



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 116209547 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 02

(21) 申请号 202180060250.2

(22) 申请日 2021.07.27

(30) 优先权数据

2020-130903 2020.07.31 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.01.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/027780 2021.07.27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/025072 JA 2022.02.03

(71) 申请人 发那科株式会社

地址 日本山梨县

(72) 发明人 有田创一 小栗健一郎 泽田和辉

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

11243

专利代理师 范胜杰 文志

(51) Int.Cl.

B25J 9/10 (2006.01)

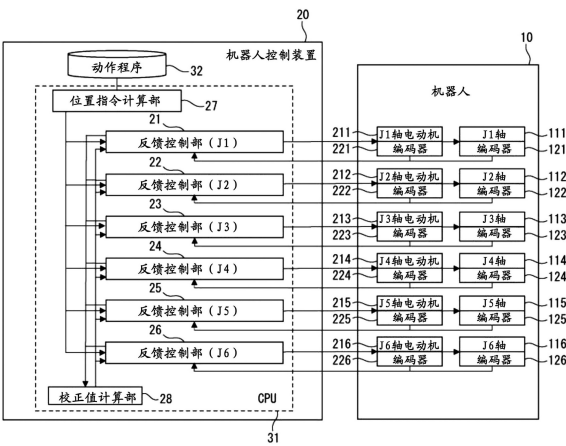
权利要求书1页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

控制装置以及机器人系统

(57) 摘要

提供一种控制装置,即使在存在处于随动旋转关系的轴时也能够执行适当的全闭环控制方式的控制。在对多个轴具有随动旋转关系的机械的动作进行控制的控制装置(20)中具备:轴位置检测器(121~126);电动机位置检测器(221~226);位置指令计算部(27),按照动作程序计算针对各轴的位置指令;位置控制部(261),基于位置指令和轴的检测位置来输出电动机的速度指令;速度控制部(262),基于速度指令控制电动机;校正值计算部(28),计算用于基于随动旋转关系对控制对象轴的电动机的速度指令进行校正的校正值,控制对象轴是依赖于随动旋转关系进行旋转的轴,与控制对象轴对应的速度控制部(262)基于校正值校正速度指令来应用于控制对象轴的电动机的控制。



1. 一种控制装置,其控制机械的动作,该机械具有多个轴,并具有该多个轴中的一个轴的旋转产生另一个轴的旋转的随动旋转关系,

其特征在于,

所述控制装置具备:

轴位置检测器,其检测所述多个轴各自的位置;

电动机位置检测器,其检测分别驱动所述多个轴的多个电动机各自的位置;

位置指令计算部,其按照动作程序计算针对所述多个轴中的各个轴的位置指令;

位置控制部,其基于所述位置指令和所述多个轴各自的检测位置来输出与所述多个轴中的各个轴对应的所述电动机的速度指令;

速度控制部,其基于所述速度指令来控制各个所述电动机;以及

校正值计算部,其计算用于根据该随动旋转关系来对控制对象轴的所述电动机的所述速度指令进行校正的校正值,其中,该控制对象轴是所述多个轴中的依赖于所述随动旋转关系而进行旋转的轴,

与所述控制对象轴对应的所述速度控制部根据所述校正值来校正所述控制对象轴的所述电动机的所述速度指令,并用于所述控制对象轴的所述电动机的控制。

2. 根据权利要求1所述的控制装置,其特征在于,

所述校正值计算部基于依赖于所述随动旋转关系而进行旋转的所述控制对象轴的位置与使所述控制对象轴产生随动旋转的至少一个轴所对应的所述电动机的位置之间的对应关系,来计算所述校正值。

3. 根据权利要求1或2所述的控制装置,其特征在于,

所述机械是6轴机器人,

在将所述控制对象轴作为第六轴,且具有该第六轴的位置依赖于分别与第四轴和第五轴对应的所述电动机的位置的随动旋转关系的情况下,在将该随动旋转关系表示为数学式1时,

数学式1:

$$\theta_{J6} = \alpha \theta_{m4} + \beta \theta_{m5} + F \theta_{m6}$$

其中, θ_{J6} 为第六轴的位置, θ_{m4} 、 θ_{m5} 、 θ_{m6} 分别为与第四轴至第六轴对应的电动机的位置, α 、 β 、 F 为系数,

所述校正值计算部通过数学式2来求出所述校正值,

数学式2:

$$(\text{校正值}) = -\frac{\alpha}{F} \cdot \frac{d\theta_{m4}}{dt} - \frac{\beta}{F} \cdot \frac{d\theta_{m5}}{dt}。$$

4. 一种机器人系统,其特征在于,具备:

