



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118100732 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 28

(21) 申请号 202410207403.7  
(22) 申请日 2017.11.09  
(30) 优先权数据  
2016-220475 2016.11.11 JP  
(62) 分案原申请数据  
201780058552.X 2017.11.09

H02P 27/08 (2006.01)  
H02K 7/116 (2006.01)  
H02P 6/04 (2016.01)  
H02P 6/28 (2016.01)  
B62D 6/00 (2006.01)  
B62D 5/04 (2006.01)

(71) 申请人 株式会社电装  
地址 日本  
(72) 发明人 仓光修司 中村功一 冈笃子  
泷雅也 株根秀树  
(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227  
专利代理师 金雪梅

(51) Int. Cl.  
H02P 21/22 (2016.01)

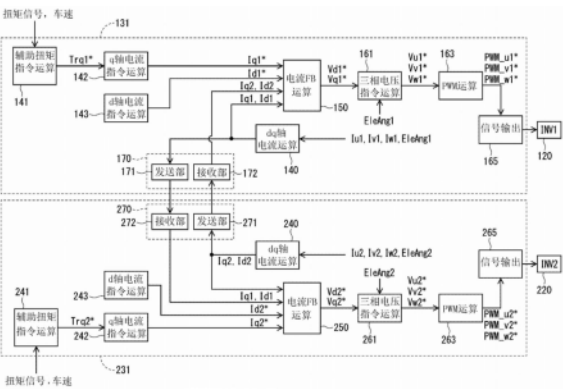
权利要求书1页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

旋转电机控制装置及使用其的电动助力转向装置

(57) 摘要

旋转电机控制装置 (10) 控制具备多个绕组 (81、82) 的旋转电机 (80) 的驱动,并具备多个驱动电路 (120、220) 及多个控制部 (131、231)。控制部 (131、231) 具有向对应所设置的驱动电路 (120、220) 输出控制信号的信号输出部 (165、265)。将控制部 (131、231)、与控制部 (131、231) 对应设置的驱动电路 (120、220)、以及绕组 (81、82) 的组合设为系统。控制部 (131、231) 使用在各控制部中所运算的指令值、自身系统的检测值即自身系统检测值、以及其它系统的检测值即其它系统检测值来生成控制信号。



1. 一种旋转电机控制装置, 控制具备多个绕组的旋转电机的驱动, 该旋转电机控制装置具备:

多个驱动电路, 具有多个开关元件; 以及

多个控制部, 具有辅助扭矩指令运算部、电流指令运算部以及信号输出部, 且能够与其他控制部相互通信, 其中, 上述辅助扭矩指令运算部基于从扭矩传感器获取的扭矩信号和车速来运算辅助扭矩指令值, 上述电流指令运算部运算电流指令值, 上述信号输出部对应地设置的上述驱动电路输出控制信号, 上述控制信号控制上述开关元件的接通断开差动,

若将上述控制部、与上述控制部对应地设置的上述驱动电路以及上述绕组的组合作为系统,

则各个上述控制部将自身系统的检测值亦即自身系统检测值发送至其他系统的上述控制部, 并从其他系统的上述控制部接收其他系统的检测值亦即其他系统检测值,

使用自身运算出的上述辅助扭矩指令值、上述电流指令值、上述自身系统检测值以及从其他上述控制部通过通信获取的上述其他系统检测值, 来生成控制自身系统的上述开关元件的接通断开差动的上述控制信号,

在各控制部中, 共用地使用自身系统和其他系统的电流检测值来生成控制信号, 使自身系统和其他系统适当地协调动作, 减少系统间的不匹配、调停的复杂度。

2. 根据权利要求1所述的旋转电机控制装置, 其中,

上述自身系统检测值和上述其他系统检测值是电流检测值,

上述控制部通过通信相互收发自身系统的电流检测值和其他系统的电流检测值。

3. 根据权利要求2所述的旋转电机控制装置, 其中,

上述控制部控制为使多个系统的电流之和成为电流之和指令值, 使电流之差成为电流之差指令值。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的旋转电机控制装置, 其中,

上述控制部在每个上述控制部运算上述检测值之后且至电流反馈控制开始为止的期间进行上述检测值的收发。

5. 根据权利要求1~3中任一项所述的旋转电机控制装置, 其中,

上述控制部使用前一次的控制周期的值作为从其他上述控制部获取的上述检测值来生成上述控制信号。

6. 一种电动助力转向装置, 具备:

权利要求1~5中任一项所述的旋转电机控制装置;

上述旋转电机, 输出用于辅助驾驶员对转向操纵部件的转向操纵的辅助扭矩; 以及动力传递部, 将上述旋转电机的驱动力传递到驱动对象。

## 旋转电机控制装置及使用其的电动助力转向装置

[0001] 本申请是申请号为201780058552.X、申请日为2017年11月9日、发明名称为“旋转电机控制装置及使用其的电动助力转向装置”的申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请基于2016年11月11日申请的专利申请号2016—220475号,并在此引用其记载内容。

### 技术领域

[0004] 本公开涉及旋转电机控制装置以及使用该旋转电机控制装置的电动助力转向装置。

### 背景技术

[0005] 以往,已知通过马达的驱动力辅助转向操纵的电动助力转向装置。例如在专利文献1中,在两个微机中,分别独立地对基本辅助控制量进行运算。

[0006] 专利文献1:日本特开2011—195089号公报

[0007] 如专利文献1那样,在各系统中独立地运算辅助控制量,并独立地进行电流控制的情况下,有可能在系统间产生不匹配。本公开的目的在于提供使多个系统协调地控制旋转电机的驱动的旋转电机控制装置、以及使用该旋转电机控制装置的电动助力转向装置。

### 发明内容

[0008] 本公开的旋转电机控制装置控制具备多个绕组的旋转电机的驱动,并具备多个驱动电路和多个控制部。控制部具有向对应所设置的驱动电路输出控制信号的信号输出部。此处,将控制部、与控制部对应地设置的驱动电路、以及绕组的组合设为系统。控制部使用在每个控制中所运算的指令值、自身系统所涉及的检测值即自身系统检测值、以及其它系统所涉及的检测值即其它系统检测值来生成控制信号。在本公开中,在各控制部中,例如共同使用自身系统检测值以及其它系统检测值来生成控制信号,该自身系统检测值以及其它系统检测值是电流检测值等。由此,能够使多个系统适当地协调动作,并能够减少系统间的不匹配、调停的复杂度。

### 附图说明

[0009] 关于本公开的上述目的以及其它目的、特征及优点,参照附图并通过下述的详细描述会变得更加明确。在该附图中:

[0010] 图1是根据第一实施方式的转向系统的示意结构图。

[0011] 图2是表示根据第一实施方式的马达控制装置的框图。

[0012] 图3是表示根据第一实施方式的第一控制部以及第二控制部的框图。

[0013] 图4是对根据第一实施方式的电流反馈控制进行说明的框图。

[0014] 图5是对根据第一实施方式的运算处理进行说明的时间图。

[0015] 图6是对根据第二实施方式的运算处理进行说明的时间图。

## 具体实施方式

[0016] 以下,基于附图,对根据本公开的旋转电机控制装置、以及电动助力转向装置进行说明。以下,在多个实施方式中,对实际相同的结构附加同一符号以省略说明。

[0017] (第一实施方式)

