



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113492689 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 20

(21) 申请号 202010190257.3

(22) 申请日 2020.03.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113492689 A

(43) 申请公布日 2021.10.12

(73) 专利权人 蔚然(南京)动力科技有限公司
地址 210046 江苏省南京市栖霞区龙潭镇
港城路二号

(72) 发明人 毛由正 李鸿博 代朋 毕路

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
专利代理师 李文斐

(56) 对比文件

- CN 109921712 A, 2019.06.21
- US 2019081583 A1, 2019.03.14
- CN 103339004 A, 2013.10.02
- CN 110677090 A, 2020.01.10
- CN 103107762 A, 2013.05.15
- CN 108068659 A, 2018.05.25
- CN 106712619 A, 2017.05.24
- CN 103036490 A, 2013.04.10
- CN 104052360 A, 2014.09.17
- CN 110429883 A, 2019.11.08
- CN 1515068 A, 2004.07.21

审查员 张树

(51) Int. Cl.

B60L 15/20 (2006.01)

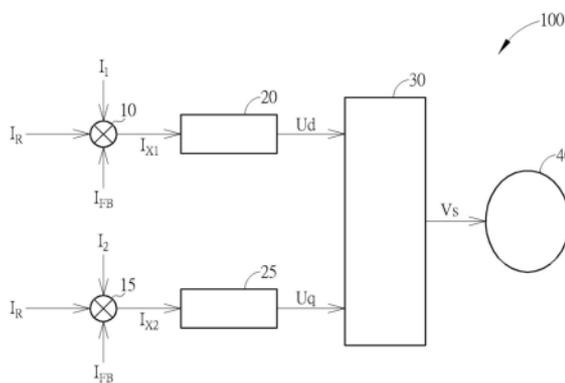
权利要求书2页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种电动车低速运行抖动的抑制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种电动车低速运行抖动的抑制方法,包括:将欲输入电动车的永磁电机系统的D轴的第一电流及欲输入永磁电机系统的Q轴的第二电流的振幅设置为电机持续运行电流振幅的第一预定比率;将第一电流及第二电流的相位角度设置为第一预定值;启动电动车的永磁电机系统,以将第一电流输入永磁电机系统的D轴,以及将第二电流输入永磁电机系统的Q轴;测量电动车的第一抖动值;根据电动车的较佳抖动值选择第一电流及第二电流的理想振幅及理想相位角度;及使用具有理想振幅及理想相位角度的第一电流及第二电流抑制电动车的抖动。



1. 一种电动车低速运行抖动的抑制方法,其特征在于,包括:

将欲输入电动车的永磁电机系统的D轴的第一电流及欲输入所述永磁电机系统的Q轴的第二电流的振幅设置为电机持续运行电流振幅的第一预定比率,所述第一电流为正弦 $6N$ 倍基频电流,所述第二电流为余弦 $6N$ 倍基频电流,其中 N 是大于0的正整数;

将所述第一电流及所述第二电流的相位角度设置为第一预定值;

启动所述电动车的永磁电机系统,以将所述第一电流输入所述永磁电机系统的D轴,以及将所述第二电流输入所述永磁电机系统的Q轴;

测量所述电动车的第一抖动值;

根据所述电动车的较佳抖动值选择所述第一电流及所述第二电流的理想振幅及理想相位角度;及

使用具有所述理想振幅及所述理想相位角度的所述第一电流及所述第二电流抑制所述电动车的抖动,

其中所述第一电流、第一参考电流和第一反馈电流在第一混合器混合,并输出至第一PID控制器,以及所述第二电流、第二参考电流和第二反馈电流在第二混合器混合,并输出至第二PID控制器。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一预定比率是1%,所述第一预定值是0度。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

将所述第一电流及所述第二电流的相位角度更新为第二预定值;

将更新后的第一电流输入所述永磁电机系统的D轴,以及将更新后的第二电流输入所述永磁电机系统的Q轴;

测量所述电动车的第二抖动值。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

将所述第一电流及所述第二电流的振幅设置为所述电机持续运行电流振幅的第二预定比率;

