

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710085875.6

[51] Int. Cl.

G05B 11/32 (2006.01)

H02P 21/00 (2006.01)

H02P 6/06 (2006.01)

H02P 6/16 (2006.01)

G05D 3/20 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100573369C

[22] 申请日 2007.3.8

[21] 申请号 200710085875.6

[30] 优先权

[32] 2006.6.28 [33] JP [31] 2006-178322

[73] 专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京都

[72] 发明人 大村直起 永井一信 栗津稔

小湊真一 长谷川幸久

[56] 参考文献

EP0661613A2 1995.7.5

CN1138392A 1996.12.18

JP2006136181A 2006.5.25

JP2005292898A 2005.10.20

审查员 刘 洋

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 王以平

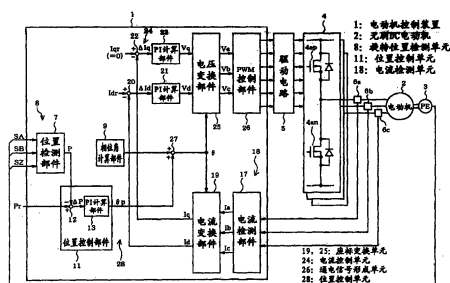
权利要求书 6 页 说明书 12 页 附图 11 页

[54] 发明名称

电动机控制装置

[57] 摘要

本发明的电动机控制装置进行高精度的定位。在位置偏差(ΔP)大于规定值的情况下,使速度反馈循环有效,执行基于速度控制的定位控制。如果位置偏差(ΔP)变得小于等于规定值,则使速度反馈循环无效,执行基于相位控制的定位控制。在基于相位控制的定位控制中,使指令 q 轴电流(I_{qr})为 0,由 PI 计算部件(13)根据位置偏差(ΔP)生成修正角(θ_p),利用加法器(27)将修正角(θ_p)加上切换时的相位角(θ)。电流变换部件(19)和电压变换部件(25)使用修正后的相位角(θ)进行旋转座标变换。



1. 一种电动机控制装置，其特征在于包括：

检测无刷 DC 电动机的旋转位置的旋转位置检测单元；

检测上述无刷 DC 电动机的电流的电流检测单元；

使用控制相位角对由该电流检测单元检测出的电流进行旋转座标变换，求出作为磁通方向成分的 d 轴电流和作为与之正交的转矩方向成分的 q 轴电流的座标变换单元；

根据指令 d 轴电流与由上述电流检测单元检测出的 d 轴电流的差，生成指令 d 轴电压，根据指令 q 轴电流与由上述电流检测单元检测出的 q 轴电流的差，生成指令 q 轴电压的电流控制单元；

使用上述控制相位角对上述指令 d 轴电压和上述指令 q 轴电压进行旋转座标变换，生成 3 相指令电压的座标变换单元；

根据上述 3 相指令电压，形成 3 相通电信号的通电信号形成单元；

在定位运转中，将上述指令 d 轴电流保持为一定值，将上述指令 q 轴电流保持为 0，与目标的停止旋转位置和由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差对应地控制上述控制相位角的位置控制单元。

2. 一种电动机控制装置，其特征在于包括：

检测无刷 DC 电动机的旋转位置的旋转位置检测单元；

使用控制相位角对作为磁通方向成分的指令 d 轴电压和作为与之正交的转矩方向成分的指令 q 轴电压进行旋转座标变换，生成 3 相指令电压的座标变换单元；

根据上述 3 相指令电压，形成 3 相通电信号的通电信号形成单元；

在定位运转中，将上述指令 d 轴电压保持为一定值，将上述指令 q 轴电压保持为 0，与目标的停止旋转位置和由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差对应地控制上述控制相位角的位置控制单元。

元。

3. 一种电动机控制装置, 其特征在于包括:

检测无刷 DC 电动机的旋转位置的旋转位置检测单元;

检测上述无刷 DC 电动机的电流的电流检测单元;

使用控制相位角对由该电流检测单元检测出的电流进行旋转座标变换, 求出作为磁通方向成分的 d 轴电流和作为与之正交的转矩方向成分的 q 轴电流的座标变换单元;

根据指令 d 轴电流与由上述电流检测单元检测出的 d 轴电流的差, 生成指令 d 轴电压, 根据指令 q 轴电流与由上述电流检测单元检测出的 q 轴电流的差, 生成指令 q 轴电压的电流控制单元;