[0018] 图1~图5表示本公开的第一实施方式。如图1以及图2所示,本实施方式的作为旋转电机控制装置的马达控制装置10与作为旋转电机的马达80一起例如被应用于用于辅助车辆的转向操作的电动助力转向装置8。图中,将马达控制装置10记载为“ECU”。图1是表示具备电动助力转向装置8的转向系统90的整体结构的图。

[0019] 图1示出具备电动助力转向装置8的转向系统90的结构。转向系统90具备作为转向操纵部件的转向盘91、转向轴92、小齿轮96、齿条轴97、车轮98以及电动助力转向装置8等。转向盘91与转向轴92连接。在转向轴92中设置检测转向操纵扭矩 $T_s$ 的扭矩传感器94。在转向轴92的前端设置小齿轮96。小齿轮96与齿条轴97啮合。在齿条轴97的两端经由横拉杆等连结一对车轮98。

[0020] 当驾驶员旋转转向盘91时,与转向盘91连接的转向轴92旋转。转向轴92的旋转运动通过小齿轮96被转换为齿条轴97的直线运动。一对车轮98以与齿条轴97的位移量对应的角度被转向操纵。

[0021] 电动助力转向装置8具备马达80、使马达80的旋转并传递至转向轴92的作为动力传递部的减速齿轮89、以及马达控制装置10等。即,本实施方式的电动助力转向装置8是所谓的“电动式”,也可以为将马达80的旋转传递至齿条轴97的所谓的“齿条辅助型”等。在本实施方式中,转向轴92与“驱动对象”对应。

[0022] 马达80输出辅助驾驶员对转向盘91的转向操纵的辅助扭矩,通过从作为电源的未图示的蓄电池供电而被驱动,使减速齿轮89正反转。马达80是三相无刷马达,具有均没有图示的转子以及定子。如图2所示,马达80具有作为绕组的第一马达线圈81以及第二马达线圈82。图中,将第一马达线圈81设为“马达线圈1”,将第二马达线圈82设为“马达线圈2”。对于后述的其它结构,在图中,适当地将“第一”记载为后缀的“1”,将“第二”记载为后缀的“2”。

[0023] 以下,将第一马达线圈81的驱动控制所涉及的第一逆变器电路120以及第一控制部131等的组合设为第一系统L1,将第二马达线圈82的驱动控制所涉及的第二逆变器电路220以及第二控制部231等的组合设为第二系统L2。在本实施方式中,逆变器电路120、220与“驱动电路”对应。以下,用100号对第一系统L1所涉及的结构进行编号,用200号对第二系统L2所涉及的结构进行编号。另外,在第一系统L1以及第二系统L2中,对同样的结构以下2位相同的方式进行标记。

[0024] 马达控制装置10具备逆变器电路120、220、以及控制部131、231等。在马达控制装置10中设置第一电源连接器111、第一车辆通信连接器112、第一扭矩连接器113、第二电源连接器211、第二车辆通信连接器212以及第二扭矩连接器213。

[0025] 第一电源连接器111与未图示的第一蓄电池连接,第二连接器211与未图示的第二蓄电池连接。连接器111、211也可以与同一蓄电池连接。

[0026] 第一电源连接器111经由第一电源电路116与第一逆变器电路120连接。

[0027] 第二电源连接器211经由第二电源电路216与第二逆变器电路220连接。电源电路116、216例如是电源继电器。

[0028] 车辆通信连接器112、212与CAN (Controller Area Network: 制器局域网络) 等车辆通信网连接。第一车辆通信连接器112经由第一车辆通信电路117与第一控制部131连接。第一控制部131能够经由连接器112以及车辆通信电路117与车辆通信网授受信息。第二车辆通信连接器212经由第二车辆通信电路217与第二控制部231连接。第二控制部231能够经由连接器212以及车辆通信电路217与车辆通信网授受信息。

[0029] 扭矩连接器113、213与扭矩传感器94连接。详细而言, 第一扭矩连接器113与扭矩传感器94的第一传感器部941 (参照图1) 连接。第二扭矩连接器213与扭矩传感器94的第二传感器部942 (参照图1) 连接。第一控制部131能够经由扭矩连接器113以及扭矩传感器输入电路118从扭矩传感器94的第一传感器部941获取转向操纵扭矩的扭矩信号。第二控制部231能够经由扭矩连接器213以及扭矩传感器输入电路218从扭矩传感器94的第二传感器部942获取转向操纵扭矩的扭矩信号。由此, 控制部131、231能够基于扭矩信号来运算转向操纵扭矩 $T_s$ 。

[0030] 第一逆变器电路120例如是具有未图示的开关元件的三相逆变器, 对向第一马达线圈81供给的电力进行转换。第一逆变器电路120的开关元件基于从第一控制部131输出的控制信号来控制接通/断开工作。

[0031] 第二逆变器电路220例如是具有未图示的开关元件的三相逆变器, 对向第二马达线圈82供给的电力进行转换。第二逆变器电路220的开关元件基于从第二控制部231输出的控制信号来控制接通/断开工作。

[0032] 第一电流传感器125检测对第一马达线圈81的各相进行通电的第一U相电流 $I_{u1}$ 、第一V相电流 $I_{v1}$ 以及第一W相电流 $I_{w1}$ , 并将检测值输出至第一控制部131。第二电流传感器225检测对第二马达线圈82的各相进行通电的第二U相电流 $I_{u2}$ 、第二V相电流 $I_{v2}$ 以及第二W相电流 $I_{w2}$ , 并将检测值输出至第二控制部231。以下, 将U相电流、V相电流以及W相电流适当地统一设为“相电流”或者“三相电流”。另外, 将d轴电流以及q轴电流适当地统一设为“dq轴电流”。对于电压, 也是同样的。

[0033] 第一旋转角传感器126检测马达80的旋转角, 并输出至第一控制部131。第二旋转角传感器226检测马达80的旋转角, 并输出至第二控制部231。在本实施方式中, 将基于第一旋转角传感器126的检测值的电角设为第一电角 $E_{1eAng1}$ , 将基于第二旋转角传感器226的检测值的电角设为第二电角 $E_{1eAng2}$ 。

[0034] 经由第一电源连接器111以及未图示的调节器等对第一控制部131进行供电。经由第二电源连接器211以及未图示的调节器等对第二控制部231进行供电。第一控制部131以及第二控制部231被设置为能够在控制部间相互进行通信。以下适当地将控制部131、231间的通信称为“微机间通信”。控制部131、231间的通信方法也可以使用SPI、SENT等串行通信、CAN通信等任何的方法。

[0035] 图3表示控制部131、231的详细。控制部131、231以微机等为主体而构成。控制部131、231中的各处理可以是通过由CPU执行ROM等实体存储器装置中预先存储的程序而实现的软件处理, 也可以是通过专用的电子电路而实现的硬件处理。

[0036] 第一控制部131具有第一dq轴电流运算部140、第一辅助扭矩指令运算部141、第一

q轴电流指令运算部142、第一d轴电流指令运算部143、第一电流反馈运算部150、第一三相电压指令运算部161、第一PWM运算部163、第一信号输出部165以及第一通信部170。以下适当地将反馈记载为“FB”。

[0037] 第一dq轴电流运算部140使用第一电角EleAng1对从第一电流传感器125获取的第一相电流Iu1、Iv1、Iw1进行dq轴转换,并对第一d轴电流检测值Id1以及第一q轴电流检测值Iq1进行运算。

