(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105453414 A
(43)申请公布日 2016.03.30

(21)申请号 201480044180.1
(22)申请日 2014.07.30
(30)优先权数据
2013-165877 2013.08.09 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.02.04
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2014/001407 2014.07.30
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/019143 EN 2015.02.12
(71)申请人 丰田自动车株式会社
地址 日本爱知县
(72)发明人 山川隼史 冈村贤树 高松直义
(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所 11247
代理人 崔雁 杨晓光
(51)Int.Cl.
*H02P 27/06*(2006.01)

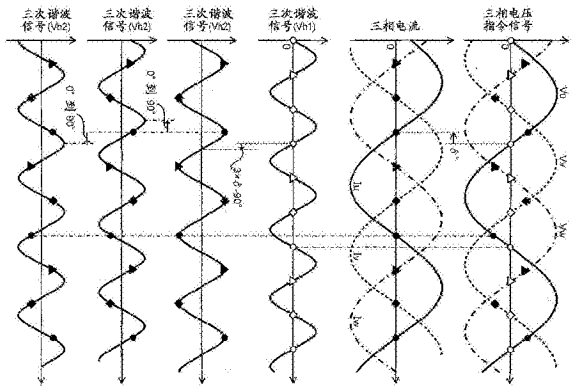
权利要求书1页 说明书14页 附图11页

(54)发明名称

电动机控制器

(57)摘要

提供一种用于控制电动机系统的电动机控制器，该电动机系统包括电力变换器、平滑电容器、以及三相AC电动机。电动机控制器包括：生成单元，其被配置为通过将三次谐波信号加到相电压指令信号上来产生调制信号；以及控制单元，其被配置为使用调制信号控制电力变换器的操作。三次谐波信号包括第一信号分量，当在各相中相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，该第一信号分量使调制信号的信号电平的绝对值大于相电压指令信号的信号电平的绝对值。




CN 105453414 A

1.一种用于电动机系统的电动机控制器，该电动机系统包括：DC电源；电力变换器，其被配置为将从所述DC电源提供的DC电力转换为AC电力；平滑电容器，其与所述电力变换器并联地电连接；以及三相AC电动机，其通过从所述电力变换器输出的所述AC电力而被驱动，所述电动机控制器包括：

电子控制单元，其被配置为：

(a)通过将三次谐波信号加到相电压指令信号上来产生调制信号，该相电压指令信号定义所述三相AC电动机的操作，所述三次谐波信号包括第一信号分量，当在所述三相AC电动机的各相中被提供给所述三相AC电动机的相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，该第一信号分量使所述调制信号的信号电平的绝对值大于所述相电压指令信号的信号电平的绝对值；以及

(b)使用所述调制信号控制所述电力变换器的操作。

2.根据权利要求1所述的电动机控制器，

其中所述第一信号分量包括这样的信号分量：当预期相的所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，在该信号分量中，(i)信号电平的绝对值变得大于零，并且(ii)该信号电平的极性变为与所述预期相的所述相电压指令信号的极性相同。

3.根据权利要求1所述的电动机控制器，

其中所述第一信号分量包括这样的信号分量：当预期相的所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，在该信号分量中，(i)信号电平的绝对值变为最大值，并且(ii)该信号电平的极性变为与所述预期相的所述相电压指令信号的极性相同。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的电动机控制器，

其中所述三次谐波信号包括第二信号分量，当所述相电压指令信号的信号电平的绝对值变为最小值时，在该第二信号分量中，信号电平的绝对值变为最小值。

5.根据权利要求1至4中任一项所述的电动机控制器，其中：

所述电力变换器包括开关元件，

所述电子控制单元通过以下方式控制所述电力变换器的操作：即，根据所述调制信号与具有预定频率的载波信号的大小关系来控制所述开关元件，并且

所述电子控制单元调整所述载波信号的频率，以便基于所述调制信号而被控制的所述开关元件的开关计数接近基于所述相电压指令信号而被控制的所述开关元件的开关计数。

6.根据权利要求5所述的电动机控制器，

其中所述电子控制单元调整所述载波信号的频率，以便基于所述调制信号而被控制的所述开关元件的开关计数与基于所述相电压指令信号而被控制的所述开关元件的开关计数一致。

7.根据权利要求5或6所述的电动机控制器，

其中所述电子控制单元增大所述载波信号的频率。

# 电动机控制器

## 技术领域

[0001] 本发明例如涉及电动机控制器的技术领域，该电动机控制器被配置为控制包括三相交流(AC)电动机的电动机系统。

## 背景技术

[0002] 作为用于驱动三相AC电动机的一个控制方法实例，存在脉宽调制(PWM)控制。PWM控制根据相电压指令信号与具有预定频率的载波信号的大小关系来控制将直流(DC)电压(DC电力)转换为AC电压(AC电力)的电力变换器，该相电压指令信号根据以下观点而设定：即，使被提供给三相AC电动机的相电流与预期值一致(请参阅公开号为2004-120853的日本专利申请(JP 2004-120853 A))。需要指出，PWM控制还用于控制将AC电压转换为DC电压的电力变换器(请参阅公开号为2010-263775的日本专利申请(JP 2010-263775 A))。

[0003] 同时，用于抑制被输入到电力变换器或从电力变换器输出的DC电压中的波动的平滑电容器通常与电力变换器并联地电连接。近几年，经常通过减小平滑电容器的容量来减小平滑电容器的尺寸。但是，当平滑电容器的容量减小时，平滑电容器的端子间电压的纹波(所谓的脉动分量)可能相对地增加。因此，JP 2010-263775 A和JP 2004-120853 A公开了使用三次谐波信号抑制(减小)上述平滑电容器的端子间电压的纹波的技术。具体而言，JP 2010-263775 A公开了这样一种技术：即，控制包括电力变换器的开关元件，以使来自AC电源的输入电流的电流波形与具有与AC电源相同频率的正弦波和三次谐波的合成波一致。JP 2004-120853 A公开了这样一种技术：即，使用通过叠加三相调制波和三次谐振波而获得的调制波执行PWM控制，从而控制作为电力变换器实例的逆变器(inverter)电路。

## 发明内容

[0004] 然而，根据导致产生平滑电容器的端子间电压的纹波的因素，存在一种技术问题：即，仅通过JP 2010-263775 A和JP 2004-120853A中公开的技术无法充分抑制平滑电容器的端子间电压的纹波。

[0005] 本发明提供一种能够适当地抑制平滑电容器的端子间电压的纹波的电动机控制器。

[0006] <1>根据本发明的第一方面的用于电动机系统的电动机控制器，该电动机系统包括：DC电源；电力变换器，其被配置为将从所述DC电源提供的DC电力转换为AC电力；平滑电容器，其与所述电力变换器并联地电连接；以及三相AC电动机，其通过从所述电力变换器输出的所述AC电力而被驱动，所述电动机控制器包括：电子控制单元，其被配置为：(a)通过将三次谐波信号加到相电压指令信号上来产生调制信号，该相电压指令信号定义所述三相AC电动机的操作，所述三次谐波信号包括第一信号分量，当在所述三相AC电动机的各相中被提供给所述三相AC电动机的相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，该第一信号分量使所述调制信号的信号电平的绝对值大于所述相电压指令信号的信号电平的绝对值；以及(b)使用所述调制信号控制所述电力变换器的操作。

[0007] 依照根据本发明的此方面的电动机控制器，可以控制电动机系统。要由所述电动机控制器控制的电动机系统包括DC电源、平滑电容器、电力变换器和三相AC电动机。DC电源输出DC电力(即，DC电压或DC电流)。平滑电容器与电力变换器并联地电连接。一般而言，平滑电容器与DC电源并联地电连接。因此，平滑电容器可抑制平滑电容器的端子间电压(即，DC电源和电力变换器的各自的端子间电压)的波动。电压变换器将从DC电源提供的DC电力转换为AC电力(通常是指三相AC电力)。因此，三相AC电动机通过从电力变换器提供给三相AC电动机的AC电力而被驱动。

[0008] 为了控制此类电动机系统，电动机控制器包括ECU(生成装置和控制装置)。

[0009] 生成装置通过将三次谐波信号加到相电压指令信号上来产生调制信号。换言之，生成装置将三次谐波信号加到与三相AC电动机的各相对应(即，与U相、V相和W相这三相中的每一相对应)的相电压指令信号上。结果，生成装置产生与三相AC电动机的各相对应(即，与U相、V相和W相这三相中的每一相对应)的调制信号。

[0010] 相电压指令信号是定义三相AC电动机的操作的AC信号。例如，相电压指令信号可根据以下观点而被适当地设定：即，使来自三相AC电动机的转矩输出与预期值一致。

[0011] 三次谐波信号是具有为相电压指令信号的频率三倍的频率的信号(通常为AC信号)。在本发明中，三次谐波信号特别地包括第一信号分量，该第一信号分量是在被提供给三相AC电动机的相电流的信号电平(例如，基于零电平或基准电平的信号电平)的绝对值变为最小值(通常为零)时起作用实现下面的状态的三次谐波信号。需要指出，所述第一信号分量也可以是在相电流的信号电平的绝对值变为最小值时之外的时间不起作用实现下面的状态的三次谐波信号。然而，所述第一信号分量还可以是，即使在相电流的信号电平的绝对值变为最小值时之外的时间也起作用实现下面的状态的三次谐波信号。

[0012] 具体而言，所述第一信号分量是这样的信号分量：当各相中的所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值(通常为零)时，该信号分量起作用使所述调制信号的信号电平的绝对值大于所述相电压指令信号的信号电平的绝对值。换言之，所述第一信号分量是这样的信号分量：该信号分量起作用使在各相中当所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时的所述调制信号的信号电平的绝对值大于同一时间上的所述相电压指令信号的信号电平的绝对值。例如，在关注三相之中的预期相的情况下，在包括第一信号分量的三次谐波信号被加到所述预期相的相电压信号上时，当所述预期相的相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，所述预期相的调制信号的信号电平的绝对值变得大于所述预期相的相电压指令信号的信号电平的绝对值。

[0013] 需要指出，作为所述三次谐波信号，也可使用对于所述三相AC电动机的所有三相通用的通用三次谐波信号。在上述情况下，该通用三次谐波信号可被加到各相的所述相电压指令信号上。另一方面，作为所述三次谐波信号，也可使用为所述三相AC电动机的三个相中的每一者单独准备的三次谐波信号。在上述情况下，与各相对应的所述三次谐波相位也可被加到各相的所述相电压指令信号上。

[0014] 控制装置使用所述生成装置所产生的所述调制信号来控制所述电力变换器的操作。例如，所述控制装置也可根据所述调制信号与具有预定频率的载波信号的大小关系来控制所述电力变换器的操作。因此，所述电力变换器根据所述相电压指令信号将AC电力提供给所述三相AC电动机。因此，所述三相AC电动机以根据所述相电压指令信号的模式而被

驱动。

[0015] 根据上述电动机控制器，可以更有利地抑制所述平滑电容器的端子间电压的纹波。原因将在下文描述。

[0016] 最重要的是，所述平滑电容器的端子间电压的纹波可能在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值(通常为零)时产生。更具体地说，与可能在其它时间产生的纹波相比，在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时局部产生的纹波相对较大。在此，可能导致在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时产生相对较大的纹波的因素是：当所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，所述电力变换器的工作状态进入特定状态(例如，回流模式，在该模式下，从所述DC电源提供的DC电力的大部分被提供给所述平滑电容器，而非被提供给所述电力变换器，像下面参考附图解释的那样)。当考虑导致纹波产生的这种因素时，可以通过以下方式抑制在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时产生相对较大的纹波：即，调整(一般是缩短)在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时所述电力变换器的工作状态进入特定状态的时段。

[0017] 因此，如上所述，当所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，本发明的电动机控制器使所述调制信号的信号电平的绝对值大于所述相电压指令信号的信号电平的绝对值。结果，由于所述电动机控制器可使用所述调制信号控制所述电力变换器的操作，因此，当所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，所述电动机控制器可以强制将所述电力变换器的工作状态从特定状态更改为另一状态。一般而言，与使用尚未加上三次谐波信号的相电压指令信号控制所述电力变换器的操作的情况相比，当所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，所述电动机控制器可以立即将所述电力变换器的工作状态从特定状态更改为另一状态。换言之，在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，所述电动机控制器可以相对地缩短所述电力变换器的工作状态进入特定状态的时段。因此，所述电动机控制器可以有利地抑制在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时产生相对较大的纹波。换言之，所述电动机控制器可以有利地抑制所述平滑电容器的端子间电压的纹波。