使用上述控制相位角对上述指令 d 轴电压和上述指令 q 轴电压进行旋转座标变换, 生成 3 相指令电压的座标变换单元;

根据上述 3 相指令电压, 形成 3 相通电信号的通电信号形成单元;

在定位运转中, 将上述指令 d 轴电流保持为一定值, 将上述指令 q 轴电流保持为 0, 将上述控制相位角保持为一定值, 根据目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差, 求出各相的电压修正值, 根据该电压修正值修正上述 3 相指令电压的位置控制单元。

4. 一种电动机控制装置, 其特征在于包括:

检测无刷 DC 电动机的旋转位置的旋转位置检测单元;

使用控制相位角对作为磁通方向成分的指令 d 轴电压和作为与之正交的转矩方向成分的指令 q 轴电压进行旋转座标变换, 生成 3 相指令电压的座标变换单元;

根据上述 3 相指令电压, 形成 3 相通电信号的通电信号形成单元;

在定位运转中, 将上述指令 d 轴电压保持为一定值, 将上述指令 q 轴电压保持为 0, 将上述控制相位角保持为一定值, 根据目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差, 求出

各相的电压修正值，根据该电压修正值修正上述3相指令电压的位置控制单元。

5. 根据权利要求1所述的电动机控制装置，其特征在于还包括：

生成与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置对应的控制相位角的控制相位角生成单元；

根据由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置，检测出旋转速度的旋转速度检测单元；

根据指令旋转速度与由上述旋转速度检测单元检测出的旋转速度的差，生成指令q轴电流的速度控制单元，其中

上述位置控制单元构成为能够在定位运转中切换以下的控制形式：使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元有效，根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差，生成上述指令旋转速度的第一控制形式；使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元无效，将上述指令d轴电流保持为一定值，将上述指令q轴电流保持为0，与上述目标的停止旋转位置和由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差对应地控制上述控制相位角的第二控制形式。

6. 根据权利要求2所述的电动机控制装置，其特征在于还包括：

生成与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置对应的控制相位角的控制相位角生成单元；

根据由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置，检测出旋转速度的旋转速度检测单元；

根据指令旋转速度与由上述旋转速度检测单元检测出的旋转速度的差，生成指令q轴电压的速度控制单元，其中

上述位置控制单元构成为能够在定位运转中切换以下的控制形式：使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元有效，根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测

出的旋转位置的差,生成上述指令旋转速度的第一控制形式;使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元无效,将上述指令 d 轴电压保持为一定值,将上述指令 q 轴电压保持为 0,与上述目标的停止旋转位置和由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差对应地控制上述控制相位角的第二控制形式。

7. 根据权利要求 3 所述的电动机控制装置,其特征在于还包括:

生成与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置对应的控制相位角的控制相位角生成单元;

根据由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置,检测出旋转速度的旋转速度检测单元;

根据指令旋转速度与由上述旋转速度检测单元检测出的旋转速度的差,生成指令 q 轴电流的速度控制单元,其中

上述位置控制单元构成为能够在定位运转中切换以下的控制形式:使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元有效,根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差,生成上述指令旋转速度的第一控制形式;使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元无效,将上述指令 d 轴电流保持为一定值,将上述指令 q 轴电流保持为 0,将上述控制相位角保持为一定值,根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差,求出各相的电压修正值,根据该电压修正值修正上述 3 相指令电压的第二控制形式。

8. 根据权利要求 4 所述的电动机控制装置,其特征在于还包括:

生成与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置对应的控制相位角的控制相位角生成单元;

根据由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置,检测出旋转速度的旋转速度检测单元;

根据指令旋转速度与由上述旋转速度检测单元检测出的旋转速度

的差,生成指令 q 轴电压的速度控制单元,其中

上述位置控制单元构成为能够在定位运转中切换以下的控制形式:使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元有效,根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差,生成上述指令旋转速度的第一控制形式;使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元无效,将上述指令 d 轴电压保持为一定值,将上述指令 q 轴电压保持为0,将上述控制相位角保持为一定值,根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差,求出各相的电压修正值,根据该电压修正值修正上述3相指令电压的第二控制形式。

9. 根据权利要求5所述的电动机控制装置,其特征在于:

上述位置控制单元构成为除了上述第一、第二控制形式以外,还能够在定位运转中切换到以下的第三控制形式:使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元无效,将上述指令 d 轴电流保持为一定值,将上述指令 q 轴电流保持为0,将上述控制相位角保持为一定值,根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差,求出各相的电压修正值,根据该电压修正值修正上述3相指令电压。

10. 根据权利要求6所述的电动机控制装置,其特征在于:

上述位置控制单元构成为除了上述第一、第二控制形式以外,还能够在定位运转中切换到以下的第三控制形式:使上述控制相位角生成单元、旋转速度检测单元和速度控制单元无效,将上述指令 d 轴电压保持为一定值,将上述指令 q 轴电压保持为0,将上述控制相位角保持为一定值,根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差,求出各相的电压修正值,根据该电压修正值修正上述3相指令电压。

11. 根据权利要求5所述的电动机控制装置,其特征在于:

上述位置控制单元在上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差小于等于规定值的情况下,从上述第

一控制形式切换到上述第二控制形式，进行定位。

12. 根据权利要求6所述的电动机控制装置，其特征在于：

上述位置控制单元在上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差小于等于规定值的情况下，从上述第一控制形式切换到上述第二控制形式，进行定位。

13. 根据权利要求7所述的电动机控制装置，其特征在于：

上述位置控制单元在上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差小于等于规定值的情况下，从上述第一控制形式切换到上述第二控制形式，进行定位。

14. 根据权利要求8所述的电动机控制装置，其特征在于：

上述位置控制单元在上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差小于等于规定值的情况下，从上述第一控制形式切换到上述第二控制形式，进行定位。

15. 根据权利要求9所述的电动机控制装置，其特征在于：

上述位置控制单元随着上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差变小，以上述第一控制形式、第二控制形式、第三控制形式的顺序进行切换而进行定位。

16. 根据权利要求10所述的电动机控制装置，其特征在于：

上述位置控制单元随着上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差变小，以上述第一控制形式、第二控制形式、第三控制形式的顺序进行切换而进行定位。

电动机控制装置

技术领域

本发明涉及进行定位控制的电动机控制装置。

背景技术

在测量器、监视照相机、半导体的制造装置、检查装置等中，需要进行高精度的定位控制。另外，作为社会背景，有使用电池的产品增加的倾向，提高了对高效率运转和高精度的定位运转双方的需求。一般的定位控制装置具备：根据位置偏差，生成电动机的指令旋转速度的位置反馈循环；根据速度偏差，生成电动机的指令电流或指令电压的速度反馈循环。

在专利文献1中，记载了预先作成绝对位置定位控制用的修正数据，将该修正数据与目标位置相加，生成对伺服电动机的指令值的定位控制装置。通过在每个规定的角度对伺服电动机进行定位，用高分辨率编码器测量进行该定位时的绝对位置，根据该高分辨率编码器的位置数据和伺服电动机的编码器的位置数据得到误差角度数据，而作成修正数据。

专利文献1：特开2005-292898号公报

在定位控制中，通过使用了处理器的数字控制对电动机进行控制。在该情况下，在处理器的硬件结构的基础上，对数据分辨率（数据长度）和PWM控制电路中的信号波的分辨率存在上限，因此针对对电动机的输出转矩的分辨率也产生上限。其结果是无论怎样提高编码器等位置检测装置的分辨率，在现有的电动机控制装置中，也难以进行例如秒（"）级别的角度精度的定位。

发明内容

本发明就是鉴于上述问题而提出的，其目的在于：提供一种能够进行高精度的定位控制的电动机控制装置。

为了达到上述目的，权利要求 1 的电动机控制装置的特征在于包括：检测无刷 DC 电动机的旋转位置的旋转位置检测单元；检测上述无刷 DC 电动机的电流的电流检测单元；使用控制相位角对由该电流检测单元检测出的电流进行旋转座标变换，求出作为磁通方向成分的 d 轴电流和作为与之正交的转矩方向成分的 q 轴电流的座标变换单元；根据指令 d 轴电流与由上述电流检测单元检测出的 d 轴电流的差，生成指令 d 轴电压，根据指令 q 轴电流与由上述电流检测单元检测出的 q 轴电流的差，生成指令 q 轴电压的电流控制单元；使用上述控制相位角对上述指令 d 轴电压和上述指令 q 轴电压进行旋转座标变换，生成 3 相指令电压的座标变换单元；根据上述 3 相指令电压，形成 3 相通电信号的通电信号形成单元；在定位运转中，将上述指令 d 轴电流保持为一定值，将上述指令 q 轴电流保持为 0，与目标的停止旋转位置和由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差对应地控制上述控制相位角的位置控制单元（基于相位控制的定位控制：电流控制型）。