[0038] 第一辅助扭矩指令运算部141基于经由扭矩传感器输入电路118从扭矩传感器94获取的扭矩信号、以及经由车辆通信电路117从车辆通信网获取的车速等来运算第一辅助扭矩指令值Trq1\*。第一辅助扭矩指令值Trq1\*被输出至第一q轴电流指令运算部142。第一q轴电流指令运算部142基于第一辅助扭矩指令值Trq1\*来运算第一q轴电流指令值Iq1\*。第一d轴电流指令运算部143运算第一d轴电流指令值Id1\*。

[0039] 第一电流反馈运算部150进行基于第一dq轴电流指令值Id1\*、Iq1\*以及dq轴电流检测值Id1、Iq1、Id2、Iq2的电流反馈运算,对第一d轴电压指令值Vd1\*以及第一q轴电压指令值Vq1\*进行运算。电流反馈运算的详细后述。

[0040] 第一三相电压指令运算部161使用第一电角EleAng1对第一dq轴电压指令值Vd1\*、Vq1\*进行逆dq转换,并对第一U相电压指令值Vu1\*、第一V相电压指令值Vv1\*以及第一W相电压指令值Vw1\*进行运算。第一PWM运算部163基于三相电压指令值Vu1\*、Vv1\*、Vw1\*来对第一PWM信号PWM\_u1\*、PWM\_v1\*、PWM\_w1\*进行运算。第一信号输出部165将第一PWM信号PWM\_u1\*、PWM\_v1\*、PWM\_w1\*输出至第一逆变器电路120。

[0041] 第一通信部170具有第一发送部171以及第一接收部172,与第二通信部270进行通信。第一发送部171将由第一控制部131运算出的值发送至第二控制部231。在本实施方式中,第一发送部171将第一d轴电流检测值Id1以及第一q轴电流检测值Iq1发送至第二控制部231。第一接收部172接收从第二控制部231发送的值。在本实施方式中,第一接收部172接收第二d轴电流检测值Id2以及第二q轴电流检测值Iq2。在控制部131、231间收发的电流指令值以及电流检测值也可以代替dq轴的值而为三相的值,但收发dq轴的值能够抑制数据量。另外,也可以不进行d轴电流检测值Id1、Id2的收发。

[0042] 第二控制部231具有第二dq轴电流运算部240、第二辅助扭矩指令运算部241、第二q轴电流指令运算部242、第二d轴电流指令运算部243、第二电流反馈运算部250、第二三相电压指令值运算部261、第二PWM运算部263、第二信号输出部265以及第二通信部270。

[0043] 第二dq轴电流运算部240使用第二电角EleAng2对从第二电流传感器225获取的第二相电流Iu2、Iv2、Iw2进行dq轴转换,并对第二d轴电流检测值Id2以及第二q轴电流检测值Iq2进行运算。

[0044] 第二辅助扭矩指令运算部241基于经由扭矩传感器输入电路218从扭矩传感器94获取的扭矩信号、以及经由车辆通信电路217从车辆通信网获取的车速等来运算第二辅助扭矩指令值Trq2\*。第二辅助扭矩指令值Trq2\*被输出至第二q轴电流指令运算部242。第二q轴电流指令运算部242基于第二辅助扭矩指令值Trq2\*来运算第二q轴电流指令值Iq2\*。d轴电流指令运算部243运算d轴电流指令值Id\*。

[0045] 如果没有传感器部941、942的检测误差等,则辅助扭矩指令值Trq1\*、Trq2\*为相同的值。如果辅助扭矩指令值Trq1\*、Trq2\*相同,则q轴电流指令值Iq1\*、Iq2\*也为相同的值。

在本实施方式中,q轴电流指令值 $I_{q1}^*$ 、 $I_{q2}^*$ 分别设为所希望的辅助扭矩的输出所需的两个系统合计的q轴电流值。该q轴电流指令值 $I_{q1}^*$ 、 $I_{q2}^*$ 是电流之和指令值,通过对辅助扭矩指令值 $Tr_{q1}^*$ 、 $Tr_{q2}^*$ 乘以马达扭矩常量来求出。另外,除了q轴电流指令值 $I_{q1}^*$ 、 $I_{q2}^*$ 之外,d轴电流指令值 $I_{d1}^*$ 、 $I_{d2}^*$ 也与“电流之和指令值”对应。

[0046] 第二电流反馈运算部250进行基于第二dq轴电流指令值 $I_{d2}^*$ 、 $I_{q2}^*$ 以及dq轴电流检测值 $I_{d1}$ 、 $I_{q1}$ 、 $I_{d2}$ 、 $I_{q2}$ 的电流反馈运算,并对第二d轴电压指令值 $V_{d2}^*$ 以及第二q轴电压指令值 $V_{q2}^*$ 进行运算。

[0047] 第二三相电压指令运算部261使用第二电角 $E1eAng2$ 对第二dq轴电压指令值 $V_{d2}^*$ 、 $V_{q2}^*$ 进行逆dq转换,并对第二U相电压指令值 $V_{u2}^*$ 、第二V相电压指令值 $V_{v2}^*$ 以及第二W相电压指令值 $V_{w2}^*$ 进行运算。第二PWM运算部263基于三相电压指令值 $V_{u2}^*$ 、 $V_{v2}^*$ 、 $V_{w2}^*$ 来对第二PWM信号 $PWM\_u2^*$ 、 $PWM\_v2^*$ 、 $PWM\_w2^*$ 进行运算。第二信号输出部265将第二PWM信号 $PWM\_u2^*$ 、 $PWM\_v2^*$ 、 $PWM\_w2^*$ 输出至第二逆变器电路220。

[0048] 第二通信部270具有第二发送部271以及第二接收部272。第二发送部271将由第二控制部231运算出的值发送至第一控制部131。在本实施方式中,第二发送部271发送第二d轴电流检测值 $I_{d2}$ 以及第二q轴电流检测值 $I_{q2}$ 。第二接收部272接收从第一控制部131发送的值。在本实施方式中,第二接收部272接收第一d轴电流检测值 $I_{d1}$ 以及第一q轴电流检测值 $I_{q1}$ 。

[0049] 基于图4对电流反馈运算部150、250的详细进行说明。另外,将第二三相电压指令运算部261以及第二PWM运算部263集中于一个块来记载,省略了信号输出部165、265以及逆变器电路120、220等。在图4中,以q轴所涉及的电流反馈运算为中心进行说明。由于d轴所涉及的电流反馈运算与q轴相同,所以省略说明。

[0050] 第一电流反馈运算部150具有加法器151、减法器152~154、控制器155、156以及加法器157。加法器151将第一q轴电流检测值 $I_{q1}$ 和第二q轴电流检测值 $I_{q2}$ 相加以运算第一q轴电流之和 $I_{q\_a1}$ 。减法器152从第一q轴电流检测值 $I_{q1}$ 减去第二q轴电流检测值 $I_{q2}$ 以运算第一q轴电流之差 $I_{q\_d1}$ 。

[0051] 减法器153从第一q轴电流指令值 $I_{q1}^*$ 减去第一q轴电流之和 $I_{q\_a1}$ 以运算第一电流之和偏差 $\Delta I_{q\_a1}$ 。减法器154从电流之差指令值减去第一q轴电流之差 $I_{q\_d1}$ 以运算第一电流之差偏差 $\Delta I_{q\_d1}$ 。在本实施方式中,将电流之差指令值设为0,并进行控制使得消除系统间的电流之差。也可以将电流之差指令值设为0以外的值,并进行控制使得在系统间产生所希望的电流之差。对于输入到减法器254的电流之差指令值,也是同样的。

