



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107134941 B

(45) 授权公告日 2021.06.01

(21) 申请号 201710107352.0

(22) 申请日 2017.02.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107134941 A

(43) 申请公布日 2017.09.05

(30) 优先权数据
15/055,828 2016.02.29 US

(73) 专利权人 波音公司
地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 M·J·科罗拉克 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 吕俊刚 杨薇

(51) Int.Cl.
H02M 7/493 (2007.01)
H02M 7/537 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2004262057 A1, 2004.12.30
US 2004262057 A1, 2004.12.30
CN 104467396 A, 2015.03.25
US 8907642 B1, 2014.12.09
CN 102291083 A, 2011.12.21
CN 104300770 A, 2015.01.21
CN 105356812 A, 2016.02.24
CN 103492894 A, 2014.01.01
CN 105322856 A, 2016.02.10
CN 102110991 A, 2011.06.29
CN 1851998 A, 2006.10.25
CN 1040716 A, 1990.03.21
CN 103856045 A, 2014.06.11
CN 104836430 A, 2015.08.12
JP 2008061296 A, 2008.03.13
JP 2006014487 A, 2006.01.12

审查员 胡艳梅

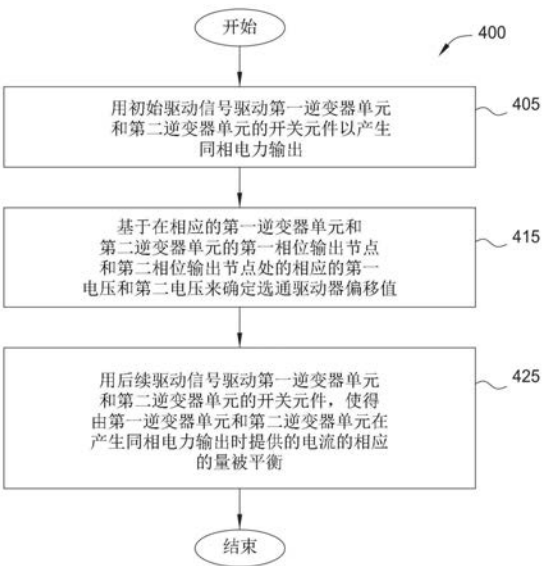
权利要求书2页 说明书15页 附图8页

(54) 发明名称

使模块化转换器系统内的电流平衡

(57) 摘要

使模块化转换器系统内的电流平衡。为了在模块化转换器系统的并联的第一逆变器单元和第二逆变器单元之间提供电流平衡，系统控制器被配置为基于在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的相位输出节点处的相应的电压来确定选通驱动器偏移值。所述系统控制器基于所确定的选通驱动器偏移值针对所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元来控制选通驱动器。进而，所述选通驱动器用后续驱动信号驱动所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元，使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生同相电力输出时提供的电流的量被平衡。



1. 一种控制包括多个并联逆变器单元 (125) 的模块化转换器系统 (100、200) 的电力输出的方法 (400), 所述多个并联逆变器单元包括具有至少第一相位输出节点 (340-1) 的第一逆变器单元 (125A) 以及具有至少第二相位输出节点 (340-4) 的第二逆变器单元 (125B), 所述方法包括以下步骤:

用初始驱动器信号 (326-1、326-2) 驱动 (405) 所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关元件 (330-1、330-2) 以产生同相电力输出 (215-1);

基于在所述第一相位输出节点和所述第二相位输出节点处的相应的第一电压和第二电压来确定 (415) 选通驱动器偏移值 (310); 以及

基于所确定的选通驱动器偏移值来用后续驱动信号 (326-1、326-2) 驱动 (425) 所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的所述开关元件, 使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生所述同相电力输出时提供的电流的相应的量被平衡,

其中, 所述第一相位输出节点和所述第二相位输出节点中的每一个与所述模块化转换器系统的至少一个积分器 (335-1、335-2) 连接, 其中, 确定所述选通驱动器偏移值的步骤包括:

使用所述至少一个积分器来对相对于至少一个基准电压 (VDC+、VDC-) 的所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分,

其中, 对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关循环期间发生, 所述方法还包括:

在所述开关循环完成时重置 (525) 所述积分器。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 确定所述选通驱动器偏移值的步骤包括:

针对所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的每一个来计算 (535) 相应的施加的伏特秒值 (312), 其中, 所述选通驱动器偏移值基于计算出的所述相应的施加的伏特秒值之间的差。

3. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述至少一个基准电压包括系统地。

4. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述积分器的重置在检测到 (515) 提供给所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的选通驱动器的控制信号 (345A、345B) 的上升沿时发生。

5. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述至少一个积分器包括第一积分器和第二积分器 (335A、335B), 所述方法还包括:

在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的第一开关循环期间使用所述第一积分器来对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分 (605); 以及

在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的第二开关循环期间使用所述第二积分器来对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分 (625)。

6. 一种模块化转换器系统 (100、200), 所述模块化转换器系统包括:

系统控制器 (105);

并联连接并且被配置为产生同相电力输出 (215-1、215-2、215-3) 的至少第一逆变器单元和第二逆变器单元 (125A、125B), 所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的各个逆变器单元分别包括:

一对开关元件 (330-1、330-2), 其具有连接在所述一对开关元件 (330-1、330-2) 之间的

相位输出节点 (340), 以及

一对选通驱动器 (325-1、325-2), 各个选通驱动器被配置为从所述系统控制器接收相应的控制信号 (345A、345B) 并且生成驱动信号 (326-1、326-2) 以控制所述一对开关元件中的相应的一个开关元件的开关,

其中, 所述系统控制器被配置为:

基于在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的所述相位输出节点处的相应的第一电压和第二电压来确定选通驱动器偏移值 (310), 并且

基于所确定的选通驱动器偏移值, 使用所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元来用后续驱动信号 (326-1、326-2) 控制所述选通驱动器, 使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生所述同相电力输出时提供的电流的量被平衡,

与所述第一逆变器单元的所述相位输出节点连接的一个或更多个第一积分器 (335-1、335-2); 以及

与所述第二逆变器单元的所述相位输出节点连接的一个或更多个第二积分器 (335-1、335-2),

其中, 确定所述选通驱动器偏移值包括:

使用所述一个或更多个第一积分器和所述一个或更多个第二积分器来对相对于至少一个基准电压 (VDC+、VDC-) 的所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分,

其中, 对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关循环期间发生, 并且

其中, 所述系统控制器还被配置为在所述开关循环完成时重置所述一个或更多个第一积分器和所述一个或更多个第二积分器。

7. 根据权利要求6所述的模块化转换器系统, 其中, 所述系统控制器还被配置为针对所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的每一个来计算相应的施加的伏特秒值 (312), 其中, 所述选通驱动器偏移值基于计算出的所述相应的施加的伏特秒值之间的差。

8. 根据权利要求6所述的模块化转换器系统, 其中, 所述至少一个基准电压包括系统地。

9. 根据权利要求6所述的模块化转换器系统, 其中, 重置所述一个或更多个第一积分器和所述一个或更多个第二积分器在检测到提供给所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的每一个的所述一对选通驱动器的控制信号 (345A、345B) 的上升沿时发生。

10. 根据权利要求6所述的模块化转换器系统, 其中, 所述一个或更多个第一积分器包括第一多个积分器 (335A、335B) 并且所述一个或更多个第二积分器包括第二多个积分器 (335A、335B),

其中, 所述第一多个积分器和所述第二多个积分器中的每一个中的至少一个积分器被配置为在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的第一开关循环期间对相应的所述第一电压和所述第二电压进行积分, 并且

其中, 所述第一多个积分器和所述第二多个积分器中的每一个中的至少另一积分器被配置为在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的第二开关循环期间对相应的所述第一电压和所述第二电压进行积分。

使模块化转换器系统内的电流平衡

技术领域

[0001] 本公开一般地涉及电力管理,并且更具体地,涉及使模块化转换器架构内的并联逆变器之间的电流平衡。

背景技术

[0002] 现代载具使用大量的电子装置、电机、加热器以及其它电动设备。电动机尤其普遍存在于现代载具(包括飞机)中,并且驱动从液压泵到机舱风扇的一切。按照惯例,这些电动机中的每一个由独立的电机控制器来驱动。各个电机控制器被调整大小以能够在不过热或失效的情况下在延长时间段内承载以满功率给它相应的电机供电所需要的最大量的电流(并且通常,为了安全还包括一些附加容量)。

[0003] 结果,各个飞机携带许多电机控制器,其中的每一个大多数时间通常是过大的且未充分利用。换句话说,电机控制器包括足以在延长时间段内以满功率运行电机的容量外加安全余量,但是电机很少(如果有的话)以满容量运行。这是因为电机本身具有内置的一些安全余量并且因为大多数时间,电机在以更低需求方式操作(例如,机舱风扇不总是处于“高”)。另外,一些电机仅被偶尔或在特定飞行段期间使用,并且在其余时间未使用。结果,飞机的沉重昂贵的电机控制器的许多补充物在不活动或者显著地在它们的额定功率输出以下操作的情况下花费大多数它们的服务寿命。

[0004] 为了更好地利用电机控制器容量,模块化转换器系统能够提供能够独自或者与其它并联电机控制器并行地工作以满足电力控制需要的多个模块化、可指派的、可动态地重新配置的电机控制器。转换器系统必要时将并联连接的一个或更多个控制器连接到飞机中的各个活动的电负载,以满足现有的电力需求。增加对电机控制器的利用能够在系统重量和成本方面提供对应的减少。

[0005] 在模块化转换器系统的操作期间,多个并联逆变器能够并行地操作以给电动机或另一电负载供电。然而,并联逆变器的载荷可能由于逆变器的制造容差和变化以及由布线电阻和电感和/或其它连接组件所导致的寄生元件而变化。结果,用相同的驱动信号驱动并联逆变器可能导致不均匀的载荷。虽然能够使用输出端处的电感器来使来自并联逆变器中的每一个的电流平衡,但是这些电感器往往在被用在高功率应用内时是不适当大的且有损耗的。

发明内容

[0006] 一个示例提供了一种控制包括多个并联逆变器单元的模块化转换器系统的电力输出的方法,所述多个并联逆变器单元包括具有至少第一相位输出节点的第一逆变器单元以及具有至少第二相位输出节点的第二逆变器单元。所述方法包括用初始驱动信号驱动所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关元件以产生同相电力输出,以及基于在所述第一相位输出节点和所述第二相位输出节点处的相应的第一电压和第二电压来确定选通驱动器偏移值。所述方法还包括基于所确定的选通驱动器偏移值来用后续驱动信号驱动

