



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110311617 B

(45) 授权公告日 2023.09.08

(21) 申请号 201910219267.2

(22) 申请日 2019.03.21

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110311617 A

(43) 申请公布日 2019.10.08

(30) 优先权数据  
2018-054563 2018.03.22 JP

(73) 专利权人 株式会社电装  
地址 日本爱知县  
专利权人 丰田自动车株式会社

(72) 发明人 冈晴香 小俣隆士 松原清隆  
中村诚 野边大悟

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
司 31100

专利代理师 胡曼

(51) Int.Cl.

H02P 27/08 (2006.01)

H02P 6/00 (2016.01)

H02P 25/022 (2016.01)

(56) 对比文件

CN 101445064 A, 2009.06.03

JP 2000125411 A, 2000.04.28

US 2006164028 A1, 2006.07.27

US 2006273748 A1, 2006.12.07

CN 1819419 A, 2006.08.16

审查员 张琪

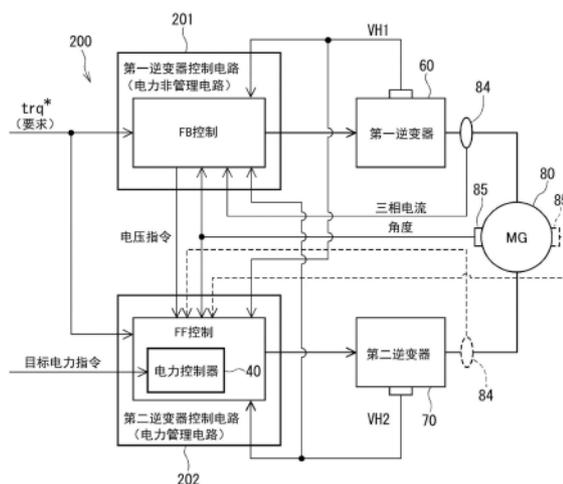
权利要求书2页 说明书14页 附图10页

(54) 发明名称

电动机驱动系统和方法

(57) 摘要

一种电动机驱动系统和方法,在所谓的双电源和双逆变器系统中,成对的第一逆变器和第二逆变器基于从成对的电源供给来的电力对具有各相的多个绕组的电动机进行控制和驱动,每个绕组各自具有开放式端部,电动机驱动系统能够适当地将从成对的电源供给来的电力分配到成对的逆变器。该电动机驱动系统具有成对的第一逆变器控制电路和第二逆变器控制电路,以便分别基于扭矩指令产生供给到第一逆变器和第二逆变器的成对的第一电压指令和第二电压指令。第一逆变器控制电路和第二逆变器控制电路中的一个具有电力控制器,该电力控制器根据目标电力指令对从第一电源和第二电源供给来的电力的共享进行控制。



1. 一种电动机驱动系统,所述电动机驱动系统用于对电动机的驱动进行控制,所述电动机具有两相以上的多个绕组,所述绕组中的每一个具有开放式端部,所述电动机驱动系统包括:

第一逆变器,所述第一逆变器在所述第一逆变器的第一端部处被连接到第一电源,以接收来自所述第一电源的直流电力,所述第一逆变器具有在所述第一逆变器的第二端部处分别连接到所述绕组的开放式端部的至少两个开关元件;

第二逆变器,所述第二逆变器在所述第二逆变器的第一端部处连接到第二电源,以接收来自所述第二电源的直流电力,所述第二逆变器具有在所述第二逆变器的第二端部处分别连接到所述绕组的开放式端部的至少两个开关元件;

主控制单元,所述主控制单元具有第一逆变器控制电路和第二逆变器控制电路;以及  
电力控制器,所述电力控制器包括在所述第一逆变器控制电路和所述第二逆变器控制电路中的至少一个中,

其中,所述电力控制器构造成:

接收来自所述电动机驱动系统的外部的扭矩指令和来自所述电动机驱动系统的外部的目标电力指令;

使所述第一逆变器控制电路基于所述扭矩指令和所述目标电力指令执行反馈控制,由此产生第一电压指令;

使所述第二逆变器控制电路基于所述扭矩指令执行前馈控制,由此产生第二电压指令;

基于所述目标电力指令和所述第一电压指令及所述第二电压指令,计算出所述第二电压指令的调整量;

使所述第二逆变器控制单元基于所述第二电压指令和所述第二电压指令的调整量,对所述第二逆变器进行控制,使得由所述第二逆变器分配的第二电源基于所述目标电力指令变化,以接近规定的水平;

响应于由所述第二逆变器分配的所述第二电源的所述变化,使所述第一逆变器执行所述第一电压指令的所述反馈控制,以呈现遵循了所述扭矩指令的实际扭矩,进而基于所述目标电力指令将由所述第一逆变器分配的第一电源调节为规定的水平。

2. 根据权利要求1所述的电动机驱动系统,其特征在于,

具有所述电力控制器的所述第一逆变器控制电路和所述第二逆变器控制电路中的一个作为电力管理电路,而除所述电力控制器之外的所述第一逆变器控制电路和所述第二逆变器控制电路中的另一个作为电力非管理电路,

其中,所述第一逆变器控制电路和所述第二逆变器控制电路中的每一个均基于扭矩指令产生dq轴电压指令,

其中,所述电力控制器基于在所述第一逆变器控制电路和所述第二逆变器控制电路的每一个中产生的dq轴电压指令,来调整仅在所述电力管理电路中产生的dq轴电压指令。

3. 根据权利要求2所述的电动机驱动系统,其特征在于,所述电力管理电路通过进行前馈控制产生dq轴电压指令,而所述电力非管理电路通过进行反馈控制产生dq轴电压指令。

4. 根据权利要求2或3所述的电动机驱动系统,其特征在于,所述目标电力指令包括所述第一逆变器和所述第二逆变器的目标电力量之间的比率,

其中,所述电力控制器根据所述比率,来调整在所述电力管理电路中产生的dq轴电压指令。

5.根据权利要求2或3所述的电动机驱动系统,其特征在于,当所述第一逆变器和所述第二逆变器中的一个由所述电力管理电路控制时,所述目标电力指令包括由所述第一逆变器和所述第二逆变器中的这一个的目标电力量,

其中,所述电力控制器根据所述目标电力量,来调整在所述电力管理电路中产生的dq轴电压指令。

6.根据权利要求2或3所述的电动机驱动系统,其特征在于,所述目标电力指令包括:所述第一逆变器和所述第二逆变器的目标总电力量;以及由电力非控制电路控制的所述第一逆变器和所述第二逆变器中的一个的目标电力量,

其中,所述电力控制器根据所述目标总电力量和所述目标电力量,来调整在所述电力管理电路中产生的dq轴电压指令。

7.一种驱动电动机的方法,所述电动机具有两相以上的多个绕组,每个绕组具有经由第一逆变器和第二逆变器分别连接到第一电源和第二电源的开放式端部,所述方法包括以下步骤:

接收扭矩指令;

接收目标电力指令;

基于所述扭矩指令和所述目标电力指令执行反馈控制,由此产生第一电压指令;

基于所述第一电压指令,对所述第一逆变器进行控制;

基于所述扭矩指令执行前馈控制,由此产生第二电压指令;

基于所述目标电力指令和所述第一电压指令及所述第二电压指令,计算出所述第二电压指令的调整量;

基于所述第二电压指令和所述第二电压指令的调整量,对所述第二逆变器进行控制,使得由所述第二逆变器分配的第二电源基于所述目标电力指令变化,以接近规定的水平;

响应于由所述第二逆变器分配的所述第二电源的所述变化,执行所述第一电压指令的所述反馈控制,以呈现遵循了所述扭矩指令的实际扭矩,进而基于所述目标电力指令将由所述第一逆变器分配的第一电源调节为规定的水平。

## 电动机驱动系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明的各实施例涉及通过成对的逆变器对电动机进行驱动的电动机驱动系统和方法。

### 背景技术

[0002] 已知成对的逆变器被分别连接到交流 (AC) 电动机的开放式绕组的两端, 并对 AC 电动机进行驱动。例如, 如日本专利第 3352182 号 (JP-3352182-B) 中所讨论的, 逆变器系统包括具有所谓的双电源和双逆变器系统的电路。所谓的双电源和双逆变器系统将从各个第一逆变器和第二逆变器发出的相反极性的输出相互结合。

[0003] 还已知电力从成对直流 (DC) 电源中的一个传输到成对 DC 电源中的另一个。例如, 日本未审查专利申请公开第 2007-14185 号 (JP-2007-14185-A) 讨论了包括具有成对电源和单个逆变器的电路的电力转换系统。在这种电力转换系统中, 第一上臂被连接到用作电源之一的燃料电池单体。第二上臂连接到二次电池单体, 该二次电池单体用作另一个电源。第一上臂连接到平行于设置在单个逆变器中的共同下臂的第二上臂。根据目标共享量来控制从燃料电池单体和二次电池中的每一个供应的电量。

[0004] 然而, JP-3352182-B 仅示出了具有双电源和双逆变器系统的电路的基本控制概念, 并且完全没有示出成对电源之间的电力传输和电力共享。

[0005] 尽管 JP-2007-14185-A 讨论了将电力从一个电源传输到另一个电源的技术, 但是仍然没有教示例如当在混合动力汽车的主电动机驱动系统中运行期间执行电动机的供电并且再生电力时, 在逆变器之间共享的电量会发生变化。另外, 由于假定为单向的充电和放电控制, 因此, 在驱动汽车时, JP-2007-14185-A 的技术既不能保持规定的优选充电状态 (SOC), 也不能避免电池的劣化。此外, 为了实现这种充电和放电控制, 除了根据电力的扭矩和转速之外, 还需要诸如 dq 轴电流指令、校正的 dq 轴电压指令等许多参数。其结果是, 电动机控制变得复杂并且电动机不太可能被稳定地驱动。

[0006] 因此, 本发明的各种实施例鉴于上述问题而作, 并且本发明的一个实施例的目的是提供一种新颖的电动机驱动系统和方法, 其在所谓的双电源和双逆变器系统中, 对从成对的电源供应来的电力在成对的逆变器之间的共享进行充分地控制。

### 发明内容

[0007] 因此, 本发明的一个方面提供了一种新颖的电动机驱动系统和方法, 其通过使用分别连接到成对的电源的成对的逆变器, 分别对具有两相以上的绕组的电动机的驱动进行控制, 每一个绕组具有开放式端部。具体地, 电动机驱动系统包括第一逆变器、第二逆变器以及主控制单元。

[0008] 第一逆变器从第一电源接收直流电力的输入。第一逆变器具有分别对应地附接到绕组的第一端部的多个开关元件。第二逆变器也从第二电源接收直流电力的输入。第二逆变器具有分别对应地附接到绕组的与第一端部相反的第二端部的多个开关元件。

[0009] 主控制单元具有第一逆变器控制电路,该第一逆变器控制电路基于扭矩指令产生供给到第一逆变器的第一电压指令,以作为输出电压指令。主控制单元还具有第二逆变器控制电路,该第二逆变器控制电路基于扭矩指令产生供给到第二逆变器的第二电压指令,以作为输出电压指令。

[0010] 第一逆变器控制电路和第二逆变器控制电路中的至少一个具有电力控制器,该电力控制器根据目标电力指令(即,指示电力控制器有关目标电力的指令),来对从第一逆变器与第二逆变器之间的、从第一电源和第二电源供给来的电力的共享进行控制。因此,根据本发明的一个实施例,对从成对的电源供应来的电力共享量(即,每个电源的电力)进行控制,并且对SOC和电源的电压进行管理。因此,可以优选地保持SOC,并且防止或减少电源中的可应用的一个中的电池劣化。