将更新后的第一电流输入所述永磁电机系统的D轴,以及将更新后的第二电流输入所述永磁电机系统的Q轴;

测量所述电动车的第二抖动值。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

将所述第一电流及所述第二电流的相位角度更新为第二预定值;

将所述第一电流及所述第二电流的振幅设置为所述电机持续运行电流振幅的第二预定比率;

将更新后的第一电流输入所述永磁电机系统的D轴,以及将更新后的第二电流输入所述永磁电机系统的Q轴;

测量所述电动车的第二抖动值。

6. 根据权利要求4或5所述的方法,其特征在于,所述第二预定比率比所述第一预定比率大1%。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于, $10\% \geq$ 所述第二预定比率 $\geq 1\%$ 。

8. 根据权利要求3或5所述的方法,其特征在于,所述第二预定值比所述第一预定值大

10度。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,360度>所述第二预定值 \geq 10度。

一种电动车低速运行抖动的抑制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种抑制电动车低速运行抖动的方法,特别是一种利用谐波分量抑制电动车低速运行抖动的方法。

背景技术

[0002] 永磁同步马达(permanent-magnet synchronous motor,PMSM)是指一种转子用永久磁铁代替绕线的同步马达,可根据磁通方式分为径向、轴向或是横向几种,根据其组件的布局而定。永磁同步马达具有高功率密度、高效率、高可靠性等特点,在电力传动、电动汽车、数控机床以及航空航天等各种功率场合得到了广泛的研究与应用。但由于逆变器开关斩波和非线性及电机反电动势波形非正弦等因素会生成谐波电流,从而导致电机损耗增加和转矩波动,使系统的控制性能变差。

[0003] 永磁同步马达电流谐波分为5、7、11、13次等低次谐波和开关频率及其倍数次的高次谐波。对于脉冲宽度调制斩波导致的高次电流谐波,通常采用改变逆变器拓扑、优化脉冲宽度调制策略、增加输出滤波器等方式来降低逆变器输出的高次电压谐波。对于低次电流谐波,其产生原因复杂且抑制策略多样。

[0004] 电动车由永磁电机系统驱动,其中包括永磁同步马达。如上所述,永磁同步马达的电磁场通常存在谐波分量,磁场谐波造成电机输出转矩中存在相应阶次的脉动分量,当电动车速度较低时电机输出转矩中的谐波分量的脉动频率接近整车传动系的模态频率,造成整车低速运行抖动现象,因此需要一种整车低速运行抖动的抑制方法。

发明内容

[0005] 本发明公开了一种电动车低速运行抖动的抑制方法,包括将欲输入电动车的永磁电机系统的D轴的第一电流及欲输入所述永磁电机系统的Q轴的第二电流的振幅设置为电机持续运行电流振幅的第一预定比率;将所述第一电流及所述第二电流的相位角度设置为第一预定值;启动所述电动车的永磁电机系统,以将所述第一电流输入所述永磁电机系统的D轴,以及将所述第二电流输入所述永磁电机系统的Q轴;测量所述电动车的第一抖动值,根据所述电动车的较佳抖动值选择所述第一电流及所述第二电流的理想振幅及理想相位角度;及使用具有所述理想振幅及所述理想相位角度的所述第一电流及所述第二电流抑制所述电动车的抖动。

附图说明

[0006] 图1展示了本发明实施例用于电动车的永磁电机系统的示意图。

[0007] 图2展示了本发明实施例电动车低速运行抖动的抑制方法的流程图。

[0008] 附图标记:

[0009] 100,永磁电机系统;10,第一混合器;15,第二混合器;20,第一PID控制器;25,第二PID控制器;30,空间矢量脉宽调制电路;40,永磁同步马达; I_1 ,第一电流; I_2 ,第二电流; I_R ,

参考电流; I_{FB} , 反馈电流; I_{X1} , 第一混合电流; I_{X2} , 第二混合电流; U_d , D轴矢量信号; U_q , Q轴矢量信号; V_s , 空间矢量调制信号。