权利要求1至3中的任意一项所述的控制装置;以及

多关节机器人,其具有作为所述机械的结构。

控制装置以及机器人系统

技术领域

[0001] 本发明涉及控制装置以及机器人系统。

背景技术

[0002] 多关节机器人通过对配置在各关节轴的伺服电动机进行伺服控制来进行动作控制。在专利文献1中记载了这样的多关节机器人的控制装置的例子。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1：国际公开第2019/012942号

发明内容

[0006] 发明所要解决的课题

[0007] 将来自配置在多关节机器人的各关节轴的伺服电动机的编码器的电动机位置/速度信息用作反馈信息的控制方式也被称为半闭环控制方式。为了进行更高精度的动作控制，在各关节轴配置用于检测机械臂(轴)的位置(角度)的编码器，将来自该编码器的机械臂(轴)位置信息用作反馈信息的控制方式也被称为全闭环控制方式。然而，在多关节机器人等具备多个轴的机械中，有时多个轴中的一部分轴处于随着某个轴的动作其他轴随动旋转的随动旋转关系。要求即使在存在处于随动旋转关系的轴的情况下，也能够通过全闭环控制方式进行适当的控制的控制装置以及机器人系统。

[0008] 用于解决课题的手段

[0009] 本公开的一个方式是一种控制装置，其控制机械的动作，该机械具有多个轴，并具有该多个轴中的一个轴的旋转产生另一个轴的旋转的随动旋转关系，该控制装置具备：轴位置检测器，其检测所述多个轴各自的位置；电动机位置检测器，其检测分别驱动所述多个轴的多个电动机各自的位置；位置指令计算部，其按照动作程序计算针对所述多个轴中的各个轴的位置指令；位置控制部，其基于所述位置指令和所述多个轴各自的检测位置，输出与所述多个轴中的各个轴对应的所述电动机的速度指令；速度控制部，其基于所述速度指令来控制各个所述电动机；校正值计算部，其计算用于根据该随动旋转关系来校正针对控制对象轴的所述电动机的所述速度指令的校正值，其中，该控制对象轴是所述多个轴中的依赖于所述随动旋转关系而进行旋转的轴，与所述控制对象轴对应的所述速度控制部根据所述校正值来校正针对所述控制对象轴的所述电动机的所述速度指令，并将其用于控制所述控制对象轴的所述电动机。

[0010] 本公开的另一方式是一种机器人系统，其具备上述控制装置以及具有作为上述机械的结构的多关节机器人。

[0011] 发明效果

[0012] 根据上述结构，即使在多个轴具有随动旋转关系的情况下，也能够针对控制对象轴的控制应用考虑了随动旋转关系的控制，能够提高机械的位置控制的性能。

[0013] 根据附图所示的本发明的典型实施方式的详细说明,本发明的这些目的、特征及优点以及其他的目的、特征及优点将变得更加明确。

附图说明

[0014] 图1表示一实施方式的包含机器人控制装置的机器人系统的结构。

[0015] 图2是机器人控制装置以及机器人的功能框图。

[0016] 图3是实施方式的全闭环控制方式的反馈控制电路的框线图。

[0017] 图4A是作为参考例的一般的半闭环控制方式的反馈控制电路的框线图。

[0018] 图4B是作为参考例的一般的全闭环控制方式的反馈控制电路的框线图。

[0019] 图5是作为参考例示出了具有随动旋转关系的机械臂的结构例的图。

具体实施方式

[0020] 接着,参照附图对本公开的实施方式进行说明。在参照的附图中,对相同的结构部分或功能部分标注相同的参照附图标记。为了易于理解,这些附图适当变更了比例尺。另外,附图所示的方式是用于实施本发明的一个例子,本发明并不限于图示的方式。

[0021] 图1表示一实施方式的包含机器人控制装置20的机器人系统100的结构。图2是机器人控制装置20以及机器人10的功能框图。如以下详细说明的那样,机器人控制装置20在基于全闭环控制方式的反馈控制中,考虑到机器人10的关节轴具有随动旋转关系的情况来执行适当的控制。

[0022] 如图1所示,机器人系统100包含机器人10和机器人控制装置20。机器人10在本实施方式中设为6轴的垂直多关节机器人。作为机器人10,也可以使用其他类型的机器人。机器人控制装置20按照动作程序控制机器人10的动作。此外,机器人控制装置20也可以具有作为一般的计算机的结构,该一般的计算机具有CPU、ROM、RAM、存储装置、操作部、显示部、输入输出接口、网络接口等。机器人控制装置20也可以连接示教装置(未图示)。

[0023] 如图1所示,机器人10是6轴机器人,具有6个关节轴(以下,也简称为轴)J1轴-J6轴。J1轴-J6轴能够分别如图1中的箭头所示那样旋转。另外,机器人10在各轴具备编码器来作为检测各轴的位置(角度)的检测器。由此,机器人10能够基于各轴的检测位置(检测角度)通过全闭环控制方式进行反馈控制。