权利要求 2 记载的电动机控制装置的特征在于：在定位运转中，将上述指令 d 轴电压保持为一定值，将上述指令 q 轴电压保持为 0，与上述目标的停止旋转位置和由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差对应地控制上述控制相位角的位置控制单元（基于相位控制的定位控制：电压控制型）。

权利要求 3 记载的电动机控制装置的特征在于：在定位运转中，将上述指令 d 轴电流保持为一定值，将上述指令 q 轴电流保持为 0，将上述控制相位角保持为一定值，根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差，求出各相的电压修正值，根据该电压修正值修正上述 3 相指令电压的位置控制单元（基于相电压修正的定位控制：电流控制型）。

权利要求 4 记载的电动机控制装置的特征在于：在定位运转中，

将上述指令 d 轴电压保持为一定值，将上述指令 q 轴电压保持为 0，将上述控制相位角保持为一定值，根据上述目标的停止旋转位置与由上述旋转位置检测单元检测出的旋转位置的差，求出各相的电压修正值，根据该电压修正值修正上述 3 相指令电压的位置控制单元（基于相电压修正的定位控制：电压控制型）。

根据本发明的电动机控制装置，在使 d 轴的电流/电压成分为一定， q 轴的电流/电压成分为 0 的基础上，根据位置偏差直接控制控制相位，因此能够将位置分辨率提高到与控制相位具有的高分辨率同等的程度。另外，在使 d 轴的电流/电压成分为一定， q 轴的电流/电压成分为 0，并使控制相位一定的基础上，根据位置偏差修正并控制各相的电压，因此能够得到与该各相的电压修正状态对应的微小的旋转角，能够提高位置分辨率。

附图说明

图 1 是本发明的实施例 1 的基于相位控制的定位控制的系统结构图。

图 2 是基于速度控制的定位控制的系统结构图。

图 3 是定位控制的流程图。

图 4 是表示本发明的实施例 2 的与图 1 对应的图。

图 5 是与图 2 对应的图。

图 6 是表示本发明的实施例 3 的与图 1 对应的图。

图 7 是与图 3 对应的图。

图 8 是表示相位角与修正的相电压的对应关系的图。

图 9 是用于导出图 8 所示的对应关系的说明图。

图 10 是表示本发明的实施例 4 的与图 1 对应的图。

图 11 是表示本发明的实施例 5 的与图 3 对应的图。

具体实施方式

（实施例 1）

以下,参考图1~图3,说明本发明的实施例1。

图1和图2表示了电动机控制系统的结构。电动机控制装置1在位置偏差 ΔP 大的情况下,通过与图2所示的现有技术一样的结构,采用与位置偏差 ΔP 对应地得到指令旋转速度 ω_r 的位置反馈循环作为主循环,采用与速度偏差 $\Delta\omega$ 对应地得到指令电流的速度反馈循环作为辅循环(以下称为基于速度控制的定位控制)。对此,如果位置偏差 ΔP 小于等于规定值,则如图1所示那样,采用以下的位置反馈循环(以下称为基于相位控制的定位控制),即在使速度反馈循环无效而使指令电流成为一定值的基础上,与位置偏差 ΔP 对应地控制控制相位角 θ (以下称为相位角 θ)。

首先,说明图2所示的控制结构。作为控制对象的无刷DC电动机2(以下称为电动机2)例如是24极中空型的无芯电动机,在激光测量装置中用于扫描激光光束的旋转机构等中。在该电动机2中,安装有高分辨率(作为一个例子,为4194304脉冲/rev)的编码器3,该编码器3的输出信号SA、SB、SZ被提供给电动机控制装置1。另外,在上述示例的编码器3的情况下,每1脉冲的角度分辨率为约0.3°。

通过将6个开关元件例如FET4ap、4an.....连接为3相桥的电路形式而成的公知的电压型反相器(inverter)4来驱动电动机2。经由驱动电路5向FET4ap、4an.....的各栅极提供从电动机控制装置1输出的换流信号(后述)。另外,在将反相器4和电动机2的各相端子连接起来的输出线上分别设置有霍尔CT等的电流检测器6a、6b、6c。