具体实施方式

[0010] 图1展示了本发明实施例用于电动车的永磁电机系统100的示意图。永磁电机系统100包括第一混合器10, 第二混合器15, 第一PID(比例积分微分)控制器20耦接于第一混合器10, 第二PID控制器25耦接于第二混合器15, 空间矢量脉宽调制电路30(space vector pulse-width modulation, SVPWM)耦接于第一PID控制器20及第二PID控制器25, 永磁同步马达40(permanent-magnet synchronous motor, PMSM)耦接于空间矢量脉宽调制电路30。

[0011] 第一混合器10接收并混合第一电流 I_1 , 参考电流 I_R , 反馈电流 I_{FB} , 且输出第一混合电流 I_{X1} 至第一PID控制器20。第一PID控制器20则根据第一混合电流 I_{X1} 生成并传送D轴矢量信号 U_d 至空间矢量脉宽调制电路30。第二混合器15接收并混合第二电流 I_2 , 参考电流 I_R , 反馈电流 I_{FB} , 且输出第二混合电流 I_{X2} 至第二PID控制器25。第二PID控制器25则根据第二混合电流 I_{X2} 生成并传送Q轴矢量信号 U_q 至空间矢量脉宽调制电路30。空间矢量脉宽调制电路30根据D轴矢量信号 U_d 及Q轴矢量信号 U_q 生成空间矢量调制信号 V_s 并以空间矢量调制信号 V_s 驱动永磁同步马达40。永磁同步马达40的运作可由空间矢量调制信号 V_s 控制。

[0012] 永磁同步马达30的电流磁场谐波通常为5、7次等低次谐波, 电流磁场谐波会引起电磁转矩脉动, 造成电动车的低速抖动。输入6倍基频电流波可抑制5、7次谐波, 从而抑制电动车的低速抖动问题。

[0013] 举例而言, 第一电流 I_1 可为正弦6倍基频电流, 第二电流 I_2 可为余弦6倍基频电流。在某些实施例中, 倍频可为6的倍数, 例如12、18等。12倍基频电流可抑制11、13次谐波, 18倍基频电流可抑制17、19次谐波, 以此类推。

[0014] 在实施例中, 第一电流 I_1 可表示为 $I_m \cdot \sin(6\omega t + \alpha)$, 第二电流 I_2 可表示为 $I_m \cdot \cos(6\omega t + \alpha)$ 。其中 I_m 为电流振幅, ω 为电流频率, α 为相位角度。

[0015] 图2展示了本发明实施例电动车低速运行抖动的抑制方法的流程图。该方法包括以下步骤。

[0016] S202: 将欲输入电动车永磁电机系统100的D轴的第一电流 I_1 及欲输入Q轴的第二电流 I_2 的振幅设置为电机持续运行电流振幅的1%;

[0017] S204: 将第一电流 I_1 及所述第二电流 I_2 的相位角度设置为 0° ;

[0018] S206: 启动电动车的永磁电机系统100;

[0019] S208: 将第一电流 I_1 输入D轴及将第二电流 I_2 输入Q轴;

[0020] S210: 测量并记录电动车的抖动值;

[0021] S212: 将第一电流 I_1 及第二电流 I_2 的相位角度增加 10° ;

[0022] S214: 相位角度是否小于 360° ? 若否, 执行步骤S216; 若是, 回到步骤S208;

[0023] S216: 将第一电流 I_1 及第二电流 I_2 的振幅增加1%, 并将相位角度设置为 0° ;

[0024] S218: 振幅是否大于电机持续运行电流振幅的10%? 若是, 执行步骤S220; 若否, 回到步骤S208;

[0025] S220: 根据电动车的较佳抖动值选择第一电流 I_1 及第二电流 I_2 的理想振幅及理想相位角度; 及

[0026] S222:使用具有理想振幅及理想相位角度的第一电流 I_1 及第二电流 I_2 输入电动车永磁电机系统100以抑制电动车的抖动。

[0027] 在某些实施例中,最大电流不限于电机持续运行电流振幅的10%,电流振幅增值不限于1%,相位角度增加不限于 10° ,可根据不同的电动车型及永磁电机系统的形式进行调整。