[0024] 在包含多个轴的机器人中,在臂的构造上,有时在多个轴中存在某个轴的旋转产生其他轴的旋转的随动旋转的关系。此外,在本说明书中,随动旋转关系包括多个轴中的至少一个轴的旋转产生其他轴中的至少一个轴的旋转的所有情况。作为参考例,参照图5对具有随动旋转关系的机械臂的结构例进行说明。图5所示的机械臂包含第一臂331和第二臂332。这样的机械臂的机构例如被用作多关节机器人的臂前端部分的机构。伺服电动机301驱动B轴(随动旋转原因轴),伺服电动机302驱动A轴(随动旋转轴)。当伺服电动机301旋转时,第一臂331经由齿轮311a、311b旋转。即,通过伺服电动机301的旋转来对B轴进行旋转控制。当伺服电动机302旋转时,轴321经由齿轮312a、312b旋转,并且,轴323经由锥齿轮322a、322b旋转,从而第二臂332旋转。即,通过伺服电动机302的旋转来对A轴进行旋转控制。

[0025] 在此,由于第一臂331和第二臂332在机构上相连接,所以当第一臂331绕B轴旋转时,产生锥齿轮322b的旋转,在第二臂332也产生绕A轴的旋转(即,随动旋转)。因此,当伺服

电动机301旋转时,B轴旋转从而第一臂331旋转,第二臂332绕A轴随动旋转。

[0026] 为了便于理解本实施方式的通过考虑了随动旋转的全闭环控制方式进行的各轴控制,作为参考例,参照图4A、图4B对使用了用于检测电动机位置(旋转角度)/速度的编码器的半闭环控制方式和使用了用于检测臂(各轴)的位置的编码器的一般的闭环控制方式进行说明。

[0027] 图4A示出了基于半闭环控制方式的反馈控制电路的框线图。如图4A所示,在半闭环控制方式的反馈控制电路中,作为指令而输入电动机位置指令,将电动机位置指令通过位置控制部41($G_p(s)$)转换为电动机速度指令,进而,速度控制部42($G_v(s)$)按照速度指令来输出对电动机43进行控制的指令(电流指令等)。另外,在图4A(在其他的框线图中也同样)将机器人机构记载为“扭转系统”。在图4A的反馈控制电路中,作为小环路对电动机速度进行反馈控制,位置控制部41使用电动机位置的反馈信号与电动机位置指令的偏差来执行控制。

[0028] 图4B表示基于一般的全闭环控制方式的反馈控制电路。在图4B的反馈控制电路中,作为指令而赋予臂(轴)位置指令,位置控制部51($G_p(s)$)将臂位置指令转换为电动机速度指令。速度控制部52($G_v(s)$)按照电动机速度指令输出对电动机53进行控制的指令(电流指令等)。在图4B的反馈控制电路中,作为小环路对电动机速度进行反馈控制,位置控制部51使用臂(轴)位置的反馈信号与臂(轴)位置指令的偏差来执行控制。在图4B的一般的闭环控制方式中,由于是仅基于在控制对象轴配置的单一电动机53的电动机速度来进行控制的结构,因此可以理解未考虑控制对象轴的位置还依赖于其他轴的随动旋转关系的情况。

[0029] 以下,参照图2以及图3对本实施方式的机器人控制装置20的考虑了随动旋转的全闭环控制方式进行说明。如图2所示,机器人控制装置20具备:存储部32,其存储动作程序以及其他与机器人10的控制有关的各种信息;位置指令计算部27,其按照动作程序通过运动学计算来计算用于对机器人10的动作进行控制的各轴的位置(角度)指令;以及反馈控制部21-26,其对J1轴~J6轴分别执行基于全闭环控制方式的反馈控制。

[0030] 机器人控制装置20还具备校正值计算部28,该校正值计算部28根据随动旋转关系,计算针对随动旋转轴的速度指令的校正值。此外,机器人控制装置20中的位置指令计算部27、反馈控制部21-26、校正值计算部28等功能块可以通过由机器人控制装置20的CPU31执行各种软件来实现,或者也可以通过将ASIC(Application Specific Integrated Circuit:专用集成电路)等硬件作为主体的结构来实现。

[0031] 机器人10具有J1轴111、J2轴112、J3轴113、J4轴114、J5轴115以及J6轴116,在这些6个轴分别设置了编码器121~126作为检测轴位置(角度)的轴位置检测器。编码器121~126例如可以是光学式的旋转编码器。编码器121~126分别将轴的位置信息反馈给反馈控制部21~26。在J1轴至J6轴配置有作为伺服电动机的电动机211~216。在电动机211~216,作为检测旋转位置的电动机位置检测器分别设置了编码器221~226。编码器221~226例如可以是光学式的旋转编码器。编码器221~226将电机的位置信息和速度信息分别反馈给反馈控制部21~26。