[0018] <2>在本发明的电动机控制器的第二方面，所述第一信号分量可包括这样的信号分量：当预期相的所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，在该信号分量中，(i)信号电平的绝对值变得大于零，并且(ii)该信号电平的极性变为与所述预期相的所述相电压指令信号的极性相同。

[0019] 根据此方面，所述电动机控制器可通过将包括这种第一信号分量的三次谐波信号加到所述相电压指令信号上，来适当地抑制在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时产生相对大的纹波。

[0020] <3>在本发明的电动机控制器的第三方面，所述第一信号分量可包括这样的信号分量：当预期相的所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，在该信号分量中，(i)信号电平的绝对值变为最大值，并且(ii)该信号电平的极性变为与所述预期相的所述相电压指令信号的极性相同。

[0021] 根据此方面，所述电动机控制器可通过将包括这种第一信号分量的三次谐波信号加到所述相电压指令信号上，来更适当地抑制在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时产生相对大的纹波。

[0022] <4>在本发明的电动机控制器的第四方面，所述三次谐波信号可包括第二信号分量，当所述相电压指令信号的信号电平的绝对值变为最小值时，在该第二信号分量中，信号电平的绝对值变为最小值。

[0023] 根据此方面，所述电动机控制器可通过将包括这种第二信号分量的三次谐波信号加到所述相电压指令信号上，适当地抑制产生由于所述电力变换器的工作状态在所述相电流的信号电平的绝对值变为最小值时之外的时间变为特定状态而导致的纹波。

[0024] <5>在本发明的电动机控制器的第五方面，所述电力变换器包括开关元件，并且ECU(调整装置)可通过根据所述调制信号与具有预定频率的载波信号的大小关系来控制所述开关元件而控制所述电力变换器的操作，并且调整所述载波信号的频率，以便基于所述调制信号而被控制的所述开关元件的开关计数接近基于所述相电压指令信号而被控制的所述开关元件的开关计数。

[0025] 如下面参考附图更详细地解释，当所述载波信号的频率未被调整时，基于所述调制信号而被控制的所述开关元件的开关计数通常变得小于基于所述相电压指令信号而被控制的所述开关元件的开关计数。因此，当所述电力变换器基于所述调制信号而被控制时，与所述电力变换器基于所述相电压指令信号而被控制的情况相比，由于所述开关计数减少，因此所述电力变换器的损耗通常也减小。

[0026] 同时，当所述载波信号的频率被调整(通常是被增大)时，与所述载波信号的频率未被调整(通常是被增大)时的情况相比，基于所述调制信号而被控制的所述开关元件的开关计数会增加。所以，所述调整装置可调整所述载波信号的频率，以便基于所述调制信号而被控制的所述开关元件的开关计数接近基于所述相电压指令信号而被控制的所述开关元件的开关计数。在此，只要所述电动机控制器将所述载波信号的频率调整为基于所述调制信号而被控制的所述开关元件的开关计数不超过基于所述相电压指令信号而被控制的所述开关元件的开关计数的程度，便可适当地产生减小所述电力变换器的损耗的效果(即，损耗不会增加的效果)。因此，所述电动机控制器可以在适当地产生这种减小所述电力变换器的损耗的效果(即，损耗不会增加的效果)的同时，灵活地调整所述载波信号的频率。

[0027] <6>在包括上述调整装置的电动机控制器的第六方面，所述调整装置可调整所述载波信号的频率，以便基于所述调制信号而被控制的所述开关元件的开关计数与基于所述相电压指令信号而被控制的所述开关元件的开关计数一致。

[0028] 根据此方面，所述电动机控制器可以在适当地产生其中所述电力变换器的损耗不增加的效果的同时，调整所述载波信号的频率。

[0029] <7>在包括上述调整装置的电动机控制器的第七方面，所述调整装置增大所述载波信号的频率。

[0030] 根据此方面，所述电动机控制器可以在产生减小所述电力变换器的损耗的效果(即，损耗不增加的效果)的同时，增大所述载波信号的频率(所谓的载波增大)。因此，所述电动机控制器也可以产生所述载波增大导致的所述电力变换器中的噪声减少的效果。

## 附图说明

[0031] 下面将参考附图描述本发明的示例性实施例的特征、优点和技术及工业意义，在这些附图中，相同的附图标记表示相同的部件，其中：

[0032] 图1是示出第一实施例的车辆的配置的框图；

[0033] 图2是示出ECU的配置(特别是用于控制逆变器的操作的配置)的框图；

[0034] 图3是示出第一实施例中的逆变器控制操作的流程的流程图；

[0035] 图4是示出三次谐波信号以及三相电压指令信号和三相电流的图形；

[0036] 图5A和5B分别是解释为何在三相电流值的信号电平的绝对值变为最小值(通常为零)时产生相对较大的纹波的原因的图形和框图；

[0037] 图6A和6B是示出在三次谐波信号被加到三相电压指令信号上时产生的纹波与在三次谐波信号未被加到三相电压指令信号上时产生的纹波的比较的图形；

[0038] 图7是示出三次谐波信号以及三相电压指令信号和三相电流的另一实例的图形；

[0039] 图8是示出第二实施例的车辆的配置的框图；

[0040] 图9是示出第二实施例中的逆变器控制操作的流程的流程图；以及

[0041] 图10A到10C是示出U相电压指令信号和U相调制信号与载波信号的大小关系，以及基于上述大小关系而产生的U相PWM信号的图形。

## 具体实施方式

[0042] 现在解释车辆控制器的实施例。

[0043] (1)第一实施例

[0044] 首先参考图1到7解释第一实施例。

[0045] (1-1)第一实施例的车辆的配置

[0046] 首先参考图1解释第一实施例的车辆1的配置。图1是示出第一实施例的车辆1的配置的框图。

[0047] 如图1所示，车辆1包括DC电源11、平滑电动器12、作为“电力变换器”的具体实例的逆变器13、作为“三相AC电动机”的具体实例的电动发电机14、以及作为“电动机控制器”的具体实例的电子控制单元(ECU)15。

[0048] DC电源11是可充电的蓄电装置。作为DC电源11的实例，例如存在二次电池(例如，镍金属氢化物电池或锂离子电池)以及电容器(例如，电双层相电容器或大容量电容器)。

[0049] 平滑电容器12是连接在DC电源11的正电极线与DC电源11的负电极线之间的电压平滑电容器。换言之，平滑电容器12是用于对正电极线与负电极线之间的端子间电压VH的波动进行平滑处理的电容器。

[0050] 逆变器13将从DC电源11提供的DC电力(DC电压)转换为AC电力(三相AC电压)。为了将DC电力(DC电压)转换为AC电力(三相AC电压)，逆变器13配备U相臂(包括p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun)、V相臂(包括p侧开关元件Qvp和n侧开关元件Qvn)、以及W相臂(包括p侧开关元件Qwp和n侧开关元件Qwn)。逆变器13的各个臂并联地连接在正电极线与负电极线之间。p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun串联地连接在正电极线与负电极线之间。同样应用于p侧开关元件Qvp和n侧开关元件Qvn，以及p侧开关元件Qwp和n侧开关元件Qwn。与p侧开关元件Qup连接的是整流二极管Dup，该二极管使电流从p侧开关元件Qup的发射极端子流到p侧开关元件Qup的集电极端子。整流二极管Dun到整流二极管Dwn也以类似的方式分别被连接到n侧开关元件Qun到n侧开关元件Qwn。逆变器13中各个相臂的上臂(即，每个p侧开关元件)与下臂(即，每个n侧开关元件)之间的中间点被连接到电动发电机14的每个相线圈。因

此，作为逆变器13的转换操作的结果而产生的AC电力(三相AC电压)被提供给电动发电机14。

[0051] 电动发电机14是三相AC电动发电机。电动发电机14被驱动，以便产生车辆1行使所需的转矩。电动发电机14产生的转矩经由驱动轴被传输到驱动轮，该驱动轴与电动发电机14的旋转轴机械地耦合。需要指出，电动发电机14还在车辆1的制动期间执行电力再生(发电)。

[0052] ECU 15是用于控制车辆1的操作的电子控制单元。特别地，在第一实施例中，ECU 15执行逆变器控制操作，以控制逆变器13的操作。需要指出，ECU 15执行的逆变器控制操作将在下文详细地描述(参考图3和4)。

[0053] 现在参考图2解释ECU 15的配置(尤其是指用于控制逆变器13的操作的配置)。图2是示出ECU 15的配置的框图(尤其是指用于控制逆变器13的操作的配置)、

[0054] 如图2所示，ECU 15包括电流指令变换器151、三相/两相变换单元152、电流控制单元153、两相/三相变换单元154、谐波产生单元155、作为“生成装置”的具体实例的加法器156u、作为“生成装置”的具体实例的加法器156v、作为“生成装置”的具体实例的加法器156w、以及作为“控制装置”的具体实例的PWM变换单元157。

[0055] 电流指令变换器151基于三相AC电动机14的转矩指令值TR产生两相电流指令信号(即，d轴电流指令信号Idtg和q轴电流指令信号Iqtg)。电流指令变换器151将d轴电流指令信号Idtg和q轴电流指令信号Iqtg输出到电流控制单元153。

[0056] 三相/两相变换单元152从逆变器13获取V相电流Iv和W相电流Iw作为反馈信息。三相/两相变换单元152将与三相电流值对应的V相电流Iv和W相电流Iw转换为与两相电流值对应的d轴电流Id和q轴电流Iq。三相/两相变换单元152将d轴电流Id和q轴电流Iq输出到电流控制单元153。

[0057] 电流控制单元153基于从电流指令变换器151输出的d轴电流指令信号Idtg和q轴电流指令信号Iqtg，与从三相/两相变换单元152输出的d轴电流Id和q轴电流Iq之间的差值，产生与两相电压指令信号对应的d轴电压指令信号Vd和q轴电压指令信号Vq。电流控制单元153将d轴电压指令信号Vd和q轴电压指令信号Vq输出到两相/三相变换单元154。

[0058] 两相/三相变换单元154将d轴电压指令信号Vd和q轴电压指令信号Vq转换为U相电压指令信号Vu、V相电压指令信号Vv和W相电压指令信号Vw作为三相电压指令信号。两相/三相变换单元154将U相电压指令信号Vu输出到加法器156u。类似地，两相/三相变换单元154将V相电压指令信号Vv输出到加法器156v。类似地，两相/三相变换单元154将W相电压指令信号Vw输出到加法器156w。

[0059] 谐波产生单元155产生三次谐波信号，该谐波信号的频率是三相电压指令信号(即，U相电压指令信号Vu、V相电压指令信号Vv和W相电压指令信号Vw)和三相电流值(即，U相电流Iu、V相电流Iv和W相电流Iw)的频率的三倍。特别地，在第一实施例中，谐波产生单元155产生两种三次谐波信号Vh1和Vh2。需要指出，这两种三次谐波信号Vh1和Vh2将在下面详细地解释(参考图3和4)。

[0060] 加法器156u将谐波产生单元155产生的两种三次谐波信号Vh1和Vh2与从两相/三相变换单元154输出的U相电压指令信号Vu相加。因此，加法器156u产生U相调制信号Vmu(=Vu+Vh1+Vh2)。加法器156u将U相调制信号Vmu输出到PWM变换单元157。

[0061] 加法器156v将谐波产生单元155产生的两种三次谐波信号Vh1和Vh2与从两相/三相变换单元154输出的V相电压指令信号Vv相加。因此，加法器156v产生V相调制信号Vmv(＝Vv+Vh1+Vh2)。加法器156v将V相调制信号Vmv输出到PWM变换单元157。

[0062] 加法器156w将谐波产生单元155产生的两种三次谐波信号Vh1和Vh2与从两相/三相变换单元154输出的W相电压指令信号Vw相加。因此，加法器156w产生W相调制信号Vmw(＝Vw+Vh1+Vh2)。加法器156w将W相调制信号Vmw输出到PWM变换单元157。

