



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103534932 B

(45)授权公告日 2016.08.17

(21)申请号 201280017154.0

(22)申请日 2012.04.10

(30)优先权数据

13/083,849 2011.04.11 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.10.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/032841 2012.04.10

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/142008 EN 2012.10.18

(73)专利权人 伊顿公司

地址 美国俄亥俄州

(72)发明人 A·于 L·张 K·李

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
11247

代理人 杨晓光 于静

(51)Int.Cl.

H02P 1/28(2006.01)

H02P 29/032(2016.01)

(56)对比文件

US 5089760 A, 1992.02.18,

JP H05300751 A, 1993.11.12,

US 6229278 B1, 2001.05.08,

审查员 马永祥

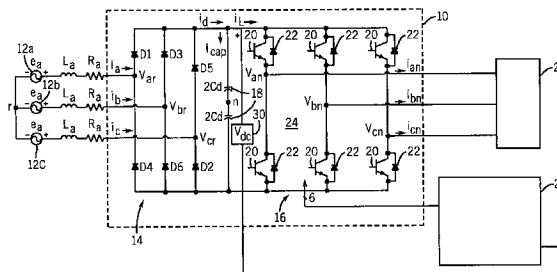
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

用于快速启动感应电动机的系统和方法

(57)摘要

一种用于在感应电动机快速启动期间控制电动机驱动的操作的系统包括AC电动机驱动,AC电动机驱动具有PWM逆变器和控制系统,该控制系统产生命令信号以使PWM逆变控制AC电动机驱动的输出.该控制系统包括启动调节器,其有选择地能在AC电动机启动加速期间进行操作,启动调节器被设计为确定施加到AC电动机的电动机电流以及DC总线的电压,产生第一频率偏差,其使得在电动机电流大于参考电流阈值时命令信号的频率参考值减小,以及产生第二频率偏差,其使得当DC总线电压大于参考电压阈值时命令信号的频率参考值变大.



1. 一种控制AC电动机操作的系统,该系统包括:

AC电动机驱动,其具有能连接到AC电源的输入和能连接到AC电动机输入端的输出,该AC电动机驱动包括:

整流器,其连接到所述输入;

脉宽调制逆变器,其通过DC总线连接到整流器,并且具有多个开关以控制AC电动机中的电流流动和端电压;以及

控制系统,其连接到脉宽调制逆变器,并且被配置成产生命令信号以使脉宽调制逆变器控制与AC电动机的输入对应的AC电动机驱动的输出,命令信号包括频率参考值和电压参考值,

其中控制系统包括启动调节器,启动调节器有选择地能在AC电动机的加速到期望参考速度的启动加速期间进行操作,启动调节器被设计为:

确定施加到AC电动机的电动机电流以及DC总线电压中的每一者;

产生第一频率偏差,其使得在电动机电流大于参考电流阈值时使命令信号的频率参考值减小;

产生第二频率偏差,其使得在DC总线电压大于参考电压阈值时使命令信号的频率参考值增大;

从第一频率偏差中减去第二频率偏差以产生复合频率偏差;以及

从频率参考值中减去复合频率偏差以产生具有修正后的频率参考值的命令信号。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,当电动机电流大于参考电流阈值时,所述启动调节器产生具有非零值的第一频率偏差,以及当电动机电流小于参考电流阈值时,所述启动调节器产生具有零值的第一频率偏差。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中,当DC总线电压大于参考电压阈值时,所述启动调节器产生具有非零值的第二频率偏差,以及当DC总线电压小于参考电压阈值时,所述启动调节器产生具有零值的第二频率偏差。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述修正后的频率参考值具有当第一频率偏差大于第二频率偏差时与所述频率参考值相比被减小的频率值。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述修正后的频率参考值具有当第二频率偏差大于第一频率偏差时与所述频率参考值相比被增大的频率值。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述控制系统被配置成,基于命令信号确定空间矢量调制控制方案,从而为脉宽调制逆变器中的多个开关提供开/关模式,以及控制输入到AC电动机中的AC功率的频率。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述启动调节器被配置成,在AC电动机的启动期间逐步地更新第一和第二频率偏差。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述启动调节器被配置成,在AC电动机加速期间产生第一频率偏差,以及在AC电动机到达期望参考速度时产生第二频率偏差。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中,电动机电流包括均方根电流。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述启动调节器进一步包括高通滤波器。

11. 一种用于在处于通过电动机驱动的方式操作的启动模式的AC电动机的加速期间控制AC电动机操作的方法,该方法包括:

基于AC电动机的期望速度在电动机驱动的控制系统中产生命令信号,该命令信号包括频率参考值和电压参考值;

向电动机驱动的脉宽调制逆变器发送命令信号以控制脉宽调制逆变器的输出,由此控制AC电动机中的电流流动和端电压;以及

在操作的启动模式期间基于施加到AC电动机的电动机电流和电动机驱动的DC总线上的电压逐步地调节向脉宽调制逆变器发送的命令信号,其中逐步地调节命令信号包括:

确定施加到AC电动机的电动机电流以及DC总线电压中的每一者;

分别将电动机电流与参考电流阈值比较以及将DC总线电压与参考电压阈值比较;

如果电动机电流大于参考电流阈值,则产生第一频率偏差;

如果DC总线电压大于参考电压阈值,则产生第二频率偏差;

从第一频率偏差中减去第二频率偏差以产生复合频率偏差;以及

从频率参考值中减去复合频率偏差以产生具有修正后的频率参考值的命令信号。

12. 根据权利要求11所述的方法,进一步包括:

如果电动机电流小于参考电流阈值,则将第一频率偏差设置为零;以及

如果DC总线电压小于参考电压阈值,则将第二频率偏差设置为零。

13. 一种控制电压和电流从AC电源传输到AC电动机的AC电动机驱动,该AC电动机驱动包括:

分别能连接到AC电源和AC电动机的输入端子的输入和输出;

连接到所述输入的整流器;

脉宽调制逆变器,其通过DC总线连接到整流器,并且具有多个开关以控制AC电动机中的电流流动和端电压;以及

控制系统,其连接到脉宽调制逆变器并且被配置成:

确定施加到AC电动机的均方根电流和DC总线电压中的每一者;

将均方根电流和DC总线电压分别与参考电流阈值和参考电压阈值进行比较;

基于均方根电流值与参考电流阈值的比较确定第一频率偏差;

基于DC总线电压与参考电压阈值的比较确定第二频率偏差;