[0028] 举例来说,倘若第一电流 I_1 及第二电流 I_2 的振幅为电机持续运行电流振幅的5%及相位角度为 120° ,所测量到电动车的抖动值最小(小于其他电流振幅与相位角度的组合),如此,5%电流振幅即为理想振幅,而 120° 相位角度即为理想相位角度。则在步骤S222,具有5%电流振幅及 120° 相位角度的第一电流 I_1 及第二电流 I_2 可被输入电动车永磁电机系统100以抑制电动车的抖动。

[0029] 综上所述,本发明公开了一种电动车低速运行抖动的抑制方法,包括将欲输入电动车的永磁电机系统的D轴的第一电流及欲输入永磁电机系统的Q轴的第二电流的振幅设置为电机持续运行电流振幅的第一预定比率,将第一电流及第二电流的相位角度设置为第一预定值,启动电动车的永磁电机系统,以将第一电流输入永磁电机系统的D轴,及将第二电流输入永磁电机系统的Q轴,测量电动车的第一抖动值,根据电动车的较佳抖动值选择第一电流及第二电流的理想振幅及理想相位角度,以及使用具有理想振幅及理想相位角度第一电流及第二电流的振幅及相位角度来抑制电动车的抖动。本方法可有效找出可抑制电动车低速抖动的电流振幅及相位角度,且第一电流为正弦6倍基频电流,第二电流为余弦6倍基频电流,可有效抑制5、7次谐波,进而改善低速抖动情形。

[0030] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,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保护范围之内。