电动机控制装置1由CPU、存储器等基本结构、以及具备A/D变换器、具有PWM计算功能的计时器等外围电路的处理器构成,通过执行存储在快闪存储器等非易失性存储器中的控制程序,来控制电动机2。图1和图2通过框图表示该电动机控制装置1执行的处理内容。电动机控制装置1以电动机2的磁通轴方向为d轴,以与之正交的转矩轴方向为q轴,在这些dq座标轴上执行所谓的向量控制。

位置检测部件 7 与上述编码器 3 一起构成旋转位置检测单元 8, 根据从编码器 3 提供的输出信号 SA、SB、SZ, 检测作为电动机 2 的转子的绝对旋转角度的位置 P。相位角计算部件 9 (相当于控制相位角生成单元) 将电动机 2 的极对数 (对于上述的电动机是 12) 乘以该检测位置 P, 得到作为电气角的相位角 θ 。

旋转速度检测部件 10 (相当于旋转速度检测单元) 根据检测位置 P 检测出旋转速度 ω 。位置控制部件 11 由减法器 12 和 PI 计算部件 13 构成, 在从目标的停止旋转位置 P_r (以下称为指令位置 P_r) 减去检测位置 P 而得到位置偏差 ΔP 后进行 PI 计算, 生成指令旋转速度 ω_r 。在计算位置偏差 ΔP 时, 进行用于防止溢出的限制处理。

减法器 14 从指令旋转速度 ω_r 减去检出旋转速度 ω , 求出速度偏差 $\Delta\omega$, PI 计算部件 15 对速度偏差 $\Delta\omega$ 执行 PI 计算, 生成指令 q 轴电流 I_{qr} 。由这些减法器 4 和 PI 计算部件 15 构成速度控制单元 16。另外, 指令 d 轴电流 I_{dr} 为一定值。

由 A/D 变换器等构成的电流检测部件 17 与上述电流检测器 6a、6b、6c 一起构成电流检测单元 18, 根据从电流检测器 6a、6b、6c 输出的信号, 求出 3 相电流 I_a 、 I_b 、 I_c 。电流变换部件 19 (相当于座标变换单元) 针对这些 3 相电流 I_a 、 I_b 、 I_c , 使用相位角 θ , 进行 3 相 - 2 相变换和旋转座标变换, 求出检出 d 轴电流 I_d 和检出 q 轴电流 I_q 。

减法器 20 从上述指令 d 轴电流 I_{dr} 减去检出 d 轴电流 I_d , 求出 d 轴电流偏差 ΔI_d , PI 计算部件 21 对该 d 轴电流偏差 ΔI_d 执行 PI 计算, 生成指令 d 轴电压 V_d 。同样, 减法器 22 从指令 q 轴电流 I_{qr} 减去检出 q 轴电流 I_q , 求出 q 轴电流偏差 ΔI_q , PI 计算部件 23 对该 q 轴电流偏差 ΔI_q 执行 PI 计算, 生成指令 q 轴电压 V_q 。由这些减法器 20、22 和 PI 计算部件 21、23 构成电流控制单元 24。

电压变换部件 25 (相当于座标变换单元) 针对这些 d 轴电压 V_d 和 q 轴电压 V_q , 使用相位角 θ , 进行 2 相 - 3 相变换和旋转座标变换, 求出 3 相的电压 V_a 、 V_b 、 V_c 。PWM 控制部件 26 (相当于通电

信号形成单元)使用专用的计时器,对这些相电压 V_a 、 V_b 、 V_c 执行 PWM 计算,生成换流信号(相当于3相通电信号)。

另一方面,在图1所示的基于相位控制的定位控制中,旋转速度检测部件10和速度控制单元16停止处理。另外,相位角计算部件9停止上述极对数的乘法处理,维持并输出从基于速度控制的定位控制(图2)切换到基于相位控制的定位控制(图1)时的相位角 θ 。位置控制部件11的PI计算部件13对位置偏差 ΔP 执行PI计算,生成修正角 θ_p ,加法器27将修正角 θ_p 加上从相位角计算部件9输出的切换时的相位角 θ ,生成修正后的相位角 θ 。由上述位置控制部件11和加法器27构成位置控制单元28。