从第一频率偏差中减去第二频率偏差以产生复合频率偏差;以及

基于复合频率偏差在命令信号中产生修正后的频率参考值。

14. 根据权利要求13所述的AC电动机驱动,其中,修正后的频率参考值具有当第一频率偏差大于第二频率偏差时与频率参考值相比被减小的频率值。

15. 根据权利要求13所述的AC电动机驱动,其中,修正后的频率参考值具有当第二频率偏差大于第一频率偏差时与频率参考值相比被增大的频率值。

16. 根据权利要求13所述的AC电动机驱动,其中所述控制系统进一步被配置成:

如果均方根电流小于参考电流阈值,则将第一频率偏差设置为零;以及

如果DC总线电压小于参考电压阈值,则将第二频率偏差设置为零。

## 用于快速启动感应电动机的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明一般涉及交流(AC)感应电动机,特别是,涉及用于在感应电动机快速启动期间控制电动机驱动操作的系统和方法。

### 背景技术

[0002] 在各种工业中,随着对能源节约和感应电动机操作中控制适应性的需要的增加,电动机驱动的使用已经越来越普遍。基于这些需要,提高电动机控制特性已经变得日益重要。需要提高电动机控制特性的一个示例是当期望快速启动感应电动机时。当操作速度可调节的电动机驱动(ASD)来启动感应电动机时,使用者可以选择设置用于使电动机加速到预定参考速度的加速时间。该加速时间从电动机的零速度上升到期望速度可以快到0.1s。

[0003] 然而,当实现感应电动机的快速启动时存在固有的几个问题/缺点。例如,由于固有的转子的惯性(和负载惯性一起),在加速过程期间在电动机中会出现滑动(slip)。如果系统的惯性和相应的电动机滑动太大,会产生过电流现象,这会引起电动机中相关的过电流跳闸故障。与感应电动机的快速启动相关联的另一问题/缺点是过电压发生的可能性,此时使感应电动机运行在发电模式。也就是说,在加速过程结束时,当感应电动机的实际速度达到期望速度参考设定点的时刻,电动机电流由于电动机中定子电感的存在而将不立即改变。因此电磁转矩仍然大于负载转矩从而使得电动机的实际速度持续上升到大于其参考速度的水平,由此使得感应电动机运行在发电模式。存储在感应电动机中的能量将通过ASD的逆变器反馈,以致于ASD的DC链路电压上升。存在于DC链路上的上升电压在达到过电压阈值时可能会引起ASD中的过电压跳闸。

[0004] 在感应电动机启动期间发生的过电流和过电压跳闸故障是不期望的。这样的过电流和过电压跳闸故障可使得电动机速度上升到期望速度所需的时间延长并且能破坏动力生产过程。

[0005] 因此需要设计一种系统和方法,用于在感应电动机的快速启动期间操作ASD的控制。进一步需要提供这样的系统和方法来实现感应电动机的平滑启动,而不由于过电流和过电压跳闸故障破坏其操作。

### 发明内容

[0006] 本发明提供一种用于在感应电动机快速启动期间控制电动机驱动的操作的系统和方法。

[0007] 根据本发明的一个方面,控制AC电动机操作的系统包括:AC电动机驱动,其具有能连接到AC电源的输入和能连接到AC电动机输入端的输出,AC电动机驱动进一步包括:连接到所述输入的整流器;脉宽调制(PWM)逆变器,其通过DC总线连接到整流器,并且具有多个开关以控制AC电动机中的电流流动和端电压;以及控制系统,其连接到PWM逆变器,并且被配置成产生命令信号以使PWM逆变器控制与AC电动机的输入对应的AC电动机驱动的输出,其中命令信号包括频率参考值和电压参考值。控制系统包括启动调节器,启动调节器有选

择地能在AC电动机的加速到期望参考速度的启动加速期间进行操作,其中启动调节器被设计为:确定施加到AC电动机的电动机电流以及DC总线电压中的每一者;产生第一频率偏差,其使得在电动机电流大于参考电流阈值时使命令信号的频率参考值减小;以及产生第二频率偏差,其使得在DC总线电压大于参考电压阈值时使命令信号的频率参考值增大。

[0008] 根据本发明的另一方面,一种用于在处于通过电动机驱动的方式操作的启动模式的AC电动机的加速期间控制AC电动机操作的方法包括,基于AC电动机的期望速度在电动机驱动的控制系统中产生命令信号的步骤,该命令信号包括频率参考值和电压参考值。该方法也包括以下步骤:向电动机驱动的脉冲宽度调制(PWM)逆变器发送命令信号以控制PWM逆变器的输出从而由此控制AC电动机中的电流流动和端电压,并且在操作的启动模式期间基于施加到AC电动机的电动机电流和电动机驱动的DC总线上的电压逐步地调节向PWM逆变器发送的命令信号。逐步调节命令信号的步骤进一步包括确定施加到AC电动机的电动机电流以及DC总线电压,分别将电动机电流与参考电流阈值比较以及将DC总线电压与参考电压阈值比较,如果电动机电流大于参考电流阈值则减小命令信号中的频率参考值,以及如果DC总线电压大于参考电压阈值则增大命令信号中的频率参考值。

[0009] 根据本发明的又一方面,控制电压和电流从AC电源传输到AC电动机的AC电动机驱动包括:分别能连接到AC电源和AC电动机输入端子的输入和输出;连接到该输入的整流器;以及通过DC总线连接到整流器的脉冲宽度调制(PWM)逆变器,该逆变器具有多个开关以便控制AC电动机中的电流流动和端电压。AC电动机驱动还包括连接到PWM逆变器的控制系统,该控制系统被配置成确定施加到AC电动机的均方根(RMS)电流和DC总线电压中的每一者并且将RMS电流和DC总线电压分别与参考电流阈值和参考电压阈值进行比较。控制系统进一步被配置为基于RMS电流值与参考电流阈值的比较确定第一频率偏差,基于DC总线电压与参考电压阈值的比较确定第二频率偏差,将第一频率偏差和第二频率偏差组合来确定复合频率偏差,以及基于复合频率偏差在命令信号中产生修正后的频率参考值。

[0010] 本发明的各种其他特征和优点将从以下具体实施方式的描述和附图中变得显而易见。

## 附图说明

[0011] 附图阐述了用于实施发明的目前预期的优选实施例。

[0012] 在附图中:

[0013] 图1是根据本发明一个方面的AC电动机驱动的示意图。

[0014] 图2是根据本发明的实施例的用于图1中电动机驱动的快速启动控制方案的示意性示意图。

[0015] 图3是基于图2的控制方案的控制元件的电流的具体示意图。

[0016] 图4是基于图2的控制方案的控制元件的电压的具体示意图。

[0017] 图5是示出根据本发明的实施例的用于执行感应电动机的快速启动的计算机实现技术的流程图。

## 具体实施方式

[0018] 在这里提出的本发明的实施例涉及一种系统和方法,用于在感应电动机的快速启

动期间控制电动机驱动的操作。控制电动机驱动来实现感应电动机的平滑启动,而不会由于过电流和过电压跳闸故障破坏其操作。

[0019] 本发明实施例涉及包括多种结构和控制方案的AC电动机驱动。AC电动机驱动10的通常结构被示于图1。电动机驱动10可以被配置成,例如,可调节速度驱动(ASD),设计成接收三相AC功率输入,对AC输入进行整流,以及执行从整流段到被提供给负载的具有可变频率和振幅的三相交流电压的DC/AC转换。在优选实施例中,ASD根据示例的伏特每赫兹的特性而工作。在这方面,电动机驱动提供稳定状态下的电压和输出频率调节以及满负荷范围内的快速动态阶梯负载响应。

[0020] 在示例性的实施例中,三相AC输入12a-12c被反馈到三相整流桥14。在三相中输入线阻抗是相等的。整流桥14将AC功率输入转换为DC功率,以使DC总线电压(bus voltage)出现在整流桥14与开关阵列16之间。总线电压被DC总线电容器组18平滑。开关阵列16由一组IGBT开关20和反并联的二极管22组成,它们共同组成PWM逆变器24。PWM逆变器24合成具有固定频率和振幅的AC电压波形用于传输到负载,比如感应电动机26。逆变器24的操作是通过控制系统28进行的,控制系统28可以进一步由多个PI控制器组成。控制系统28通过门驱动信号与感测DC总线电压和极电流(例如通过电压传感器30的方式)连接到PWM逆变器24,以便感测DC总线电压中的变化。这些电压的变化被解释为瞬时负载条件并且用于控制PWM逆变器24的开关阵列16的开/关,以便保持在稳定状态附近的负载条件。

[0021] 在操作中,电动机控制10可以被用于提供感应电动机26的快速启动。在这样的快速启动中,电动机控制10被操作以便使得电动机26加速到期望参考速度。该加速时间可能快至0.1秒,例如,从电动机的零速度到期望参考速度。响应于输入到控制系统28的期望速度,控制系统28产生命令信号,用于控制PWM逆变器24中的开关阵列16的开关时间,以便输出具有预定频率和振幅的AC电压波形到感应电动机26中,使得电动机加速到期望参考速度。包含在命令信号中的是频率参考分量和电压参考分量,控制PWM逆变器24中开关阵列16的操作。控制系统28用于将期望速度转换为命令信号的频率参考分量。另外,控制系统28用于将频率参考值乘以电动机26的伏特/赫兹的特性比率来为逆变器提供相应的电压参考值。

[0022] 现在参考图2,根据本发明的一个实施例,提出的电动机驱动10的控制方案32用于实现感应电动机26的快速启动。在快速启动方案32的示例性的实施例中,电动机驱动10的控制系统28包括快速启动调节器34,其执行以下算法,即,用于基于施加到感应电动机26的电流和存在于电动机控制10的整流器14和PWM逆变器24之间的DC总线电压(即DC总线38上的电压)逐步地调节命令信号36的频率参考值。在操作中,控制系统28通过基于从输入装置(未示出)接收到的速度命令和加速时间产生命令信号的频率参考值和电压参考值,初始化快速启动方案32。在感应电动机26快速启动的最初,监测施加到AC电动机的三相电流和DC总线电压,比如通过电流传感器40和电压传感器30的方式。测量的三相电流和DC总线电压被快速启动调节器34接收,该快速启动调节器34用于处理接收到的电流和电压值,比如通过确定施加到例如感应电动机26的均方根(RMS)电流,  $I_{rms}$ 。然后,快速启动调节器34随后基于所确定的RMS电流  $I_{rms}$  和DC总线电压  $V_{bus}$  确定应用到命令信号的频率参考值  $f_{ref}$  的频率偏差,如有的话,以便在快速启动操作期间逐步地调节命令信号36的频率参考值  $f_{ref}$ ,如下面详细描述的那样。

[0023] 在操作中,快速启动调节器34将所测量的RMS电流 $I_{rms}$ 与在调节器34上设定的预定的参考电流阈值 $I_{ref}$ 进行比较。根据本发明的实施例,参考电流阈值 $I_{ref}$ 能被设置为小于或等于被设为导致感应电动机26中过电流跳闸故障的电流值的值。根据本发明的一个实施例,在执行测量的RMS电流 $I_{rms}$ 与预定的参考电流阈值 $I_{ref}$ 的比较中,快速启动调节器34使用比例-积分(PI)控制器42。如图2所示以及图3中的具体描述,PI控制器42执行所测量的RMS电流 $I_{rms}$ 与预定参考电流阈值 $I_{ref}$ 的比较,以确定是否需要到PWM逆变器24的过程控制输入的任何调节——即,是否需要命令信号36中的频率参考值 $f_{ref}$ 的任何调节。频率参考值 $f_{ref}$ 的调节由PI控制器42通过产生第一频率偏差 $\Delta f_1$ 来实现,第一频率偏差 $\Delta f_1$ 应用于命令信号的频率参考分量 $f_{ref}$ 。

[0024] 在确定第一频率偏差 $\Delta f_1$ 中,如果PI控制器42确定测量的RMS电流 $I_{rms}$ 小于预定的参考电流阈值 $I_{ref}$ ,那么第一频率偏差 $\Delta f_1$ 由PI控制器42设置为零值。即,由于测量的RMS电流 $I_{rms}$ 被确定为低于参考电流阈值 $I_{ref}$ 的水平,可以确定没有发生过电流跳闸故障的危险并且因此不需要调节由控制系统28输出到PWM逆变器24中的命令信号中的频率参考值 $f_{ref}$ 。然而,如果PI控制器42确定测量的RMS电流 $I_{rms}$ 大于预定的参考电流阈值 $I_{ref}$ ,那么第一频率偏差 $\Delta f_1$ 由PI控制器42设置为非零值。即,第一频率偏差 $\Delta f_1$ 被设置为大于零的值( $\Delta f_1 > 0$ )。当第一频率偏差 $\Delta f_1$ 被设置为大于零的值时, $\Delta f_1$ 用于使命令信号36的频率参考值减小,接下来修正PWM逆变器24中的开关阵列16的开/关以影响输出到感应电动机26的功率。因此由第一频率偏差 $\Delta f_1$ 提供的命令信号36的频率参考值 $f_{ref}$ 减少用于减少RMS电流 $I_{rms}$ 使返回到等于或小于预定参考电流阈值 $I_{ref}$ 以下的水平以便阻止过电流跳闸故障发生。根据示例性的实施例,第一频率偏差 $\Delta f_1$ 被设置成如此水平,即,命令信号的修正后的频率参考值使PWM逆变器24产生输出到感应电动机26的具有等于预定参考电流阈值 $I_{ref}$ 的RMS电流 $I_{rms}$ 的功率,这样输出电流保持其最高的可允许水平,同时相应的转矩被用于在快速启动时期加速感应电动机26。