所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关元件,使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生所述同相电力输出时提供的电流的相应的量被平衡。

[0007] 另一示例提供了一种模块化转换器系统,该模块化转换器系统包括系统控制器以及并联连接并且被配置为产生同相电力输出的至少第一逆变器单元和第二逆变器单元。所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的各个逆变器单元分别包括具有连接在其之间的相位输出节点的一对开关元件以及一对选通驱动器,各个选通驱动器被配置为从所述系统控制器接收相应的控制信号并且生成驱动信号以控制所述一对开关元件中的相应的一个的开关。所述系统控制器被配置为基于在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的相位输出节点处的相应的电压来确定选通驱动器偏移值,并且基于所确定的选通驱动器偏移值使用第一逆变器单元和第二逆变器单元来用后续驱动信号控制所述选通驱动器,使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生所述同相电力输出时提供的电流的量被平衡。

[0008] 另一示例提供了一种包括计算机程序代码的非暂时性计算机可读介质,所述计算机程序代码当通过一个或更多个计算机处理器的操作来执行时,执行控制包括多个并联逆变器单元的模块化转换器系统的电力输出的操作。所述多个并联逆变器单元包括具有至少第一相位输出节点的第一逆变器单元以及具有至少第二相位输出节点的第二逆变器单元。所述操作包括与多个选通驱动器进行通信以用初始驱动信号驱动所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关元件以产生同相电力输出,以及基于在所述第一相位输出节点和所述第二相位输出节点处的相应的第一电压和第二电压来确定选通驱动器偏移值。所述操作还包括与所述多个选通驱动器进行通信以基于所确定的选通驱动器偏移值来用后续驱动信号驱动所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关元件,使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生所述同相电力输出时提供的电流的相应的量被平衡。

[0009] 已被讨论的特征、功能和优点可以被独立地实现在各种示例中或者可以被组合在仍然其它的示例中,其另外的细节能够参照以下描述和附图被看到。

附图说明

[0010] 为了能够详细地理解本公开的以上记载的特征,可能已通过参照示例具有以上简要地概括的本公开的更特定描述,示例中的一些被例示在附图中。然而,应当注意,附图仅例示本公开的典型示例并且因此将不被认为限制其范围,因为本公开可以承认其它同样地有效的示例。

[0011] 图1例示了根据一个示例的模块化转换器系统。

[0012] 图2例示了根据一个示例的模块化转换器系统内的控制开关网络和电力开关网络。

[0013] 图3A例示了根据一个示例的模块化逆变器的相桥臂内的控制电路的布置。

[0014] 图3B和图3C例示了根据一个示例的用于模块化逆变器的控制电路内的积分器的布置。

[0015] 图3D例示了根据一个示例的多相模块化转换器系统内的多个逆变器的布置。

[0016] 图4例示了根据一个示例的控制包括多个并联逆变器单元的模块化转换器系统的

电力输出的方法。

[0017] 图5和图6例示了根据一个示例的确定选通驱动器偏移值的方法。

[0018] 为了方便理解,已经在可能的情况下使用相同的附图标记,以指定为图所共有的相同的元件。设想了可以在没有特定记载的情况下在其它示例上有利地利用一个示例中所公开的元件。除非具体地指出,否则这里参照的例示不应该被理解为按比例绘制。另外,为了呈现和说明的清楚,附图常常被简化并且细节或组件被省略。附图和讨论用来说明在下面所讨论的原理,其中相同的名称表示相同的元件。

具体实施方式

[0019] 为了在模块化转换器系统的并联的第一逆变器单元和第二逆变器单元之间提供电流平衡,系统控制器被配置为基于在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的相位输出节点处的相应的电压来确定选通驱动器偏移值。所述系统控制器基于所确定的选通驱动器偏移值针对所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元来控制选通驱动器。进而,所述选通驱动器用后续驱动信号驱动所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元,使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生同相电力输出时提供的电流的量被平衡。

[0020] 在一些示例中,所述系统控制器针对第一逆变器单元和第二逆变器单元中的每一个来计算相应的施加的伏特秒值,并且选通驱动器偏移值基于相应的计算出的施加的伏特秒值之间的差。可以在逆变器单元的特定开关循环期间获取所计算出的施加的伏特秒值。

[0021] 在一些示例中,所述模块化转换器系统还包括与第一逆变器单元和第二逆变器单元中的每一个的相位输出节点连接的一个或更多个积分器。各个积分器对在相位输出节点中的一个处相对于至少一个基准电压的输出电压进行积分。

[0022] 参照图1和图2,模块化转换器系统100能够控制并联模块化逆变器125(也为“逆变器模块”、“逆变器单元”)的系统以驱动多个和/或不同类型的AC或DC机器,诸如所描绘的电机140(即,电机M1、M2、M3)。模块化转换器系统100包括并联连接的多个逆变器125,其中的每一个能够被配置为经由可重新配置的控制开关网络(CSN)120接收嵌入在电机控制系统110中的多个电机控制算法115A、115B、115C(也为“控制算法”、“算法”)中的任一个。电机控制系统110可以包括一个或更多个电机控制器电路,其中的每一个被配置为操作一个或更多个电机140。并联模块化逆变器125中的每一个能够被配置为经由可重新配置的电力开关网络(PSN)130驱动在负载侧的多个电负载(例如,诸如电机140的AC或DC机器)中的一个或更多个。在一些示例中,并联模块化逆变器125中的每一个向电负载提供输出电力的一个相。在其它示例中,并联模块化逆变器125中的每一个向电负载提供输出电力(例如,三相AC)的多个相。如图2所示,逆变器125A包括被各自配置为提供三相信号220的单相位输出215以驱动选择的电负载的三个相桥臂210-1、210-2、210-3。

[0023] 这个配置例如使得能实现动态地重新配置控制开关网络120和电力开关网络130二者的能力。另外,来自多个逆变器125的逆变器中的任一个是可访问的以驱动在负载侧的电负载(诸如电机140)中的任何一个,并且嵌入在电机控制系统110中的多个控制算法115A、115B、115C中的任何控制算法是可访问的以控制多个逆变器125中的任一个。结果,一个或更多个逆变器125必要时能够驱动一个电机140,以满足负载要求,并且/或者能够同时驱动在负载侧的多个电机140,其中的每一个能够被用一个或更多个逆变器125驱动。另外,

能够用相同的电机控制算法(例如,115A)或不同的电机控制算法(例如,一些用电机控制算法115A,一些用电机控制算法115B)同时驱动在负载侧的多个电机140。

[0024] 如图1所示,系统100包括被配置为与载具控制器102进行通信以从载具控制器102获得操作命令并且向载具控制器102提供模块化转换器系统100的状态信号和/或其它信息的系统控制器105。在一些示例中,系统控制器105也能够与实时地驱动电机140并行地重新配置电力开关网络130以提供适当数量的逆变器模块125。换句话说,当来自电机140的负载增加时,系统控制器105能够发信号通知电力开关网络130并联放置更多的逆变器125。相反地,当电机负载减小时,系统控制器105能够发信号通知电力开关网络130使一个或更多个逆变器125脱离。必要时,系统控制器105然后能够将它们与其它逆变器125并联放置以驱动其它负载。

[0025] 在一些示例中,系统控制器105也能够使用CSN控制信号122来重新配置控制开关网络120,以将适当的电机控制算法115A、115B、115C作为电机控制信号117提供给驱动一个或更多个电机类型的逆变器125中的一个或更多个。逆变器125还可以向电机控制系统110和所选择的电机控制算法115A、115B、115C提供反馈信号127,诸如电流和/或电压值。由系统控制器105提供的电机控制算法115A、115B、115C的一些非限制性示例包括面向现场控制(FOC)、直接转矩控制(DTC)以及电压/频率控制(V/F)。不同的电机控制算法可能可用于高效地驱动所关联的载具的各种电机类型(例如,感应电机、同步电机、永磁(PM)同步电机、无刷DC电机等)。例如,典型的飞机能够包括用于主发动机的启动器电机发电机(PM型电机)、冲压空气风扇(感应电机)、环境控制系统(ECS)压缩机电机(PM型电机)以及一个或更多个同步电机,其中的全部可以具有不同的电力要求。

[0026] 在一些示例中,系统控制器105也能够(例如,经由电机控制系统110)向对应的电机140发送例如但不限于电机速度、转矩或功率基准值。在一些示例中,能够在嵌入式控制器上存储并运行系统控制器105。系统控制器105能够包括例如但不限于微控制器、处理器、现场可编程门阵列(FPGA)或专用集成电路(ASIC)。在一些示例中,系统控制器105能够使用实时模拟器/仿真器或者能够被实时地运行。

[0027] 在一些示例中,电机控制器算法115A、115B、115C的数量能够通过不同的电机负载的数量来确定。例如,如果系统100具有三个不同类型的电机140要驱动,则能够开发三个电机控制器算法115A、115B、115C,其中各个电机控制算法115A、115B、115C特定于电机140。在另一示例中,如果所有三个电机140执行相同的功能,则可能的是,能够使用单个电机控制算法115A、115B或115C来给所有三个负载供电。

[0028] 控制开关网络120能够动态地配置一个或更多个逆变器125,其中的每一个能够通过经由控制开关网络120根据由系统控制器105提供的CSN控制信号122所路由的特定控制算法115A、115B、115C或公共控制算法115A、115B、115C来驱动。在一些示例中,能够使信号进入与离开控制开关网络120之间的时间延迟最小化以改进电机驱动性能。

[0029] 控制开关网络120能够具有基于软件的或基于硬件的实施方式。在一些示例中,能够在例如但不限于嵌入式控制器、实时模拟器或计算机上运行软件编码的控制开关网络120。在其它示例中,能够使用诸如例如但不限于复杂可编程逻辑器件(CPLD)、ASIC或FPGA的硬件装置来实现控制开关网络120。如图2所示,控制开关网络120的各个控制开关205(无论是基于软件的还是基于硬件的)通过CSN控制信号122来控制以将选择的控制算法115与

选择的(多个)逆变器125连接。

[0030] 在一些示例中,能够使用来自系统控制器105的PSN控制信号132来动态地配置电力开关网络130,以连接一个或更多个逆变器125以按照来自电机控制系统110的一个或更多个特定控制算法115A、115B、115C驱动一个或更多个电机140。在一些示例中,电力开关网络130能够作为短路和/或过流保护装置。在这种情况下,与短路或过流负载相关联的(多个)电力开关130在检测到故障时断开。