接着,参考图3所示的流程图,说明本实施例的作用。

电动机控制装置1如果输入了定位指令,则开始图3所示的定位控制。在该定位控制中,根据位置偏差 ΔP ,即从现在的位置 P 到达指令位置 P_r 的剩余移动量,切换控制方法。例如在为了进行位置反转而将指令位置 P_r 从定位控制开始时的位置设置到 180° 的角度位置的情况下,电动机控制装置1判断位置偏差 ΔP (角度)是否小于等于 $36''$ (步骤S1),如果判断为“NO”,则通过图2所示的结构,执行基于速度控制的定位控制(步骤S2:第一控制形式)。

该基于速度控制的定位控制如开始说明的那样,使与位置偏差 ΔP 对应地生成指令旋转速度 ω_r 的位置反馈循环、与速度偏差 $\Delta \omega$ 对应地生成指令 q 轴电流 I_{qr} 的速度反馈循环有效。指令 d 轴电流 I_{dr} 为一定。由此,位置偏差 ΔP 越大则指令旋转速度 ω_r 越大,与此同时, q 轴电流 I_q 和 q 轴电压 V_q 也变大。因此,能够得到高转矩,响应性好,能够在短时间内旋转到指令位置 P_r 附近。但是,处理器的 PWM 控制部件26的电压振幅的分辨率比较低,另外由于经由速度反馈循环,所以有难以进行高精度的定位的缺点。

对此,电动机控制装置1如果判断出位置偏差 ΔP (角度)小于等于 $36''$ (YES),则通过图1所示的结构,执行基于相位控制的定位控制(步骤S3:第二控制形式)。在该定位控制中,停止速度控

制，将指令 d 轴电流 I_{dr} 原样保持为一定，将指令 q 轴电流 I_{qr} 设置为 0。另外，相位角计算部件 9 保持切换到该定位控制时的相位角，使与位置偏差 ΔP 对应地修正并控制相位角 θ 的位置反馈循环有效。

在该情况下，作为位置控制部件 11 的减法器 12 的功能，处理器为了防止以后的 16 比特乘法计算中的溢出，而执行以下的限制处理。在此， S_preSet_dev32 是表示位置偏差 ΔP 的变量， S_temp 是临时变量。

If ($S_preSet_dev32 > 0x00007fff$)

$S_temp = 0x7fff$

Else If ($S_preSet_dev32 < 0xffff8000$)

$S_temp = 0x8000$

Else

$S_temp = S_preSet_dev32$ 的低位 16 比特

接着，作为 PI 计算部件 13 的功能，处理器依照以下的公式，根据 16 比特的位置偏差计算出修正角 θ_p （变量 S_phase_user ）。 $PhaKp$ 、 $PhaKi$ 分别是表示相位修正定位控制的比例增益、积分增益， $S_phase_user_I$ 是表示积分项的变量，第 1 个公式是积分计算的公式，第 2 个公式是将积分计算结果与比例计算结果相加的公式。另外，依照惯例， (n) 表示数字控制周期。

$$S_phase_user_I(n) = S_phase_user_I(n-1) + PhaKi \times S_temp$$

$$S_phase_user(n) = S_phase_user_I(n) + PhaKp \times S_temp$$

处理器针对该计算出的变量 S_phase_user 实施修正角的限制。另外，作为加法器 27 的功能，将切换到基于相位控制的定位控制时的相位角 θ 所对应的变量作为 S_theta_Lock ，依照以下的公式计算出相位角 θ （变量 R_theta_com ）。

$$R_theta_com = S_theta_Lock + S_phase_user$$

该基于相位控制的定位控制不经由速度反馈循环，由于指令 d 轴电流 I_{dr} 和指令 q 轴电流 I_{qr} 是固定的，所以难以由于因速度反馈循环引起的电压变动而产生转矩变动。相位角 θ 的数字数据的分辨率一

般可以比上述 PWM 控制部件 26 (计时器) 的电压振幅的分辨率高, 进而通过将 q 轴电流 I_q 控制为 0 而抑制产生转矩, 而更容易进行微小转矩的控制。其结果是与上述基于速度控制的定位控制相比, 能够进行响应性低但高精度的定位控制。

如果上述步骤 S2 或 S3 的处理结束, 则电动机控制装置 1 判断现在位置 P 是否到达指令位置 P_r (反转位置)。在此, 如果判断出不一致 (NO), 则转移到步骤 S1, 如果判断出一致 (YES), 则结束定位控制。