[0025] 进一步的如图2所示,由电压传感器30测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 被提供给快速启动调节器34。快速启动调节器34然后将测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 与设置在调节器34上的预定的参考电压阈值 $V_{ref}$ 进行比较。根据本发明的实施例,电压当前的阈值 $V_{ref}$ 可以被设置为低于或等于被设为引起电动机控制10中过电压跳闸故障的电压值的值。根据本发明的一个实施例,在执行测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 与预定的参考电压阈值 $V_{ref}$ 的比较时,快速启动调节器34使用传递函数44( $G_1(s)$ )。如图2所示以及图4中的具体描述,传递函数44将测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 与预定的参考电压阈值 $V_{ref}$ 进行比较,以便确定是否需要传输到PWM逆变器24的命令信号36中的频率参考值 $f_{ref}$ 的任何调节。该频率参考值 $f_{ref}$ 的调节由传递函数44通过产生第二频率偏差 $\Delta f_2$ 来实现,第二频率偏差 $\Delta f_2$ 应用于命令信号36中的频率参考值 $f_{ref}$ 。

[0026] 在确定第二频率偏差 $\Delta f_2$ 中,如果传递函数44确定测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 小于预定的参考电压阈值 $V_{ref}$ ,那么第二频率偏差 $\Delta f_2$ 由传递函数44设置为零值。即,由于测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 被确定为小于参考电压阈值 $V_{ref}$ 的水平,可以确定没有发生过电压跳闸故障的危险并且因此不需要调节由控制系统28输出到PWM逆变器24的命令信号36中的频率参考值 $f_{ref}$ 。然而,如果,传递函数44确定测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 大于预定的参考电压阈值 $V_{ref}$ ,那么第二频率偏差 $\Delta f_2$ 由传递函数44设置为非零值。即,第二频率偏差 $\Delta f_2$ 被设置为小于零( $\Delta f_2 < 0$ )。当第二频率偏差 $\Delta f_2$ 被设置为小于零的值时, $\Delta f_2$ 用于使命令信号36的频率参考值

$f_{ref}$ 增加,接下来修正PWM逆变器24中的开关阵列16的开/关,以便影响输出到感应电动机26的功率。

[0027] 由第二频率偏差  $\Delta f_2$ 提供的命令信号36的频率参考值 $f_{ref}$ 增加使得从感应电动机26流回到PWM逆变器24的能量减少,这样DC总线电压将被限制在合理的水平。即,第二频率偏差  $\Delta f_2$ 被设置为这样的水平,即,在感应电动机26接近和/或达到期望参考速度时,频率参考值 $f_{ref}$ 的同步频率被增加到阻止感应电动机26进入发电模式的水平,或者,在感应电动机26进入发电模式的情况下,感应电动机能尽快返回到电动机操作模式的水平。进而减少DC总线电压 $V_{bus}$ 使返回到等于或低于预定参考电压阈值 $V_{ref}$ 之下的水平,以便阻止过电压跳闸故障发生。

[0028] 在确定第一频率偏差  $\Delta f_1$ 和第二频率偏差  $\Delta f_2$ 的基础上,快速启动调节器34被设计为确定复合频率偏差  $\Delta f_c$ ,其从快速启动调节器34中输出,在点46处指示。复合频率偏差  $\Delta f_c$ 由从  $\Delta f_1$ 中减去  $\Delta f_2$ 而确定,根据:

[0029]  $\Delta f_c = \Delta f_1 - \Delta f_2$  [公式1]。

[0030] 因此复合频率偏差  $\Delta f_c$ 考虑了基于测量的RMS电流  $I_{rms}$ 和测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 需要对频率参考值 $f_{ref}$ 所作的任何频率偏差。

[0031] 在确定复合频率偏差  $\Delta f_c$ 的基础上,控制系统28用于从频率参考值 $f_{ref}$ 中减去复合频率偏差  $\Delta f_c$ ,以便在应用到PWM逆变器24的命令信号36中修正频率参考值的频率值(即产生修正后的频率参考值, $f_{set}$ )。修正后的频率参考值 $f_{set}$ 由从 $f_{ref}$ 中减去  $\Delta f_c$ 而确定,根据

[0032]  $f_{set} = f_{ref} - \Delta f_c$  [公式2]。

[0033] 因此,当第一频率偏差  $\Delta f_1$ 大于第二频率偏差  $\Delta f_2$ 时,那么修正后的频率参考值 $f_{set}$ 将具有一频率值,该频率值与被应用复合频率偏差  $\Delta f_c$ 之前的初始频率参考值 $f_{ref}$ 相比被减小了。相反地,在第二频率偏差  $\Delta f_2$ 大于第一频率偏差  $\Delta f_1$ 时,那么修正后的频率参考值 $f_{set}$ 将具有一频率值,该频率值与被应用复合频率偏差  $\Delta f_c$ 之前的初始频率参考值 $f_{ref}$ 相比被增大了。

[0034] 修正后的频率参考值 $f_{set}$ 随同命令信号36的电压参考分量一起形成由控制系统28产生的命令信号的分量,命令信号36的电压参考分量由将修正后的频率参考值 $f_{set}$ 乘以感应电动机26的伏特/赫兹的特性比率所确定。由控制系统28产生的最终的命令信号36(包括修正后的频率参考值 $f_{set}$ 以及电压参考值)确定特定的空间矢量调节(SVM)控制方案,被提供给PWM逆变器24用于控制开关阵列16的开关时间。因此,具有期望频率和振幅的AC电压波形被输出到感应电动机26,使得电动机加速到期望的参考速度,同时使RMS电流 $I_{rms}$ 和DC总线电压 $V_{bus}$ 保持在确定的过电流跳闸故障设置点和过电压跳闸故障设置点之下。