[0031] 电力开关网络130能够使用电力开关225来实现,所述电力开关225的一些非限制性示例包括固态继电器、机械继电器、晶体管以及其它可控的电力开关。系统控制器105使用控制信号132来控制各个电力开关225。逆变器125将DC电力(即,图1中的VDC)转换为所请求的AC电力输出(例如,具有不同的电压电平、频率、波形等)以按照所选择的电机算法115A、115B、115C和系统控制器105驱动各种AC机器(例如,电机140)。逆变器125能够包括例如但不限于绝缘栅双极晶体管(IGBT)、金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)以及双极结晶体管(BJT)。

[0032] 如图2所示,控制开关网络120包括足够数量的控制开关205,使得各个电机控制算法115A、115B、115C能够与逆变器125(即,逆变器125A、125B、125C、125D和/或125E)中的任何一个或更多个选择性地且动态地连接。然而,在其它示例中,逆变器125和电机控制算法115A、115B、115C的特定组合当是不需要的或不可实行的时可以被省略,这能够减少控制开关网络120中包括的控制开关的数量。电力开关网络130包括足够数量的电力开关225,使得逆变器125中的每一个能够与电负载(即,电机140)中的任何一个或更多个选择性地且动态地连接。类似地,在其它示例中,可以省略逆变器125和电负载的特定组合以减少电力开关网络130中包括的电力开关225的数量。虽然描绘了十五(15)个控制开关205(与三个电机控制算法115和五个逆变器125相对应)以及十五(15)个电力开关225(与五个逆变器125和三个电负载相对应),但是这些数量可以基于实施方式而变化。例如,并联逆变器125的数量可以超过五个,诸如任何适合的数量N。因此,控制开关网络120的维度将是 $3 \times N$,并且电力开关网络130的维度将是 $N \times 3$ 。类似地,电机(或负载)140的数量可以超过三个,例如数量M。因此,电力开关网络的维度将是 $N \times M$ 。

[0033] 在一些示例中,模块化转换器系统100被划分成多个级。如所示,模块化转换器系统100包括控制器级145和电力级150。能够在与电力级150内的组件不同的电力供应方式(regime)内操作控制器级145内的组件(例如,系统控制器105、电机控制系统110)。例如,控制器级145可以被以适合于操作控制器级组件的相对较低的电压(例如,在大约1伏特(V)与20V之间)供电,而电力级150被用适合于产生驱动负载(诸如电机140)所需要的输出电力的相对较高的电压(例如,在大约100V与1000V或更大之间)供电。此外,在一些示例中,电力级150被配置为提供具有多个相的电力输出(例如,三相AC输出)以用于驱动负载。在这些示例中,逆变器125、电力开关网络130与电机140之间的各个连接可以表示三相电力连接。通过将模块化转换器系统100的组件分成多个级,不必调整控制器级145的组件的尺寸以处理电力级150的更高电压和/或电流。结果,控制器级145可以通常包括更小和/或更低损耗的组件,从而减少模块化逆变器系统100的重量并且改进模块化逆变器系统100的效率。

[0034] 在控制器级145与电力级150之间传送的控制和/或反馈信号可以跨越被配置为防止电力级150的更高电压(例如,大DC电压)影响控制器级145的更低电压组件的隔离势垒。

如所示,系统控制器105与电机控制系统110传送控制信号107以选择特定电机控制算法115。电机控制系统110将选择的(多个)算法作为经由控制开关网络120内选择的(多个)路径发送并且递送给逆变器125的电机控制信号117来提供。电机140向电机控制算法115提供一个或多个电机反馈信号142以用于更新的控制。电机反馈信号142的一些非限制性示例包括电流、电压、速度和位置值。

[0035] 在其它的示例中,模块化转换器系统100能够基于负载优先级因子来指派负载。换句话说,如果例如由外部飞机系统(例如,由载具控制器102)请求的负载的数量比能够由模块化转换器系统100提供的大,则模块化转换器系统100能够通过负载优先级因子来指派负载,其中更高优先级负载在更低优先级负载之前被供电。如果飞机(通过载具控制器102)做出对相对较大的负载的请求,例如,为了降低起落架,系统100能够暂时重新指派逆变器125中的一些或全部以给与该起落架相关联的电机140供电。当起落架向下并被锁定时,进而,模块化转换器系统100能够将逆变器125重新指派给它们先前的负载(或者给新的现有负载)。例如,能够为了支持降低起落架而暂时停用机舱风扇,并且机舱风扇在起落架落下时被重新启动。

[0036] 在一些示例中,诸如当存在共同地超过模块化转换器系统100的额定功率的过度的低优先级负载时,模块化转换器系统100可以以减小的设定给负载中的一些或全部供电。以这种方式,所有负载被供电,但是可以以更低速度或容量操作。所以,例如,飞机机舱风扇、照明和娱乐系统可能同时请求电力,超过模块化转换器系统100额定。结果,模块化转换器系统100能够例如向娱乐系统提供满功率,但是稍微降低机舱风扇速度和照明强度以降低总体电力需求。

[0037] 图3A例示了根据一个示例的模块化逆变器的相桥臂内的转换器电路的布置。在模块化转换器系统(例如,以上所描述的模块化转换器系统100、200)的一个实施方式中,布置300表示提供单相电力输出的模块化逆变器125。在模块化转换器系统的多相实施方式中,布置300表示被配置为与其它逆变器125的相桥臂210并联连接的模块化逆变器125的相桥臂210。虽然图3A提供了与单个逆变器或单个逆变器相桥臂210有关的感测和控制电路302的详细例示,但是普通技术人员将理解,可以基于模块化转换器系统的实施方式来提供多个同样的该电路。使用图2的示例,五个逆变器125A至125E中的每一个包括三个相应的相桥臂210-1、210-2和210-3,从而导致总共十五个相同的图3A中的控制电路302。如所示,布置300包括通过电力开关网络配置为向公共负载提供电力的多个并联逆变器125A、125B。模块化逆变器125包括与系统控制器105连接并且配置为操作逆变器304的开关330-1、330-2(也为“开关元件”330)的控制电路302。开关330-1、330-2具有连接在其之间的相位输出节点340。开关330-1、330-2可以具有任何适合的实施方式,诸如绝缘栅双极晶体管(IGBT)、金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、双极结晶体管(BJT)等。相位输出节点340承载电力输出215。电源342提供用来生成电力输出215的电力,并且逆变器304根据由驱动信号326-1、326-2指示的开关定时来控制电力输出215的波形。电源342向逆变器304提供基准电压VDC+、VDC-,其如所示对应于在它们之间具有地电位的预定电压Vs和-Vs。电源342的其它配置是可能的,诸如在地电位的VDC-。

[0038] 开关元件330-1、330-2可以被设计为具有预定相对的开关强度或其它相对的开关特性,但是在操作期间可能由于制造容差、基于附近组件的寄生元件的存在等而与所设计

的稍微不同地表现。换句话说,开关330-1、330-2能够在操作上彼此不同,并且/或者能够与由选通驱动器325-1、325-2提供的驱动信号326-1、326-2的期望结果不同。

[0039] 在操作期间,系统控制器105向控制电路302提供被用来选择电机控制算法(未示出;图1、图2的115A、115B、115C)以提供电机控制信号117A、117B的控制信号107以控制模块化逆变器125。为了防止高电压DC信号从模块化逆变器125跨越到系统控制器105,隔离势垒315沿着用于电机控制信号117A、117B的各个路径布置。隔离势垒315可以具有用于电隔离的任何适合的实施方式,诸如X类或Y类电容器。控制电路302也包括位于隔离势垒315与选通驱动器325-1、325-2之间的保护逻辑320,其可以具有用于在特定操作条件期间保护负载的任何适合的实施方式,诸如包括用硬件和/或软件实现的短路检测逻辑、过载检测逻辑、过温检测逻辑等。如果这些操作条件中的任一个被检测到,则保护逻辑320中断(多个)特定电机控制信号117A和/或117B到(多个)选通驱动器325-1、325-2的递送以防止对已连接负载的过度磨损或损坏。电机控制信号117A和117B作为相应的控制信号345A、345B被提供给选通驱动器325-1、325-2。基于控制信号345A、345B,选通驱动器325-1、326-2为开关330-1、330-2生成驱动信号326-1、326-2以提供电力输出215的期望波形。在一些示例中,电力输出215作为用于驱动负载的脉冲宽度调制(PWM)波形被提供。

[0040] 控制电路302包括与相位输出节点340并与基准电压连接的一个或更多个积分器335-1、335-2。在一些示例中,积分器335-1、335-2是被配置为提供对相位输出节点340上的电压的连续采样的模拟积分器(例如,运算放大器积分器)。虽然其它类型的积分器的使用是可能的,然而模拟积分器通常优于数字积分器提供数个优点。数字积分器要集成在布置300内可能是更复杂的和/或昂贵的。检测可能大约为开关的接通时间的百分比的一小部分的不同逆变器125之间的占空比差需要大量的样本。例如,以对脉冲宽度调制(PWM)实施方式不常见的几十或几百千赫兹(kHz)对电力输出215的适合的采样可能需要采样频率很好地进入兆赫兹(MHz)范围中。模拟积分器通过比较来提供具有增加的保真度和分辨率的电力输出215的时间连续积分。模拟积分器也跨越隔离边界315向系统控制器105提供单个模拟值,从而降低带宽要求。

[0041] 如所示,积分器335-1与相位输出节点340和VDC+连接,并且积分器335-2与相位输出节点340和VDC-连接。积分器335-1、335-2中的每一个被配置为在驱动信号326-1、326-2的一个或更多个开关循环期间积分,并且跨越隔离势垒315向系统控制器105发送输出信号。系统控制器105包括被配置为将来自积分器335-1、335-2的输出信号转换成对应的离散值的模拟至数字转换器(ADC) 305。

[0042] 与不同的开关330相对应的值可以由系统控制器105对照彼此和/或对照驱动信号326-1、326-2的期望结果来比较,以确定开关330是否正如预期那样或者按某个误差操作。在一些示例中,系统控制器105计算与各个开关330-1、330-2相对应的施加的伏特秒值312。例如,在特定开关循环期间,选通驱动器325-1向开关330-1提供被配置为对输出节点340施加1000伏特(V)达一个(1)毫秒(ms)持续时间(1.000V-s的期望的施加的伏特秒值)的驱动信号326-1。这些值是为简单化计算而提供的,并且可以基于逆变器125的实施方式以及已连接负载的电力要求而变化。由于开关330-1的容差和/或寄生元件,假定实际上施加到开关330-1的所计算出的施加的伏特秒值312是与0.001V-s的误差相对应的1.001V-s。