[0032] 对于在机器人10的轴具有随动旋转关系的情况下,考虑随动旋转关系来实现全闭环控制方式进行研究。在6轴机器人中,将臂(轴)位置设为 θ_{jn} ($n=1, \dots, 6$),将电动机位置设为 θ_{mn} ($n=1, \dots, 6$)。在该情况下,不存在随动旋转时的臂位置 θ_{jn} 如以下的数学式(1)那样表

示。在数学式(1)中,将电动机位置 θ_{mn} ($n=1, \dots, 6$)变换为臂位置 θ_{jn} ($n=1, \dots, 6$)的系数分别被设为A、B、C、D、E、F。

[0033] [数学式1]

$$[0034] \begin{bmatrix} \theta_{J1} \\ \theta_{J2} \\ \theta_{J3} \\ \theta_{J4} \\ \theta_{J5} \\ \theta_{J6} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & & & & & \\ & B & & & & \\ & & C & & & \\ & & & D & & \\ & 0 & & & E & \\ & & & & & F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_{m1} \\ \theta_{m2} \\ \theta_{m3} \\ \theta_{m4} \\ \theta_{m5} \\ \theta_{m6} \end{bmatrix} \dots (1)$$

[0035] 在上述数学式(1)中,右边的矩阵只有对角成分为非零,对角成分以外为零。由此,能够理解各轴的位置仅取决于该轴所具有的电动机位置。因此,数学式(1)表示轴不存在随动旋转的关系的情况。

[0036] 具有随动旋转关系时的臂位置 θ_{jn} 与电动机位置 θ_{mn} 的关系能够如下述数学式(2)那样表示。在数学式(2)的右边的矩阵中,对角成分以外也为非零,因此,某个轴的位置除了取决于设置在该轴的电动机位置以外,还取决于设置在该轴以外的轴的电动机位置。在数学式(2)的右边的矩阵中,在对角成分以外的成分中的至少一个存在非零成分的情况下,存在随动旋转关系。

[0037] [数学式2]

$$[0038] \begin{bmatrix} \theta_{J1} \\ \theta_{J2} \\ \theta_{J3} \\ \theta_{J4} \\ \theta_{J5} \\ \theta_{J6} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & & & & & \\ & B & & & \text{非} 0 & \\ & & C & & & \\ & & & D & & \\ & \text{非} 0 & & & E & \\ & & & & & F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_{m1} \\ \theta_{m2} \\ \theta_{m3} \\ \theta_{m4} \\ \theta_{m5} \\ \theta_{m6} \end{bmatrix} \dots (2)$$

[0039] 作为一个例子,假定在机器人10中存在J6轴的位置取决于J4轴以及J5轴的电动机位置的随动旋转的关系的情况。在该情况下,J6轴的位置如下述的数学式(3)那样表示。在此,将用于表示J4轴、J5轴各自的电动机位置对于J6轴的位置所造成的影响的系数分别设为 α 、 β 。

[0040] [数学式3]

$$[0041] \quad \begin{bmatrix} \theta_{J1} \\ \theta_{J2} \\ \theta_{J3} \\ \theta_{J4} \\ \theta_{J5} \\ \theta_{J6} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & & & & & \\ & B & & & & \\ & & C & & & \\ & & & D & & \\ & & & & E & \\ & \text{非 } 0 & & \alpha & \beta & F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_{m1} \\ \theta_{m2} \\ \theta_{m3} \\ \theta_{m4} \\ \theta_{m5} \\ \theta_{m6} \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

[0042] 即,在上述例子的情况下,J6轴的位置由下述的数学式(4)表示。

[0043] [数学式4]

$$[0044] \quad \theta_{J6} = \alpha \theta_{m4} + \beta \theta_{m5} + F \theta_{m6} \quad \dots (4)$$

[0045] 将上述数学式(4)变形,得到表示J6轴的电动机216的位置(角度)的下述数学式(5)。

[0046] [数学式5]

$$[0047] \quad \theta_{m6} = \frac{\theta_{J6}}{F} - \frac{\alpha}{F} \theta_{m4} - \frac{\beta}{F} \theta_{m5} \quad \dots (5)$$

[0048] 通过对上述数学式(5)的两边进行微分,J6轴的电动机216的速度如下述数学式(6)那样表示。

[0049] [数学式6]

$$[0050] \quad \frac{d\theta_{m6}}{dt} = \frac{1}{F} \cdot \frac{d\theta_{J6}}{dt} - \frac{\alpha}{F} \cdot \frac{d\theta_{m4}}{dt} - \frac{\beta}{F} \cdot \frac{d\theta_{m5}}{dt} \quad \dots (6)$$