[0035] 在操作中,快速启动调节器34被设计为在感应电动机26的快速启动时期的过程中逐步地调节/更新从中输出的复合频率偏差  $\Delta f_c$ 的值。RMS电流 $I_{rms}$ 和DC总线电压 $V_{bus}$ 在整个快速启动操作阶段被监测,以致于RMS电流 $I_{rms}$ 和/或DC总线电压 $V_{bus}$ 中的任何变化被反映到第一频率偏差  $\Delta f_1$ 和第二频率偏差  $\Delta f_2$ 的更新值(以及最终的复合频率偏差  $\Delta f_c$ )中,由快速启动调节器34输出,用于将命令信号的频率参考值 $f_{ref}$ 分量变更到期望的修正后的频率参考值 $f_{set}$ 。

[0036] 可以认识到,可以为控制方案32提供附加的元件以便提供平滑的快速启动过程。例如,如图2所示,快速启动调节器34也可以包括高通滤波器48( $G_2(s)$ ),其产生偏差  $\Delta f_3$ ,应



用于控制系统28产生的命令信号36。偏差 $\Delta f_3$ 的应用,与复合频率偏差 $\Delta f_c$ 的应用一起,提供感应电动机26的平滑的快速启动过程。

[0037] 现在参考图5,同时继续参考图2,提供一种计算机实现的技术50,用于在感应电动机26的快速启动期间控制电动机驱动10的操作。该技术能够,例如,通过控制系统28的快速启动调节器34执行的算法来实现。该技术50开始于步骤52,此处接收感应电动机26的启动命令。与启动命令相关的是产生具有频率参考分量和电压参考分量的命令信号36,其中,命令信号的特定值是基于期望速度的用户输入,电动机26以该期望速度被操作。然后,在步骤52进行初始判断,用于判定电动机当前是否正在加速。如果电动机被确定为正在加速56,那么技术转到步骤58,通过测量和/或确定电动机驱动10的电流和电压参数,其是从特定的命令信号36的输入到PWM逆变器24产生的结果。即,确定施加到感应电动机的三相电流的均方根(RMS) $I_{rms}$ 以及电动机驱动的DC总线电压 $V_{bus}$ 。

[0038] 在技术50的接下来的步骤60、62中,RMS电流 $I_{rms}$ 和DC总线电压 $V_{bus}$ 由控制系统28的快速启动调节器34所接收,并且分别与预定参考电流阈值 $I_{ref}$ 和预定参考电压阈值 $V_{ref}$ 比较。根据本发明的实施例,参考电流阈值 $I_{ref}$ 能被设置成低于或等于被设为引起感应电动机26中过电流跳闸故障的电流值的值,参考电压阈值 $V_{ref}$ 能被设置成低于或等于被设为引起电动机控制中过电压跳闸故障的电压值的值。

[0039] 在步骤64中判断所测量的RMS电流 $I_{rms}$ 是否超过预定参考电流阈值 $I_{ref}$ ,以确定是否需要到PWM逆变器24的过程控制输入的任何调节——即,基于所测量的电流是否需要命令信号36中的频率参考值 $f_{ref}$ 的任何调节。根据本发明的示例性的实施例,在执行测量RMS电流 $I_{rms}$ 与预定参考电流阈值 $I_{ref}$ 的比较中,快速启动调节器34采用比例积分(PI)控制器42。如果确定测量的RMS电流 $I_{rms}$ 超过预定参考电流阈值 $I_{ref}$ 66,那么快速启动调节器34用于在步骤68产生要被应用到命令信号36中的频率参考值 $f_{ref}$ 的第一频率偏差 $\Delta f_1$ ,以便为频率参考值提供调节。可选择地,如果确定测量的RMS电流 $I_{rms}$ 没有超过预定参考电流阈值 $I_{ref}$ 70,那么该技术50确定不需要调节频率参考值 $f_{ref}$ 。在图5所示的技术50的实施例中,技术50将通过绕过步骤68得以继续。根据本发明的另一实施例,技术50也将由快速启动调节器34产生的第一频率偏差 $\Delta f_1$ 设置为零(即零偏差),这样即没有调节/偏差应用到频率参考值 $f_{ref}$ 上。

[0040] 在步骤64判断所测量的RMS电流 $I_{rms}$ 是否超过预定参考电流阈值 $I_{ref}$ 的同时,该技术也在步骤72中判断测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 是否超过预定参考电压阈值 $V_{ref}$ ,以便确定是否需要到PWM逆变器24的过程控制输入的任何调节——即,基于所测量的电压是否需要命令信号36中的频率参考值 $f_{ref}$ 的任何调节。根据本发明的示例性的实施例,在执行测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 与预定参考电压阈值 $V_{ref}$ 的比较中,快速启动调节器34采用传递函数( $G_1(s)$ )44。如果确定测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 超过预定参考电压阈值 $V_{ref}$ 74,那么快速启动调节器34用于在步骤76产生要被应用到命令信号36中的频率参考值 $f_{ref}$ 的第二频率偏差 $\Delta f_2$ ,以便为频率参考值提供调节。可选择地,如果确定测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 没有超过预定参考电压阈值 $V_{ref}$ 78,那么该技术50确定不需要调节频率参考值 $f_{ref}$ 。由此在图5所示的技术50的实施例中,技术50将通过绕过步骤76得以继续。根据本发明的另一实施例,技术50也将由快速启动调节器34产生的第二频率偏差 $\Delta f_2$ 设置为零(即零偏差),这样没有调节/偏差应用到频率参考值 $f_{ref}$ 上。

[0041] 仍然参考图5,在步骤68、76确定第一频率偏差 $\Delta f_1$ 和第二频率偏差 $\Delta f_2$ 任一个的基础上,技术50在步骤80继续,在该步骤中,快速启动调节器34确定要从中输出的复合频率偏差 $\Delta f_c$ 。复合频率偏差 $\Delta f_c$ 通过从 $\Delta f_1$ 中减去 $\Delta f_2$ 来确定,因此复合频率偏差 $\Delta f_c$ 考虑了基于测量的RMS电流 $I_{rms}$ 和测量的DC总线电压 $V_{bus}$ 需要对频率参考值 $f_{ref}$ 所作的任何频率偏差。