[0052] 控制器155例如通过PI运算等对基本q轴电压指令值 $V_{q\_b1}^*$ 进行运算,使得电流之和偏差 $\Delta I_{q\_a1}$ 成为0。控制器156例如通过PI运算等对q轴电压差分指令值 $V_{q\_d1}^*$ 进行运算,使得电流之差偏差 $\Delta I_{q\_d1}$ 成为0。加法器157将基本q轴电压指令值 $V_{q\_b1}^*$ 和q轴电压差分指令值 $V_{q\_d1}^*$ 相加以运算第一q轴电压指令值 $V_{q1}^*$ 。

[0053] 第二电流反馈运算部250具有加法器251、减法器252~254、控制器255、256以及减法器257。加法器251将第一q轴电流检测值 $I_{q1}$ 和第二q轴电流检测值 $I_{q2}$ 相加以运算q轴电流之和 $I_{q\_a2}$ 。减法器252从第一q轴电流检测值 $I_{q1}$ 减去第二q轴电流检测值 $I_{q2}$ 以运算q轴电流之差 $I_{q\_d2}$ 。在本实施方式中,在加法器151、251中,由于使用相同的值,所以q轴电流之和 $I_{q\_a1}$ 、 $I_{q\_a2}$ 成为相同的值。另外,在如后述的第二实施方式那样使用不同的控制周期的

值的情况下,q轴电流之和 $I_{q\_a1}$ 、 $I_{q\_a2}$ 为不同的值。q轴电流之差 $I_{q\_d1}$ 、 $I_{q\_d2}$ 也是同样的。

[0054] 减法器253从第二q轴电流指令值 $I_{q2*}$ 减去第二q轴电流之和 $I_{q\_a2}$ 以运算第二电流之和偏差 $\Delta I_{q\_a2}$ 。减法器254从电流之差指令值减去第二q轴电流之差 $I_{q\_d1}$ 以运算第二电流之差偏差 $\Delta I_{q\_d2}$ 。

[0055] 控制器255例如通过PI运算等对基本q轴电压指令值 $V_{q\_b2*}$ 进行运算,使得电流之和偏差 $\Delta I_{q\_a2}$ 成为0。控制器256例如通过PI运算等对q轴电压差分指令值 $V_{q\_d2*}$ 进行运算,使得电流之差偏差 $\Delta I_{q\_d2}$ 成为0。减法器257从基本q轴电压指令值 $V_{q\_a2*}$ 减去q轴电压差分指令值 $V_{q\_d2*}$ 以运算第二q轴电压指令值 $V_{q2*}$ 。

[0056] 基于图5的时间图对本实施方式的运算处理进行说明。图5将共用时间轴设为横轴,从上段起示出第一控制部131的电流获取定时、第一控制部131中的运算处理、微机间通信、第二控制部231的电流获取定时、第二控制部231中的运算处理。在图5中,将本次的控制周期设为 $P(n)$ ,将开始定时记载为“ $P(n)$ ”。另外,将下次的控制周期设为 $P(n+1)$ 。图6也是同样的。

[0057] 如图5所示,在控制部131、231中,从时刻 $x1$ 到时刻 $x2$ ,运算辅助扭矩指令值 $Trq1*$ 、 $Trq2*$ ,从紧接着的时刻 $x3$ 到时刻 $x4$ ,运算电流指令值 $Id1*$ 、 $Iq1*$ 、 $Id2*$ 、 $Iq2*$ 。另外,从时刻 $x5$ 到时刻 $x6$ ,第一控制部131从电流传感器125获取相电流 $I_{u1}$ 、 $I_{v1}$ 、 $I_{w1}$ ,从时刻 $x7$ 到时刻 $x8$ ,运算dq轴电流检测值 $Id1$ 、 $Iq1$ 。同样地,从时刻 $x5$ 到时刻 $x6$ ,第二控制部231从电流传感器135获取相电流 $I_{u2}$ 、 $I_{v2}$ 、 $I_{w2}$ ,从时刻 $x7$ 到时刻 $x8$ ,运算dq轴电流检测值 $Id2$ 、 $Iq2$ 。此外,在图5中,记载为同时进行控制部131、231中的指令运算以及电流检测值的运算,但允许在微机间通信开始的时刻 $x9$ 来得及的范围内的偏差。另外,对于微机间通信后的处理,也允许处于控制周期内的程度的偏差。后述的实施方式也是同样的。

[0058] 从时刻 $x9$ 到时刻 $x10$ ,在控制部131、231间进行微机间通信,相互收发dq轴电流检测值 $Id1$ 、 $Iq1$ 、 $Id2$ 、 $Iq2$ 。而且,在各控制部131、231中,从微机间通信结束后的时刻 $x11$ 起进行电流FB运算、三相电压指令运算以及PWM指令运算,在PWM指令运算后的时刻 $x15$ ,将PWM信号输出至各逆变器电路120、220,并反映出。在本实施方式中,在电流FB控制开始前进行微机间通信,授受电流FB运算所需的信息。由此,在控制部131、231中,能够使用相同的值来进行电流反馈运算。

[0059] 在本实施方式中,由于在每个系统对辅助扭矩指令值 $Trq1*$ 、 $Trq2*$ 进行运算,并将该辅助扭矩指令值用于PWM信号的生成,所以例如在一个系统中产生异常的情况下,向单系统驱动的切换是比较容易的。另外,在本实施方式中,通过微机间通信相互收发dq轴电流检测值 $Id1$ 、 $Iq1$ 、 $Id2$ 、 $Iq2$ ,并将该dq轴电流检测值用于各控制部131、231中的电流FB运算。此处,通过共同使用各系统的检测值来控制各系统的通电从而将使马达80动作设为“协调动作”。特别是在本实施方式中,由于控制成系统间的电流之差为0,所以能够使各系统中的发热变得均衡。另外,能够减少在由于电压变动时或发热而进行电流限制等限制处理的情况下、一个系统中产生异常而使用另一个系统来驱动的备用控制时等中的控制的复杂度。

[0060] 本实施方式的马达控制装置10控制具备多个马达线圈81、82的马达80的驱动,具备多个逆变器电路120、220和多个控制部131、231。控制部131、231具有向对应所设置的逆变器电路120、220输出控制信号的信号输出部165、265。详细而言,第一控制部131向对应所设置的第一逆变器电路120输出作为控制信号的第一PWM信号 $PWM\_u1*$ 、 $PWM\_v1*$ 、 $PWM\_w1*$ 。



第二控制部231向对应所设置的第二逆变器电路220输出作为控制信号的第二PWM信号PWM\_u2\*、PWM\_v2\*、PWM\_w2\*。

[0061] 将与控制部131、231以及控制部131、231对应地设置的逆变器电路120、220以及马达线圈81、82的组合设为“系统”。控制部131、231使用在各控制部中所运算出的指令值即，辅助扭矩指令值Trq1\*、Trq2\*、以及作为自身系统所涉及的检测值的第一dq轴电流检测值Id1、Iq1、以及作为其它系统所涉及的检测值的第二dq轴电流检测值Id2、Iq2来生成控制信号。在本实施方式中，在第一控制部131中，第一dq轴电流检测值Id1、Iq1与“自身系统检测值”对应，第二dq轴电流检测值Id1、Iq2与“其它系统检测值”对应。另外，在第二控制部132中，第二dq轴电流检测值Id2、Iq2与“自身系统检测值”对应，第一dq轴电流检测值Id1、Iq2与“其它系统检测值”对应。在本实施方式中，在各控制部131、231中，共同使用自身系统以及其它系统的电流检测值Id1、Iq1、Id2、Iq2来生成控制信号。由此，能够使第一系统L1和第二系统L2适当地协调动作，并能够减少系统间的不匹配、调停的复杂度。