[0051] 在具有数学式(4)所表示的随动旋转关系的情况下,数学式(6)中右边的第二项以及第三项是应该对J6轴的电动机216的速度指令应用的校正值(下述数式(7))。

[0052] [数学式7]

$$[0053] \quad (\text{校正值}) = -\frac{\alpha}{F} \cdot \frac{d\theta_{m4}}{dt} - \frac{\beta}{F} \cdot \frac{d\theta_{m5}}{dt} \quad \dots (7)$$

[0054] 在具有数学式(4)所表示的随动旋转关系的情况下,校正值计算部28如数学式(7)那样计算校正值,并将计算出的校正值应用于控制对象轴的反馈控制部(在该情况下为反馈控制部26)。另外,校正值计算部28在随动旋转关系为上述例子以外的情况下,也按照上述例子,基于依存于随动旋转关系而进行旋转的控制对象轴的位置与使控制对象轴产生随动旋转的至少一个轴所对应的电动机的位置之间的对应关系(在上述例中为数学式(4))来计算校正值。

[0055] 图3将与J6轴有关的基于全闭环控制方式的反馈控制表示为框线图。此外,其他轴的全闭环控制方式也与图3相同。与图4B所示的结构同样地,图3的反馈控制电路具备:位置控制部261,其基于臂(轴)位置指令来计算电动机216的速度指令;以及速度控制部262,其输出用于按照速度指令来驱动电动机216的驱动信号。图3中的位置控制部261以及速度控制部262与图2中的J6轴的反馈控制部26对应。

[0056] 在图3的反馈控制电路中,作为小环路对电动机速度进行反馈控制,反馈轴位置,

位置控制部261使用与臂位置指令之间的偏差来执行控制。在J6轴处于上述数学式(4)所示的随动旋转关系的情况下,将校正值计算部28计算出的作为校正值(数学式(7))的电动机速度校正值与位置控制部261输出的速度指令值相加来进行速度指令的校正。因此,针对J6轴,实现考虑了随动旋转关系的速度控制。通过这样的结构,J6轴的反馈控制部26能够基于根据校正值计算部28计算出的校正值进行校正后的速度指令来进行速度控制。

[0057] 如上所述,根据本实施方式,即使在机器人的轴具有随动旋转关系的情况下,也能够对控制对象轴的控制应用考虑了随动旋转关系的控制,能够提高机器人臂的位置控制的性能。特别是,一边控制包含处于随动旋转关系的轴在内的多个轴一边使机械臂进行动作时的动态性能提高。

[0058] 以上使用典型的实施方式对本发明进行了说明,但本领域技术人员能够理解在不脱离本发明的范围的情况下,能够对上述各实施方式进行变更以及各种其他变更、省略、追加。

[0059] 在上述实施方式中所表示的各轴位置与电动机位置之间的系数A~F、 α 、 β 等可以预先存储在机器人控制装置20的存储部32中,或者也可以经由机器人控制装置20的操作部(未图示)由用户进行设定。或者,也可以从外部装置对机器人控制装置20输入这些系数。

[0060] 上述实施方式的结构能够应用于包含有处于随动旋转关系的轴的各种机械。

[0061] 图2所示的机器人控制装置20的功能结构是示例,也可以进行各种变形。例如,在图2的结构例中,构成为机器人控制装置20具有一个校正值计算部28,该校正值计算部28计算应该应用于控制对象轴的控制的校正值来应用于控制对象轴的反馈控制部,但也可以代替这样的结构而构成为反馈控制部21~26分别在其内部具有计算校正值的校正值计算部的功能。