[0042] 在确定复合频率偏差 $\Delta f_c$ 的基础上,技术50在步骤82继续,在该步骤中,复合频率偏差 $\Delta f_c$ 被应用到频率参考 $f_{ref}$ ,并且从频率参考 $f_{ref}$ 中减掉,以便修正应用到PWM逆变器24的命令信号36中的频率参考值的频率值(即,产生修正后的频率参考值 $f_{set}$ )。因此,当第一频率偏差 $\Delta f_1$ 大于第二频率偏差 $\Delta f_2$ 时,那么修正后的频率参考值 $f_{set}$ 将具有一频率值,该频率值与被应用复合频率偏差 $\Delta f_c$ 之前的初始频率参考值 $f_{ref}$ 相比被减小。相反的,当第二频率偏差 $\Delta f_2$ 大于第一频率偏差 $\Delta f_1$ 时,那么修正后的频率参考值 $f_{set}$ 将具有一频率值,该频率值与被应用复合频率偏差 $\Delta f_c$ 之前的初始频率参考值 $f_{ref}$ 相比被增大。

[0043] 如图5所示,在将复合频率偏差 $\Delta f_c$ 应用到频率参考值 $f_{ref}$ 以产生修正后的频率参考值 $f_{set}$ ,技术50通过循环的方式返回到步骤54而得以继续,在该步骤54中,再次判断电动机当前是否正在加速。如果电动机被确定为仍然在加速56,那么该技术50通过确定/产生合适的复合频率偏差 $\Delta f_c$ 的另一次循环以应用于频率参考值 $f_{ref}$ ,其将导致PWM逆变器产生这样的输出功率:即,使RMS电流 $I_{rms}$ 和DC总线电压 $V_{bus}$ 保持低于确定的过电流跳闸故障设置值。因此技术50在感应电动机26的快速启动时期的过程期间提供从中输出的复合频率偏差 $\Delta f_c$ 值的逐步的调节/更新。

[0044] 在运行技术50的每次循环中,如果在步骤54中判断电动机未加速84,那么技术在步骤86继续,在该步骤86中,第一频率偏差 $\Delta f_1$ 和第二频率偏差 $\Delta f_2$ 被设置为零(即零偏差)。那么该技术50在步骤80,82继续,这样在步骤80、82中,复合频率偏差 $\Delta f_c$ 将为零并且修正后的频率参考值 $f_{set}$ 与频率参考值 $f_{ref}$ 相比将不改变。

[0045] 因此,根据本发明的实施例,为感应电动机的快速启动期间控制电动机驱动的操作提供一种控制方案和技术。在快速启动期间,在电动机加速的同时,监测施加到感应电动机的RMS电流 $I_{rms}$ 和存在于电动机控制的DC总线上的DC总线电压 $V_{bus}$ 。基于RMS电流 $I_{rms}$ 和DC总线电压 $V_{bus}$ 值,频率偏差被逐步地应用到由电动机驱动的控制信号产生的命令信号的频率参考分量上,电动机驱动的PWM逆变器产生响应于包含修正后的参考频率分量的命令信号的输出功率。命令信号中修正后的参考频率分量的存在使得存在于电动机驱动中的RMS电流 $I_{rms}$ 和DC总线电压 $V_{bus}$ 保持在确定的过电流和过电压跳闸故障设置值之下,从而提供了感应电动机的平滑启动。

[0046] 所公开的方法和装置的技术贡献在于,提供了一种计算机实现的技术,用于在感应电动机的快速启动期间控制电动机驱动的操作。该技术在感应电动机快速启动时期的过程期间逐步地调节应用到命令信号的参考频率分量的频率偏差值,从而使电动机驱动输出的电动机电流和存在于电动机驱动中的DC总线电压保持在确定的过电流和过电压跳闸故障设置值之下,从而确保感应电动机的平滑启动。

[0047] 因此,根据本发明的一个实施例,AC电动机的控制操作系统包括AC电动机驱动,该AC电动机驱动具有能连接到AC电源的输入、以及能连接到AC电动机输入端的输出,其中AC电动机驱动进一步包括:连接到该输入的整流器;通过DC总线连接到该整流器的脉宽调制

(PWM)逆变器,该逆变器具有多个开关以控制AC电动机中的电流流动和端电压;以及连接到PWM逆变器的控制系统,该控制系统被配置成产生命令信号以使PWM逆变器控制与AC电动机的输入对应的AC电动机驱动的输出,其中命令信号包括频率参考值和电压参考值。该控制系统包括启动调节器,启动调节器有选择地能在AC电动机的加速到期望参考速度的启动加速期间进行操作,其中启动调节器被设计以便判定施加到AC电动机的电动机电流以及DC总线电压中的每一者,产生第一频率偏差,使得在电动机电流大于参考电流阈值时使命令信号的频率参考值减小,以及产生第二频率偏差,使得在DC总线电压大于参考电压阈值时使命令信号的频率参考值增大。

[0048] 根据本发明的另一实施例,一种用于在处于通过电动机驱动的方式操作的启动模式的AC电动机的加速期间控制AC电动机操作的方法包括,基于AC电动机的期望速度在电动机驱动的控制系统中产生命令信号的步骤,该命令信号包括频率参考值和电压参考值。该方法也包括以下步骤:向电动机驱动的脉冲宽度调制(PWM)逆变器发送命令信号以控制PWM逆变器的输出从而由此控制AC电动机中的电流流动和端电压,并且在操作的启动模式期间基于施加到AC电动机的电动机电流和电动机驱动的DC总线上的电压逐步地调节向PWM逆变器发送的命令信号。逐步调节命令信号的步骤进一步包括确定施加到AC电动机的电动机电流以及DC总线电压,分别将电动机电流与参考电流阈值比较以及将DC总线电压与参考电压阈值比较,如果电动机电流大于参考电流阈值则减小命令信号中的频率参考值,以及如果DC总线电压大于参考电压阈值则增大命令信号中的频率参考值。

[0049] 根据本发明的又一实施例,控制电压和电流从AC电源传输到AC电动机的AC电动机驱动包括:分别能连接到AC电源和AC电动机输入端子的输入和输出;连接到该输入的整流器;以及通过DC总线连接到整流器的脉冲宽度调制(PWM)逆变器,该逆变器具有多个开关以便控制AC电动机中的电流流动和端电压。AC电动机驱动还包括连接到PWM逆变器的控制系统,该控制系统被配置成确定施加到AC电动机的均方根(RMS)电流和DC总线电压中的每一者并且将RMS电流和DC总线电压分别与参考电流阈值和参考电压阈值进行比较。控制系统进一步被配置为基于RMS电流值与参考电流阈值的比较确定第一频率偏差,基于DC总线电压与参考电压阈值的比较确定第二频率偏差,将第一频率偏差和第二频率偏差组合来确定复合频率偏差,以及基于复合频率偏差在命令信号中产生修正后的频率参考值。