[0011] 本公开的另一方面提供了一种新颖的电动机驱动系统,其中第一逆变器控制电路和第二逆变器控制电路中的具有电力控制器的那一个被指定为电力管理电路。相反,因为第一逆变器控制电路和第二逆变器控制电路中的另一个不包括电力控制器,所以其被指定成电力非管理电路。用作电力管理电路的电力控制器基于在第一逆变器控制电路和第二逆变器控制电路中产生的dq轴电压指令,仅在电力管理电路中排他地调整dq轴电压指令。

[0012] 本发明的又一个方面提供了一种新颖的电动机驱动系统,其中电力管理电路可以基于输入到主控制单元200的扭矩指令,通过进行前馈控制来产生dq轴电压指令。电力非管理电路可基于输入到主控制单元200的扭矩指令,通过进行反馈控制来产生dq轴电压指令。

[0013] 本发明的又一个方面提供了一种新颖的电动机驱动系统,其中位于前馈控制侧的电路中的电力控制器调整电压指令,使得与位于电力管理电路侧的逆变器共享的电力量变成等效于有关目标电力的指令。随后,当位于电力管理电路侧的逆变器的电力量接近关于目标电力的指令时,电力非管理电路在输出电压指令的同时施加反馈控制,使得实际扭矩根据电力的变化遵循输入到主控制单元200的扭矩指令。其结果是,位于电力非管理电路侧的逆变器的电力量也接近于期望的水平,由此实现电力共享。

[0014] 本公开的另一方面提供了一种新颖的电动机驱动系统,其中,第一逆变器和第二逆变器的目标电力量的比率可以用作关于目标电力的指令,使得电力控制器可以根据目标电力量的比率来调节电力管理电路中的dq轴电压指令。

[0015] 本公开的另一方面提供了一种新颖的电动机驱动系统,其中,分配至由电力管理电路控制的逆变器的电力量也可以用作关于目标电力的指令,使得电力控制器可以根据目标电力指令,来调整电力管理电路中的dq轴电压指令。

[0016] 本公开的另一方面提供了一种新颖的电动机驱动系统,其中,第一逆变器和第二逆变器的目标总电力量与第一逆变器和第二逆变器中的由电力非管理电路控制的那个的目标电力量可以用作关于目标电力的指令,使得电力控制器可以根据所述目标总电力量和所述目标电力量,来调整电力管理电路中的dq轴电压指令。

## 附图说明

[0017] 在结合附图考虑时,通过参考以下详细描述,将更容易获得并实质上更好地理解本发明更完整的内容以及本发明的许多伴随的优点,其中:

[0018] 图1是示出采用了本发明一个实施例的电动机驱动系统的示例性系统的整体结构

的图；

[0019] 图2是示意性地示出根据本发明一个实施例的示例性控制器的图；

[0020] 图3是详细地示出除了根据本发明一个实施例的电力控制器之外的示例性控制器的框图；

[0021] 图4是示意性地示出根据本发明一个实施例的电力控制器的信号的输入和输出的框图；

[0022] 图5也是更详细地示出根据本发明一个实施例的电力控制器的信号的输入和输出的框图；

[0023] 图6是示出由根据本发明一个实施例的电力控制器进行的示例性电力共享处理的流程图；

[0024] 图7是示出由根据本发明一个实施例的电力控制器进行的电力共享操作的基本原理的图；

[0025] 图8是示出根据本发明一个实施例的第一示例的示例性电力控制器的框图；

[0026] 图9是示出根据本发明一个实施例的第二示例的示例性电力控制器的框图；

[0027] 图10是示出根据本发明一个实施例的第三示例的示例性电力控制器的框图。

### 具体实施方式

[0028] 在下文中,参考若干附图,对本发明的各种实施例进行描述。在各种实施例中,电动机驱动系统被包括在电动发电机驱动系统中,该电动发电机驱动系统对包括三相交流(AC)电动机的电动发电机(以下简称为MG)进行驱动,以作为混合动力汽车或电动汽车的动力源。因此,电动机驱动系统被定义为控制MG的驱动的系统。以下有时将电动机和电动机驱动系统分别称为MG和MG控制系统。

[0029] 现在参考附图,其中相似的附图标记在其若干的图中表示相同或相应的部分,特别是在图1中,示出了采用所谓的双电源和双逆变器(即,成对的电源11、12和成对的第一逆变器60及第二逆变器70)的系统的整体结构。具体地,MG 80设置成具有带有U相绕组81、V相绕组82以及W相绕组83的三相AC电动机。三相AC电动机是一种永磁同步电动机(PMSM)。因此,当其应用于混合动力车辆时,MG 80用作电动机以产生扭矩来驱动其驱动轮。当由来自混合动力汽车的驱动轮和/或发动机的动能驱动时,MG 80还用作发电机以产生电力。

[0030] 该实施例的MG 80采用开放式绕组系统,使得如图所示,三相绕组81、82、83(即,U相绕组81、V相绕组82以及W相绕组83)中的一个的端点与三相绕组81、82、83中的另外两个的端点分开。随后,第一逆变器60的各相的输出引脚分别连接到三相绕组81、82、83对应的一个端部811、821、831。类似地,第二逆变器70的各相的输出引脚分别连接到三相绕组81、82、83对应的另一端部812、822、832。旋转角度传感器85设置成具有旋转变压器等,以检测MG 80的机械角度 $\theta_m$ 。机械角度 $\theta_m$ 由包括在主控制单元200中的电角度计算器87转换成电角度 $\theta_e$ 。

[0031] 第一电源11和第二电源12分别用作可充电和可放电的蓄电器件,并且彼此分离和彼此绝缘。每个蓄电器件采用诸如镍-金属氢化物、锂离子等的二次电池或电双层电容器等。然而,第一电源11可以采用输出型锂离子电池,而第二电源12可以采用例如电容型锂离子电池。各个第一逆变器60和第二逆变器70分别从各个电源11、12接收直流(DC)电力。因

此,第一电源11可以经由第一逆变器60向MG 80发送电力和接收来自MG 80的电力。类似地,第二电源12也可以经由第二逆变器70向MG 80发送电力和接收来自MG 80的电力。

[0032] 因此,MG 80经由第一逆变器60接收来自电源11的电力。MG 80也经由第二逆变器70接收来自第二电源12的电力。对面向第一逆变器60的三相绕组81、82、83各自的一侧施加U相电压VU1、V相电压VV1以及W相电压VW1。类似地,对面向第二逆变器70的三相绕组81、82、83各自的另一侧也施加U相电压VU2、V相电压VV2以及W相电压VW2。

[0033] 另外,可以在从第一逆变器60延伸到MG 80的电力路径中设置多个电流传感器84,以检测流到三相绕组81、82、83的相电流。尽管在图1中作为一个示例对V相电流 $I_v$ 和W相电流 $I_w$ 进行检测,但是可以通过多个电流传感器84对两相电流或三相电流中的任何电流进行检测。多个电流传感器84也可配置在从第二逆变器70延伸到MG 80的电力路径中。另外,电流传感器84可配置在分别从第一逆变器60和第二逆变器70两者延伸到MG 80的这些成对的电力路径中。

[0034] 第一电容器16被设置且连接在高压侧配线P1与低压侧配线N1之间。类似地,第二电容器17被设置且连接在高压侧配线P2与低压侧配线N2之间。第一电压传感器18设置成用以检测从第一电源11输入到第一逆变器60的输入电压VH1。第二电压传感器19也设置成用以检测从第二电源12输入到第二逆变器70的输入电压VH2。

[0035] 在此,第一逆变器60、第二逆变器70、主控制单元200以及第一驱动电路67和第二驱动电路77共同构成MG控制系统100。另外,第一逆变器60具有对应于绕组81、82、83的各个相的、以桥式连接的六个第一开关元件61-66。如图所示,开关元件61、62、63分别位于U相、V相以及W相的上臂中。开关元件64、65、66分别位于U相、V相以及W相的下臂中。另外,第二逆变器70也具有对应于绕组81、82、83的各个相的、以桥式连接的六个第二开关元件71-76。如图所示,开关元件71、72、73分别位于U相、V相以及W相的另外的上臂中。开关元件74、75、76分别位于U相、V相以及W相的另外的下臂中。

[0036] 开关元件61-66、71-76中的每一个均例如包括绝缘栅双极晶体管(IGBT)。还如图所示,在IGBT中,回流二极管并联连接,以允许电流从低压侧流到高压侧。为了防止分别在高压侧配线P1、P2与低压侧配线N1、N2之间可能引起的短路,各相的上臂元件和下臂元件(即,开关元件)61-66、71-76并非同时被接通。也就是说,各相的上臂元件和下臂元件61-66、71-76互补地接通和断开,使得当上臂元件61-63、71-73中的一个接通时,下臂元件64-66、74-76中的另一个被关闭。

[0037] 尽管未示出每一个器件,但是主控制单元200包括至少具有中央处理单元(CPU)、只读存储器(ROM)、输入/输出(I/O)端口和将这些器件彼此连接的总线的微型计算机等。因此,主控制单元200通过使用软件和硬件两者来进行控制,其中,软件为CPU运行被存入在诸如ROM等存储器系统(即,可读的和非暂时性有形介质)中的规定程序,硬件为诸如专用的电子电路等。

[0038] 主控制单元200还具有第一逆变器控制电路201,该第一逆变器控制电路201基于扭矩指令 $trq^*$ 以及规定的检测值产生作为输出电压指令的、供给到第一逆变器60的第一电压指令。主控制单元200还具有第二逆变器控制电路202,该第二逆变器控制电路202基于上述扭矩指令 $trq^*$ 以及规定的检测值产生作为输出电压指令的、供给到第二逆变器70的第二电压指令。向第一逆变器控制电路201和第二逆变器控制电路202例如共同地输入电角度 $\theta$

e,并且分别地输入成对的输入电压VH1、VH2等。如稍后更详细地描述,根据本发明的一个实施例,相电流Iv和Iw反馈到至少第一逆变器控制电路201。另外,第一驱动电路67设置成基于由第一逆变器控制电路201产生的第一电压指令来产生栅极信号并将该栅极信号输出到第一逆变器60。第二驱动电路77类似地设置成基于由第二逆变器控制电路202产生的第二电压指令来产生栅极信号并将该栅极信号输出到第二逆变器70。

[0039] 现在,参考图2和以下适用的附图,还更详细地描述主控制单元200,其中标记INV表示逆变器。第一逆变器控制电路201和第二逆变器控制电路202可布置在各自的两个微型计算机或共同的单个微型计算机内。为了作为具有所谓的双电源和双逆变器的系统来操作,第一逆变器控制电路201和第二逆变器控制电路202中的每一个均产生独立的但协作的电压指令。

[0040] 因为MG 80是控制的共同目标,所以主控制单元200共同地获得角度(即,电角度 $\theta$ )和三相电流的多个检测值就足够了。然而,由于其进行前馈控制,因此,除了当基于实际电流计算电压公式的时候之外,第二逆变器控制电路202不需要获得三相电流的检测值。另外,在包括第二逆变器控制电路202使用三相电流的检测值在内的时候,可以采用多个电流传感器84和旋转角度传感器,使得第一逆变器控制电路201和第二逆变器控制电路202可获得如虚线所示的相应的检测值。

[0041] 如前所述,JP-3352182-B还讨论了逆变器系统,该逆变器系统也用所谓的双电源和双逆变器的系统来驱动电动机。然而,在这种所谓的双逆变器和双电源系统中,当成对的逆变器控制电路中的每一个仅根据与过去一样的扭矩来对电压指令进行控制时,无论其中的剩余量如何,有时会判断出向对应的一个电源的输入电力和从对应的一个电源的输出电力中每个的量。其结果是,一个电源可能进入充电条件的不良状态(所谓的SOC耗尽)或者在一些情况下其电池发生劣化(电池劣化)。