[0063] PWM变换单元157基于具有预定载波频率f的载波信号C与U相调制信号Vmu的大小关系产生用于驱动p侧开关元件Qup的U相PWM信号Gup和用于驱动n侧开关元件Qun的U相PWM信号Gun。例如当U相调制信号Vmu(处于小于载波信号C的状态)与载波信号C一致时，PWM变换单元157可产生用于接通p侧开关元件Qup的U相PWM信号Gup和Gun。同时，例如当U相调制信号Vmu(处于大于载波信号C的状态)与载波信号C一致时，PWM变换单元157产生用于接通n侧开关元件Qun的U相PWM信号Gup和Gun。PWM变换单元157将U相PWM信号Gup和Gun输出到逆变器13。因此，逆变器13(尤其是指构成逆变器13的U相臂的p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun)根据U相PWM信号Gup和Gun而被操作。

[0064] 此外，PWM变换单元157基于载波信号C与V相调制信号Vmv的大小关系产生用于驱动p侧开关元件Qvp的V相PWM信号Gvp和用于驱动n侧开关元件Qvn的V相PWM信号Gvn。另外，PWM变换单元157基于载波信号C与W相调制信号Vmw的大小关系产生用于驱动p侧开关元件Qwp的W相PWM信号Gwp和用于驱动n侧开关元件Qwn的W相PWM信号Gwn。产生V相PWM信号Gvp和Gvn以及W相PWM信号Gwp和Gwn的模式与产生U相PWM信号Gup和Gun的模式相同。

[0065] (1-2)第一实施例中的逆变器控制操作的流程

[0066] 现在参考图3解释在第一实施例的车辆1中执行的逆变器控制操作(即，ECU 15执行的逆变器控制操作)的流程。图3是示出第一实施例中的逆变器控制操作的流程的流程图。

[0067] 如图3所示，两相/三相变换单元154产生三相电压指令信号(即，U相电压指令信号Vu、V相电压指令信号Vv和W相电压指令信号Vw)(步骤S11)。需要指出，产生三相电压指令信号的方法依照上面参考图2描述的方法。

[0068] 与步骤S11的操作并行，或者在此操作之前或之后，三次谐波产生单元155产生作为“第二信号分量”的具体实例的三次谐波信号Vh1(步骤S12)。与步骤S11和步骤S12的操作并行，或者在此操作之前或之后，三次谐波产生单元155产生作为“第一信号分量”的具体实例的三次谐波信号Vh2(步骤S13)。

[0069] 在此，参考图4解释三次谐波信号Vh1和Vh2。图4是示出三次谐波信号Vh1和Vh2以及三相电压指令信号和三相电流的图形。

[0070] 如图4的第三图形所示，三次谐波信号Vh1是这样的三次谐波信号：当U相电压指令信号Vu、V相电压指令信号Vv和W相电压指令信号Vw中的每一者的信号电平的绝对值变为最小值时(请参阅图4的第一图形)，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最小值。换言之，三次谐波信号Vh1是满足以下条件的三次谐波信号：即，其中U相电压指令信号Vu、V相电压指令信号Vv和W相电压指令信号Vw中的每一者的信号电平的绝对值变为最小值时的相位与其中三次谐波信号Vh1的信号电平的绝对值变为最小值时的相位一致。换言之，三次谐波信号Vh1是这样的三次谐波信号：当至少一个相电压指令信号的信号电平的绝对值变为

最小值时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最小值。

[0071] 例如，三次谐波信号Vh1也可以是这样的三次谐波信号：当U相电压指令信号Vu、V相电压指令信号Vv和W相电压指令信号Vw中的每一者的信号电平变为零时，在该三次谐波信号中，信号电平变为零。换言之，三次谐波信号Vh1也可以是满足以下条件的三次谐波信号：即，其中U相电压指令信号Vu、V相电压指令信号Vv和W相电压指令信号Vw中的每一者的信号电平变为零时的相位与其中三次谐波信号Vh1的信号电平变为零时的相位一致。

[0072] 在图4的第三图形所示的实例中，例如，当U相电压指令信号Vu的信号电平变为零时(请参阅图4中的白色圆形)，三次谐波信号Vh1的信号电平变为零。类似地，当V相电压指令信号Vv的信号电平变为零时(请参阅图4中的白色方块)，三次谐波信号Vh1的信号电平变为零。类似地，当W相电压指令信号Vw的信号电平变为零时(请参阅图4中的白色三角形)，三次谐波信号Vh1的信号电平变为零。

[0073] 谐波产生单元155也可以通过参考两相/三相变换单元154所产生的三相电压指令信号来产生三次谐波信号Vh1。例如，谐波产生单元155可以通过以下方式产生三次谐波信号Vh1：即，根据两相/三相变换单元154所产生的三相电压指令信号的相位，移动借助存储在存储器等中的参数而规定的三次谐波信号的基本信号的相位。另外，例如，谐波产生单元155也可以通过以下方式产生三次谐波信号Vh1：即，通过分割三相电压指令信号来产生三次谐波信号的基本信号，并且根据两相/三相变换单元154所产生的三相电压指令信号的相位移动所产生的基本信号的相位。

[0074] 同时，如图4的第四图形所示，三次谐波信号Vh2是这样的三次谐波信号：当U相电流Iu、V相电流Iv和W相电流Iw中的每一者的信号电平的绝对值变为最小值时(请参阅图4的第二图形)，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最大值。换言之，三次谐波信号Vh2是满足以下条件的三次谐波信号：即，其中U相电流Iu、V相电流Iv和W相电流Iw中的每一者的信号电平的绝对值变为最小值时的相位与其中三次谐波信号Vh2的信号电平的绝对值变为最大值时的相位一致。换言之，三次谐波信号Vh2是这样的三次谐波信号：当至少一个相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最大值。

[0075] 例如，三次谐波信号Vh2也可以是这样的三次谐波信号：当U相电流Iu、V相电流Iv和W相电流Iw中的每一者的信号电平变为零时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最大值。

[0076] 此外，三次谐波信号Vh2是这样的三次谐波信号：当U相电流Iu的信号电平的绝对值变为最小值时，该三次谐波信号具有与U相电压指令信号Vu的极性一致的极性。此外，三次谐波信号Vh2是这样的三次谐波信号：当V相电流Iv的信号电平的绝对值变为最小值时，该三次谐波信号具有与V相电压指令信号Vv的极性一致的极性。另外，三次谐波信号Vh2是这样的三次谐波信号：当W相电流Iw的信号电平的绝对值变为最小值时，该三次谐波信号具有与W相电压指令信号Vw的极性一致的极性。换言之，三次谐波信号Vh2是这样的三次谐波信号：当预期相的相电流的信号电平变为最小值时，该三次谐波信号具有与预期相的相电压指令信号一致的极性。

[0077] 在图4的第四图形所示的实例中，例如，(i)当U相电流Iu的信号电平变为零时(请参阅图4中的黑色圆形)，三次谐波信号Vh2的信号电平的绝对值变为最大值；并且(ii)当U

相电流Iu的信号电平变为零时，三次谐波信号Vh2的信号电平的极性与U相电压指令信号Vu的极性一致。类似地，例如，(i)当V相电流Iv的信号电平变为零时(请参阅图4中的黑色方块)，三次谐波信号Vh2的信号电平的绝对值变为最大值；并且(ii)当V相电流Iv的信号电平变为零时，三次谐波信号Vh2的信号电平的极性与V相电压指令信号Vv的极性一致。类似地，例如，(i)当W相电流Iw的信号电平变为零时(请参阅图4中的黑色三角形)，三次谐波信号Vh2的信号电平的绝对值变为最大值；并且(ii)当W相电流Iw的信号电平变为零时，三次谐波信号Vh2的信号电平的极性与W相电压指令信号Vw的极性一致。

[0078] 谐波产生单元155也可以通过参考作为反馈信息从逆变器13获取的三相电流值来产生三次谐波信号Vh2。例如，谐波产生单元155可以通过以下方式产生三次谐波信号Vh2：即，根据三相电流值的相位，移动借助存储在存储器等中的参数而规定的三次谐波信号的基本信号的相位。另外，例如，谐波产生单元155可以通过分割三相电流值或三相电压指令信号来产生三次谐波信号的基本信号，并且可以通过根据三相电流值的相位移动所产生的基本信号的相位来产生三次谐波信号Vh2。

[0079] 另外，当两相/三相变换单元154产生三相电压指令信号时，谐波产生单元155可以计算三相电流的相位的移动长度δ，该移动长度基于三相电压指令信号的相位(例如，其中预期相的三相电流值的信号电平变为零时的相位的移动长度，该移动长度基于其中预期相的三相电压指令信号的信号电平变为零时的相位)。在上述情况下，谐波产生单元155也可以通过以下方式产生三次谐波信号Vh2：即，使三次谐波信号Vh1的相位以根据相位的移动长度δ而定义的量移动。例如，谐波产生单元155也可以通过以下方式产生三次谐波信号Vh2：即，使三次谐波信号Vh1的相位以3×δ°-90°的量移动(但前提是上述相位的移动长度δ的方向(即，从其中预期相的三相电压指令信号的信号电平变为零时的相位朝着其中预期相的三相电流值的信号电平变为零时的相位的方向)是正方向)。另外，谐波产生单元155也可以产生三次谐波信号Vh2，以使这样的相位与其中三次谐波信号Vh2的信号电平变为零时的相位一致：该这样的相位已经被从其中三相电压指令信号的信号电平变为零时的相位移动到以根据移动长度δ定义的量而移动到的相位。例如，谐波产生单元155可以根据三次谐波信号的基本信号等产生三次谐波信号Vh2，以使被从其中三相电压指令信号的信号电平变为零时的相位以δ°-30°的量移动到的相位与其中三次谐波信号Vh2的电平变为零时的相位一致。

[0080] 需要指出，三次谐波信号Vh2不一定是这样的三次谐波信号：当三相电流值的信号电平的绝对值变为最小值时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最大值。具体而言，三次谐波信号Vh2也可以是这样的三次谐波信号：当三相电流值的信号电平的绝对值变为最小值时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变得大于零。换言之，三次谐波信号Vh2也可以是这样的三次谐波信号：当三相电流值的信号电平的绝对值变为最小值时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值不变为零。但即使在上述情况下，三次谐波信号Vh2是这样的三次谐波信号：当预期相的相电流的信号电平变为最小值时，该三次谐波信号具有与预期相的相电压指令信号的极性一致的极性。为了产生在三相电流值的信号电平的绝对值变为最小值时其信号电平的绝对值变得大于零的三次谐波信号Vh2，谐波产生单元155也可以使三次谐波信号Vh1的相位以3×δ°-X°(但前提是0<X<180)的量移动。另外，谐波产生单元155也可以产生三次谐波信号Vh2，以使被从其中三相电压指令信号的信号电平变为零

时的相位以δ°-X/3°的量移动到的相位与其中三次谐波信号Vh2的信号电平变为零时的相位一致。另一方面，为了产生在三相电流值的信号电平的绝对值变为最小值时其信号电平的绝对值的变得大于零的三相谐波信号Vh2，谐波产生单元155也可以使这样的三次谐波信号Vh2的相位以Y°(但前提是-90<Y<90)的量移动：当三相电流值的信号电平的绝对值变为最小值时(请参阅图4的第四图形)，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最大值。需要指出，图4的第五图形示出通过以下方式获取的三次谐波信号Vh2的实例：即，使图4的第四图形所示的三次谐波信号Vh2的相位以Y1°(但前提是0<Y1<90)的量移动。此外，图4的第六图形示出通过以下方式获取的三次谐波信号Vh2的实例：即，使图4的第四图形所示的三次谐波信号Vh2的相位以Y2°(但前提是-90<Y2<0)的量移动。

[0081] 返回参考图3，加法器156u将在步骤S12产生的三次谐波信号Vh1和在步骤S13产生的三次谐波信号Vh2与在步骤S11产生的U相电压指令信号Vu相加。因此，加法器156u产生U相调制信号Vmu(＝Vu+Vh1+Vh2)(步骤S14)。加法器156v类似地产生V相调制信号Vmv(＝Vv+Vh1+Vh2)(步骤S14)。加法器156w也类似地产生W相调制信号Vmw(＝Vw+Vh1+Vh2)(步骤S14)。

[0082] 接下来，PWM变换单元157基于载波信号C与U相调制信号Vmu的大小关系产生U相PWM信号Gup和Gun(步骤S15)。类似地，PWM变换单元157基于载波信号C与V相调制信号Vmv的大小关系产生V相PWM信号Gvp和Gvn(步骤S15)。类似地，PWM变换单元157基于载波信号C与W相调制信号Vmw的大小关系产生W相PWM信号Gwp和Gwn(步骤S15)。因此，逆变器13基于各个PWM信号而被驱动。