[0043] 在一些示例中,系统控制器105还被配置为基于所确定的误差来计算一个或更多

个选通驱动器偏移310。选通驱动器偏移310可以具有用于调整驱动信号326-1的定时(或占空比)的任何适合的形式。将所计算出的(多个)选通驱动器偏移310应用于选通驱动器325-1调整开关330-1的所关联的定时并且减少或者消除所期望施加的伏特秒值与实际施加的伏特秒值之间的误差。因此,在当前示例中,系统控制器对控制信号107应用选通驱动器偏移310,这进而影响控制信号345A并且使开关330-1减小其占空比,使得实际上施加到开关330-1的所计算出的施加的伏特秒值312是所期望的1.000V-s。

[0044] 图3B和图3C例示了模块化转换器系统内的积分器的供替换的布置。如上所述,图3A的布置300将逆变器125描绘为包括与相位输出节点340和第一电压轨(VDC+)连接的第一积分器335-1以及与相位输出节点340和第二电压轨(VDC-)连接的第二积分器335-2。布置350(图3B)包括用于逆变器125的单个积分器335,并且该积分器335被配置为测量在相位输出节点340上的参考地电位的电压。

[0045] 布置355(图3C)包括被配置为测量在相位输出节点340上的参考地电位的电压的多个积分器335A、335B。可以使用诸如多路转接器360的开关布置来向ADC 305选择性地提供积分器335A、335B的测量结果。选择信号365可以由系统控制器105(未示出)提供。在一些示例中,可以按照交替模式从积分器335A、335B提供测量结果以提供增加的准确性。

[0046] 如以上所讨论的,积分器335-1、335-2中的每一个被配置为在驱动信号326-1、326-2的一个或更多个开关循环期间积分。可以使用提供给积分器335-1、335-2的重置信号来周期性地重置由积分器335-1、335-2执行的测量结果。在一些示例中,针对选通驱动器325-1、325-2的控制信号345A、345B能够提供适合的重置信号。例如,控制信号345A、345B的上升沿能够指示特定开关循环的完成并且可以被用来触发积分器335-1、335-2的重置。在其它示例中,系统控制器105可以为积分器335-1、335-2生成不同的重置信号(未示出)。

[0047] 重置积分器335-1、335-2通常不是瞬时事件。在包括反馈电容器的模拟积分器的示例中,重置积分器可以包括使开关闭合以根据关联的时间常数使反馈电容器放电。因此,在一些时间段期间,积分器335-1、335-2不对相位输出节点340的电压值进行积分,可能对得到的测量结果有影响。

[0048] 布置355(图3C)提供用于改进测量准确性的一个手段。在通过第一重置信号控制的第一积分器335A的重置(即,重置1)期间,ADC 305从第二非重置积分器335B接收测量结果以更完整地捕获相位输出节点340的电压值。在通过第二重置信号控制的第二积分器335B的重置(即,重置2)期间,ADC 305从第一非重置积分器335A接收测量结果。控制多路转接器360的选择信号365可以是系统控制器105(未示出)提供的单独的信号或者可以基于第一重置信号和/或第二重置信号的逻辑组合。

[0049] 用于调整测量结果以对重置周期进行补偿的其它技术也是可能的。例如,系统控制器105(未示出)可以针对与重置周期相对应的ADC 305的(多个)测量结果执行数学外插法。这个方法在电磁干扰(EMI)串扰(诸如由布置300、350、355的其它开关元件引入的噪声)被相对很好地控制的情况下可能是可实行的。

[0050] 虽然关于单相电力输出215具体地讨论了各种布置300、350、355,但是普通技术人员将理解,这些技术可以被应用于多相逆变器模块(例如,与驱动多相负载相对应)并且可以跨越两个或更多个模块化逆变器的操作被应用。

[0051] 布置300、350、355的其它实施方式是可能的。在一个供替换的示例中,系统控制器

105和ADC 305位于隔离边界315的“电力侧”(即,与选通驱动器325-1、325-2和开关330-1、330-2一起)。这种实施方式将通常需要跨越隔离边界315的增加的带宽,因为可能仍然需要系统控制器105以不同的电力供应方式与外部载具控制器和/或其它控制元件进行通信。在另一供替换的示例中,可以在选通驱动器325-1、325-2与在相位输出节点340A处进行的电压测量之间提供快速控制回路,这在一些情况下可以被用来代替系统控制器105实现选通驱动器偏移310。在其它情况下,系统控制器105提供选通驱动器偏移310并且快速控制回路提供对与选通驱动器偏移310相比相对较小的驱动信号326-1、326-2的调整。

[0052] 图3D例示了根据一个示例的多相模块化转换器系统内的多个逆变器的布置375。更具体地,布置375例示了与用于针对模块化逆变器调整选通驱动器的操作的以上所讨论的那些技术类似的技术可以被用来平衡多相模块化转换器系统的逆变器模块之间的电流产生。

[0053] 逆变器单元125A和125B被类似地配置,各自具有带三个相位输出节点340的三个相桥臂。尽管未显式地示出,然而假定逆变器单元125C至125E也被类似地配置用于三相操作。如所示,相位输出节点340-1和340-4连接在一起(以及与逆变器单元125C至125E的相位输出节点连接)以产生具有第一相位的电力输出215-1。换句话说,相桥臂210-1和210-4并联链接。相位输出节点340-2和340-5连接在一起(再者,与逆变器单元125C至125E的相位输出节点连接)以产生具有第二相位的电力输出215-2。相位输出节点340-3和340-6连接在一起(再者,与逆变器单元125C至125E的相位输出节点连接)以产生具有第三相位的电力输出215-3。

[0054] 然而,即使在逆变器单元125A至125E共享相同实施方式的示例中,逆变器单元125A至125E的逆变器304中的每一个也可能由于制造容差、基于附近组件的寄生元件的存在等而在操作期间稍微不同地表现。逆变器304可能在操作上彼此不同,并且/或者能够与由控制电路302提供给逆变器304的驱动信号的期望结果不同。

[0055] 为了减轻这些差异,包括在各个相桥臂210中的控制电路302对所对应的相位输出节点340上的电压进行采样,并且与系统控制器105传送这些电压。系统控制器105可以针对相位输出节点340中的每一个来计算施加的伏特秒值,所计算的伏特秒值然后可以被比较以确定逆变器125A至125E中的任一个是否具有不均匀的载荷。系统控制器105也可以生成一个或更多个选通驱动器偏移以控制逆变器304的后续操作,以减轻任何不均匀的载荷和/或期望的施加的伏特秒值与由逆变器304实际上施加的值之间的误差。

[0056] 使用前一个示例,假定系统控制器105向并联相桥臂210-1、210-4发送被配置为使对应的逆变器304对输出节点340-1、340-4施加1000V达1ms持续时间的控制信号(即,1.000V-s的期望值)。由于逆变器304的容差和/寄生元件,假定由系统控制器105计算出的所施加的伏特秒值是给相桥臂210-1的1.001V-s以及给相桥臂210-4的0.999V-s。

[0057] 在一个示例中,系统控制器105对相桥臂210-1应用计算出的选通驱动器偏移以减小所对应的逆变器的占空比以和针对相桥臂210-4的0.999V-s值匹配。作为一个另选方案,系统控制器105对相桥臂210-4应用计算出的选通驱动器偏移以施加1000V达更长时段并且和针对相桥臂210-1的1.001V-s值匹配。作为一个另选方案,系统控制器105对两个相桥臂210-1、210-4应用选通驱动器偏移以使来自逆变器的输出平衡并且校正所计算出的施加的伏特秒值(即,1.001V-s、0.999V-s)与驱动信号的期望结果(即,1.000V-s)之间的差。

[0058] 图4例示了根据一个示例的控制包括多个并联逆变器单元的模块化转换器系统的电力输出的方法。通常,可以与以上所讨论的模块化转换器系统100、200以及布置300、350、355、375的示例中的任一个一致地执行方法400。

[0059] 方法400在块405处开始,其中第一逆变器单元和第二逆变器单元的开关元件被用初始驱动信号驱动以产生同相电力输出。第一逆变器单元和第二逆变器单元可以各自包括使用电力开关网络并联在一起的不同的相桥臂。驱动信号可以由第一逆变器单元和第二逆变器单元的选通驱动器来执行。在一些示例中,用于第一逆变器单元和第二逆变器单元的初始驱动信号是相同的,但是这不是要求。

[0060] 在块415处,选通驱动器偏移值是基于在相应的第一逆变器单元和第二逆变器单元的第一相位输出节点和第二相位输出节点处的相应的第一电压和第二电压而确定的。确定选通驱动器偏移值可以由与第一逆变器单元和第二逆变器单元连接的系统控制器或者可选地由与选通驱动器 and 相位输出节点连接的一个或更多个局部快速控制回路来确定。

[0061] 在一些示例中,确定选通驱动器偏移值包括使用与第一相位输出节点和第二相位输出节点中的每一个连接的至少一个积分器来对相对于至少一个基准电压的第一电压和第二电压中的每一个进行积分。在一些示例中,确定选通驱动器偏移值包括针对第一逆变器单元和第二逆变器单元中的每一个来计算相应的施加的伏特秒值。选通驱动器偏移值基于相应的计算出的施加的伏特秒值之间的差,所述差指示第一逆变器单元与第二逆变器单元之间的载荷的不平衡。选通驱动器偏移值可以进一步基于所计算出的施加的伏特秒值与驱动信号的期望结果之间的差。

[0062] 在块425处,第一逆变器单元和第二逆变器单元的开关元件被用后续驱动信号驱动,使得由第一逆变器单元和第二逆变器单元在产生同相电力输出时提供的电流的相应的量被平衡。用于第一逆变器单元和第二逆变器单元中的一个或二者的后续驱动信号可以使用所确定的选通驱动器偏移值来调整。后续驱动信号也可以使第一逆变器单元和第二逆变器单元产生驱动信号的期望结果。方法400在块425的完成之后结束。

[0063] 图5和图6例示了根据一个示例的确定选通驱动器偏移值的方法。方法500和方法600中的每一个表示方法400的块415的可能的实施方式,其中选通驱动器偏移值是基于在相应的第一逆变器单元和第二逆变器单元的第一相位输出节点和第二相位输出节点处的相应的第一电压和第二电压而确定的。

[0064] 方法500在块505处开始,其中与第一相位输出节点和第二相位输出节点连接的至少一个积分器对相对于至少一个基准电压的第一电压和第二电压中的每一个进行积分。基准电压可以是配置为给逆变器单元供电的电压轨。在可选块515和525处,针对提供给第一逆变器单元和第二逆变器单元的选通驱动器的控制信号检测上升沿。积分器在开关循环完成时被重置,这由所检测到的上升沿来指示。在供替换的示例中,可以使用控制信号的下降沿或被配置为重置积分器的单独的控制信号。在块535处,系统控制器针对第一逆变器单元和第二逆变器单元中的每一个来计算相应的施加的伏特秒值。选通驱动器偏移值基于相应的计算出的施加的伏特秒值之间的差。方法500在块505的完成之后结束。