[0042] 随后,根据本发明的该实施例,电力控制器40仅设置在被包括在主控制单元200中的两个逆变器控制电路201、202中的一个中。具体地,如图2中作为一个示例所示,由于第二逆变器控制电路202包括电力控制器40,所以其被设计成电力管理电路。相反,由于第一逆变器控制电路201不包括电力控制器40,所以其被设计成电力非管理电路。另外,第二逆变器控制电路202通过进行前馈(FF)控制来产生dq轴电压指令,以用作电力管理电路。相反,作为电力非管理电路的第一逆变器控制电路201通过进行反馈(FB)控制来产生dq轴电压指令。然而,第一逆变器控制电路201和第二逆变器控制电路202可以切换它们的角色。

[0043] 如附图中所示,第二逆变器控制电路202的电力控制器40从配置在更高等级的外部发动机控制器(ECU)获得关于第一逆变器60和第二逆变器70的目标电力的指令。电力控制器40还通过进行反馈控制获得由第一逆变器控制电路201产生的第一电压指令。电力控制器40还通过进行前馈控制获得由第二逆变器控制电路202产生的第二电压指令。因此,基于这些信息,电力控制器40产生被输出到第二逆变器70(即,位于电力管理电路侧的逆变器)的电力共享后电压指令。

[0044] 也就是说,位于前馈控制侧的电路中的电力控制器40对电压指令(即,在电力管理电路中由前馈控制产生的电压指令)进行调整,使得与第二逆变器70(即,位于电力管理电路侧的逆变器)共享的电力量变为等效于目标电力量指令的值。当第二逆变器70的电力量变为接近目标电力量指令的值时,用作电力非管理电路的第一逆变器控制电路201在将电

压指令输出至第一逆变器60的同时,通过使用反馈控制功能施加反馈控制,以使得基于第一逆变器60中的剩余电压产生的实际扭矩可以遵循此时的扭矩指令。其结果是,电力非管理电路侧的第一逆变器60的电力量也变为等效于目标值,从而可以共享电力。

[0045] 现在,参考图3至图10,更详细地描述本发明的实施例。首先,图3示出了除电力控制器40之外的成对的逆变器控制电路的整体结构。如图所示,第一逆变器控制电路201设置成具有电流指令计算器21、电流减法器22以及控制器23。第一逆变器控制电路201还具有前馈计算器24、电压指令加法器25以及三相转换器27。第一逆变器控制电路201还包括调制器28和第二dq转换器29等。

[0046] 电角度计算器87还被设置成将由旋转角度传感器85检测出的机械角度 $\theta_m$ 转换为电角度 $\theta_e$ 。还有转速计算器88设置成通过将电角度 $\theta_e$ 乘以时间将电角度 $\theta_e$ 转换为电角度速度,或者通过将电角度速度乘以规定系数将电角度 $\theta_e$ 转换为转速 $\omega$ 。电角度计算器87和转速计算器88可设置在被配置于第一逆变器控制电路201外部的主控制单元200内。如附图中所示,为了便于理解对应关系,在第一逆变器控制电路201和第二逆变器控制电路202中指示的各种参考字符分别用数字1和2作后缀。相反,由于机械角度 $\theta_m$ 被共同地输入到第一逆变器控制电路201和第二逆变器控制电路202,因此,机械角度 $\theta_m$ 不以数字1或数字2为后缀。

[0047] 第一逆变器控制电路201的电流指令计算器21通过使用映射和公式等,基于扭矩指令 $trq^*$ 来计算出dq轴电流指令 $Id1^*$ 和 $Iq1^*$ 。第二dq转换器29将坐标转换施加到从电流传感器84获得的成对的相电流 $I_v$ 、 $I_w$ ,并通过分别使用电角度 $\theta_e$ 产生成对的dq轴电流 $I_d$ 、 $I_q$ 。第二dq转换器29随后反馈这些转换结果。电流减法器22分别计算出成对的dq轴电流 $I_d$ 、 $I_q$ 与成对的dq轴电流指令 $Id1^*$ 、 $Iq1^*$ 之间产生的dq轴电流偏差 $\Delta Id1$ 、 $\Delta Iq1$ 。控制器23进行比例积分(PI)计算并获得dq轴电压指令的反馈项 $vd1\_fb$ 、 $vq1\_fb$ ,以使dq轴电流偏差 $\Delta Id1$ 、 $\Delta Iq1$ 中的每一个接近0。

[0048] 相反,前馈计算器24通过使用如下面描述的第一公式中所示的电压公式,基于成对的dq轴电流指令 $Id1^*$ 和 $Iq1^*$ 以及MG的转速 $\omega$ 来计算dq轴电压指令的前馈项 $vd1\_ff$ 、 $vq1\_ff$ 。在第一公式中, $R$ 表示绕组的电阻, $L_d$ 、 $L_q$ 分别表示dq轴自感,而 $\phi$ 表示反电动势电压常数。 $I_d$ 和 $I_q$ 可以分别采用通过转换实际电流而由第二dq转换器29获得的值,而非当前指令 $Id1^*$ 、 $Iq1^*$ 。另外,通过例如考虑环境温度的影响,可以可变地设定诸如绕组线的电阻值和电感值等的器件常数。

$$[0049] \quad v_d = R \times I_d - \omega \times L_q \times I_q,$$

$$[0050] \quad v_q = R \times I_q + \omega \times L_d \times I_d + \omega \times \phi$$

[0051] (第一公式)

[0052] 电压指令加法器25通过分别加上成对的反馈项 $vd1\_fb$ 、 $vq1\_fb$ 以及成对的前馈项 $vd1\_ff$ 、 $vq1\_ff$ 来获得成对的dq轴电压指令 $vd1$ 、 $vq1$ 。电压指令加法器25随后将上述成对的dq轴电压指令 $vd1$ 、 $vq1$ 输出到三相转换器27。三相转换器27通过使用电角度 $\theta_e$ ,将dq轴电压指令 $vd1$ 、 $vq1$ 转换为三相电压指令 $vu1$ 、 $vv1$ 、 $vw1$ 。另外,调制器28从各个第一逆变器60和第二逆变器70获得成对的输入电压 $VH1$ 、 $VH2$ ,并通过施加脉冲宽度调制(PWM)来控制产生栅极信号 $UU1$ 、 $UL1$ 、 $VU1$ 、 $VL1$ 、 $WU1$ 、 $WL1$ 。这些栅极信号 $UU1$ 、 $UL1$ 、 $VU1$ 、 $VL1$ 、 $WU1$ 、 $WL1$ 随后被供给到第一逆变器60的各个开关元件61-66。

[0053] 另一方面,在第二逆变器控制电路202中,与此相反,可以不包括反馈控制系统。因

此,仅成对的前馈项 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ 由第二逆变器控制电路202的前馈计算器24产生,并被输入到其三相变换器27。也就是说,上述成对的前馈项 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ 对应于通过施加前馈控制而发出的第二电压指令。

[0054] 另外,在第二逆变器控制电路202中,从旋转角度传感器85输入的机械角度 $\theta_m$ 由信号逆变器86反转,并且随后通过设置于其中的电角度计算器87,将上述机械角度 $\theta_m$ 转换成电角度( $\theta_e-180$ (度))。另外,第二逆变器控制电路202的调制器28获得成对的输入电压 $VH1$ 、 $VH2$ ,并通过进行与由第一逆变器控制电路201进行的PWM控制相反的PWM控制,来产生多个栅极信号 $UU2$ 、 $UL2$ 、 $VU2$ 、 $VL2$ 、 $WU2$ 、 $WL2$ 。多个栅极信号 $UU2$ 、 $UL2$ 、 $VU2$ 、 $VL2$ 、 $WU2$ 、 $WL2$ 随后被供给到第二逆变器70的各个开关元件71-76。同样,此前描述的主控制单元200的示例性构造仅仅是一个示例。

[0055] 现在,参考图4和图5的各个框图,描述输入电力控制器40和从电力控制器40输出的各种信号。也就是说,图4是示意性地示出主控制单元200的基本构造的图。而图5是示出附加地具有图3中所示的电力控制器40的主控制单元200的另一基本构造的图。如图4所示,为了简化起见,第一逆变器控制电路201的反馈控制器由一个方框用附图标记23'表示。附图标记23'表示其容纳有图1的控制器23。偏差计算器22'设置在第一逆变器控制电路201中,并且等效于图3的电流减法器22。然而,偏差计算器22'不限于是仅计算出dq轴电流 $I_d$ 和 $I_q$ 各自的偏差的器件,而应该被广泛地解释为偏差计算器22'是还计算出扭矩指令 $trq^*$ 与实际扭矩 $trq$ 之间的偏差的器件。

[0056] 相反,如图所示,在用作电力管理电路的第二逆变器控制电路202中,配置电力控制器40。向电力控制器40输入在第一逆变器控制电路201中产生的第一电压指令、在第二逆变器控制电路202中产生的第二电压指令以及来自相应的第一逆变器60和第二逆变器70的成对的输入电力 $VH1$ 、 $VH2$ 。此外,目标电力分担比率或目标电力量被输入到电力控制器40以用作目标电力指令。电力控制器40基于这些信息项随后产生用于共享的调整值。通过调整值加法器26将用于共享的调整值随后加到从前馈计算器24输出的第二电压指令。

[0057] 在图5中,分配至第一逆变器60的目标电力分担比率由 $pwr1\_ratio$ 或字母 $a$ 表示。而分配至第二逆变器70的目标电力分担比率由 $pwr2\_ratio$ 或字母 $b$ 表示。因此,目标电力分担比率的总和是1(即, $a+b=1$ )。另外,第一逆变器60的目标电力量由 $pwr1\_out$ 或 $A$ (瓦)表示。而第二逆变器70的目标电力量也由 $pwr2\_out$ 或 $B$ (瓦)表示。

[0058] 如图5所示,电力控制器40输出成对的第二电压指令调整值 $vd2\#\_plus$ 、 $vq2\#\_plus$ 。调整值加法器26随后将第二电压指令调整值 $vd2\#\_plus$ 、 $vq2\#\_plus$ 与原始的第二电压指令 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ 相加,由此分别获得成对的电力共享后第二电压指令 $vd2\#$ 、 $vq2\#$ 。在此,符号 $\#$ 表示与电压指令有关的电力共享后的量。该成对的电力共享后第二电压指令 $vd2\#$ 、 $vq2\#$ 如图所示随后被输出到dq转换器27。

[0059] 如上所述,本发明的这一实施例的重点是,进行前馈控制的第二逆变器控制电路202进行电力共享控制。因此,通过将共享调整值加到通过进行前馈控制而产生的第二电压指令来产生的电压指令被供给到位于前馈控制侧的电路中的第二逆变器70。其结果是,第二逆变器70的电力改变,并且进行反馈控制的第一逆变器控制电路201受到这种改变的影响。第一逆变器控制电路201随后响应并控制实际扭矩 $trq$ 以便遵循扭矩指令 $trq^*$ 。因此,如所设目标那样,实现第一逆变器60与第二逆变器70之间的电力共享。

[0060] 现在,参考图6的流程图,描述根据本发明一个实施例的、由电力控制器40进行的电力共享处理的示例性序列,其中字母S表示该处理的步骤。首先,在步骤S31中,电力控制器40还接收扭矩指令 $trq^*$ 和目标电力指令。随后,在步骤S32中,第一逆变器控制电路201通过进行反馈控制,基于扭矩指令 $trq^*$ 产生成对的第一电压指令 $vd1$ 、 $vq1$ 。在步骤S33中,第二逆变器控制电路202通过进行前馈控制,基于扭矩指令 $trq^*$ 产生成对的第二电压指令 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ 。

[0061] 另外,在步骤S34中,电力控制器40基于成对的第一电压指令 $vd1$ 、 $vq1$ 、成对的第二电压指令 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ 以及目标电力指令,来计算出在前馈控制侧的电路(即,第二逆变器控制电路202)中的成对的第二电压指令调整值 $vd2\#\_plus$ 、 $vq2\#\_plus$ 。在步骤S35中,第二逆变器控制电路202将成对的第二电压指令调整值 $vd2\#\_plus$ 、 $vq2\#\_plus$ 加到成对的预调整第二电压指令 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ ,从而分别获得成对的电力共享后第二电压指令 $vd2\#$ 、 $vq2\#$ 。第二逆变器控制电路202还基于成对的电力共享后第二电压指令 $vd2\#$ 、 $vq2\#$ 来控制第二逆变器70。