如以上说明的那样, 本实施例的电动机控制装置 1 如果位置偏差 ΔP 小于等于规定值, 则执行与位置偏差 ΔP 对应地直接控制相位角 θ 的基于相位控制的定位控制, 因此在指令位置 P_r 的近旁能够进行高精度的定位。另外, 在位置偏差 ΔP 比规定值大的情况下, 执行基于速度控制的定位控制, 因此作为整体能够提高响应性和效率。

(实施例 2)

接着, 参考图 4 和图 5, 说明本发明的实施例 2。

图 4 和图 5 表示了电动机控制系统的结构, 向与图 1 和图 2 一样的部分附加相同的符号。电动机控制装置 29 不具备电流控制循环而直接控制电压, 该结构与实施例 1 不同。

该电动机控制装置 29 在位置偏差 ΔP 大的情况下, 如图 5 所示那样, 采用与位置偏差 ΔP 对应地得到指令旋转速度 ω_r 的位置反馈循环, 同时采用与速度偏差 $\Delta \omega$ 对应地得到 q 轴电压 V_q 的速度反馈循环 (基于速度控制的定位控制)。PI 计算部件 30 对速度偏差 $\Delta \omega$ 执行 PI 计算, 生成指令 q 轴电压 V_q , 因此与减法器 14 一起构成速度控制单元 31。另外, d 轴电压 V_d 为一定值。

如果位置偏差 ΔP 变小, 则如图 4 所示那样, 采用以下这样的位置反馈循环 (基于相位控制的定位控制), 即在使速度反馈循环无效, 使 d 轴电压 V_d 为一定值, q 轴电压 V_q 为 0 的基础上, 与位置偏差 ΔP 对应地控制相位角 θ 。在该情况下, 由位置控制部件 11 和加法器 27 构成位置控制单元 32。

也依照与实施例 1 一样的处理执行该使用了电动机控制装置 29 的定位控制, 能够得到与实施例 1 一样的作用和效果。另外, 由于除去了电流反馈循环, 所以因该循环造成的电压变动不会产生转矩变动, 与实施例 1 相比, 能够进行更高精度的定位。

(实施例 3)

接着, 参考图 6~图 9, 说明本发明的实施例 3。

图 6 表示了电动机控制系统的结构, 向与图 1 相同的部分附加相同的符号。电动机控制装置 33 在位置偏差 ΔP 大的情况下, 通过与图 2 一样的结构, 执行基于速度控制的定位控制, 如果位置偏差 ΔP 变小, 则使用图 6 所示的结构, 采用位置反馈循环 (以下称为基于相电压修正的定位控制), 即与位置偏差 ΔP 对应地修正并控制相电压 V_a 、 V_b 、 V_c 。

如果切换到基于相电压修正的定位控制, 则旋转速度检测部件 10 和速度控制单元 16 停止处理。另外, 相位角计算部件 9 停止上述的极对数的乘法处理, 维持并输出切换时的相位角 θ 。位置控制部件 11 的 PI 计算部件 13 对位置偏差 ΔP 执行 PI 计算, 生成相电压修正值 V_p 。

选择部件 34 根据相位角 θ , 选择进行相电压修正的相 (a 相、b 相、c 相) 和修正的方向 (极性), 对该选择出的相, 以规定的极性输出相电压修正值 V_p (参考图 8)。加法器 35a、35b、35c 分别将从电压变换部件 25 输出的相电压 V_a 、 V_b 、 V_c 和从选择部件 34 输出的相电压修正值 V_p 相加。由这些位置控制部件 11、选择部件 34 和加法器 35a、35b、35c 构成位置控制单元 36。

图 7 是定位控制的流程图, 向与图 3 所示的各处理步骤一样的处理步骤附加相同的步骤编号。在为了位置反转而将指令位置 P_r 从定位控制开始时的位置设置为 180° 的角度位置的情况下, 电动机控制装置 33 判断位置偏差 ΔP 是否小于等于 $10''$ (步骤 S11), 如果判断为“YES”, 则执行基于相电压修正的定位控制 (步骤 S12: 第二控制形式)。在该定位控制中, 如上所述那样停止速度控制, 将指令 d

轴电流 I_{dr} 原样保持为一定, 使指令 q 轴电流 I_{qr} 为 0。相位角计算部件 9 使保持切换到该定位控制时的相位角 θ 并与位置偏差 ΔP 对应地修正并控制任意的相电压 V_a 、 V_b 、 V_c 的位置反馈循环有效。