[0065] 方法600通常适用于诸如图3C所示的具有与特定相位输出节点连接的多个积分器的实施方式。例如,第一逆变器单元的相位输出节点可以具有第一对积分器,并且第二逆变器单元的相位输出节点可以具有第二对积分器。方法600在块605处开始,其中,在第一逆变

器单元和第二逆变器单元的第一开关循环期间,第一积分器对第一电压和第二电压中的每一个进行积分。在可选块615处,第一积分器在第一开关循环完成时,例如基于检测到的控制信号的上升或下降沿,被重置。在块625处,在第一逆变器单元和第二逆变器单元的第二开关循环期间,第二积分器对第一电压和第二电压中的每一个进行积分。块615和625可能在时间上至少部分地重叠,使得电压的测量结果不管第一积分器的偶尔重置如何,都能是基本上连续的。在可选块635处,第二积分器在第二开关循环完成时被重置。方法600在块635的完成之后结束。在供替换的示例中,方法600重复,从块635返回到块605。在这种情况下,块635和605可能在时间上至少部分地重叠。

[0066] 本公开的各种示例的描述已被呈现用于例示的目的,但是不旨在为详尽的或者限于所公开的示例。在不脱离所描述的示例的范围和精神的情况下,许多修改和变化对于本领域普通技术人员而言将是显而易见的。本文所使用的术语被选择来最好地说明示例的原理、实际应用或对市场中发现的技术的技术改进,或者使得本领域普通技术人员能够理解本文所公开的示例。

[0067] 如由本领域技术人员将了解的,本公开的方面可以作为系统、方法或计算机程序产品被具体实现。因此,本公开的方面可以采取全硬件示例、全软件示例(包括固件、驻留软件、微码等)或组合全部通常可以在本文中被称为“电路”、“模块”或“系统”的软件和硬件方面的示例的形式。此外,本公开的方面可以采取具体实现在具有具体实现在其上的计算机可读程序代码的一个或更多个计算机可读介质中的计算机程序产品的形式。

[0068] 可以利用一个或更多个计算机可读介质的任何组合。计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或计算机可读存储介质。计算机可读存储介质可以是例如但不限于电子、磁、光学、电磁、红外或半导体系统、设备或装置,或上述的任何适合的组合。计算机可读存储介质的更特定示例(非详尽列表)将包括下列的:具有一个或更多个电线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦可编程只读存储器(EPROM或闪速存储器)、光纤、便携式紧致盘只读存储器(CD-ROM)、光学存储装置、磁存储装置,或上述的任何适合的组合。在本文的上下文中,计算机可读存储介质可以是能够包含或者存储程序以供由指令执行系统、设备或装置使用或者连同指令执行系统、设备或装置一起使用的任何有形介质。

[0069] 计算机可读信号介质可以包括在其中(例如,在基带中或作为载波的一部分)具体实现有计算机可读程序代码的传播数据信号。这种传播信号可以采取各种形式中的任一种,包括但不限于电磁、光学或其任何适合的组合。计算机可读信号介质可以是不为计算机可读存储介质并且能够传送、传播或者传输程序以供由指令执行系统、设备或装置使用或者与指令执行系统、设备或装置一起使用的任何计算机可读介质。

[0070] 具体实现在计算机可读介质上的程序代码可以使用任何适当的介质(包括但不限于无线、有线线路、光纤电缆、RF等,或上述的任何适合的组合)来发送。

[0071] 用于为本公开的方面而执行操作的计算机程序代码可以用一个或更多个编程语言(包括诸如Java、Smalltalk、C++等的面向对象编程语言以及常规的过程编程语言,诸如“C”编程语言或类似的编程语言)的任何组合来编写。程序代码可以完全在用户的计算机上、部分地在用户的计算机上、作为独立软件包、部分地在用户的计算机上并且部分地在远程计算机上或者完全在远程计算机或服务器上执行。在后者场景中,远程计算机可以通过

任何类型的网络(包括局域网(LAN)或广域网(WAN))连接到用户的计算机,或者可以(例如,通过使用互联网服务提供商的互联网)做出到外部计算机的连接。

[0072] 本公开的方面在上面参照根据本公开的示例的方法、设备(系统)以及计算机程序产品的流程图例示和/或框图被描述。应当理解,流程图例示和/或框图的各个块以及流程图例示和/或框图中的块的组合能够通过计算机程序指令来实现。可以将这些计算机程序指令提供给通用计算机、专用计算机或其它可编程数据处理设备的处理器以产生机器,使得经由计算机或其它可编程数据处理设备的处理器执行的指令创建用于实现流程图和/或一个或多个框图块中所指定的功能/行为的手段。

[0073] 也可以将这些计算机程序指令存储在能够控制计算机、其它可编程数据处理设备和/或其它装置以特定方式起作用的计算机可读介质中,使得存储在计算机可读介质中的指令产生包括实现流程图和/或一个或多个框图块中所指定的功能/行为的指令的制品。

[0074] 也可以将计算机程序指令加载到计算机、其它可编程数据处理设备或其它装置上,以在该计算机、其它可编程设备或其它装置上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的过程,使得在该计算机或其它可编程设备上执行的指令提供用于实现流程图和/或一个或多个框图块中所指定的功能/行为的过程。

[0075] 图中的流程图和框图例示了根据本公开的各种示例的系统、方法和计算机程序产品的可能的实施方式的架构、功能性和操作。在这点上,流程图或框图中的各个块可以表示模块、段或指令中的包括用于实现所指定的逻辑功能的一个或更多个可执行指令的一部分。在一些另选的实施方式中,块中指出的功能可以不按图中指出的顺序发生。例如,取决于所牵涉的功能性,事实上可以大体上同时执行相继示出的两个块,或者有时可以按相反顺序执行这些块。还应当注意,框图和/或流程图例示的各个块以及框图和/或流程图例示中的块的组合能够由执行所指定的功能或行为或者执行专用硬件和计算机指令的组合的基于专用硬件的系统来实现。

[0076] 此外,本公开包括根据以下条款的示例:

[0077] 条款1.一种控制包括多个并联逆变器单元(125)的模块化转换器系统(100、200)的电力输出的方法(400),所述多个并联逆变器单元包括具有至少第一相位输出节点(340-1)的第一逆变器单元(125A)以及具有至少第二相位输出节点(340-4)的第二逆变器单元(125B),所述方法包括:用初始驱动信号(326-1、326-2)驱动(405)所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关元件(330-1、330-2)以产生同相电力输出(215-1);基于在所述第一相位输出节点和所述第二相位输出节点处的相应的第一电压和第二电压来确定(415)选通驱动器偏移值(310);以及基于所确定的选通驱动器偏移值来用后续驱动信号(326-1、326-2)驱动(425)所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关元件,使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生所述同相电力输出时提供的电流的相应的量被平衡。

[0078] 条款2.根据条款1所述的方法,其中,确定所述选通驱动器偏移值包括:针对所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的每一个来计算(535)相应的施加的伏特秒值(312),其中,所述选通驱动器偏移值基于计算出的所述相应的施加的伏特秒值之间的差。

[0079] 条款3.根据条款1所述的方法,其中,所述第一相位输出节点和所述第二相位输出节点中的每一个与所述模块化转换器系统的至少一个积分器(335-1、335-2)连接,其中,确

定所述选通驱动器偏移值包括：使用所述至少一个积分器来对相对于至少一个基准电压 (VDC+、VDC-) 的所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分。

[0080] 条款4. 根据条款3所述的方法，其中，所述至少一个基准电压包括系统地。

[0081] 条款5. 根据条款3所述的方法，其中，对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关循环期间发生，所述方法还包括：在所述开关循环完成时重置 (525) 所述积分器。

[0082] 条款6. 根据条款5所述的方法，其中，所述积分器的重置在检测到 (515) 提供给所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的选通驱动器的控制信号 (345A、345B) 的上升沿时发生。

[0083] 条款7. 根据条款3所述的方法，其中，所述至少一个积分器包括第一积分器和第二积分器 (335A、335B)，所述方法还包括：在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的第一开关循环期间使用所述第一积分器来对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分；以及在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的第二开关循环期间使用所述第二积分器来对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分。

[0084] 条款8. 一种模块化转换器系统 (100、200)，包括：系统控制器 (105)；以及并联连接并且被配置为产生同相电力输出 (215-1、215-2、215-3) 的至少第一逆变器单元和第二逆变器单元 (125A、125B)，所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的各个逆变器单元分别包括：具有连接在其之间的相位输出节点 (340) 的一对开关元件 (330-1、330-2) 以及一对选通驱动器 (325-1、325-2)，各个选通驱动器被配置为从所述系统控制器接收相应的控制信号 (345A、345B) 并且生成驱动信号 (326-1、326-2) 以控制所述一对开关元件中的相应的一个的开关，其中，所述系统控制器被配置为：基于在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的相位输出节点处的相应的电压来确定选通驱动器偏移值 (310)，并且基于所确定的选通驱动器偏移值使用第一逆变器单元和第二逆变器单元来用后续驱动信号 (326-1、326-2) 控制所述选通驱动器，使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生所述同相电力输出时提供的电流的量被平衡。

[0085] 条款9. 根据条款8所述的模块化转换器系统，其中，所述系统控制器还被配置为针对所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的每一个来计算相应的施加的伏特秒值 (312)，其中，所述选通驱动器偏移值基于计算出的所述相应的施加的伏特秒值之间的差。

[0086] 条款10. 根据条款8所述的模块化转换器系统，还包括：与所述第一逆变器单元的相位输出节点连接的一个或更多个第一积分器 (335-1、335-2)；以及与所述第二逆变器单元的相位输出节点连接的一个或更多个第二积分器 (335-1、335-2)，其中，确定所述选通驱动器偏移值包括：使用所述一个或更多个第一积分器和所述一个或更多个第二积分器来对相对于至少一个基准电压 (VDC+、VDC-) 的所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分。

[0087] 条款11. 根据条款10所述的模块化转换器系统，其中，所述至少一个基准电压包括系统地。

[0088] 条款12. 根据条款10所述的模块化转换器系统，其中，对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关循环期间发生，其中，所述系统控制器还被配置为在所述开关循环完成时重置所述一个或更多个第