[0062] 在步骤S36中,第一逆变器控制电路201响应于第二逆变器70中的电力的变化而进行反馈控制。在步骤S37中,实际扭矩被控制在第一逆变器60与第二逆变器70之间共享电力的同时遵循扭矩指令 $trq^*$ 。

[0063] 现在,参考图7描述由电力控制器40进行的电力共享操作的基本理论。在本发明的这一实施例中,在dq轴电压指令矢量的各个相位彼此对准的条件下,通过根据MG的输出改变用于各个第一逆变器60与第二逆变器70的dq轴电压指令矢量的幅度,来调整第一逆变器60与第二逆变器70之间各自的电力共享量。在此,电压指令矢量的相位表示改变充电和放电极性的特性。电压指令矢量的幅度表示绝对电量。

[0064] 也就是说,如在JP-3352182-B中所讨论的,在所谓的双逆变器和双电源系统中,成对的第一逆变器60与第二逆变器70在极性彼此相反时,具体地在它们之间的相位差为180度时,彼此配合并产生最大输出。因此,第一电压指令矢量 $V1$ 被原样示出,而第二电压指令矢量 $V2$ 被以围绕坐标原点旋转180度的角度示出,使得各个矢量的电压相位可以彼此对准。在下文中,当提到两个相位彼此对准时,这意味着电压指令矢量进入上面描述的位置关系。

[0065] 图7的上图表示的是电压矢量和电流矢量的乘积等于电力。具体地,上图的左侧部分示出了电压矢量,其中第一电压指令矢量 $V1$ 由d轴分量 $vd1$ 和q轴分量 $vq1$ 组成,并且第二电压指令矢量 $V2$ 也由d轴分量 $vd2$ 和q轴分量 $vq2$ 组成。分量 $vd1$ 、 $vd2$ 、 $vq1$ 、 $vq2$ 中的每一个均是电压校正之后的值。另外,合成矢量 $V$ 的幅度由 $V_{amp}$ 表示,并且其相位也由 $V\theta$ 表示。电压相位 $V\theta$ 定义成参考q轴在正方向上延伸并且沿逆时针增加。

[0066] 另外,图7的上图的右侧部分示出了电流矢量 $I$ 。如图所示,电流幅度 $I_{mp}$ 和电流相位 $I\theta$ 对于成对的第一逆变器60和第二逆变器70来说是共同的。类似于电压相位 $V\theta$ ,电流相位 $I\theta$ 也定义成参考q轴在正方向上延伸并且再次沿逆时针增加。因此,通过使用如下面描述的第二公式的第一行中所示的电压有效值 $V_{mean}$ 、电流有效值 $I_{rms}$ 以及功率因数角度 $\phi$ 来表示成对的第一逆变器60和第二逆变器70的总电力 $Pwr\_all$ 。另外,如第二公式的第二行所示,总电力 $Pwr\_all$ 也表示为第一逆变器60的电力(即, $I_d \times vd1 + I_q \times vq1$ )和第二逆变器70的电力(即, $I_d \times vd2 + I_q \times vq2$ )之和。因此,当d轴电压之和( $vd1 + vd2$ )和q轴电压之和( $vq1 + vq2$ )保持不变时,总电力 $Pwr\_all$ 也相应地保持不变。

$$\begin{aligned}
 & Pwr\_all = \sqrt{3} \times V_{mean} \times I_{rms} \times \cos\phi \\
 [0067] \quad & = (I_d \times v_{d1} + I_q \times v_{q1}) + (I_d \times v_{d2} + I_q \times v_{q2}) \\
 & = I_d \times (v_{d1} + v_{d2}) + I_q \times (v_{q1} + v_{q2})
 \end{aligned}$$

[0068] (第二公式)

[0069] 图7的下图示出了将电力分担比率(a:b)导入第二公式。即,当使用第一逆变器60和第二逆变器70之间的分担比率(a:b)时,将上述第二公式转换成下面描述的第三公式。也就是说,第三公式的第一项表示电力共享后的量vd1#。第二项表示电力共享后的量vq1#。第三项也表示电力共享后的量vd2#。第四项也代表电力共享后的量vq2#。

$$\begin{aligned}
 [0070] \quad Pwr\_all & = I_d \times \frac{a}{a+b} \times (v_{d1} + v_{d2}) + I_q \times \frac{a}{a+b} \times (v_{q1} + v_{q2}) \\
 & + I_d \times \frac{b}{a+b} \times (v_{d1} + v_{d2}) + I_q \times \frac{b}{a+b} \times (v_{q1} + v_{q2})
 \end{aligned}$$

[0071] (第三公式)

[0072] 现在,下面参考图8至图10,描述采用电力控制器40的不同示例的本发明的各种变形。在附图中,不同示例各自的顺序编号作为数字40之后的第三位数字被包括在不同示例的电力控制器附带的附图标记中。

[0073] 作为本发明的第一变形,参考图8描述第一示例性电力控制器401的构造。如图所示,目标电力分担比率(即增益)作为目标电力量指令被输入到电力控制器401。随后,电力控制器401通过使用调整值来调整供给到第二逆变器70的电压指令,该调整值通过基于目标电力分担比率对用于成对的第一逆变器对60和第二逆变器70中每一个的dq轴电压指令进行分配而获得。因此,在第一示例中,由于乘法和除法被应用于根据目标电力分担比率供给到第二逆变器70的电压指令,因此,可以使共享响应升级。

[0074] 更具体地,在第一示例中,分配至各个第一逆变器60和第二逆变器70的电力量之间的电力分担比率(a:b(a+b=1))作为电力目标指令而被最初输入到电力控制器401。随后,设置在电力控制器401中的滤波器411对电力分担比率施加慢速变化处理,以抑制或减少其骤变。在完成滤波处理之后,将分配至第二逆变器70的电力量与电力量之和的电力比例(即,b/(a+b))被输入到还设置于电力控制器401中的第二电压计算器461。

[0075] 电压校正计算器42也设置在电力控制器401中,并且接收成对的第一电压指令vd1、vq1、成对的第二电压指令vd2、vq2、第一输入电压VH1以及第二输入电压VH2。电压校正计算器42通过使用下面描述的第四公式,通过将输入电压VH1、VH2每个与这些总输入电压的比例乘上成对的第一电压指令vd1、vq1和第二电压指令vd2、vq2,分别计算出多个电压校正值vd1\_ratio、vd2\_ratio、vq1\_ratio、vq2\_ratio。在此,每个电压校正值均表示实际变化程度。

$$[0076] \quad vd1\_ratio = vd1 \times \frac{VH1}{VH1 + VH2}$$

$$[0077] \quad vd2\_ratio = vd2 \times \frac{VH2}{VH1 + VH2}$$

$$[0078] \quad vq1\_ratio = vq1 \times \frac{VH1}{VH1 + VH2}$$

$$[0079] \quad vq2\_ratio = vq2 \times \frac{VH2}{VH1 + VH2}$$

[0080] (第四公式)

[0081] 随后,还设置在电力控制器401中的第二电压计算器461通过使用下面描述的第五公式,将第一逆变器60和第二逆变器70的电压校正值之和乘以第二逆变器70的电力分担比率( $b/(a+b)$ ),来对于各个d轴和q轴计算出成对的电力共享后第二电压 $vd2\#\_ratio$ 、 $vq2\#\_ratio$ 。

$$[0082] \quad vd2\#\_ratio = \frac{b}{a+b} \times (vd1\_ratio + vd2\_ratio)$$

$$[0083] \quad vq2\#\_ratio = \frac{b}{a+b} \times (vq1\_ratio + vq2\_ratio)$$

[0084] (第五公式)

[0085] 随后,还设置在电力控制器401中的输出用电压转换器48通过使用下面描述的第六公式,将成对的电力共享后第二电压 $vd2\#\_ratio$ 、 $vq2\#\_ratio$ 乘以输入电压比率的倒数,将成对的电力共享后第二电压 $vd2\#\_ratio$ 、 $vq2\#\_ratio$ 转换为滤波前的成对的输出用第二电压 $vd2\#\_0$ 、 $vq2\#\_0$ 。

$$[0086] \quad vd2\#\_0 = vd2\#\_ratio \times \frac{VH1 + VH2}{VH2}$$

$$[0087] \quad vq2\#\_0 = vq2\#\_ratio \times \frac{VH1 + VH2}{VH2}$$

[0088] (第六公式)

[0089] 还设置在电力控制器401中的FF项减法器49分别从滤波前的输出用第二电压 $vd2\#\_0$ 、 $vq2\#\_0$ 中减去第二电压指令的前馈项 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ 。随后,在滤波器495中,仅通过减去了前馈项 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ 而获得的成对的调整值会经受响应延迟处理。此后,成对的调整值作为成对的第二电压指令调整值 $vd2\#\_plus$ 、 $vq2\#\_plus$ 被分别输入到还设置在电力控制器401中的调整值加法器26。随后,调整值加法器26将第二电压指令调整值 $vd2\#\_plus$ 、 $vq2\#\_plus$ 与第二电压指令前馈项 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ 相加,由此分别输出成对的电力共享后第二电压指令为 $vd2\#$ 、 $vq2\#$ 。

[0090] 现在,参考图9,描述第二示例性电力控制器402的构造作为本发明的另一变形。在该示例中,如稍后将更详细描述,位于电力管理电路侧的第二逆变器70的目标电力量作为目标电力指令被输入到电力控制器402。因此,与在其中进行分担比率的乘法和除法的第一示例相反,由于其简单地进行电力量的加法和减法,因此,第二示例可以进行更稳定的共享操作,并且可以防止或抑制误差的增长。

[0091] 即,在第二示例中,电力量而非在第一示例中所使用的共享比率,被用作目标电力指令。因此,电力控制器402通过使用电力公式,基于dq轴电流和dq轴电压来计算出位于电力管理电路侧的第二逆变器70的电力量,使得第二逆变器70的电力量遵循作为目标电力指令输入的电力量。电力控制器402还计算出电压幅度,该电压幅度填补了与共享前的电力量间的偏差,由此确定出能够产生被作为目标电力指令输入的电力量的dq轴电压指令。

[0092] 更具体地,第二逆变器70的目标电力量B(瓦)被输入到电力控制器402,以作为目标电力指令。随后,通过设置在电力控制器402中的滤波器412对目标电力量B(瓦)进行处理,以使其不会骤变,从而减小其影响。在完成滤波处理之后,目标电力量B(瓦)被输入到还设置在电力控制器402中的第二电压幅度计算器462,以用于电力用途。另外,电流幅度和相位转换器452也设置在电力控制器402中,并且接收在控制成对的第一逆变器60和第二逆变器70的每一个中共同地使用的成对的dq轴电流 $I_d$ 和 $I_q$ 。随后,电流幅度和相位转换器452通过使用下面描述的第七公式,将成对的dq轴电流 $I_d$ 和 $I_q$ 转换为参考q轴定义的电流幅度 $I_{amp}$ 和电流相位 $I\theta$ 。随后,电流幅度和相位转换器452将电流幅度 $I_{amp}$ 和电流相位 $I\theta$ 输出到第二电压幅度计算器462。

$$[0093] \quad I_{amp} = \sqrt{I_d^2 + I_q^2}$$

$$[0094] \quad I\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-I_d}{I_q}\right)$$

[0095] (第七公式)

