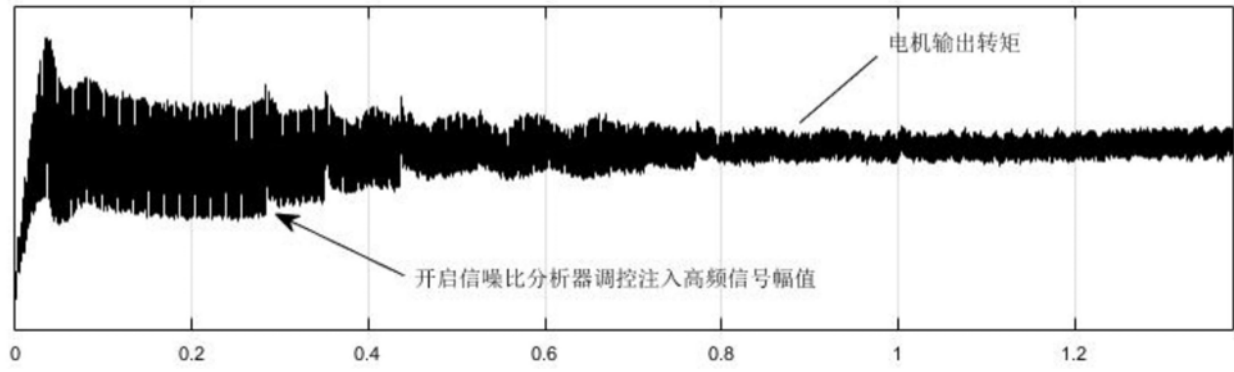


图10