[0083] 根据上述第一实施例的逆变器控制操作，与不使用上述三次谐波信号Vh2的比较实例的逆变器控制操作相比，平滑电容器12的端子间电压VH的纹波被适当地抑制。更具体地说，有利地抑制了在三相电流值的信号电平的绝对值变为最小值(通常为零)时产生相对较大的纹波。现在参考图5A和5B以及图6A和6B解释其原因。图5A和5B分别是解释为何在三相电流值的信号电平的绝对值变为最小值(通常为零)时产生相对较大的纹波的原因的图形和框图。图6A和6B是示出在三次谐波信号Vh2被加到三相电压指令信号上时产生的纹波与在三次谐波信号Vh2未被加到三相电压指令信号上时产生的纹波的比较的图形。

[0084] 如图5A所示，当U相电流Iu、V相电流Iv和W相电流Iw中的每一者的信号电平的绝对值变为最小值(在图5A所示的实例中变为零)时，平滑电容器12的端子间电压VH的纹波变得相对较大。通过重点介绍U相电流Iu的信号电平变为零时的情况来提供确实的解释。但是，相同的情况适用于V相电流Iv的信号电平变为零时的情况以及W相电流Iw的信号电平变为零时的情况。

[0085] 如图5A的第一图形所示，在U相电流Iu的信号电平变为零之时、或者之前或之后，V相电流Iv和W相电流Iw具有这样的关系：其中V相电流Iv的信号电平的绝对值和W相电流Iw的信号电平的绝对值接近、或者基本一致或几乎一致。此外，当U相电流Iu的信号电平变为零时，V相电流Iv和W相电流Iw具有这样的关系：其中V相电流Iv的极性变为与W相电流Iw的极性相反。因此，如图5B所示，在逆变器13中流动的电流(例如，从电动发电机14流向逆变器13的电流，或者从逆变器13流向电动发电机14的电流)的大部分或几乎全部从电动发电机14将经由逆变器13的V相臂和W相臂流回到电动发电机14。换言之，可以认为实际上，逆变器13在以回流模式执行操作，在该模式下，从电动发电机14流到逆变器13的电流的大部分或

几乎全部直接流出到电动发电机14。在逆变器13正以该种回流模式执行操作的同时，电容器电流(即，流过平滑电容器12的电流)变为零或基本近似零的值(请参阅图5A的第三图形)。在逆变器13正以该回流模式执行操作的同时，从DC电源11提供的DC电力的大部分或几乎全部被提供给平滑电容器12。因此，平滑电容器12的端子间电压VH趋于增加。

[0086] 因此，为了抑制在U相电流Iu、V相电流Iv和W相电流Iw中的每一者的信号电平变为零时可能产生的端子间电压VH的纹波，期望优选地缩短逆变器13在以回流模式执行操作的时段。因此，在第一实施例中，ECU 15使用通过加上三次谐波信号Vh2而产生的U相调制信号Vmu、V相调制信号Vmv和W相调制信号Vmw来操作逆变器13，以便缩短逆变器13以回流模式执行操作的时段。

[0087] 在此，三次谐波信号Vh2具有以下性质：即，当U相电流Iu、V相电流Iv和W相电流Iw中的每一者的信号电平变为零时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最大值(要不然，大于零)。此外，三次谐波信号Vh2具有以下性质：即，当预定相的相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，该三次谐波信号Vh2具有与预定相的相电压指令信号的极性一致的极性。

[0088] 因此，如图6B的第一图形所示，当U相电流Iu的信号电平变为零时，通过将三次谐波信号Vh2加到U相电压指令信号Vu上而产生的U相调制信号Vmu的信号电平的绝对值变得大于U相电压指令信号Vu的信号电平的绝对值。需要指出，尽管为了简化图形而未被示出，当V相电流Iv的信号电平变为零时，通过将三次谐波信号Vh2加到V相电压指令信号Vv上而产生的V相调制信号Vmv的信号电平的绝对值变得大于V相电压指令信号Vv的信号电平的绝对值。类似地，尽管为了简化图形而未被示出，当W相电流Iw的信号电平变为零时，通过将三次谐波信号Vh2加到W相电压指令信号Vw上而产生的W相调制信号Vmw的信号电平的绝对值变得大于W相电压指令信号Vw的信号电平的绝对值。

[0089] 同时，如图6A的第一图形所示，当U相电流Iu的信号电平变为零时，在未加上三次谐波信号Vh2的情况下产生的U相调制信号Vmu的信号电平的绝对值未变得大于U相电压指令信号Vu的信号电平的绝对值。需要指出，尽管为了简化图形而未被示出，当V相电流Iv的信号电平变为零时，在未加上三次谐波信号Vh2的情况下产生的V相调制信号Vmv的信号电平的绝对值未变得大于V相电压指令信号Vv的信号电平的绝对值。类似地，尽管为了简化图形而未被示出，当W相电流Iw的信号电平变为零时，在未加上三次谐波信号Vh2的情况下产生的W相调制信号Vmw的信号电平的绝对值未变得大于W相电压指令信号Vw的信号电平的绝对值。

[0090] 因此，如图6A和6B的第一图形中的每一者所示，当加上三次谐波信号Vh2时，与其中未加上三次谐波信号Vh2的情况相比，U相调制信号Vmu在U相电流Iu的信号电平变为零时低于载波信号C的时段将缩短(但前提是在U相调制信号Vmu具有正极性时应用)。另一方面，U相调制信号Vmu在U相电流Iu的信号电平变为零时超过载波信号C的时段将缩短(但前提是在U相调制信号Vmu具有负极性时应用)。当U相调制信号Vmu低于或超过载波信号C的时段缩短时，导致逆变器13以回流模式执行操作的各个开关元件的开关状态被更改。换言之，当U相调制信号Vmu低于或超过载波信号C的时段缩短时，逆变器13以回流模式执行操作的时段也缩短(请参阅图6A和6B的第四图形)。因此，如图6A和6B的第三图形中的每一者所示，当加上三次谐波信号Vh2时，与其中未加上三次谐波信号Vh2的情况相比，可以有利地抑制可能

在U相电流Iu的信号电平变为零时产生的端子间电压VH的纹波。需要指出，基于类似的原因，也可以有利地抑制可能在V相电流Iv和W相电流Iw中的每一者的信号电平变为零时产生的端子间电压VH的纹波。

[0091] 需要指出，图6B示出使用这样的三次谐波信号Vh2的情况下的端子间电压VH和电容器电流：当三相电流值的信号电平变为零时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最大值。但是，即使在使用这样的三次谐波信号Vh2的情况下，不言而喻，也可产生类似的技术效果：当三相电流值的信号电平变为零时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为大于零(但前提是信号电平的绝对值不会变为最大值)。换言之，即使在使用通过以下方式获取的三次谐波信号Vh2时，不言而喻，也可产生类似的技术效果，此方式是使这样的三次谐波信号Vh2(请参阅图6B)的相位以Y°(但前提是-90<Y<90)的量移动：当三相电流值的信号电平的绝对值变为零时，在该三次谐波信号中，信号电平的绝对值变为最大值。例如，即使在使用通过将图6B所示的谐波信号Vh2的相位以Y1°(但前提是0<Y1<90)的量移动而获取的三次谐波信号Vh2的情况下，逆变器13以回流模式执行操作的时段也缩短，因此，端子间电压VH的纹波也被抑制。类似地，例如，即使在使用通过将图6B所示的谐波信号Vh2的相位以Y2°(但前提是-90<Y2<0)的量移动而获取的三次谐波信号Vh2的情况下，逆变器13以回流模式执行操作的时段也缩短，因此，端子间电压VH的纹波也被抑制。

[0092] 而且，当考虑通过三次谐波信号Vh2而获取的技术效果时，可以认为三次谐波信号Vh2是具有以下特征的三次谐波信号：当预定相的相电流的信号电平的绝对值变为最小值时，该三次谐波信号起作用使预定相的相调制信号的信号电平的绝对值变得大于预定相的相电压指令信号的信号电平的绝对值。换言之，可以认为三次谐波信号Vh2具有以下特征：当U相电流Iu的信号电平的绝对值变为最小值时，该三次谐波信号起作用使U相调制信号Vmu的信号电平的绝对值变得大于U相电压指令信号Vu的信号电平的绝对值。类似地，可以认为三次谐波信号Vh2具有以下特征：当V相电流Iv的信号电平的绝对值变为最小值时，该三次谐波信号起作用使V相调制信号Vmv的信号电平的绝对值变得大于V相电压指令信号Vv的信号电平的绝对值。类似地，可以认为三次谐波信号Vh2具有以下特征：当W相电流Iw的信号电平的绝对值变为最小值时，该三次谐波信号起作用使W相调制信号Vmw的信号电平的绝对值变得大于W相电压指令信号Vw的信号电平的绝对值。因此，除了图4所示的三次谐波信号之外，三次谐波信号Vh2也可以是任何类型的信号，只要它是具有上述特征的三次谐波信号即可。

[0093] 此外，上面解释了其中三次谐波信号Vh2是正弦波的情况(请参阅图4)。但是，三次谐波信号Vh2也可以是三相电压指令信号或具有为三相电流值的频率三倍的频率的任意AC信号。例如，如图7的第三和第五图形所示，三次谐波信号Vh2也可以是方波(所谓的脉冲波)。另一方面，如图7的第四和第六图形所示，三次谐波信号Vh2也可以是三角波信号。另外，三次谐波信号Vh2还可以是锯齿波形状或其它形状的信号。底线是三次谐波信号Vh2需要是三相电压指令信号或这样的信号：在该信号中，相同波形模式(优选地为其中信号电平变化的相同波形模式)以与为三相电流值的频率三倍的频率对应的周期周期性地出现。同样适用于三次谐波信号Vh1。

[0094] 此外，上面的解释描述了其中车辆1包括单个电动发电机14的情况。但是，车辆1也可包括多个电动发电机14。在上述情况下，车辆1优选地包括每个电动发电机14的对应逆变

器13。而且，在上述情况下，ECU 15也可针对每个逆变器13独立地执行上述逆变器控制操作。另外，除了电动发电机14之外，车辆1还可以包括引擎。换言之，车辆1也可以是混合动力车辆。

[0095] 此外，上述解释描述了其中逆变器13和电动发电机14被安装在车辆1中的情况。但是，逆变器13和电动发电机14也可被安装在车辆1之外的任意设备中(例如，借助逆变器13和电动发电机14执行操作的设备；例如，空调设备)。不言而喻，在其中逆变器13和电动发电机14被安装在车辆1之外的任意设备中的情况下，也可产生上述各种效果。

[0096] (2)第二实施例

[0097] 现在参考图8、9以及10A到10C解释第二实施例。需要指出，相同的参考标号和步骤标号被赋予第一实施例中的车辆1的构成部件和操作，而省略详细解释。

[0098] (2-1)第二实施例的车辆的配置

[0099] 首先参考图8解释第二实施例的车辆2的配置。图8是示出第二实施例的车辆2的配置的框图。

[0100] 如图8所示，第二实施例的车辆2与第一实施例的车辆1的不同之处在于ECU 25替代ECU 15。更具体地说，第二实施例的车辆2与第一实施例的车辆1(其中ECU 15不一定配备频率调整单元258)的不同之处在于ECU 25包括作为“调整装置”的具体实例的频率调整单元258。第二实施例的车辆2的其它构成部件与第一实施例的车辆1的其它构成部件相同。

[0101] 频率调整单元258调整载波信号C的载波频率f。需要指出，由频率调整单元258执行的载波频率f的调整操作将在下面详细地解释(参考图9以及图10A到10C)。

[0102] (2-2)第二实施例中的逆变器控制操作的流程

[0103] 现在参考图9解释在第二实施例的车辆2中执行的逆变器控制操作(即，ECU 25执行的逆变器控制操作)的流程。图9是示出在第二实施例的车辆2中执行的逆变器控制操作(即，ECU 25执行的逆变器控制操作)的流程的流程图。

[0104] 如图9所示，同样在第二实施例中，与第一实施例类似，执行步骤S11到步骤S14的操作。换言之，产生三相电压指令信号(步骤S11)，产生三次谐波信号Vh1(步骤S12)，产生三次谐波信号Vh2(步骤S13)，以及产生三相调制信号(步骤S14)。