[0096] 类似于第一示例,电压校正值计算器42设置在电力控制器402中,以基于各个电压指令 $v_{d1}$ 、 $v_d$ 、 $v_{q1}$ 、 $v_{q2}$ 和输入电压 $V_{H1}$ 、 $V_{H2}$ 来计算并输出多个电压校正值 $v_{d1\_ratio}$ 、 $v_{d2\_ratio}$ 、 $v_{q1\_ratio}$ 、 $v_{q2\_ratio}$ 。随后,还设置在电力控制器402中的合成电压计算器43通过使用下面描述的第八公式,基于电压校正值计算器42的输出,来计算出dq轴合成电压 $v_d$ 、 $v_q$ 。随后,还设置在电力控制器402中的合成电压幅度和相位转换器44通过使用下面描述的第九公式,将dq轴合成电压 $v_d$ 、 $v_q$ 转换为参考q轴定义的合成电压相位 $V\theta$ 。随后,合成电压幅度和相位转换器44将合成电压相位 $V\theta$ 同时输出到上述第二电压幅度计算器462以及还设置在电力控制器402中的dq转换器47。

$$[0097] \quad v_d = v_{d1\_ratio} + v_{d2\_ratio}$$

$$[0098] \quad v_q = v_{q1\_ratio} + v_{q2\_ratio}$$

[0099] (第八公式)

$$[0100] \quad V\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-v_d}{v_q}\right)$$

[0101] (第九公式)

[0102] 第二电压幅度计算器462通过使用下面描述的第十公式,基于目标电力量B(瓦)、电流幅度 $I_{amp}$ 以及合成电压( $V\theta - I\theta$ )的功率因数角度,来计算出电力共享后第二电压幅度 $V_{amp2\#}$ 。

$$[0103] \quad V_{amp2\#} = \frac{B}{I_{amp} \times \cos(V\theta - I\theta)}$$

[0104] (第十公式)

[0105] 随后,dq转换器47通过使用下面描述的第十一公式,基于电力共享后第二电压幅度 $V_{amp2\#}$ 的电力和合成电压相位 $V\theta$ ,来计算出dq轴第二电压 $v_{d2\#\_ratio}$ 、 $v_{q2\#\_ratio}$ ,以作为电力共享后的值。

$$[0106] \quad v_{d2\#\_ratio} = V_{amp2\#} \times \sin V\theta$$

$$[0107] \quad v_{q2\#\_ratio} = V_{amp2\#} \times \cos V\theta$$

[0108] (第十一公式)

[0109] 与第一示例类似,设置在电力控制器402中的输出用电压值转换器48将电力共享后第二电压 $vd2\#\_ratio$ 、 $vq2\#\_ratio$ 中的每一个乘以输入电压比率的倒数,以便将电力共享后第二电压 $vd2\#\_ratio$ 、 $vq2\#\_ratio$ 分别转换成滤波前的输出用第二电压 $vd2\#\_0$ 、 $vq2\#\_0$ 。随后,与第一示例中一样,经由还设置在电力控制器402中的FF项减法器49和滤波器495,将成对的第二电压指令调整值 $vd2\#\_plus$ 、 $vq2\#\_plus$ 输入到调整值加法器26。随后,将成对的第二电压指令调整值 $vd2\#\_plus$ 、 $vq2\#\_plus$ 分别加到成对的第二电压指令的前馈项 $vd2\_ff$ 、 $vq2\_ff$ ,使得从调整值加法器26输出成对的电力共享后第二电压指令 $vd2\#$ 、 $vq2\#$ 。

[0110] 现在,参照图10,描述第三示例性电力控制器403的构造,以作为本发明的另一变形。在该示例中,成对的第一逆变器60和第二逆变器70共同的目标总电力量,和位于电力非管理电路侧的第一逆变器60的目标电力量这两者都被输入到电力控制器403,以作为目标电力指令。类似于第二示例,由于第三示例本身进行电量的加法和减法,因此,不会累积计算误差,由此与第一示例相比,更有效地稳定共享性能。

[0111] 具体地,在第三示例中,电力控制器403通过使用电力公式,基于dq轴电压来计算出第二逆变器70的目标电力量,使得第二逆变器70中使用的电力量遵循通过从目标总电力量中减去第一逆变器60的目标电力量而计算出的电力量。但是,在本示例中没有使用dq轴电流。随后,,电力控制器403还计算出电压幅度,该电压幅度填补了与共享前的电力量的偏差,由此确定出能够产生与电力指令对应的电力量的dq轴电压指令。

[0112] 更具体地,在该示例中,第一逆变器60和第二逆变器70的目标总电力量(A+B) (瓦)和第一逆变器60的目标电力量A(瓦)被输入到电力控制器403,以作为目标电力指令。随后,通过成对的滤波器413、414分别处理目标总电力量(A+B) (瓦)和目标电力量A(瓦),以抑制或减少骤变的影响。在完成可采用的滤波处理之后,目标电力量A(瓦)被输入到设置在电力控制器403中的第二电压幅度计算器463,以用于电力用途。完成滤波处理的总目标电力量(A+B) (瓦)被输入到还设置在电力控制器403中的电力常数计算器453。

[0113] 电压校正值计算器42和合成电压计算器43也设置在电力控制器403中,并且分别具有与第二示例的构造基本相同的构造。因此,如在第二示例中那样,在本示例中进行类似的操作。还设置在电力控制器403中的合成电压幅度和相位转换器44通过使用下面描述的第十三公式,将dq轴合成电压 $vd$ 、 $vq$ 转换为具有参考q轴定义的合成电压相位 $V\theta$ 的合成电压幅度 $Vamp$ 。随后,将合成电压幅度 $Vamp$ 输出到电力常数计算器453。合成电压相位 $V\theta$ 也被输出到还设置在电力控制器403中的dq转换器47。

$$[0114] \quad Vamp = \sqrt{vd^2 + vq^2}$$

$$[0115] \quad V\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-vd}{vq}\right)$$

[0116] (第十三公式)

[0117] 当第一电压指令矢量和第二电压指令矢量的相位 $V\theta$ 彼此对准时,目标总电力量(A+B) (瓦)与合成电压幅度 $Vamp$ 成比例。基于该原理,电力常数计算器453通过使用下面描述的第十四公式,将目标总电力量(A+B) (瓦)除以合成电压幅度 $Vamp$ ,来计算出电力常数 $k$ 。随后,电力常数计算器453将电力常数 $k$ 输出到第二电压幅度计算器463。

$$[0118] \quad k = \frac{A + B}{Vamp}$$

[0119] (第十四公式)

[0120] 第二电压幅度计算器463通过将第一逆变器60的目标电力量A(瓦)除以电力常数k,来计算出第一电压幅度Vamp1。第二电压幅度计算器463还通过使用下面描述的第十五公式,从合成电压幅度Vamp减去第一电压幅度Vamp1,来计算出电力共享后第二电压幅度Vamp2#。在本示例中设置的dq转换器47和其它单元具有与第二示例中的那些的构造和功能基本相同的构造和功能。因此,在此进行与在电力控制器403中的操作类似的操作。

$$[0121] \quad Vamp2\# = Vamp - Vamp1 = Vamp - \frac{A}{k}$$

[0122] (第十五公式)

[0123] 如上面所描述那样,根据第一示例至第三示例的各种变形,第二逆变器控制电路202具有根据目标电力指令分别对从成对的电源11、12供给到成对的第一逆变器60和第二逆变器70的电力的共享进行控制的电力控制器401、402、403中的一个。因此,由于在成对的电源中产生的电力的共享量由电力控制器401、402、403中的一个控制,使得在成对的电源之间使用的电力受到调节,因此,可以管理SOC和电源的电压。因此,可以优选地保持SOC,并且防止或减少各电源中的可使用的的一个中的电池劣化。

[0124] 现在,在下文中描述了本发明的其它变形。首先,如前所述,变形的电力控制器401、402、403中的每一个均仅通过调整第一电压指令矢量和第二电压指令矢量的幅度并且对第一电压指令矢量和第二电压指令矢量的相位进行均衡,来控制电力的共享。然而,作为又一个变形,除了第一电压指令矢量和第二电压指令矢量的幅度之外,还可以调整第一电压指令矢量和第二电压指令矢量的相位。

[0125] 另外,在上述变形中,仅成对的逆变器控制电路201、202中的一个具有电力控制器40,以用作电力管理电路,而成对的逆变器控制电路201、202中的另一个不具有电力控制器40,以用作电力非管理电路。然后,电力非管理电路进行反馈控制,以升级干扰抑制性能并控制实际扭矩以适当地遵循指令。然而,在又一个变形中,只要系统不要求干扰抑制性能,逆变器控制电路201、202都可以采用电力控制器401、402、403,并对对应的逆变器60或70的电力进行控制且分别进行前馈控制操作。除此之外,只要系统不受控制干扰影响,逆变器控制电路201、202都可分别执行反馈控制操作。

[0126] 在又一个变形中,当系统单独使用成对的独立的电源时,这些电源不必一定采用相同的诸如电池、电容器等二次电池。例如,电源中的一个可以是二次电池,而电源中的另一个也可以是燃料电池单体或发电机等。

[0127] 在又一个变形中,电动机的开放式绕组的相数不限于三相,并且可以采用四相或以上。此外,也可以采用具有两相的开放式绕组并且该开放式绕组以桥式连接。

[0128] 在又一个变形中,所谓的双电源和双逆变器系统的电动机驱动系统被应用于诸如电动汽车、燃料电池汽车等纯电动汽车,并且被应用于例如插电式混合动力车(PHV)、增程器等的电气富余的混合动力传动系。所谓的双电源和双逆变器系统的电动机驱动系统也被应用于到诸如如产生约12伏至约48伏的集成起动发电机(ISG)等轻型机动车辆。该技术基于电压型电路拓扑建立,该电压型电路拓扑适用于需要高效产生的高输出而不使用具有电抗器的升压电路的传统技术的规定用途。因此,该技术适用于各种汽车的各种部分,其需要因热问题而很难通过传统的升压电路获得的高输出。

[0129] 在上述教示的启发下,可以对本发明进行多种另外的变形和改变。因此,应该理解的是,在所附权利要求书的范围内,本公开可以以不同于本文具体描述的方式执行。例如,电动机驱动系统不限于上述各种实施例,并且可以适当地变化。类似地,电动机驱动方法不限于上述各种实施例,并且可以适当地变化。