[0062] 附图标记说明

[0063] 10机器人

[0064] 20机器人控制装置

[0065] 21~26反馈控制部

[0066] 27位置指令计算部

[0067] 28校正值计算部

[0068] 31CPU

[0069] 32存储部

[0070] 100机器人系统

[0071] 111J1轴

[0072] 112J2轴

[0073] 113J3轴

[0074] 114J4轴

[0075] 115J5轴

[0076] 116J6轴

[0077] 121~126编码器

[0078] 211~216电动机

[0079] 221~226编码器

- [0080] 261位置控制部
- [0081] 262速度控制部。

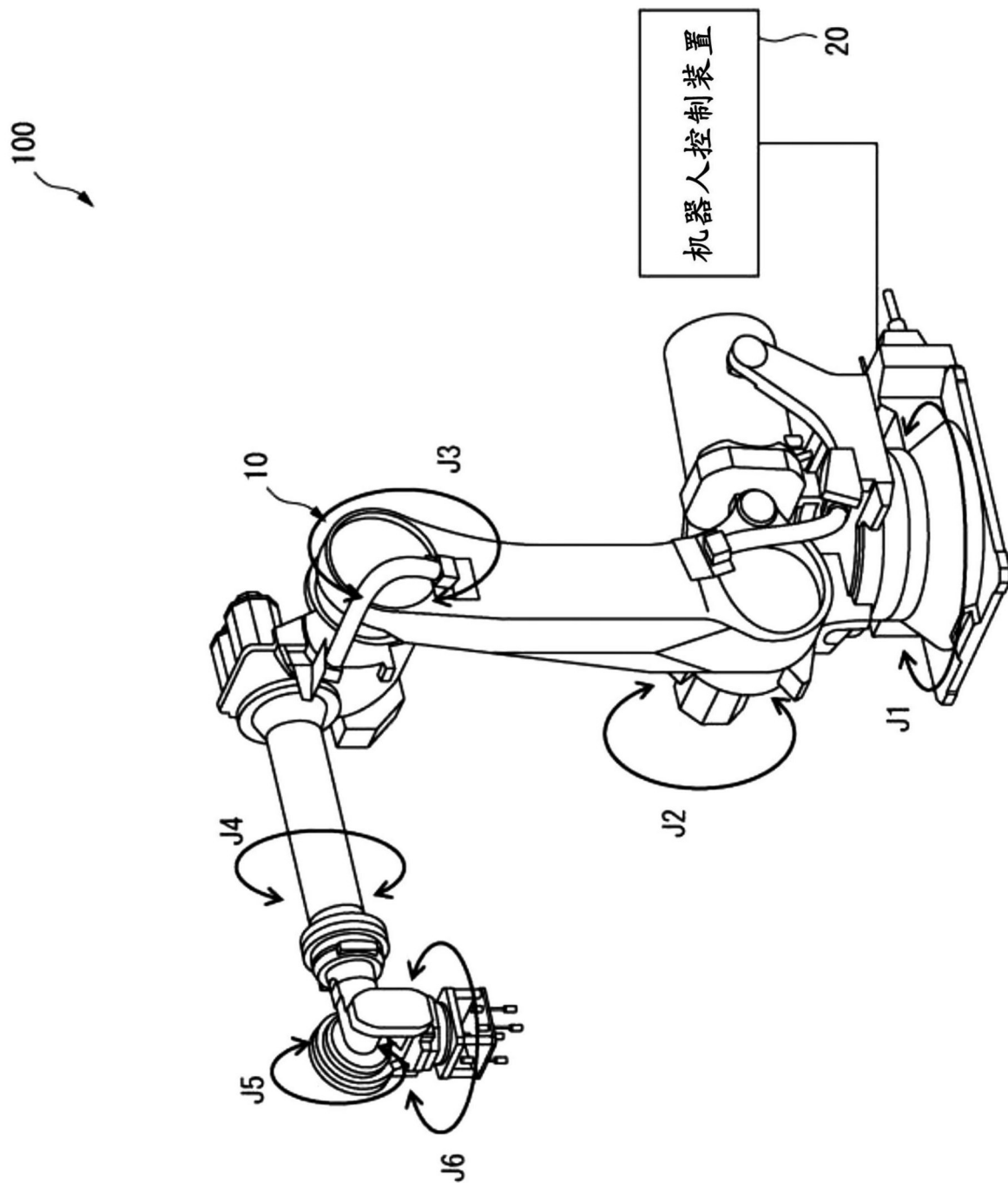


图1

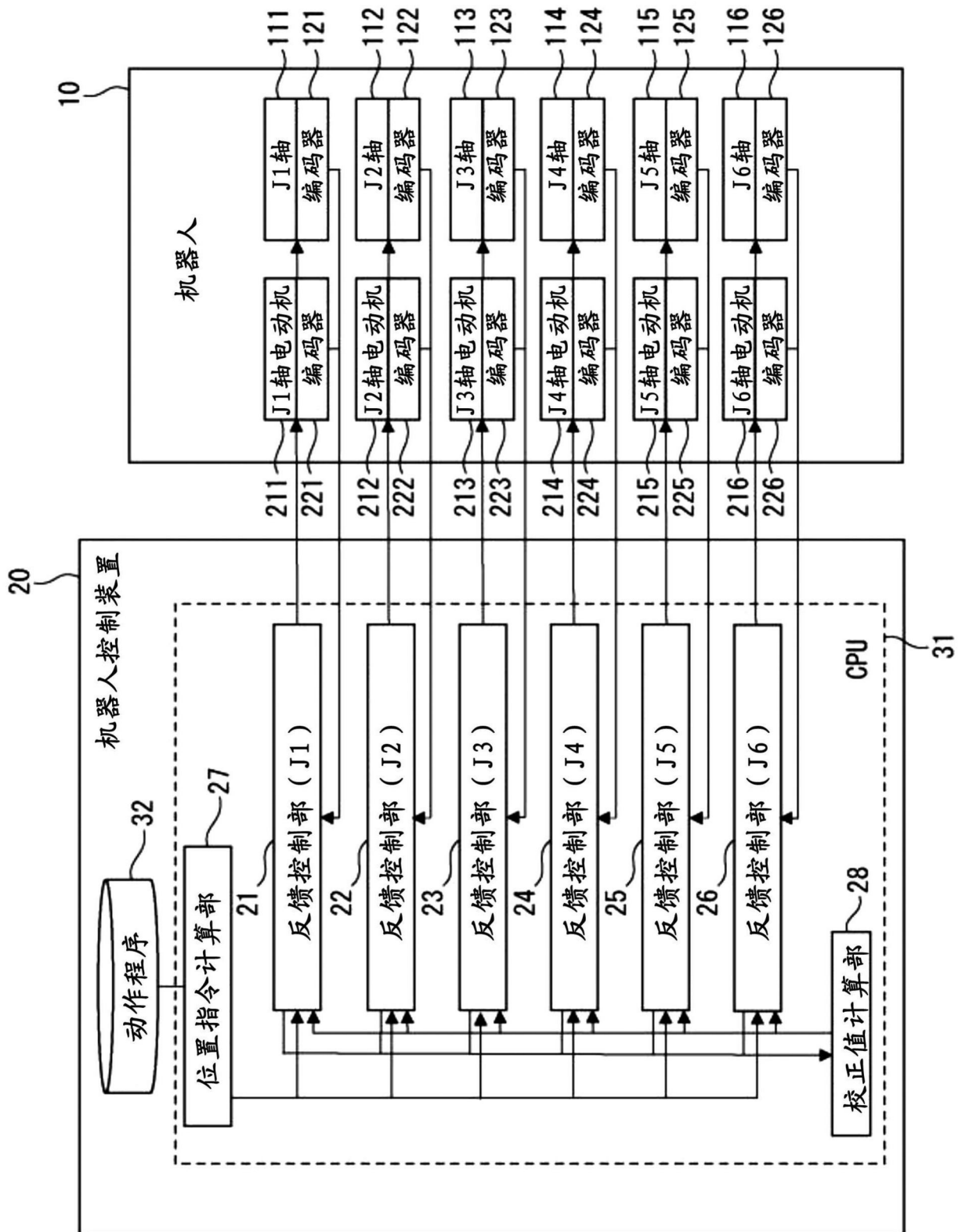