[0105] 在第二实施例中，在PWM变换单元157产生PWM信号之前，频率调整单元258调整载波信号C的载波频率f(步骤S21)。接下来，PWM变换单元157使用具有频率调整单元258所调整的载波频率f的载波信号C产生PWM信号(步骤S15)。

[0106] 在此，频率调整单元258所执行的载波频率f的调整操作参考图10A到10C来解释。图10A到10C是示出U相电压指令信号Vu和U相调制信号Vmu与载波信号C的大小关系，以及基于上述大小关系产生的U相PWM信号Gup和Gun的图形。

[0107] 如图10A所示，假设U相PWM信号Gup和Gun基于U相电压指令信号Vu与载波信号C(但前提是载波频率f＝f1)的大小关系产生。当p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun使用图10A所示的U相PWM信号Gup和Gun而被驱动时，p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun每个周期分别执行24次开关。

[0108] 同时，如图10B所示，在第二实施例中，与第一实施例类似，U相PWM信号Gup和Gun基于U相调制信号Vmu与载波信号C(但前提是载波频率f＝f1)的大小关系产生。当p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun使用图10B所示的U相PWM信号Gup和Gun而被驱动时，p侧开关元件

Qup和n侧开关元件Qun每个周期分别执行20次开关。换言之，当使用三次谐波信号Vh2时，与不使用三次谐波信号Vh2的情况相比，p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun的开关计数减少。其原因是因为U相调制信号Vmu的信号电平的绝对值以三次谐波信号Vh2加到U相电压指令信号Vu上的量增加，因此，使U相调制信号Vmu超过载波信号C的顶点变得更容易。

[0109] 因此，如果频率调整单元258不调整载波频率f，则逆变器13的损耗以开关计数减少的量减小。换言之，当加上三次谐波信号Vh2时，与未加上三次谐波信号Vh2的情况相比，逆变器13的损耗减小。这种效果在不包括频率调整单元258的第一实施例的车辆1中实现。

[0110] 同时，在第二实施例中，频率调整单元258优先增大载波频率f，同时保持开关计数，而不是尝试通过减少开关计数来减小逆变器13的损耗。具体而言，如图10C所示，在第二实施例中，频率调整单元258增大载波频率f，直到加上三次谐波信号Vh2时的开关计数与未加上三次谐波信号Vh2时的开关计数一致。例如，在图10C所示的实例中，频率调整单元258将载波频率f从f1增大到f2(但前提是f2>f1)。在上述情况下，产生图10C中所示的U相PWM信号Gup和Gun。当p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun使用图10C中所示的U相PWM信号Gup和Gun而被驱动时，p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun每个周期分别执行24次开关。

[0111] 如上所述，在第二实施例中，当加上三次谐波信号Vh2时，与未加上三次谐波信号Vh2的情况相比，p侧开关元件Qup和n侧开关元件Qun的开关计数不增加。因此，在第二实施例中，可以在不导致与开关计数增加相关联的逆变器13的损耗增加的情况下，实现载波频率f的增大(所谓的载波增大)。因此，可以通过保持开关计数来实现不增加逆变器13中的损耗的效果，并且实现载波增大导致的逆变器13中的噪声减小的效果。

[0112] 需要指出，在图10A到10C中，尽管通过重点描述U相来提供解释，但是不言而喻，同样适用于V相和W相。

[0113] 此外，频率调整单元258也可增大载波频率f，以便使用三次谐波信号Vh2的情况下的开关计数接近不使用三次谐波信号Vh2的情况下的开关计数(即，两者之间的差值减小)。换言之，频率调整单元258可以在保持这样的状态的同时增大载波频率f：在此状态下，使用三次谐波信号Vh2的情况下的开关计数将小于不使用三次谐波信号Vh2的情况下的开关计数。在上述情况下，可以通过减少开关计数来实现减小逆变器13中的损耗的效果，并且实现载波增大导致的逆变器13中的噪声减小的效果。

[0114] 本发明不限于上述实施例，并且可以被适当地修改到该修改不偏离可以从所附权利要求以及整个说明书中理解的本发明的主旨或理念的程度，基于前述修改的电动机控制器也被本发明的技术范围涵盖。

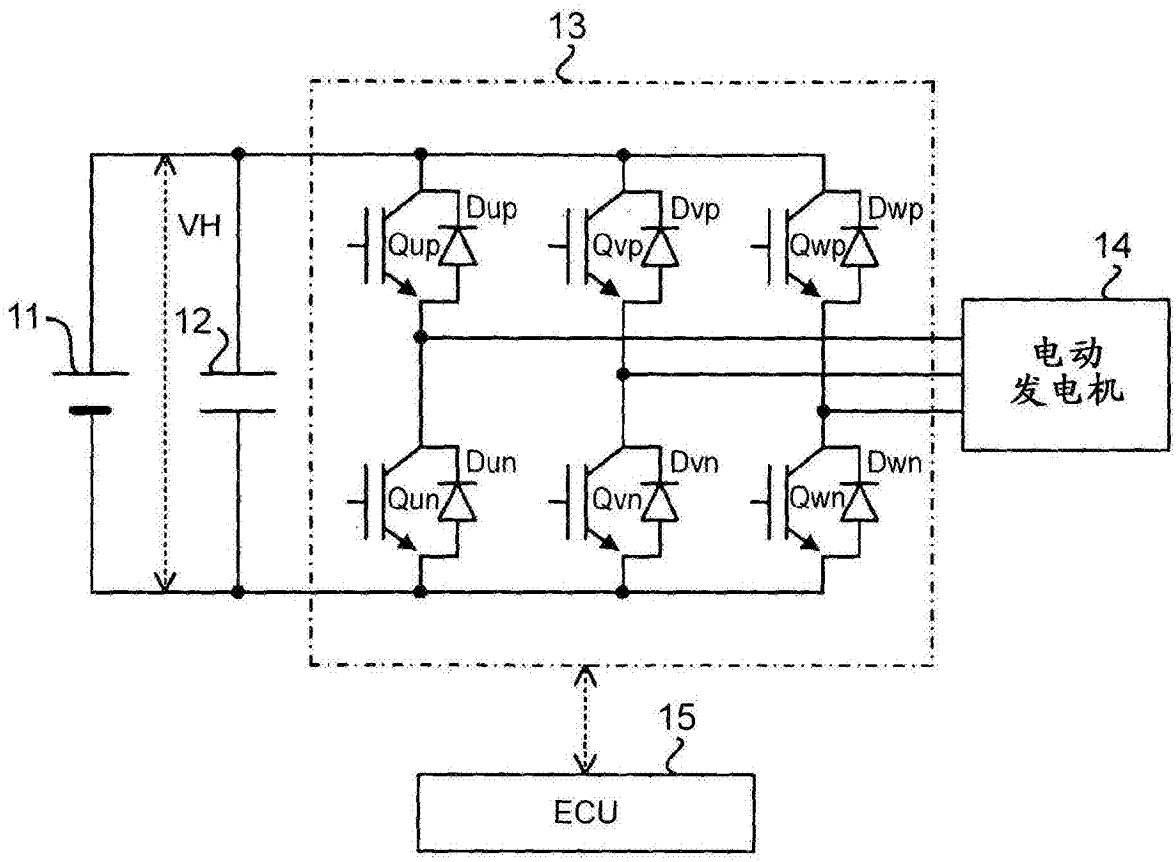

1
13
VH
11
12
Dup
Qup
Dvp
Qvp
Dwp
Qwp
14
电动
发电机
Dun
Qun
Dvn
Qvn
Dwn
Qwn
15
ECU

图1

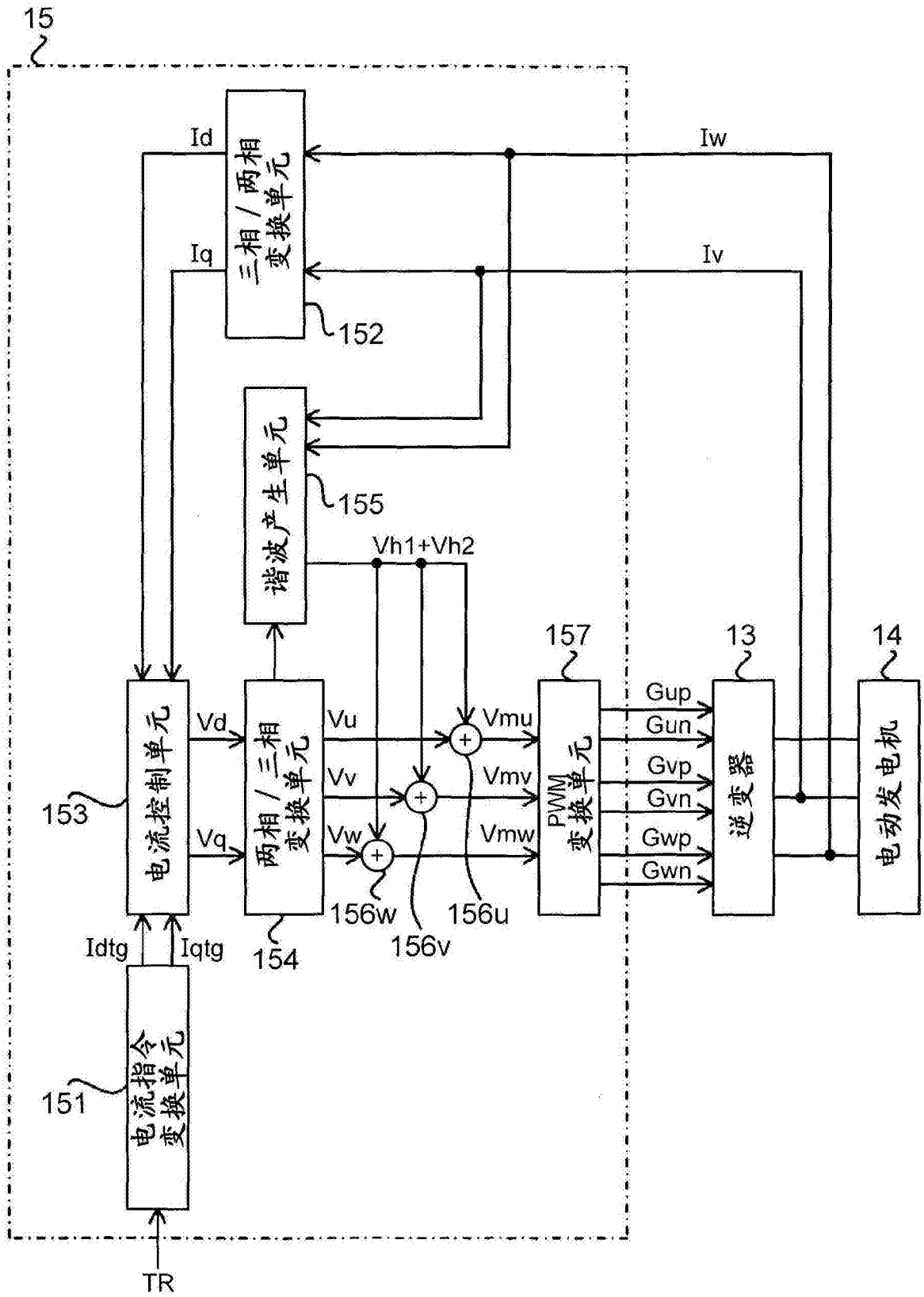

15
Id
Iq
三相/两相变换单元
152
Iw
Iv
谐波产生单元
155
Vh1+Vh2
157
13
14
Gup
Gun
Gvp
Gvn
Gwp
Gwn
逆变器
电动发电机
PWM变换单元
电流控制单元
153
Vd
Vq
两相/三相变换单元
154
Vu
Vv
Vw
Vmu
Vmv
Vmw
156w
156v
156u
Idtg
Iqtg
电流指令变换单元
151
TR