一积分器和所述一个或更多个第二积分器。

[0089] 条款13.根据条款12所述的模块化转换器系统,其中,重置所述一个或更多个第一积分器和所述一个或更多个第二积分器在检测到提供给所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的每一个的所述一对选通驱动器的控制信号(345A、345B)的上升沿时发生。

[0090] 条款14.根据条款10所述的模块化转换器系统,其中,所述一个或更多个第一积分器包括第一多个积分器(335A、335B)并且所述一个或更多个第二积分器包括第二多个积分器(335A、335B),其中,所述第一多个积分器和所述第二多个积分器中的每一个中的至少一个积分器被配置为在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的第一开关循环期间对所述相应的第一电压和第二电压进行积分,并且其中,所述第一多个积分器和所述第二多个积分器中的每一个中的至少另一积分器被配置为在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的第二开关循环期间对所述相应的第一电压和第二电压进行积分。

[0091] 条款15.一种包括计算机程序代码的非暂时性计算机可读介质,所述计算机程序代码当通过一个或更多个计算机处理器的操作来执行时,执行控制包括多个并联逆变器单元(125)的模块化转换器系统(100、200)的电力输出的操作,所述多个并联逆变器单元包括具有至少第一相位输出节点(340-1)的第一逆变器单元(125A)以及具有至少第二相位输出节点(340-4)的第二逆变器单元(125B),所述操作包括:与多个选通驱动器(325-1、325-2)进行通信以用初始驱动信号(326-1、326-2)驱动(405)所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关元件(330-1、330-2)以产生同相电力输出(215-1);基于在所述第一相位输出节点和所述第二相位输出节点处的相应的第一电压和第二电压来确定(415)选通驱动器偏移值(310);以及与所述多个选通驱动器进行通信以基于所确定的选通驱动器偏移值来用后续驱动信号(326-1、326-2)驱动(425)所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关元件,使得由所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元在产生所述同相电力输出时提供的电流的相应的量被平衡。

[0092] 条款16.根据条款15所述的计算机可读介质,其中,确定所述选通驱动器偏移值包括:针对所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元中的每一个来计算(535)相应的施加的伏特秒值(312),其中,所述选通驱动器偏移值基于计算出的所述相应的施加的伏特秒值之间的差。

[0093] 条款17.根据条款15所述的计算机可读介质,其中,所述第一相位输出节点和所述第二相位输出节点中的每一个与所述模块化转换器系统的至少一个积分器(335-1、335-2)连接,其中,确定所述选通驱动器偏移值包括:使用所述至少一个积分器来对相对于至少一个基准电压(VDC+、VDC-)的所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分。

[0094] 条款18.根据条款17所述的计算机可读介质,其中,对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的开关循环期间发生,所述操作还包括:在所述开关循环完成时重置(525)所述积分器。

[0095] 条款19.根据条款18所述的计算机可读介质,其中,所述积分器的重置在检测到(515)提供给所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的选通驱动器的控制信号(345A、345B)的上升沿时发生。

[0096] 条款20.根据条款17所述的计算机可读介质,其中,所述至少一个积分器包括第一积分器和第二积分器(335A、335B),所述操作还包括:在所述第一逆变器单元和所述第二逆

变器单元的第一开关循环期间使用所述第一积分器来对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分;以及在所述第一逆变器单元和所述第二逆变器单元的第二开关循环期间使用所述第二积分器来对所述第一电压和所述第二电压中的每一个进行积分。