图2

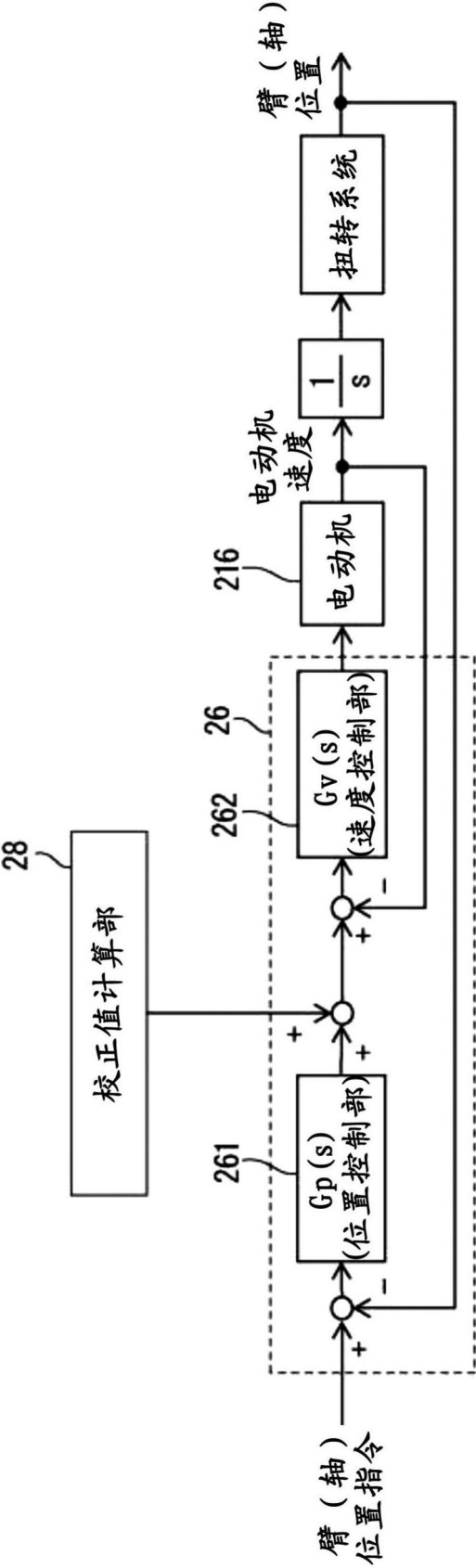


图3

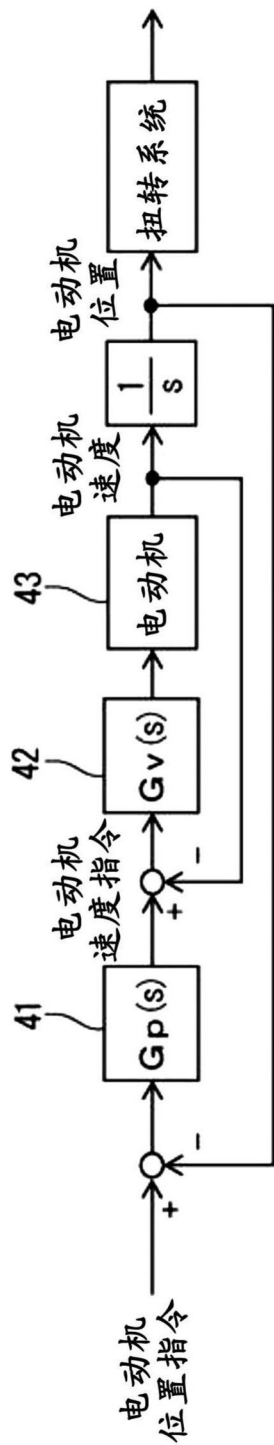


图4A

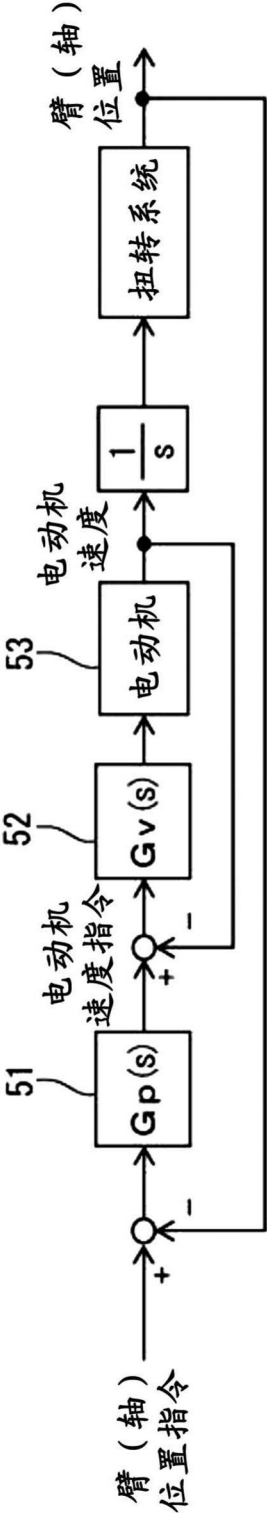


图4B

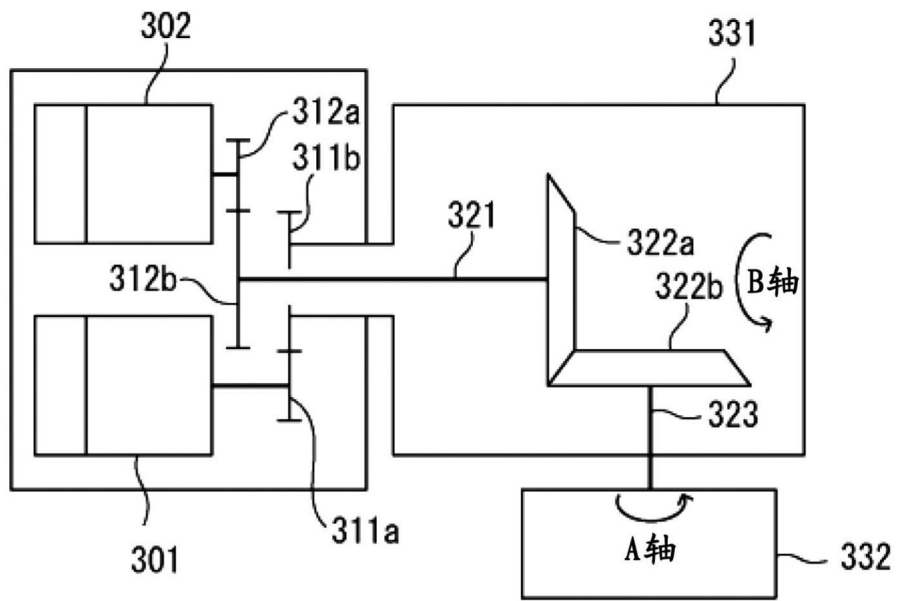


图5