[0062] 控制部131、231通过通信相互收发作为自身系统的电流检测值以及作为其它系统的电流检测值的dq轴电流检测值Id1、Iq1、Id2、Iq2。详细而言，第一控制部131将作为自身系统的电流检测值的第一dq轴电流检测值Id1、Iq1发送至第二控制部231，从第二控制部231接收作为其它系统的电流检测值的第二dq轴电流检测值Id2、Iq2。另外，第二控制部231将作为自身系统的电流检测值的第二dq轴电流检测值Id2、Iq2发送至第一控制部131，从第一控制部131接收作为其它系统的电流检测值的第一dq轴电流检测值Id1、Iq2。由此，控制部131、231能够适当地获取其它系统检测值，并用于控制信号的生成。

[0063] 控制部131、231控制为使多个系统的电流之和成为电流之和指令值，使电流之差成为电流之差指令值。通过控制电流之和，能够从马达80输出依照请求的辅助扭矩。另外，通过控制电流之差，能够适当地控制系统间的电流之差。特别是通过将电流之差指令值设为0，能够消除系统间的电流之差，所以能够使各系统的发热变得均衡。另外，能够减少由于电源电压的变动、发热而限制电流时，或者因故障产生而移至备用控制、单系统驱动时的控制的复杂度。

[0064] 控制部131、231在从运算电流检测值Id1、Iq1、Id2、Iq2之后至开始电流反馈控制为止的期间中进行用于电流反馈控制的检测值的收发。本实施方式中的“用于电流反馈控制的检测值”是各系统的电流检测值Id1、Iq1、Id2、Iq2。由此，能够使用本次的控制周期中的电流检测值Id1、Iq1、Id2、Iq2来进行电流反馈控制。

[0065] 本实施方式的马达控制装置10被应用于电动助力转向装置8。电动助力转向装置8具备马达控制装置10、马达80以及减速齿轮89。马达80输出辅助驾驶员对转向盘91的转向操纵的辅助扭矩。减速齿轮89将马达80的驱动力传递到转向轴92。在本实施方式中，通过共同使用自身系统以及其它系统的电流检测值Id1、Iq1、Id2、Iq2来生成控制信号，从而使多个系统协调动作，所以能够适当地输出辅助扭矩。

[0066] (第二实施方式)

[0067] 图6表示本公开的第二实施方式。以下适当地对在前一次的控制周期 $P(n-1)$ 中运算的值附加后缀 $_{(n-1)}$ ，对在本次的控制周期 $P(n)$ 中运算的值附加后缀 $_{(n)}$ 。此外，由于前一次的控制周期 $P(n-1)$ 的时刻x23~x26中的处理与本次的控制周期 $P(n)$ 的时刻x33~x36的处理相同，所以省略说明。

[0068] 在本次的控制周期 $P(n)$ 中,从时刻 $x31$ 到时刻 $x32$ ,在控制部131、231间进行微机间通信,相互收发在前一次的控制周期 $(n-1)$ 中运算出的dq轴电流检测值 $Id1_{(n-1)}$ 、 $Iq1_{(n-1)}$ 、 $Id2_{(n-1)}$ 、 $Iq2_{(n-1)}$ 。在时刻 $x33$ 中,控制部131、231分别对辅助扭矩指令值 $Trq1^*$ 、 $Trq2^*$ 以及dq轴电流指令值 $Id1^*$ 、 $Iq1^*$ 、 $Id2^*$ 、 $Iq2^*$ 进行运算。

[0069] 在时刻 $x34$ 、 $x35$ ,第一控制部131获取相电流 $Iu1$ 、 $Iv1$ 、 $Iw1$ ,并运算dq轴电流检测值 $Id1_{(n)}$ 、 $Iq1_{(n)}$ 。另外,第二控制部231获取相电流 $Iu2$ 、 $Iv2$ 、 $Iw2$ ,并运算dq轴电流检测值 $Id2_{(n)}$ 、 $Iq2_{(n)}$ 。

[0070] 在时刻 $x36$ ,进行从电流FB运算到PWM信号的输出、反映的一系列的运算。在本实施方式中,第一控制部131在电流FB运算中使用本次控制周期 $P(n)$ 的dq轴电流指令值 $Id1^*_{(n)}$ 、 $Iq1^*_{(n)}$ 以及自身系统的dq轴电流检测值 $Id1_{(n)}$ 、 $Iq1_{(n)}$ 、前一次控制周期 $P(n-1)$ 的其它系统的dq轴电流检测值 $Id2_{(n-1)}$ 、 $Iq2_{(n-1)}$ 。

[0071] 另外,第二控制部231在电流FB运算中使用本次周期 $P(n)$ 的dq轴电流指令值 $Id2^*_{(n)}$ 、 $Iq2^*_{(n)}$ 以及自身系统的dq轴电流检测值 $Id2_{(n)}$ 、 $Iq2_{(n)}$ 、前一次控制周期 $P(n-1)$ 的其它系统的dq轴电流检测值 $Id1_{(n-1)}$ 、 $Iq1_{(n-1)}$ 。换言之,在本实施方式中,对于在自身系统中运算的值,使用本次控制周期 $P(n)$ 的值,对于在其它系统中所运算的值,使用前一次控制周期 $P(n-1)$ 的值,进行运算。如本实施方式那样,对于其它系统所涉及的检测值,设为包含在还对使用以前的控制周期所涉及值的情况共同使用各系统所涉及的检测值来控制各系统的通电的“协调动作”的概念中。

[0072] 由此,由于dq轴电流检测值 $Id1$ 、 $Iq1$ 、 $Id2$ 、 $Iq2$ 的运算和电流FB运算之间无需进行微机间通信,所以能够缩短从dq轴电流检测值 $Id1$ 、 $Iq1$ 、 $Id2$ 、 $Iq2$ 的运算结束到电流FB运算开始的期间。因此,与在电流FB运算之前进行微机间通信的情况相比较,对于自身系统所涉及的值,能够将最近的电流检测值使用于电流FB运算。

[0073] 控制部131、231使用其它控制部的前一次的控制周期中的值来生成控制信号,作为从其它控制部获取的检测值。作为从其它控制部获取的检测值,通过使用其它控制部的前一次的控制周期中的值,从而通信定时的自由度提高。在本实施方式中,由于能够缩短从电流指令值 $Id^*$ 、 $Iq^*$ 的运算后到电流反馈控制开始的时间,所以自身系统所涉及的值能够使用最近的值。另外,起到与上述实施方式相同的效果。

[0074] (A) 控制部

[0075] 在上述实施方式中,控制部为两个。在其它实施方式中,控制部也可以三个以上。即,系统数可以为三个以上。另外,也可以对一个控制部设置多个驱动电路以及绕组。

[0076] 在上述实施方式中,控制部通过电流反馈控制控制旋转电机的驱动。在其它实施方式中,也可以利用电流反馈控制以外的方法控制旋转电机的驱动。在上述实施方式中,相互收发的检测值是各系统的电流检测值。在其它实施方式中,相互收发的检测值也可以是电流检测值以外的值。另外,也可以构成为代替微机间通信而将共用的传感器值交叉输入至各控制部,并在各控制部中运算共用的检测值。