图2

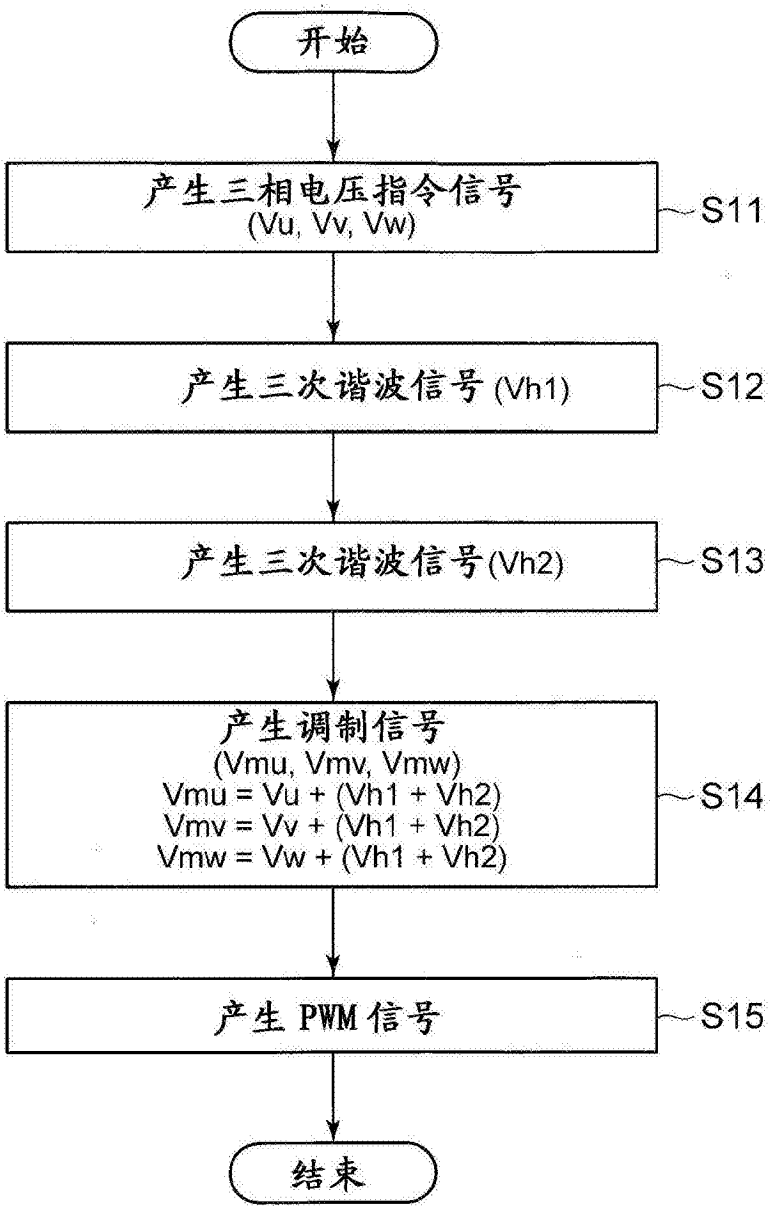

开始
产生三相电压指令信号
(Vu, Vv, Vw)
S11
产生三次谐波信号 (Vh1)
S12
产生三次谐波信号(Vh2)
S13
产生调制信号
(Vmu, Vmv, Vmw)
Vmu = Vu + (Vh1 + Vh2)
Vmv = Vv + (Vh1 + Vh2)
Vmw = Vw + (Vh1 + Vh2)
S14
产生 PWM 信号
S15
结束

图3

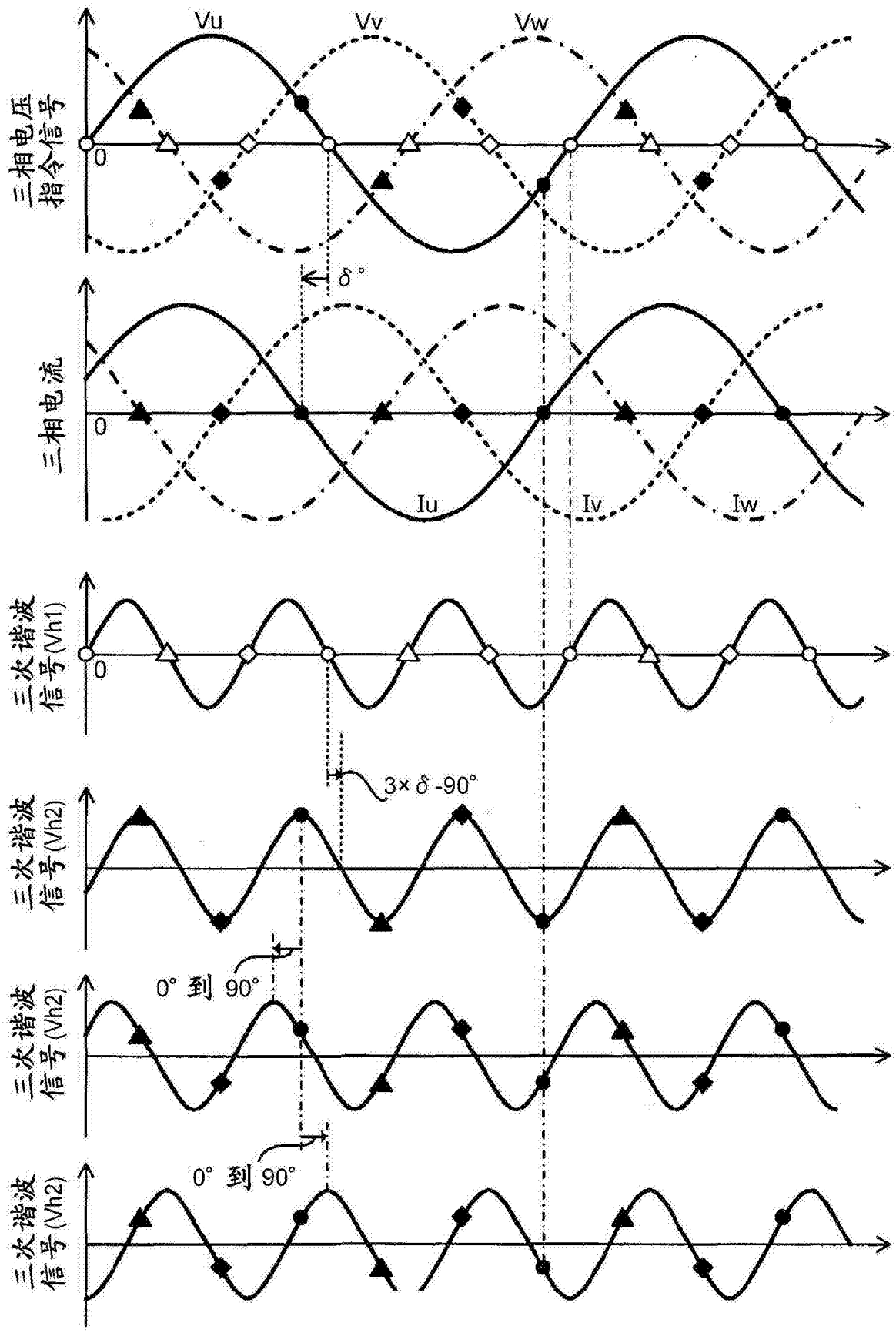

三相电压指令信号
Vu
Vv
Vw
0
δ°
三相电流
0
Iu
Iv
Iw
三次谐波信号(Vh1)
0
3×δ-90°
三次谐波信号(Vh2)
0° 到 90°
三次谐波信号(Vh2)
0° 到 90°
三次谐波信号(Vh2)