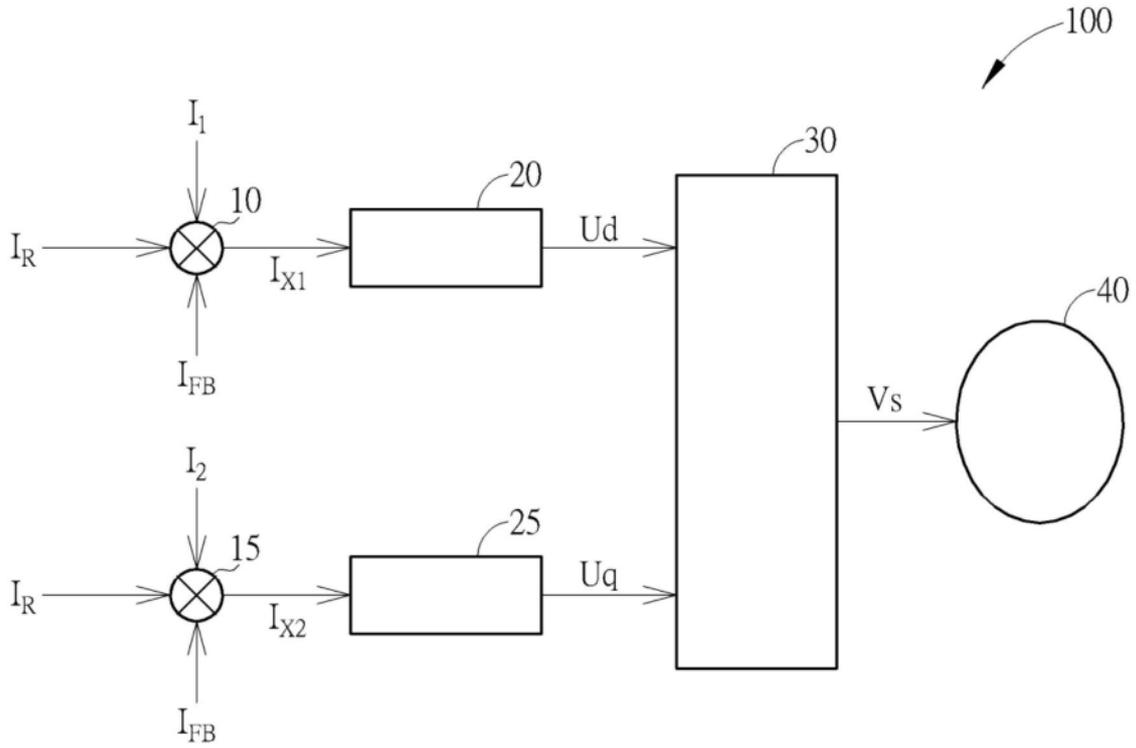


图1

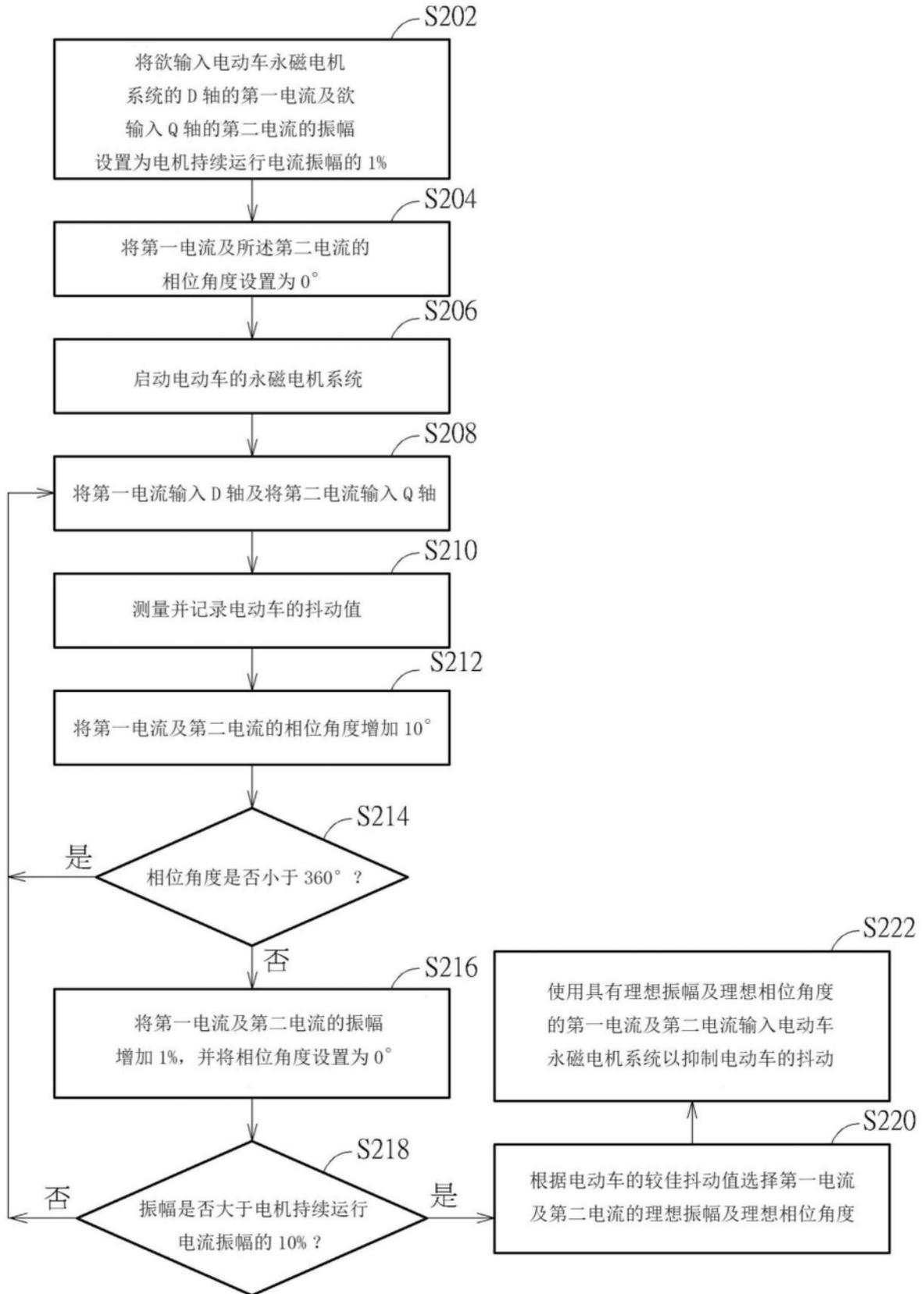


图2