[0077] (B) 旋转电机

[0078] 在上述实施方式中,旋转电机是三相的无刷马达。在其它实施方式中,旋转电机并不限于无刷马达,可以设为任何的马达。另外,旋转电机不限于马达,也可以是发电机,还可以是兼具电动机和发电机的功能的所谓电动发电机。在上述实施方式中,旋转电机控制装

置被应用于电动助力转向装置。在其它实施方式中,也可以将旋转电机控制装置应用于电动助力转向装置以外的装置。以上,本公开并不限于任何上述实施方式,能够在不脱离其主旨的范围中以各种方式实施。

[0079] 根据实施方式对本公开进行了描述,但应理解为本公开并不限于该实施方式、结构。本公开也包含各种变形例、以及等同范围内的变形。此外,各种组合、方式、进而在这些组合、方式中仅包含一个要素、其以上或其以下的其它组合、方式也落入本公开的范畴、思想范围中。

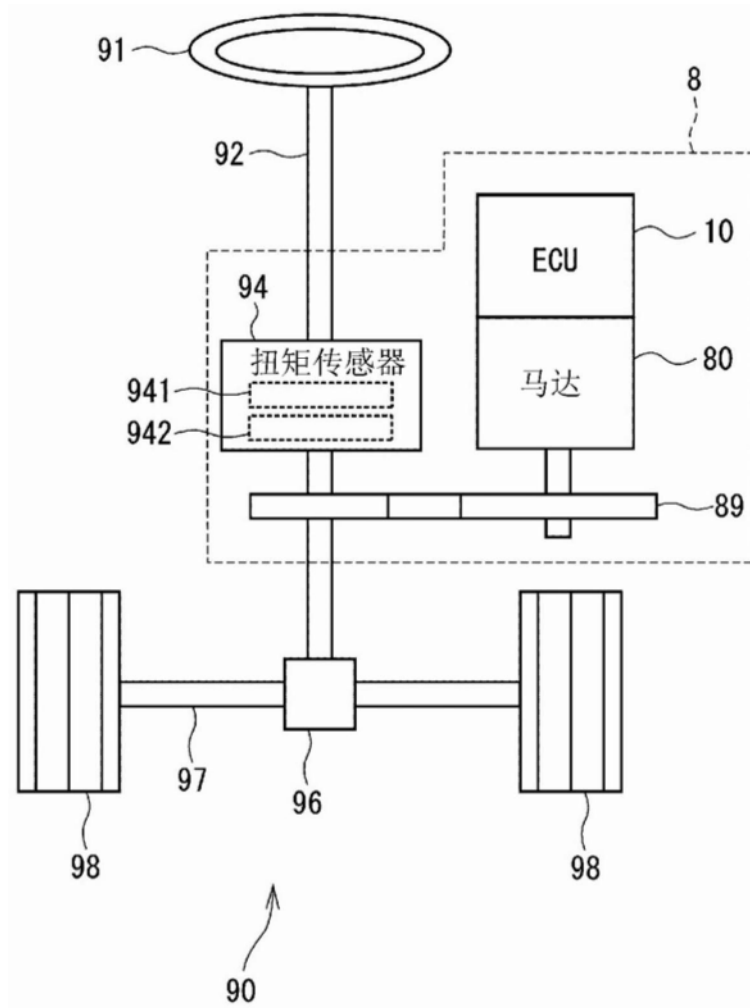


图1