[0050] 已经根据优选实施例描述了本发明,应该认识到,除那些明确记载之外的等同物、替代物以及修改,都是可能的,并且落在所附权利要求的范围内。

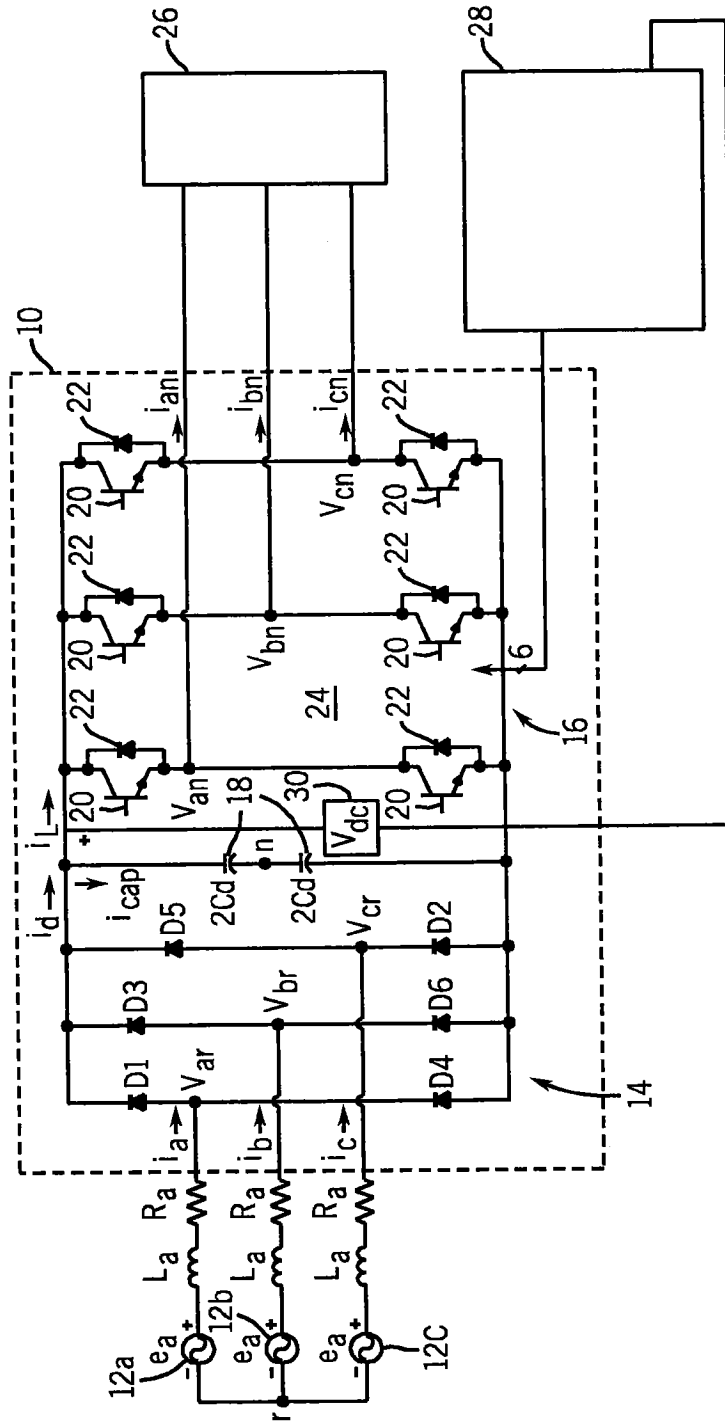


图1

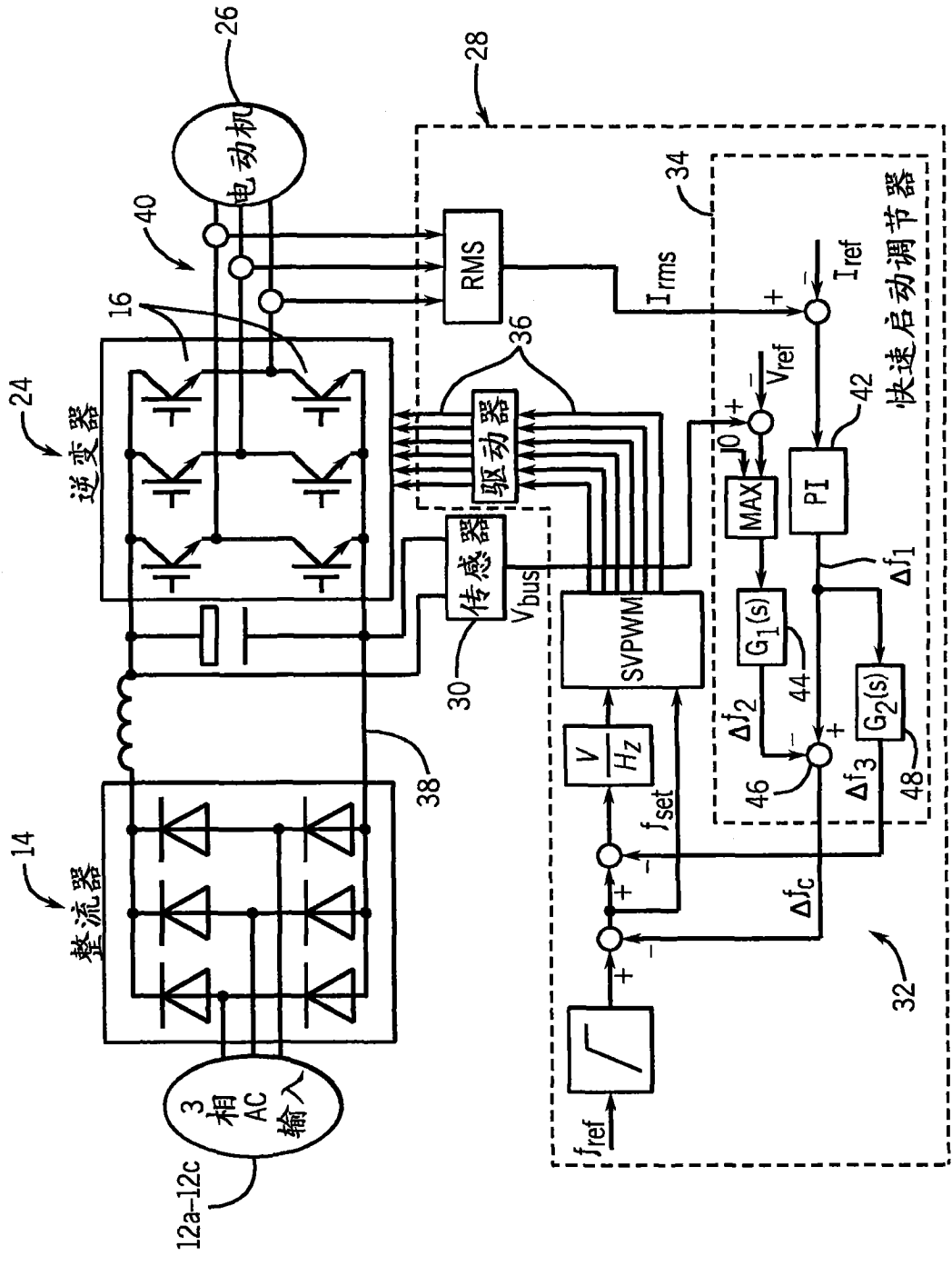