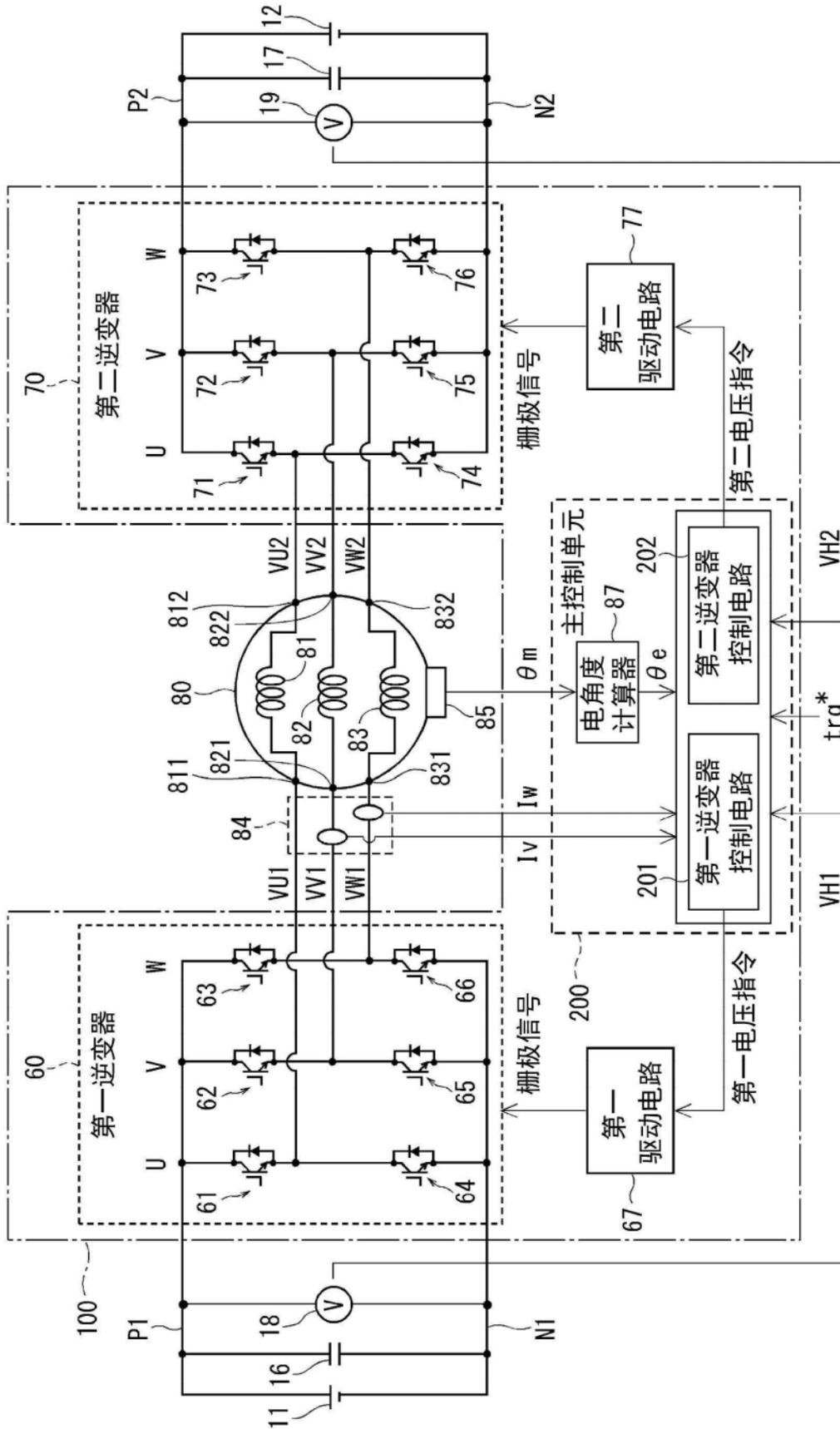


图1

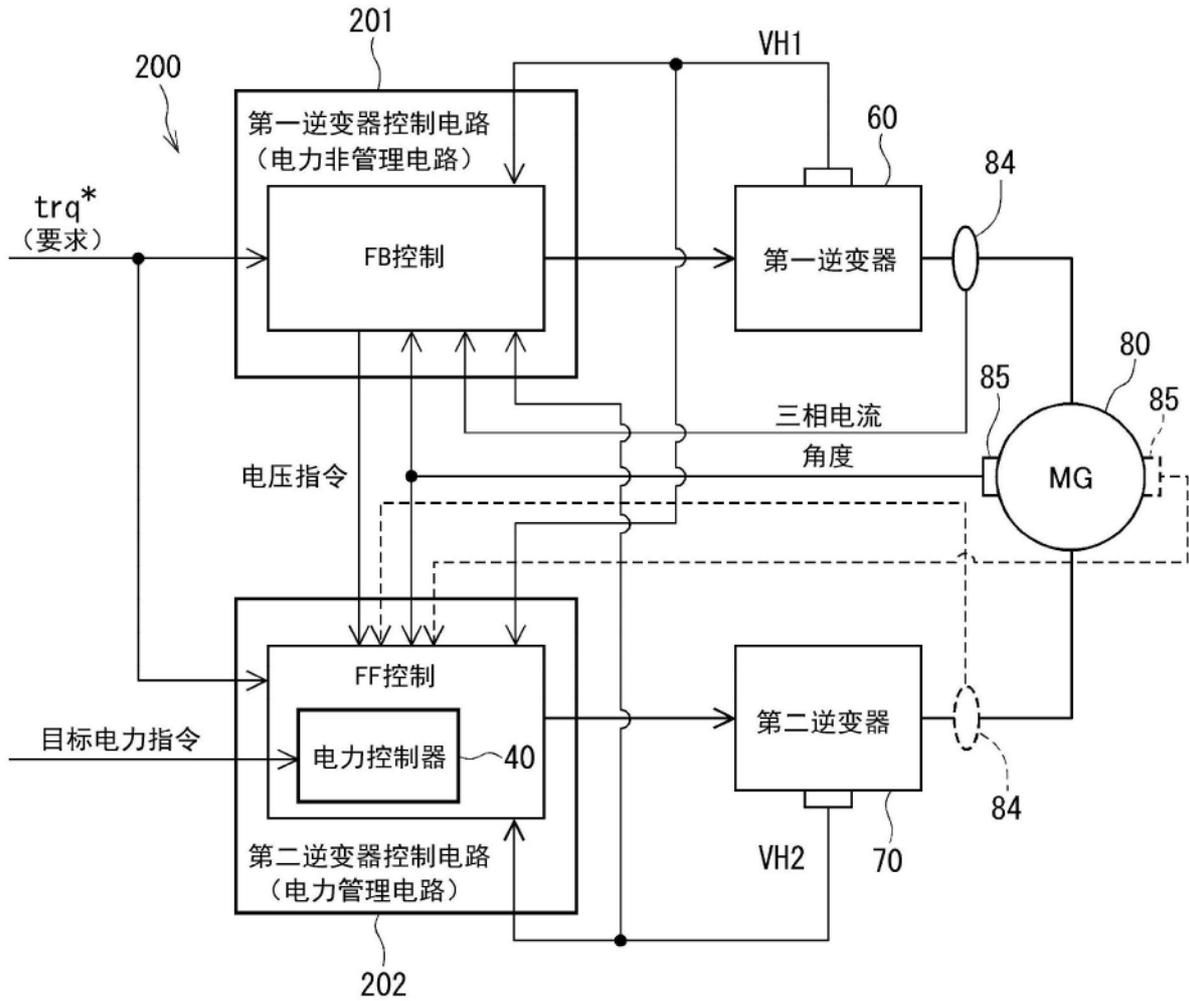


图2

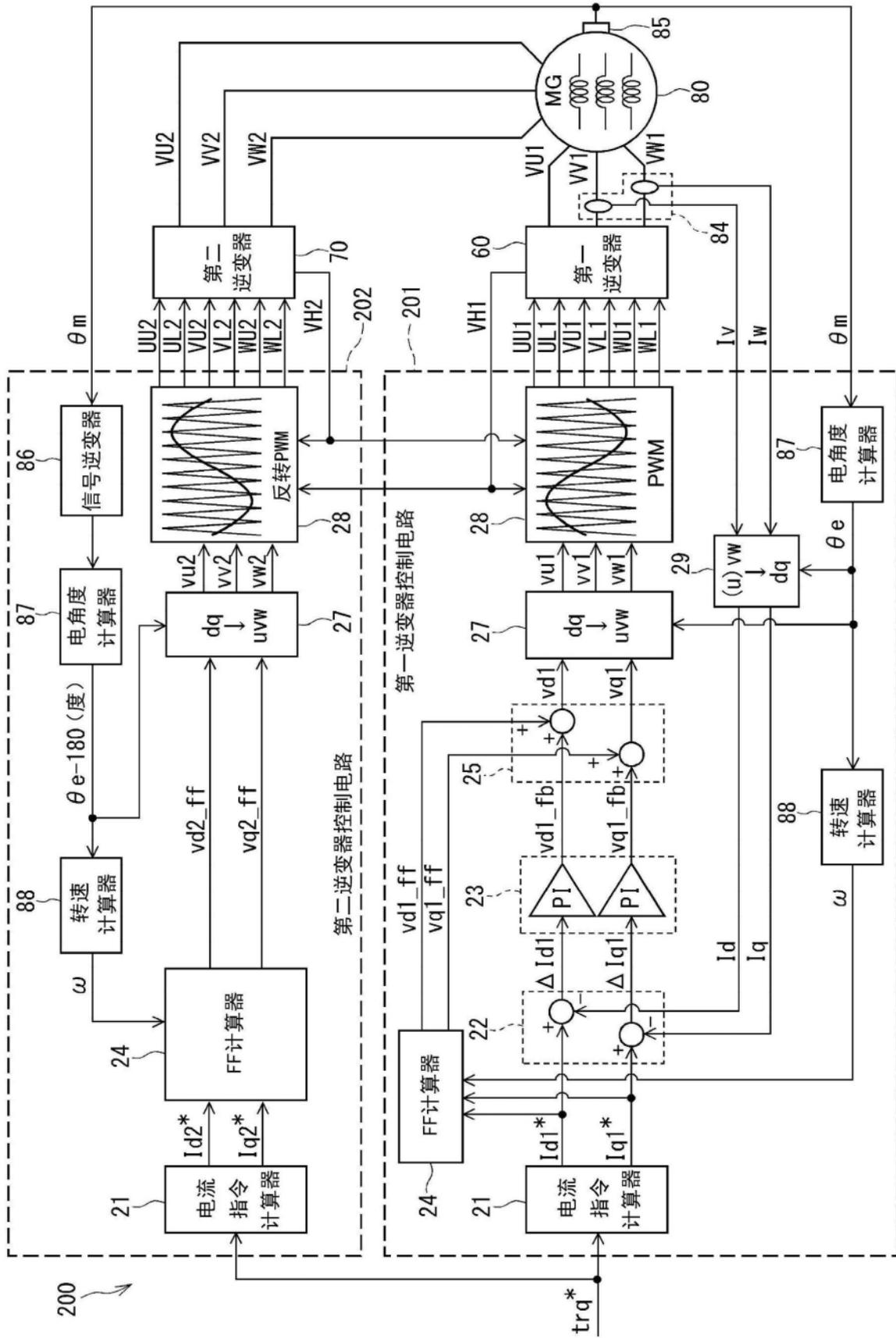


图3

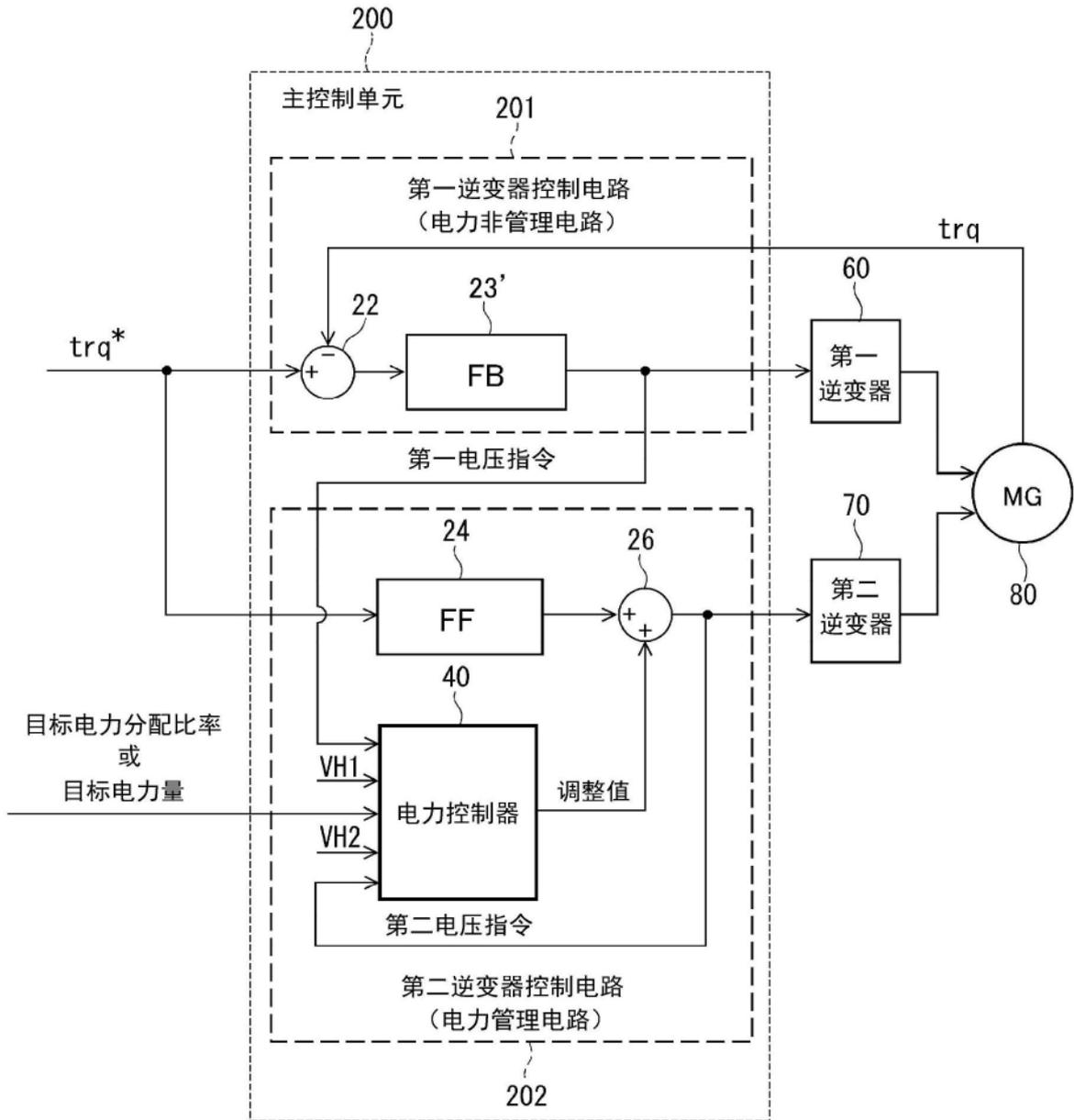


图4