图4

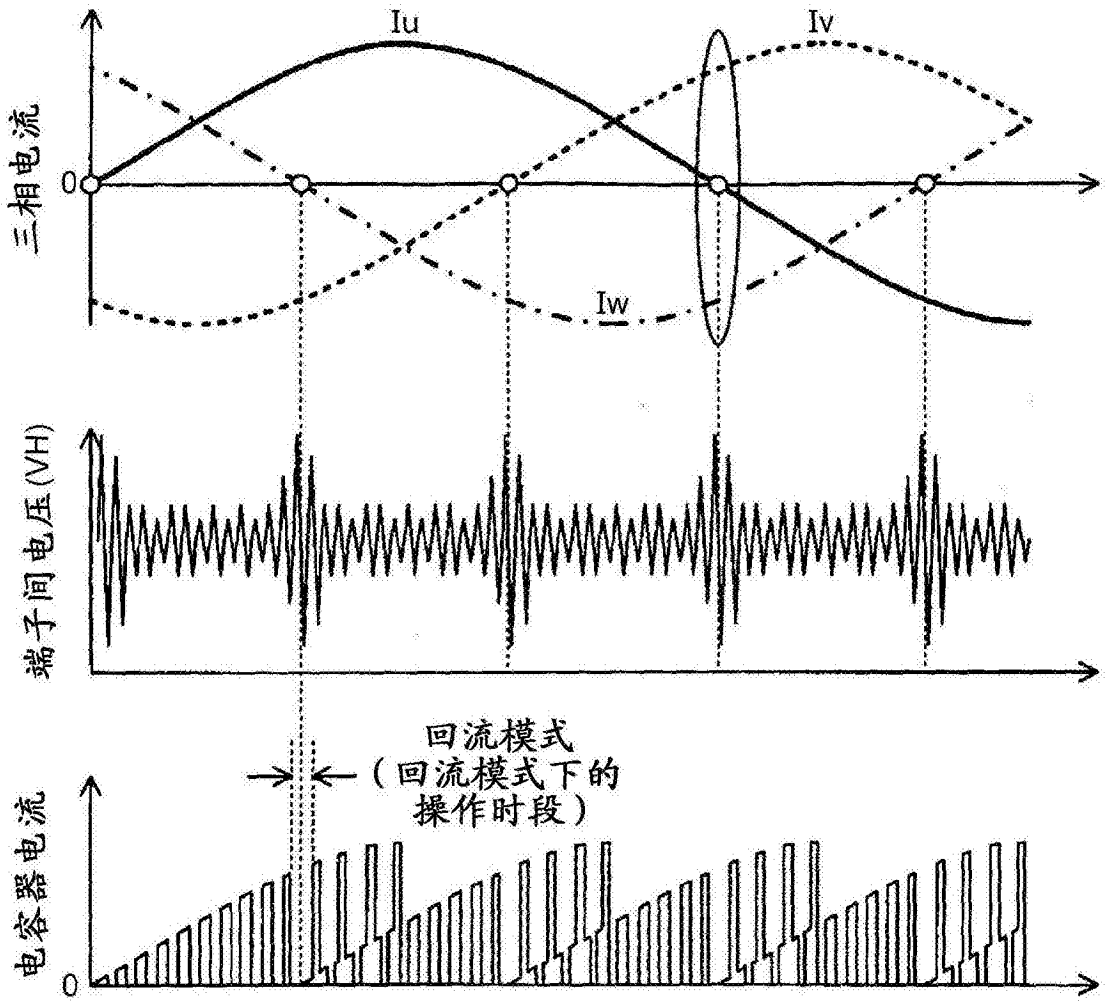

三相电流
Iu
Iv
Iw
0
端子间电压(VH)
回流模式
（回流模式下的
操作时段）
电容器电流
0

图5A

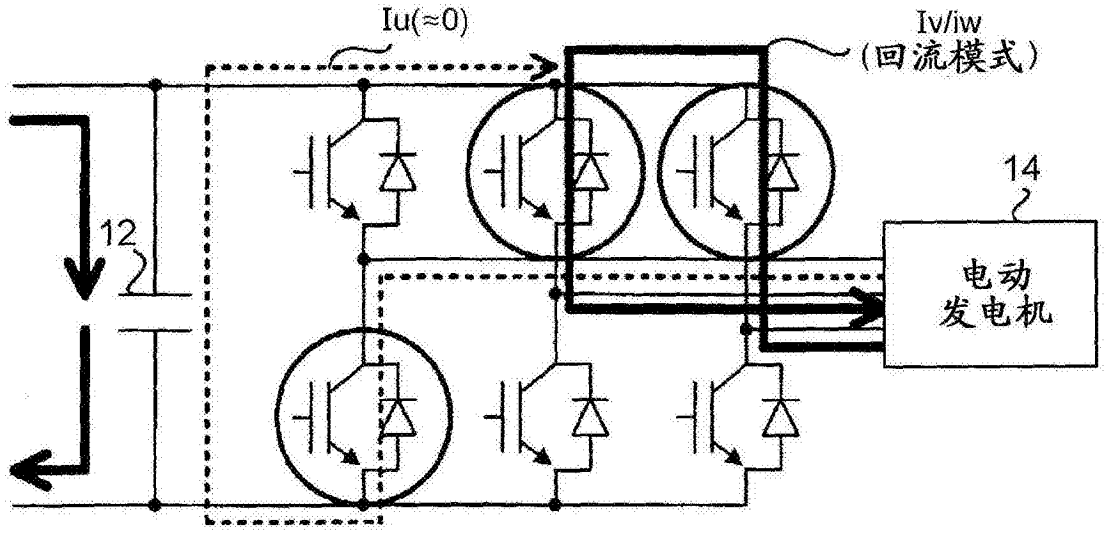

Iu(≈0)
Iv/iw
（回流模式）
12
14
电动
发电机

图5B

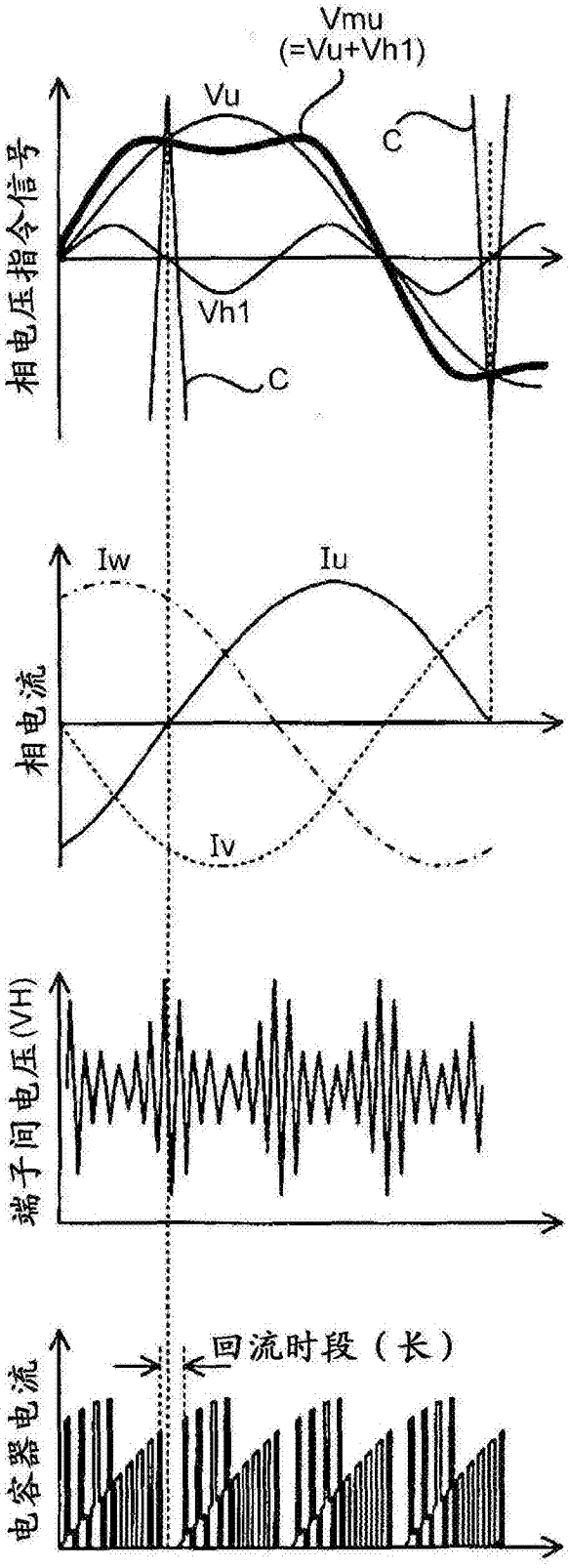

Vmu
(=Vu+Vh1)
Vu
C
相电压指令信号
Vh1
C
Iw
Iu
相电流
Iv
端子间电压(VH)
回流时段（长）
电容器电流

图6A

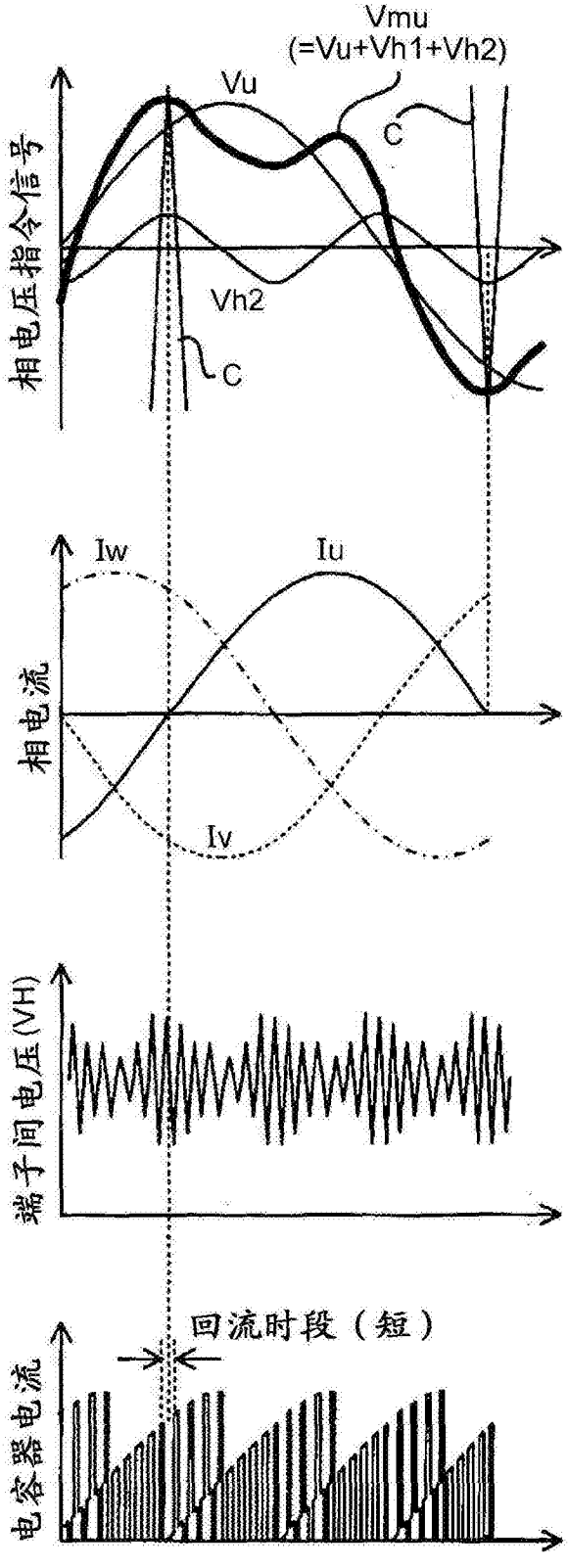

Vmu
(=Vu+Vh1+Vh2)
Vu
C
相电压指令信号
Vh2
C
Iw
Iu
相电流
Iv
端子间电压(VH)
回流时段（短）
电容器电流

图6B

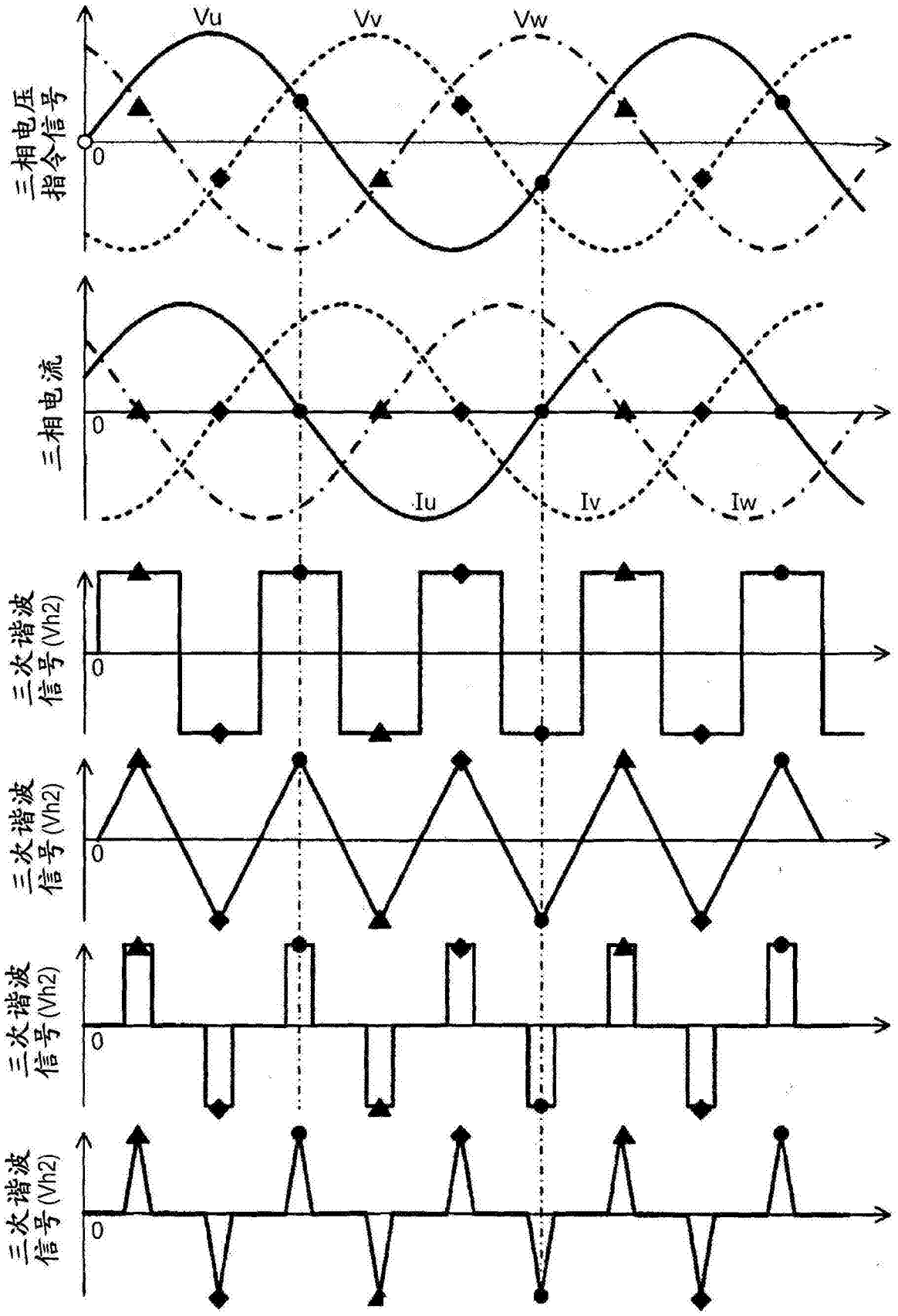

三相电压指令信号
Vu
Vv
Vw
0
三相电流
Iu
Iv
Iw
三次谐波信号(Vh2)
三次谐波信号(Vh2)
三次谐波信号(Vh2)
三次谐波信号(Vh2)