[0097] 虽然上述致力于本公开的示例,但是本公开的其它和另外的示例可以在不脱离其基本范围的情况下被设计出,并且其范围由随附权利要求来确定。

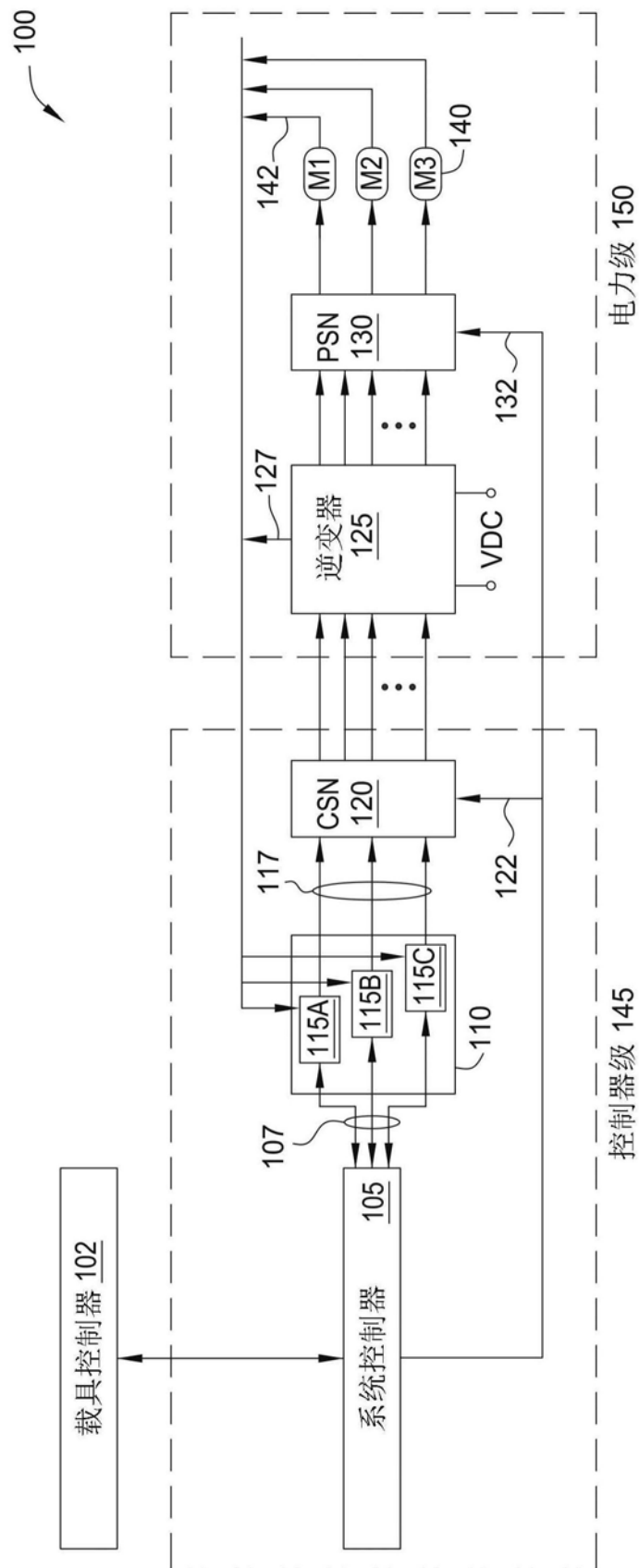


图1

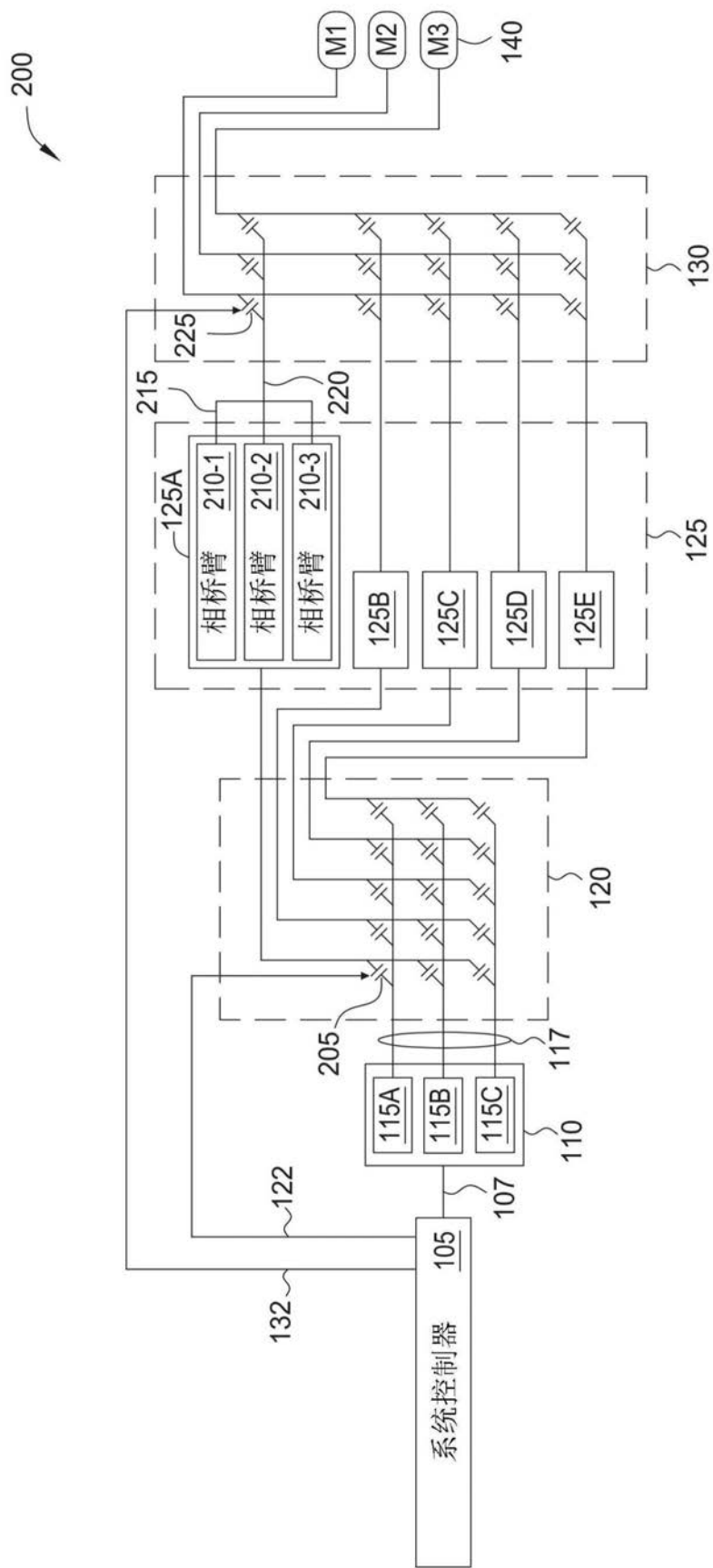


图2

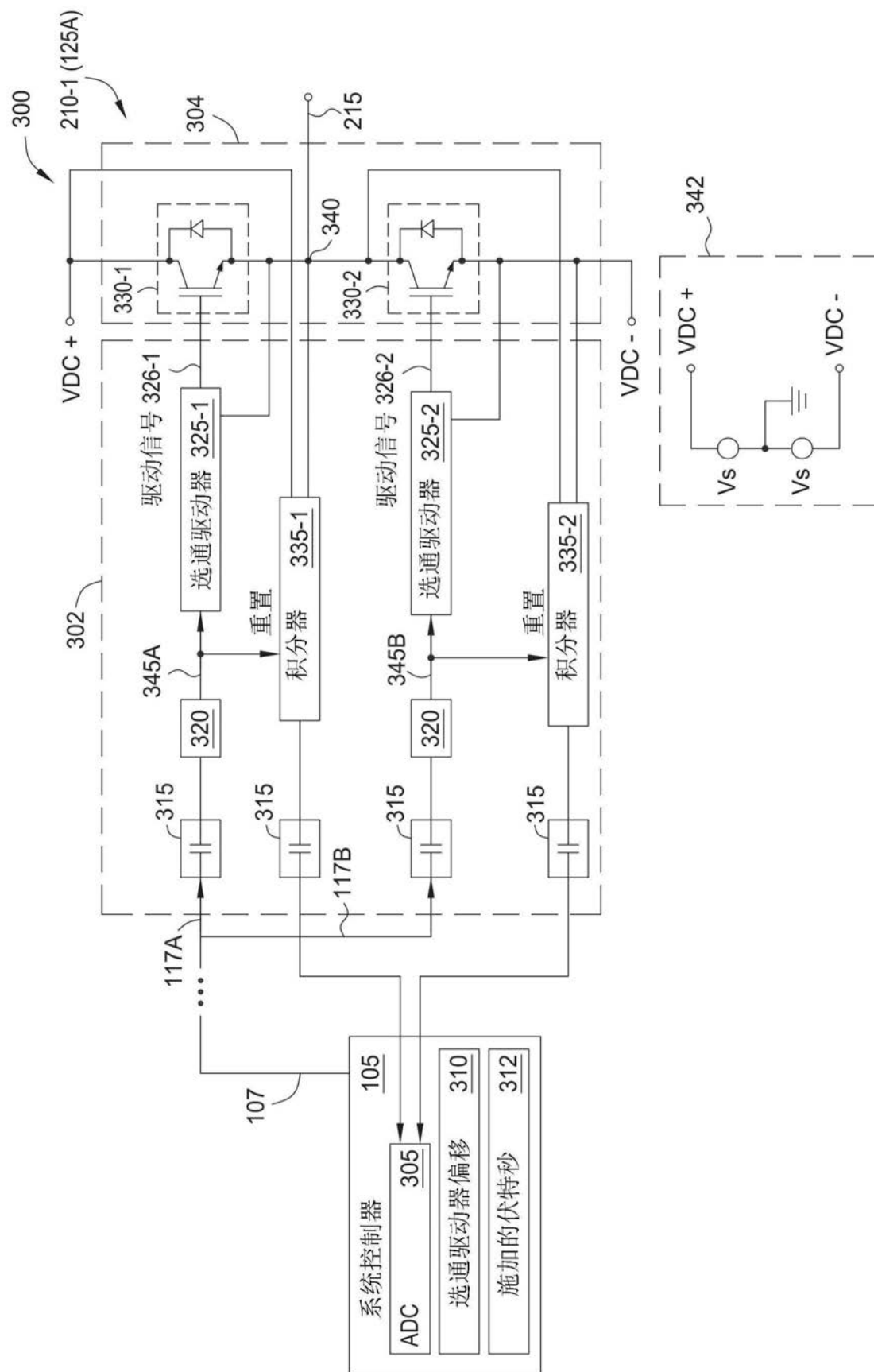


图3A

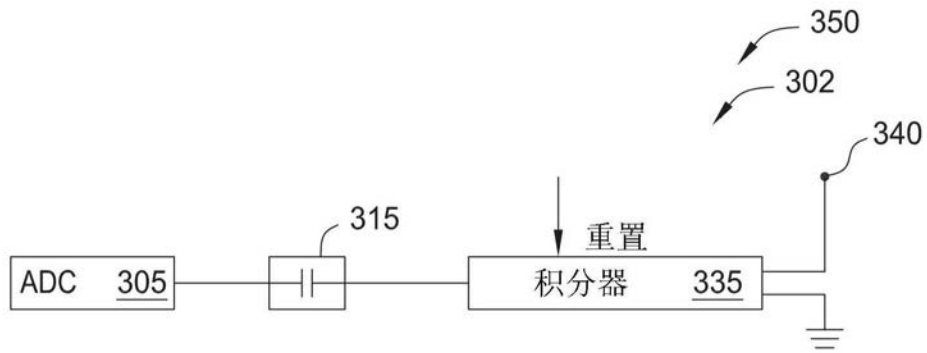