图2

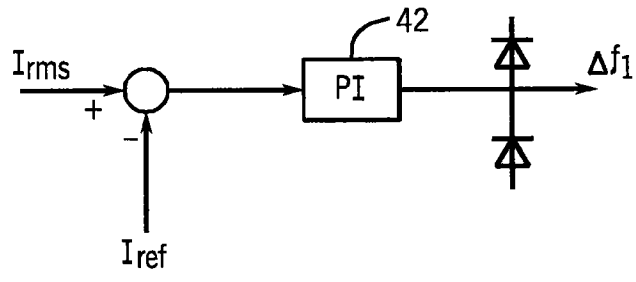


图3

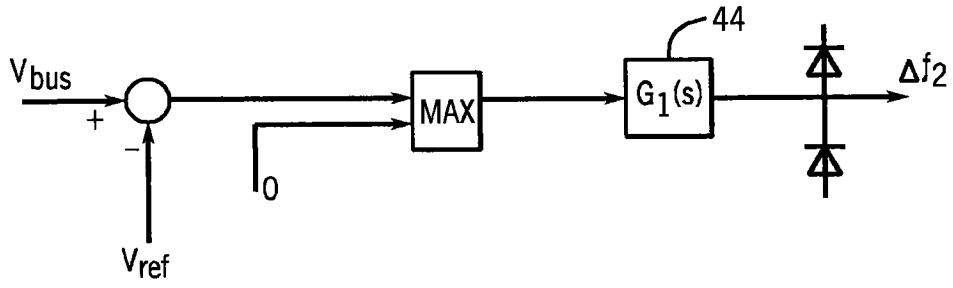


图4

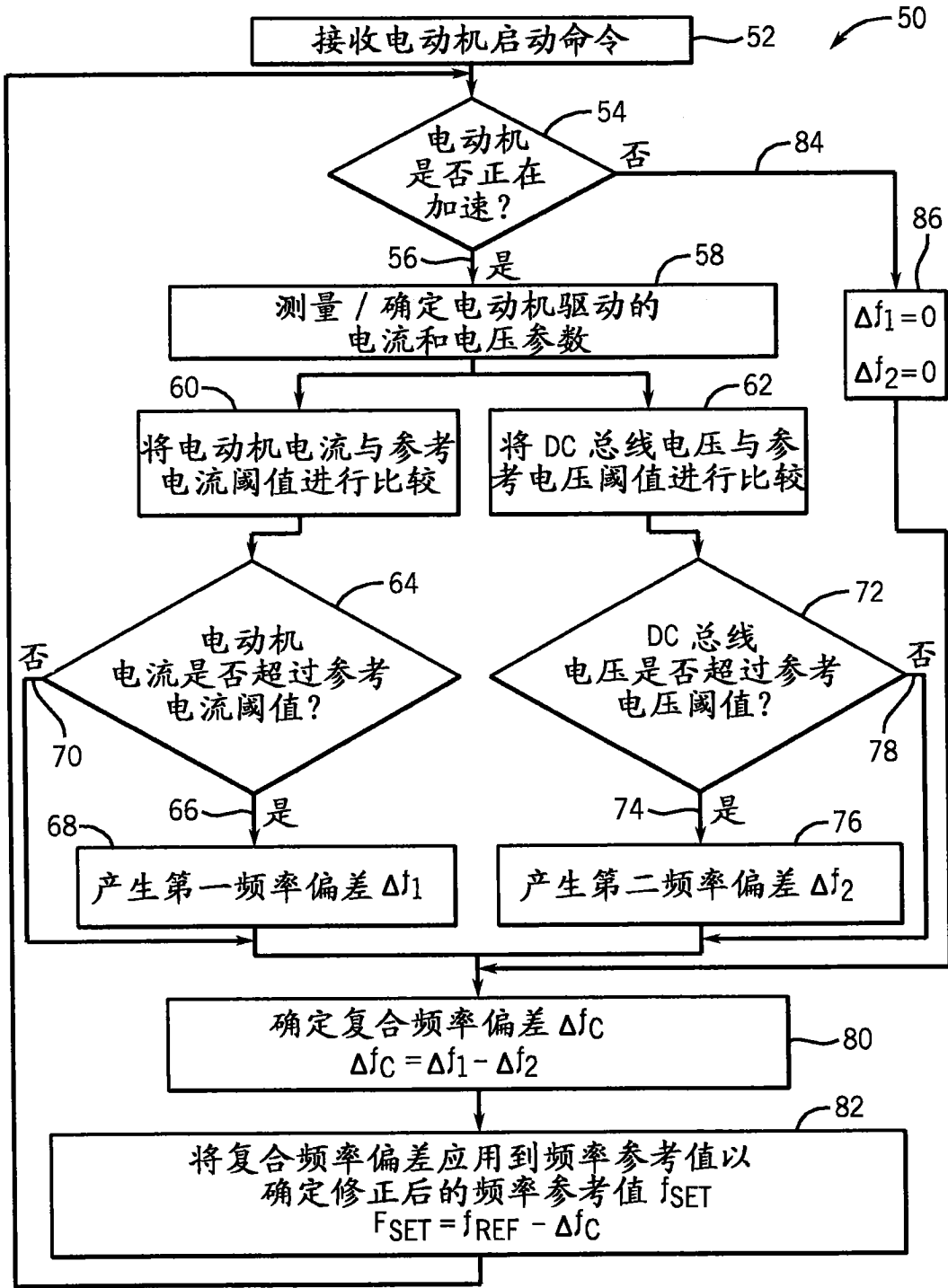


图5