图7

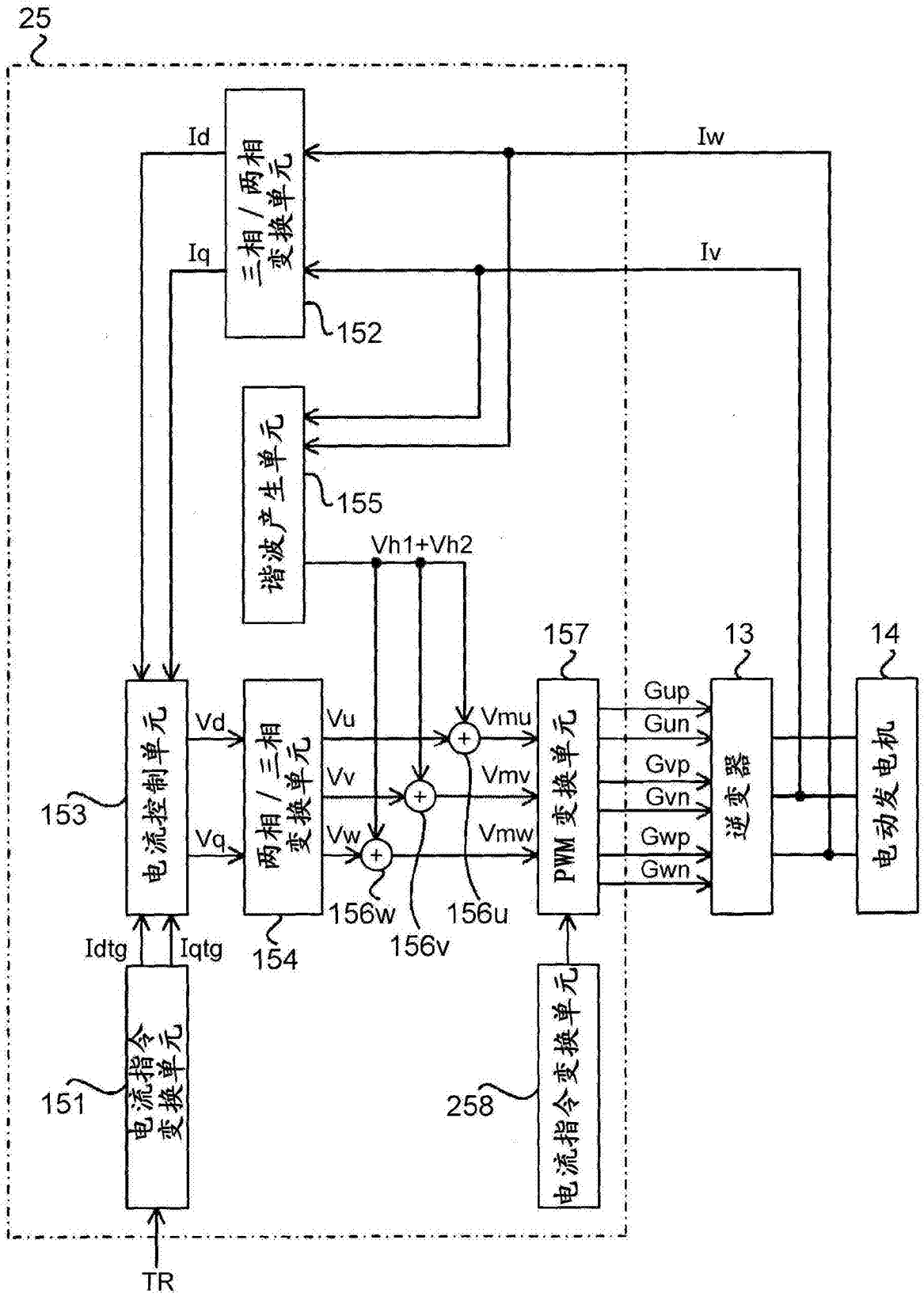

25
Id
Iq
三相/两相变换单元
152
Iw
Iv
谐波产生单元
155
Vh1+Vh2
157
13
14
电流控制单元
153
Vd
Vq
两相/三相变换单元
154
Vu
Vv
Vw
Vmu
Vmv
Vmw
156w
156v
156u
PWM变换单元
Gup
Gun
Gvp
Gvn
Gwp
Gwn
逆变器
电动发电机
Idtg
Iqtg
电流指令变换单元
151
258
电流指令变换单元
TR

图8

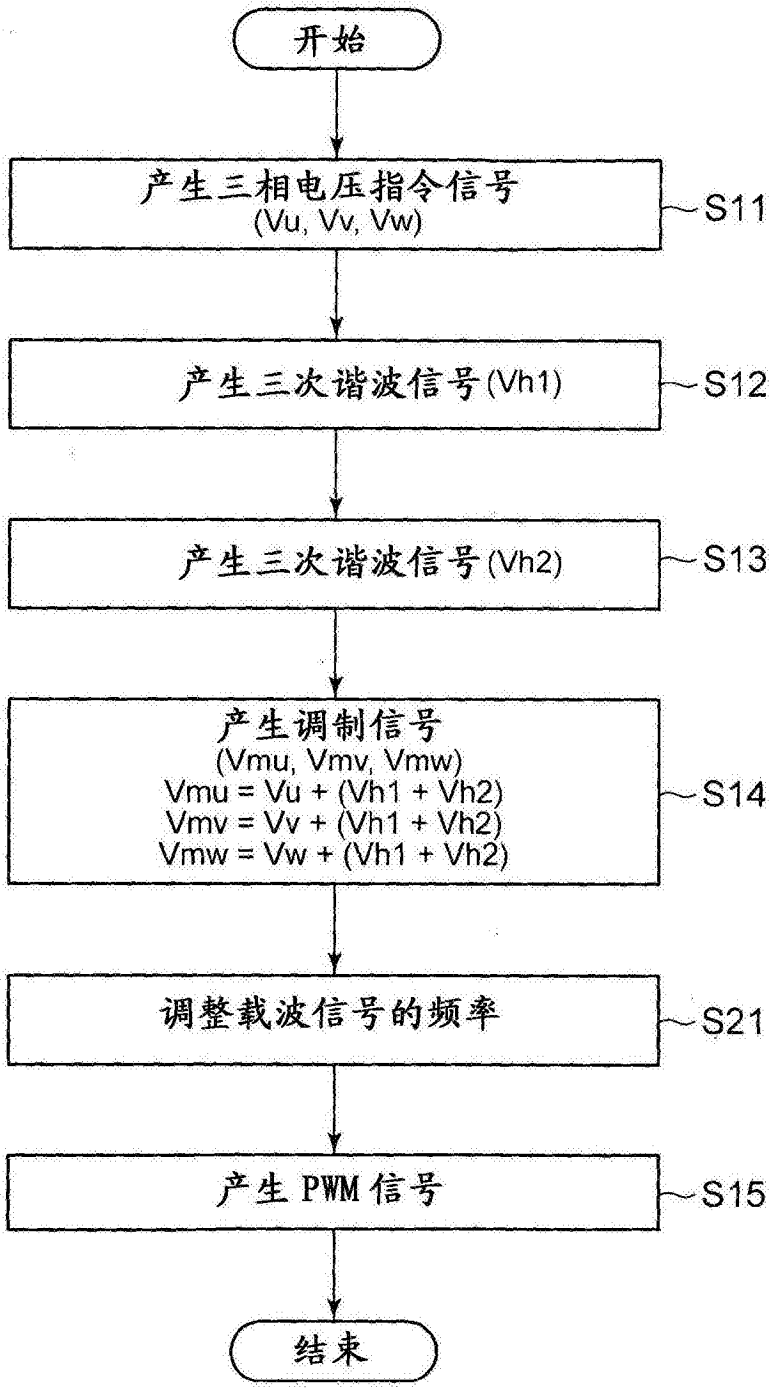

开始
产生三相电压指令信号
(Vu, Vv, Vw)
S11
产生三次谐波信号(Vh1)
S12
产生三次谐波信号(Vh2)
S13
产生调制信号
(Vmu, Vmv, Vmw)
Vmu = Vu + (Vh1 + Vh2)
Vmv = Vv + (Vh1 + Vh2)
Vmw = Vw + (Vh1 + Vh2)
S14
调整载波信号的频率
S21
产生 PWM 信号
S15
结束

图9

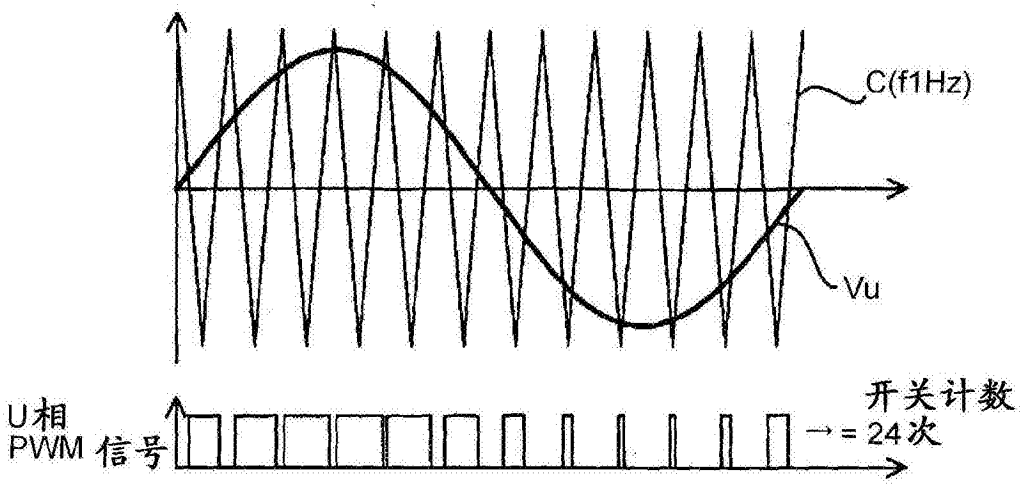

C(f1Hz)
Vu
开关计数
U相
PWM 信号
→= 24次

图10A

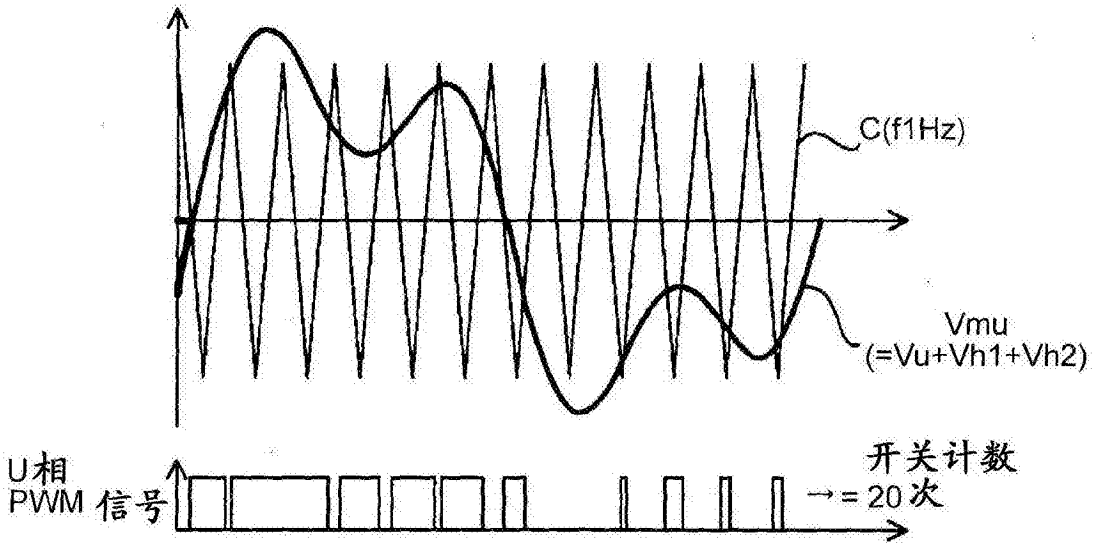

C(f1Hz)
Vmu
(=Vu+Vh1+Vh2)
开关计数
U相
PWM 信号
→= 20次

图10B

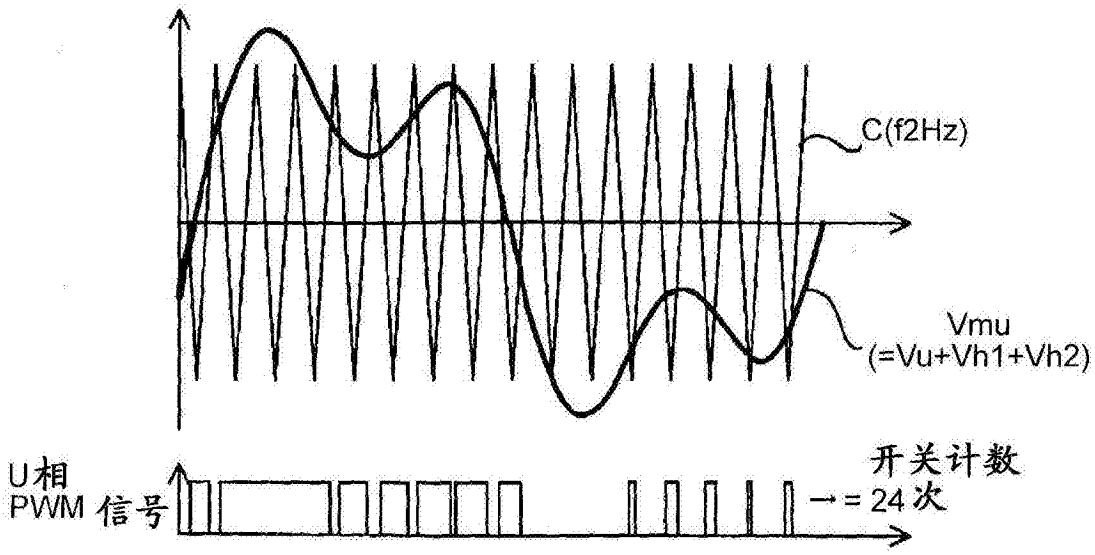



图10C