图3B

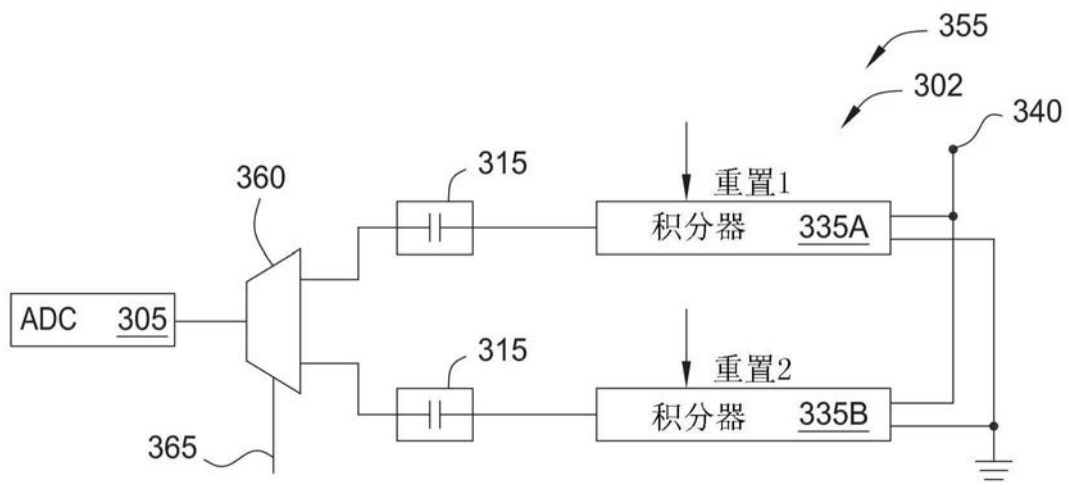


图3C

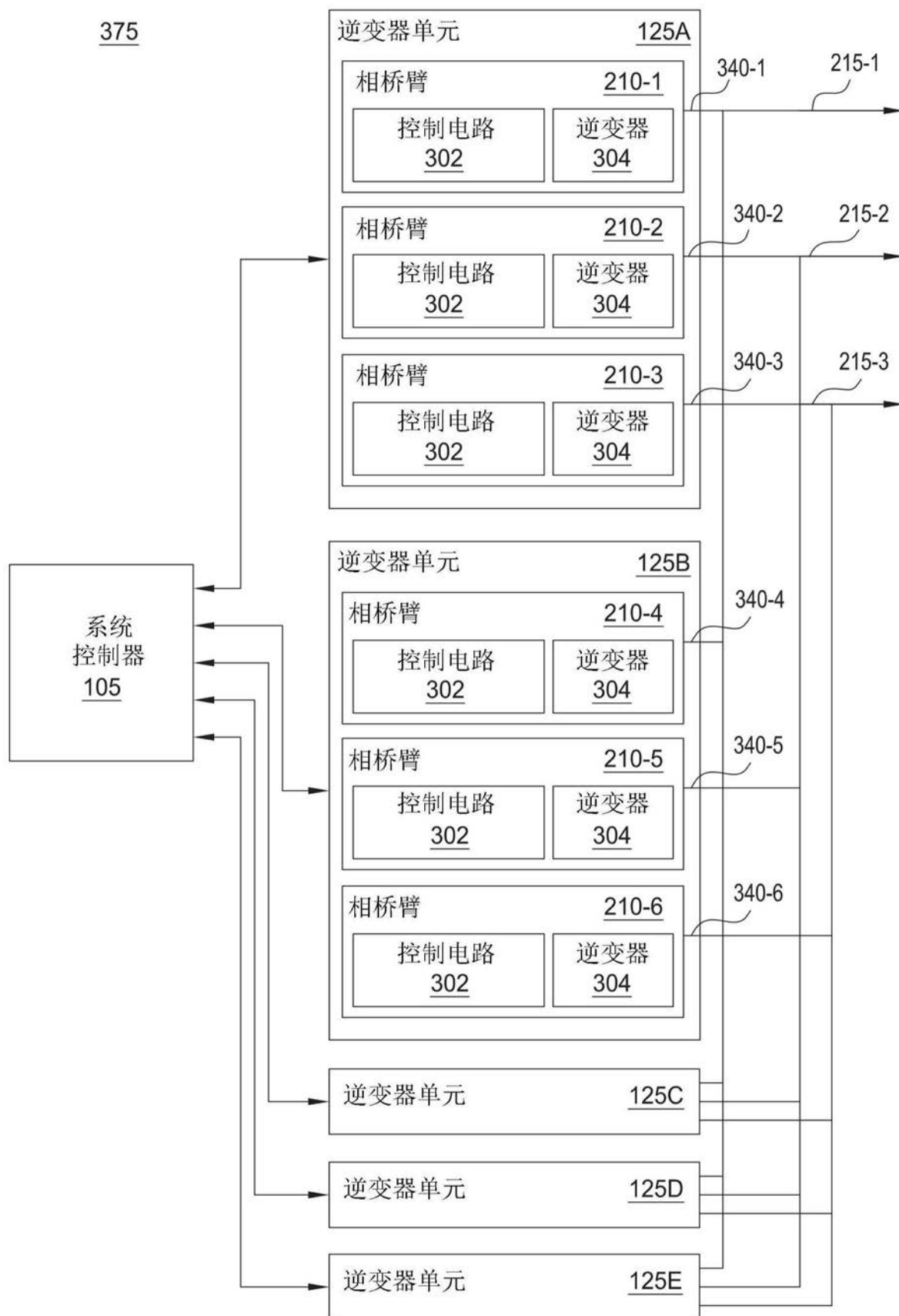


图3D

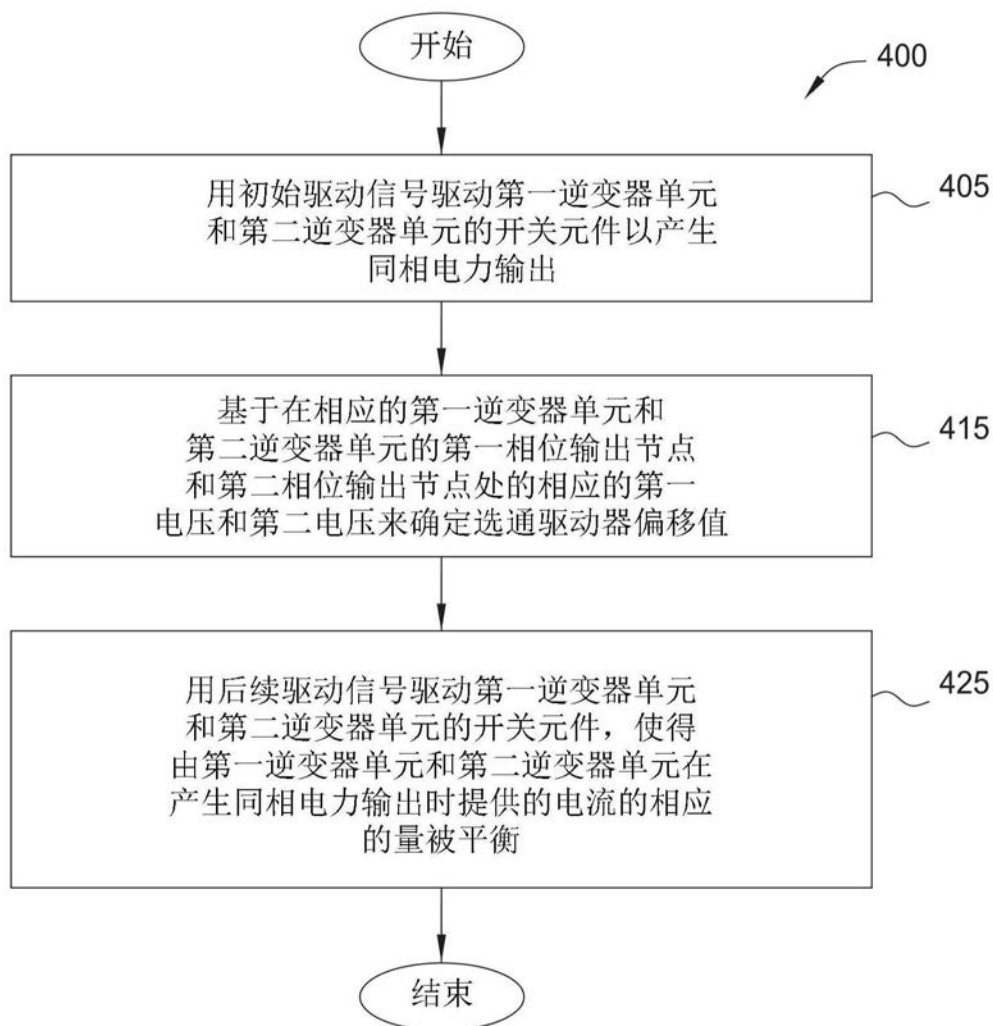


图4

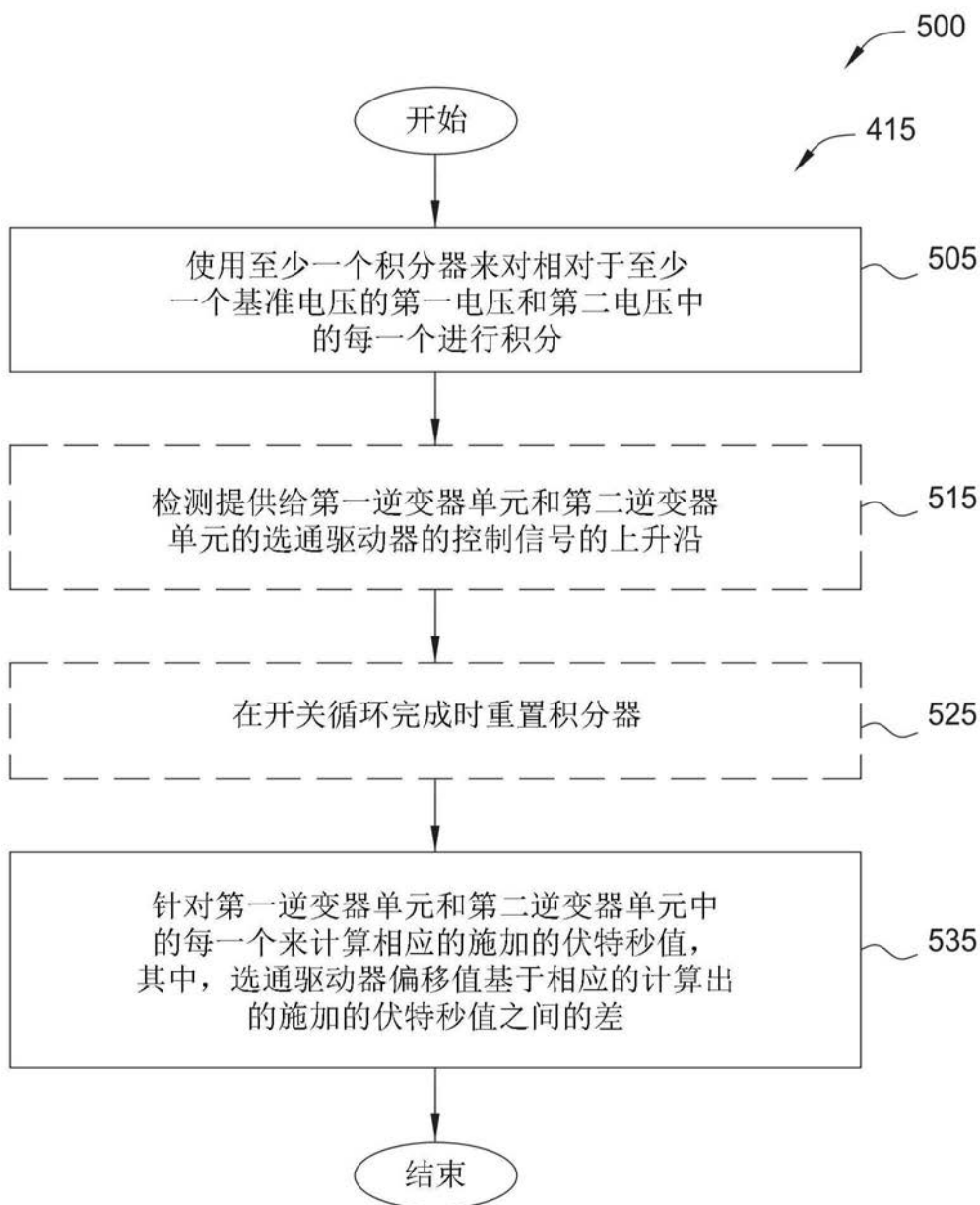


图5

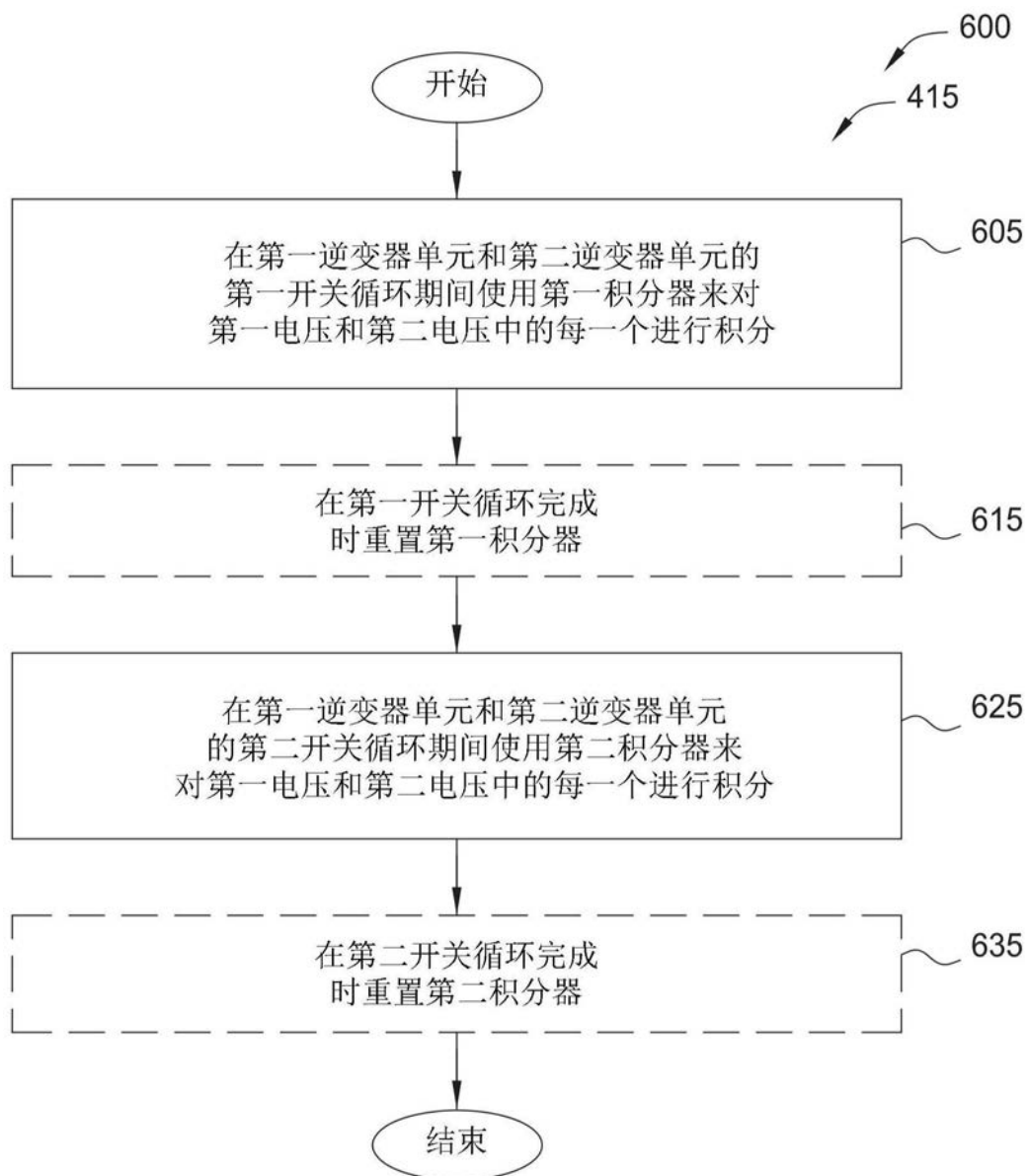


图6