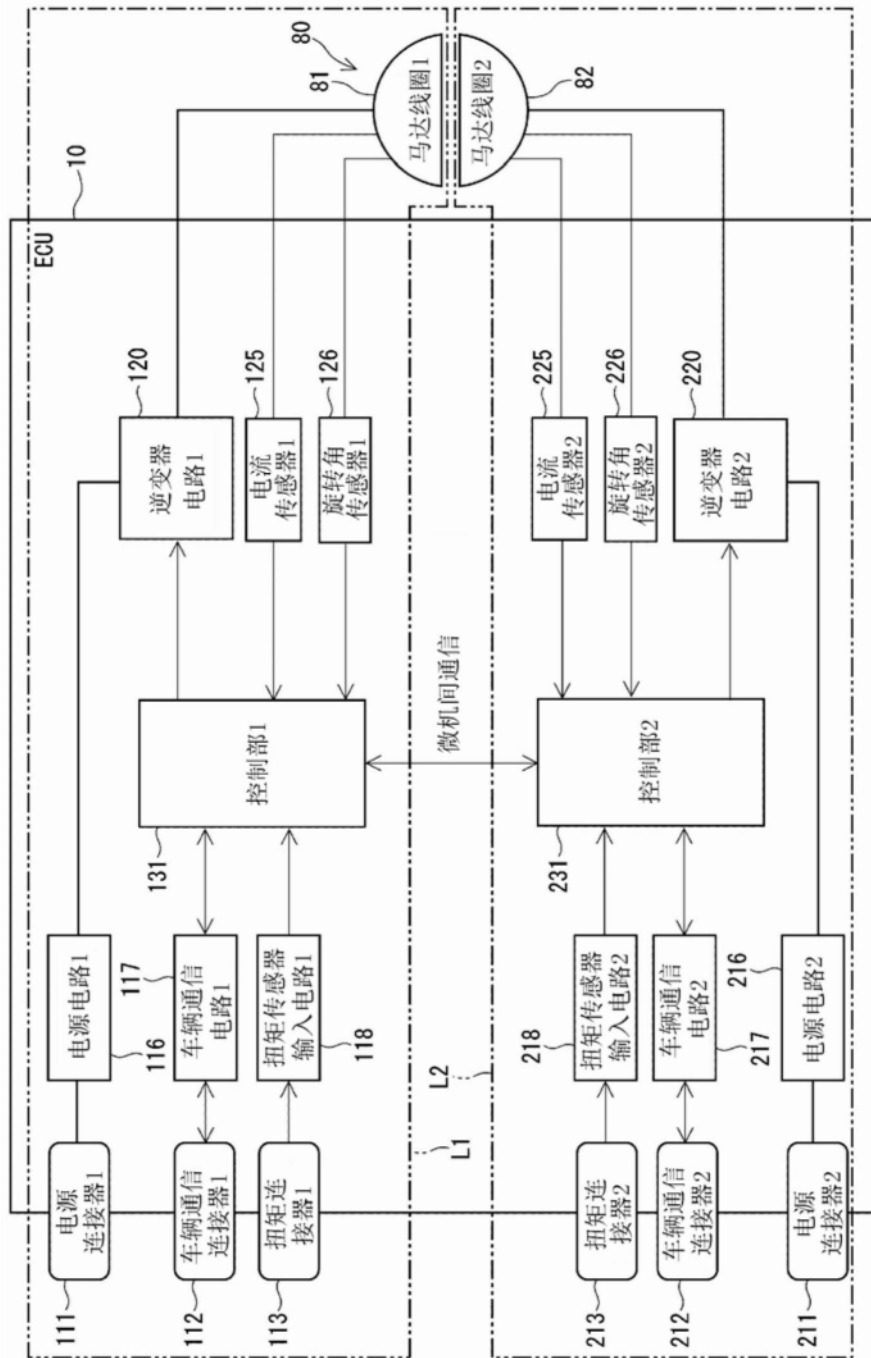


图2

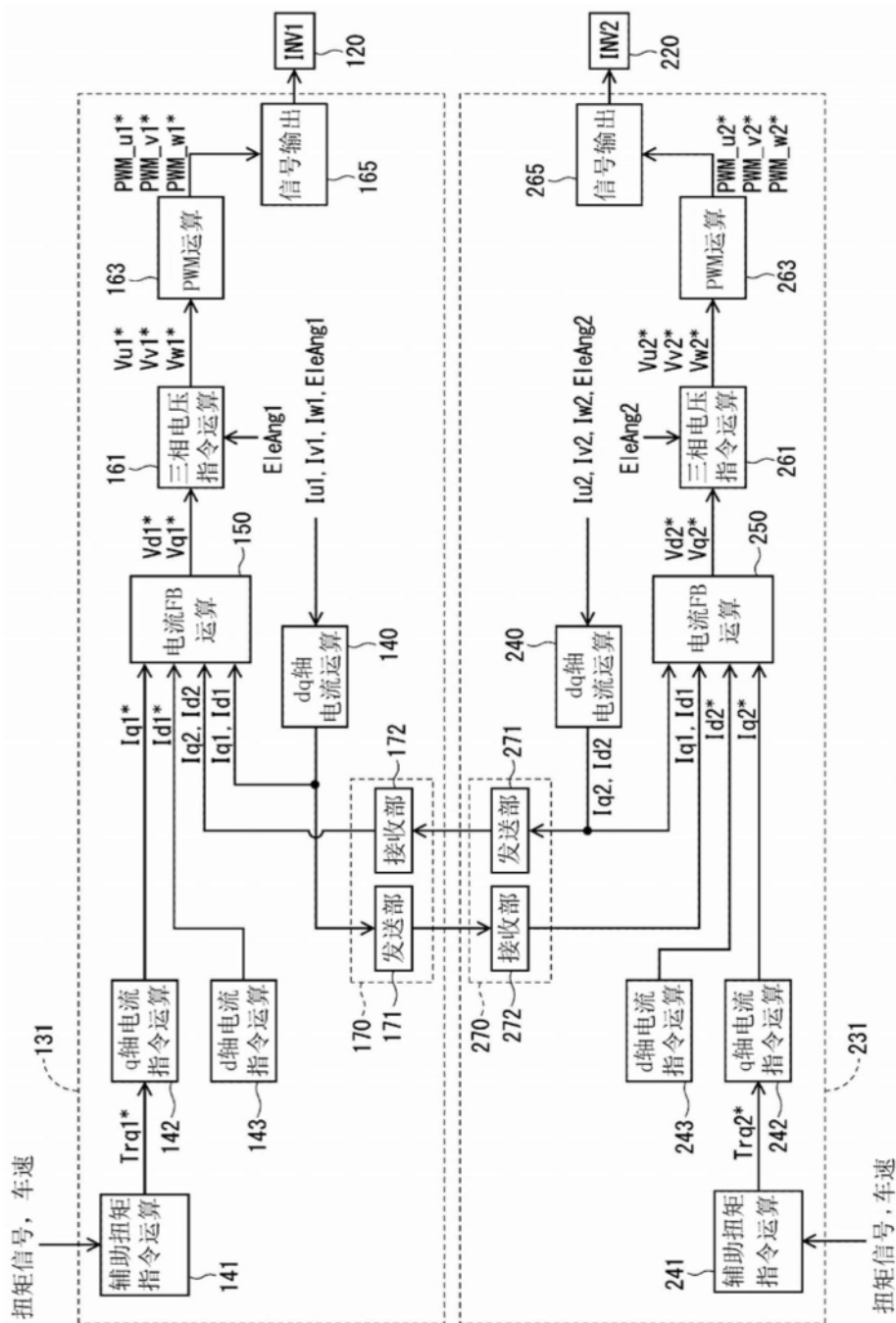


图3

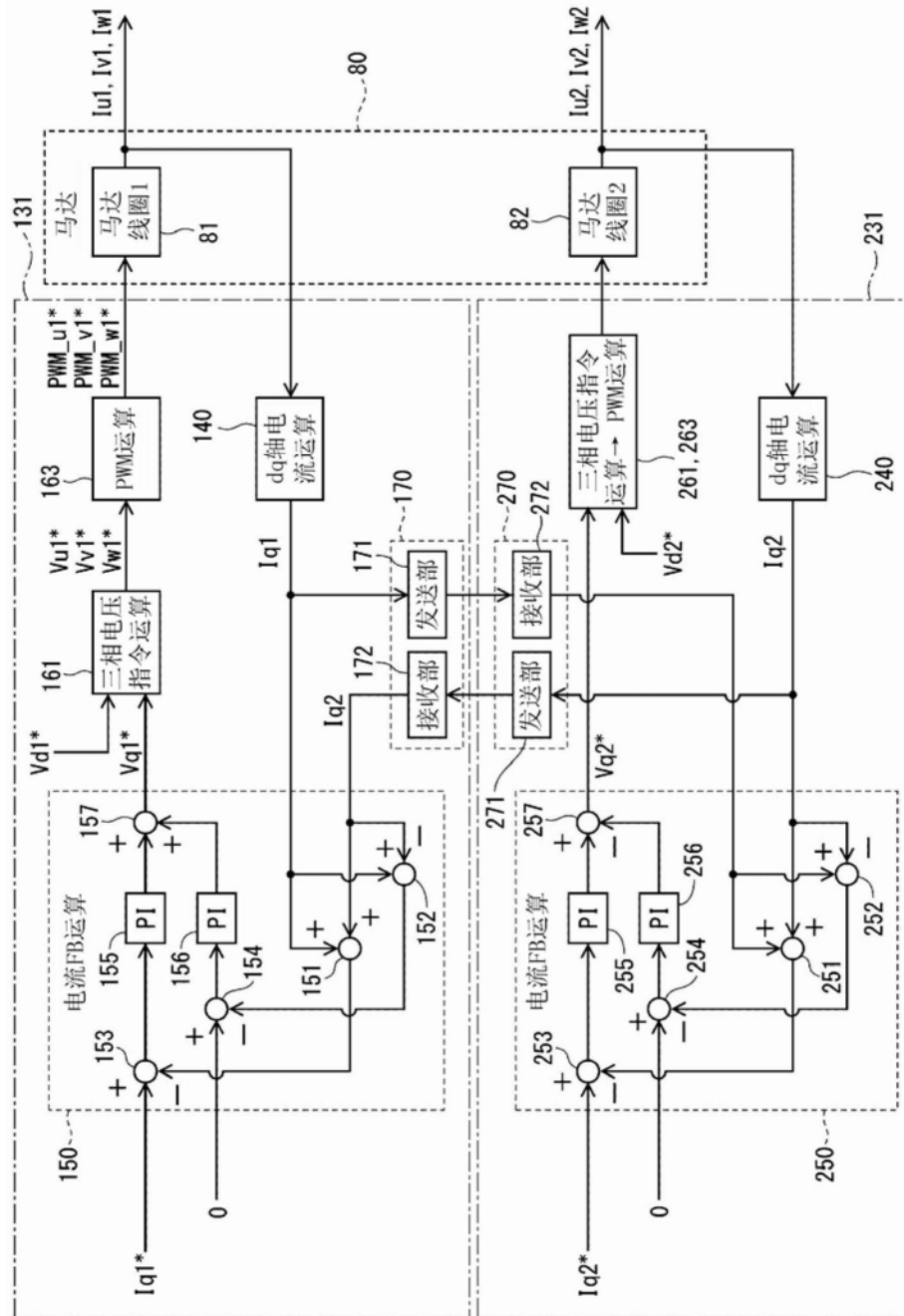


图4

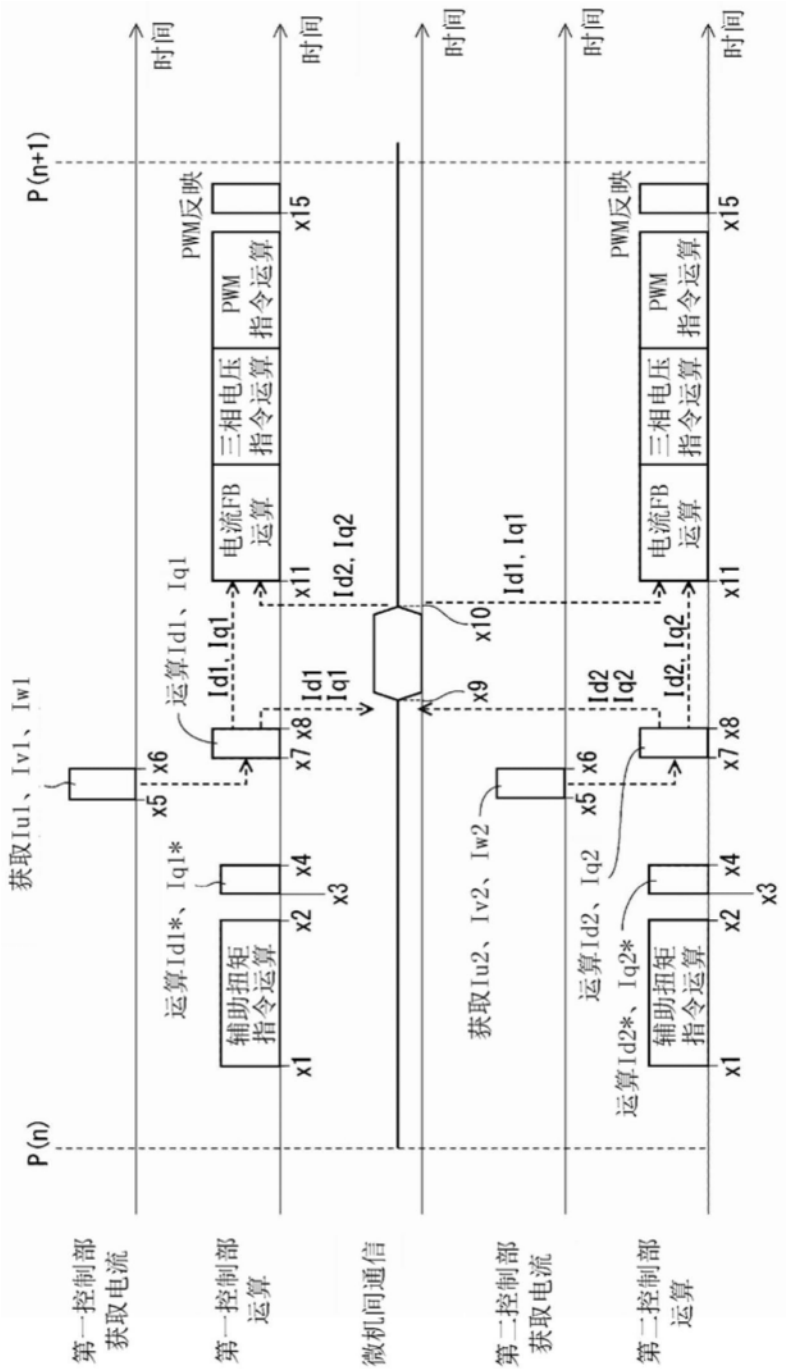


图5



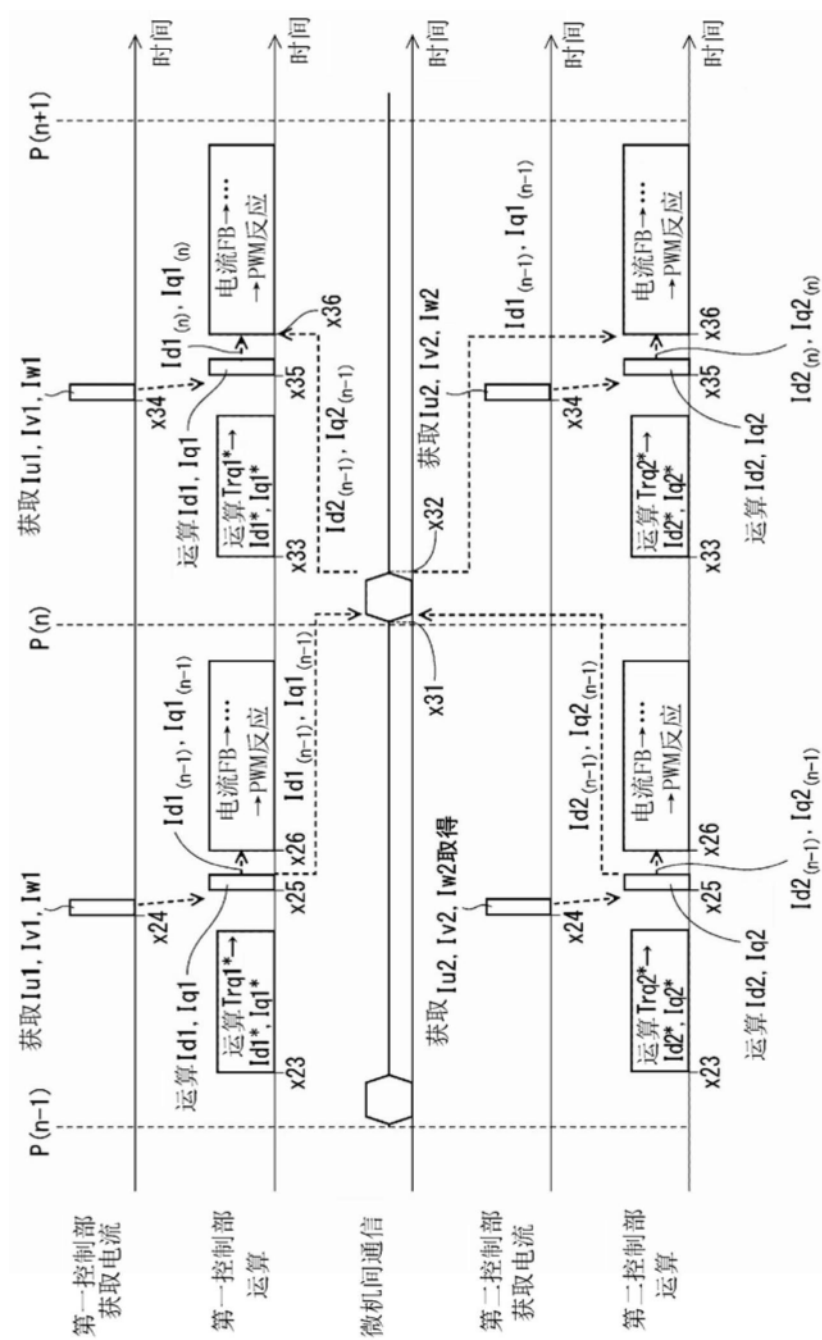


图6