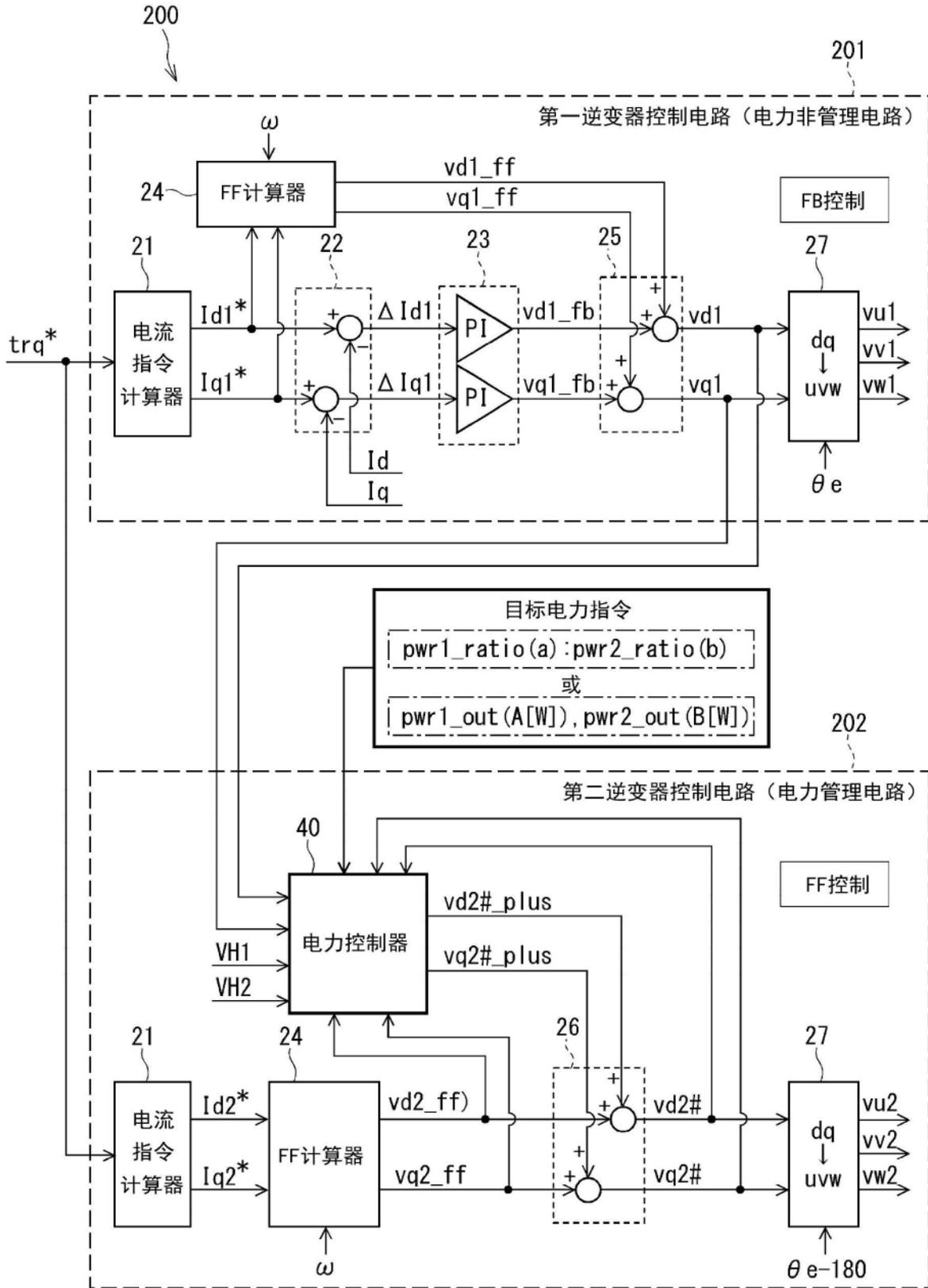


图5

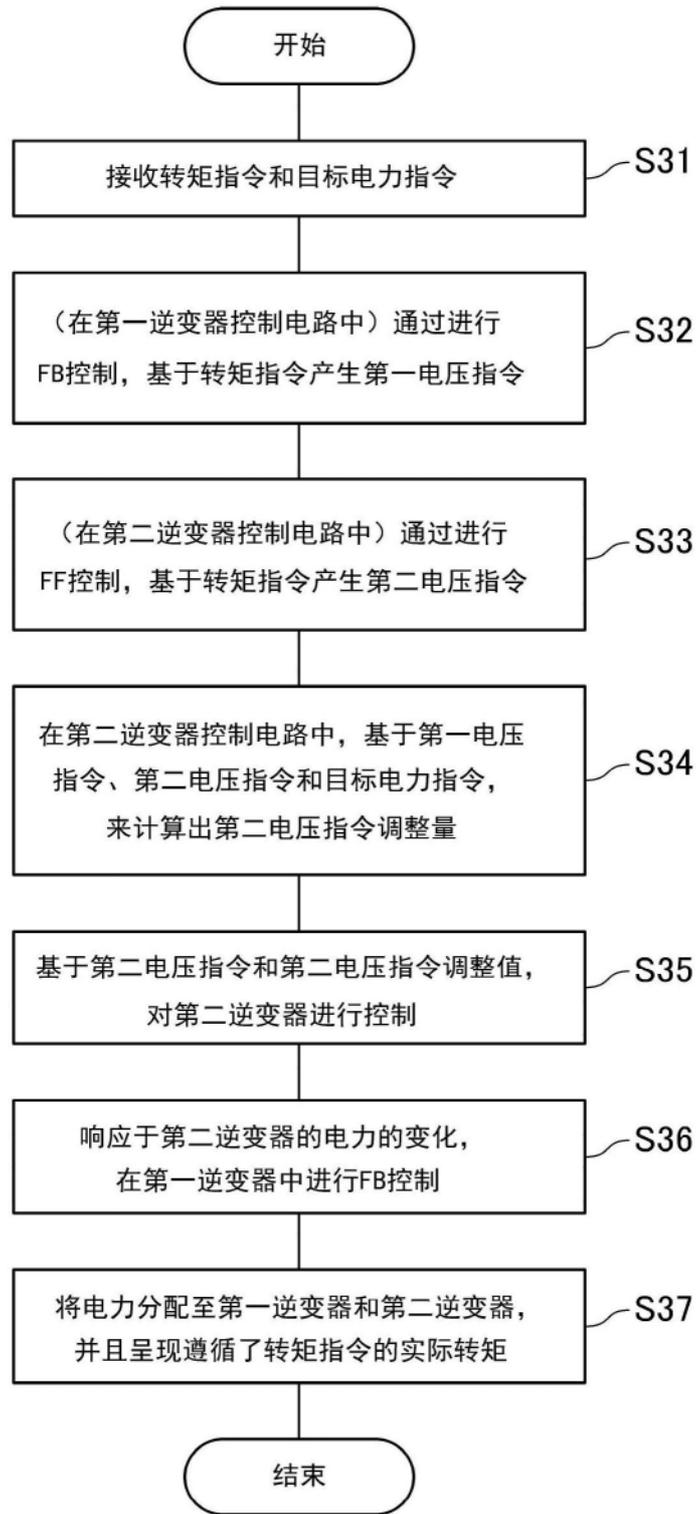


图6

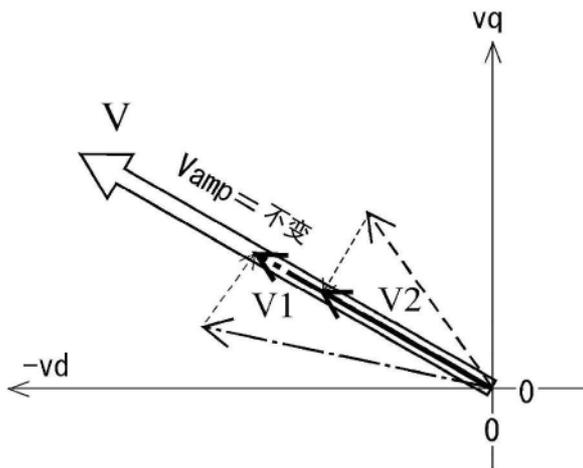
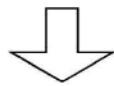
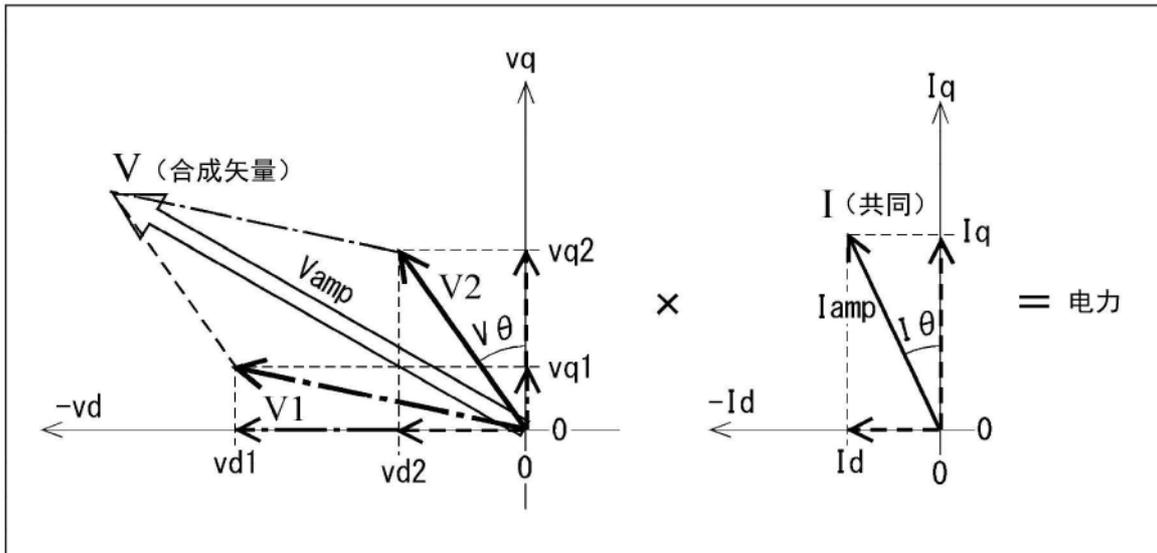


图7

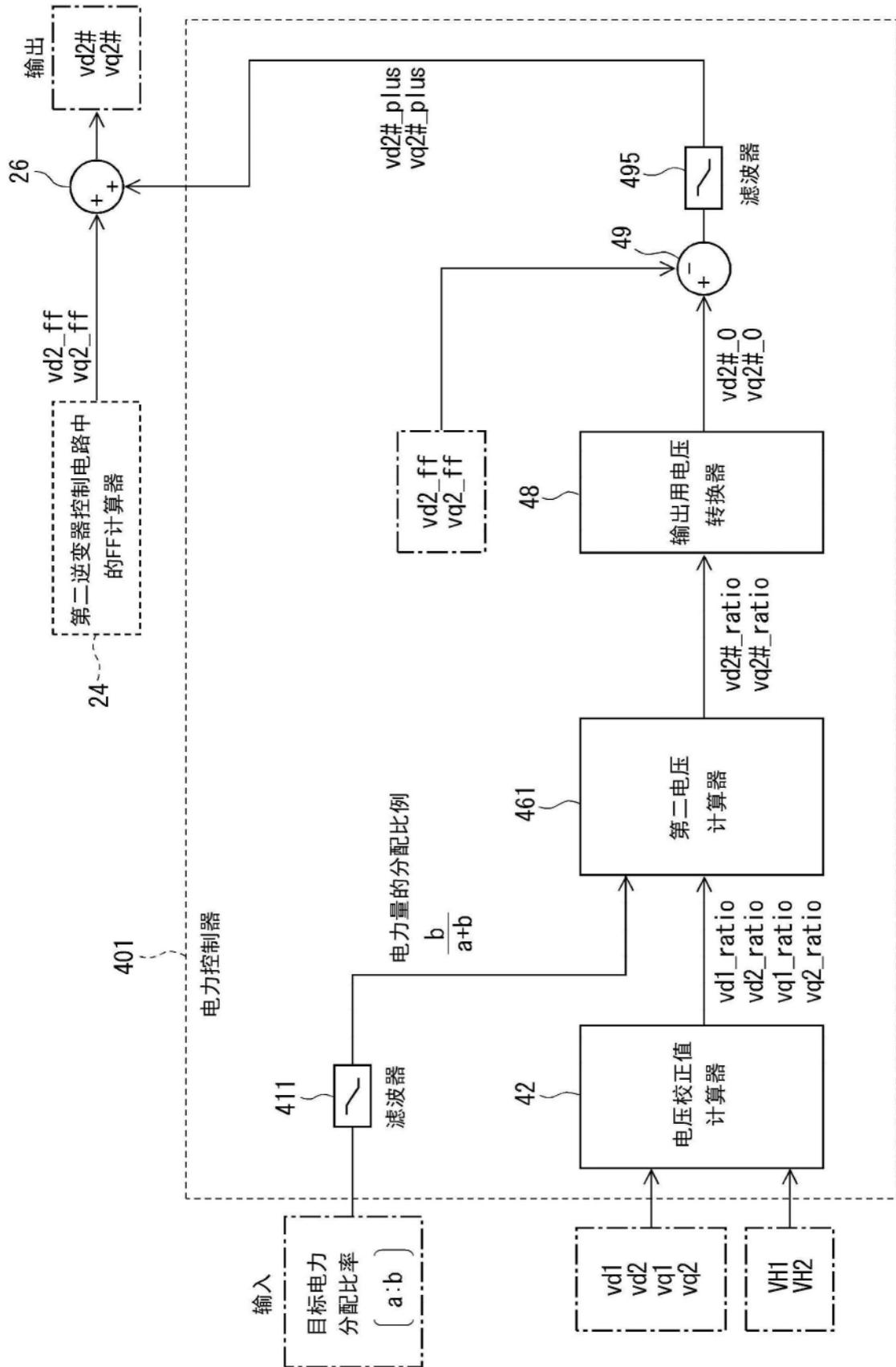


图8

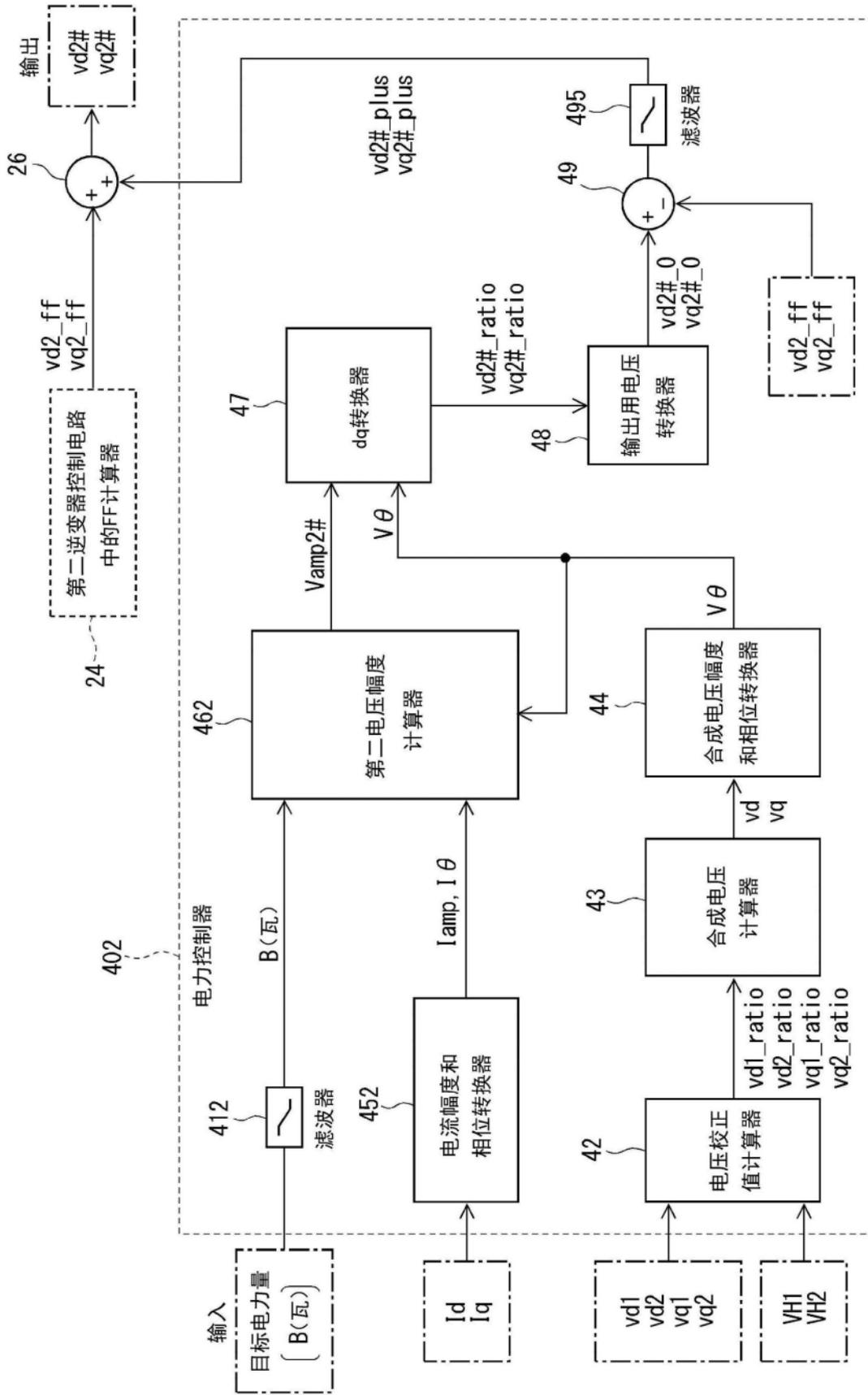


图9

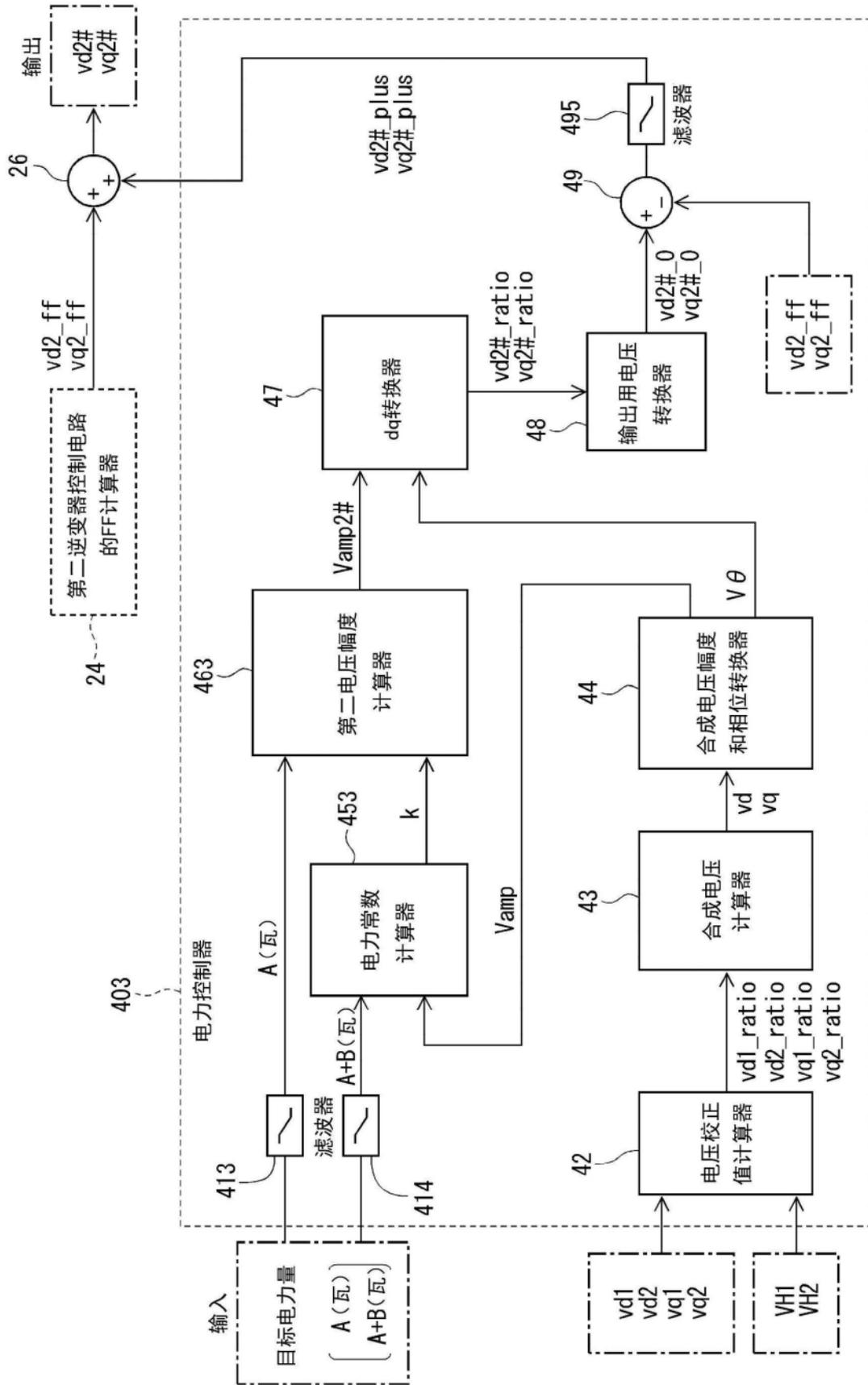


图10