在该情况下, 处理器执行与实施例 1 一样的限制处理, 作为 PI 计算部件 13 的功能, 根据 16 比特的位置偏差, 依照以下的公式计算出相电压修正值 V_p (变量 $S_phase_userM20$)。PhaM20Kp、PhaM20Ki 分别是表示相电压修正定位控制的比例增益、积分增益, $S_phase_userM20_I$ 是表示积分项的变量, 第 1 个公式是积分计算的公式, 第 2 个公式是将积分计算结果与比例计算结果相加的公式。

$$S_phase_userM20_I(n) = S_phase_userM20_I(n-1) + PhaM20Ki \times S_temp$$

$$S_phase_userM20(n) = S_phase_userM20_I(n) + PhaM20Kp \times S_temp$$

处理器针对该计算出的 $S_phase_userM20$ 实施相电压修正量的限制。另外, 选择部件 34 如图 8 所示那样, 将电气角的 360° 区分为每 60° 的 6 个角度区域, 并与相位角 θ (变量 R_theta_com) 所属的角度区域对应地修正规定的一个相电压。图 9 是用于导出图 8 所示的对应关系的说明图。例如在相位角 θ 位于从 120° 到 180° 的角度区域的情况下, 在进行电动机 2 的正旋转, 即增加相位角 θ 的同时, c 相电压 V_c 增加。因此, a 相电压和 b 相电压 V_b 保持为从电压变换部件 25 输出的值, 用正极性的相电压修正值 V_p (变量 $S_phase_userM20$) 修正 c 相电压 V_c 。其结果是电动机 2 向正旋转的方向只旋转与相电压修正值 V_p 对应的微小的角度。对于其他角度区域也一样。

该基于相电压修正的定位控制不经由速度反馈循环, 指令 d 轴电流 I_{dr} 和指令 q 轴电流 I_{qr} 是固定的, 因此因速度反馈循环造成的电压变动难以产生转矩变动。另外, 由于直接修正规定相的相电压, 所以能够对施加到电动机 2 的三相交流进行只产生微小失真的微小角度的旋转控制, 与基于速度控制的定位控制相比, 能够进行高精度的定

位控制。另外，在位置偏差 ΔP 比规定值大的情况下，执行基于速度控制的定位控制，因此作为整体能够提高响应性和效率。

(实施例4)

接着，参考图 10，说明本发明的实施例 4。

图 10 表示了电动机控制系统的结构，不具备电流控制循环，在该结构上与图 6 所示的实施例 3 不同。

该电动机控制装置 37 在位置偏差 ΔP 大的情况下，通过图 5 所示的结构执行基于速度控制的定位控制，如果位置偏差 ΔP 变小，则如图 10 所示那样，使速度反馈循环无效，在使 d 轴电压 V_d 为一定值，使 q 轴电压 V_q 为 0 的基础上，执行以下的基于相电压修正的定位控制，即与位置偏差 ΔP 对应地修正并控制相电压 V_a 、 V_b 、 V_c 。

也依照与实施例 3 一样的处理执行使用了该电动机控制装置 37 的定位控制，能够得到与实施例 3 相同的作用和效果。另外，由于除去了电流反馈循环，所以因该循环造成的电压变动不产生转矩变动，与实施例 3 相比，能够进行更高精度的定位。

(实施例5)

本实施例的电动机控制装置在具有电流反馈循环的形式的情况下，一边与位置偏差 ΔP 的大小对应地切换图 2、图 1、图 6 所示的第一、第二、第三控制形式，一边进行定位，在不具备电流反馈循环的形式的情况下，一边与位置偏差 ΔP 的大小对应地切换图 5、图 4、图 10 所示的第一、第二、第三控制形式，一边进行定位。

图 11 是可以共通地适用于上述任意的形式的定位控制的流程图，向与图 3 和图 7 所示的各处理步骤一样的处理步骤附加相同的步骤编号。即，在位置偏差 ΔP 大于作为第一阈值的 $36''$ 的情况下，执行图 2 或图 5 所示的基于速度控制的定位控制。如果位置偏差 ΔP 变得大于 $10''$ 而小于等于 $36''$ ，则执行图 1 或图 4 所示的基于相位控制的定位控制。进而，如果位置偏差 ΔP 变得小于等于 $10''$ ，则执行图 6 或图 10 所示的基于相电压修正的定位控制。

根据本实施例，随着位置偏差 ΔP 变小，顺序地切换到能够进行

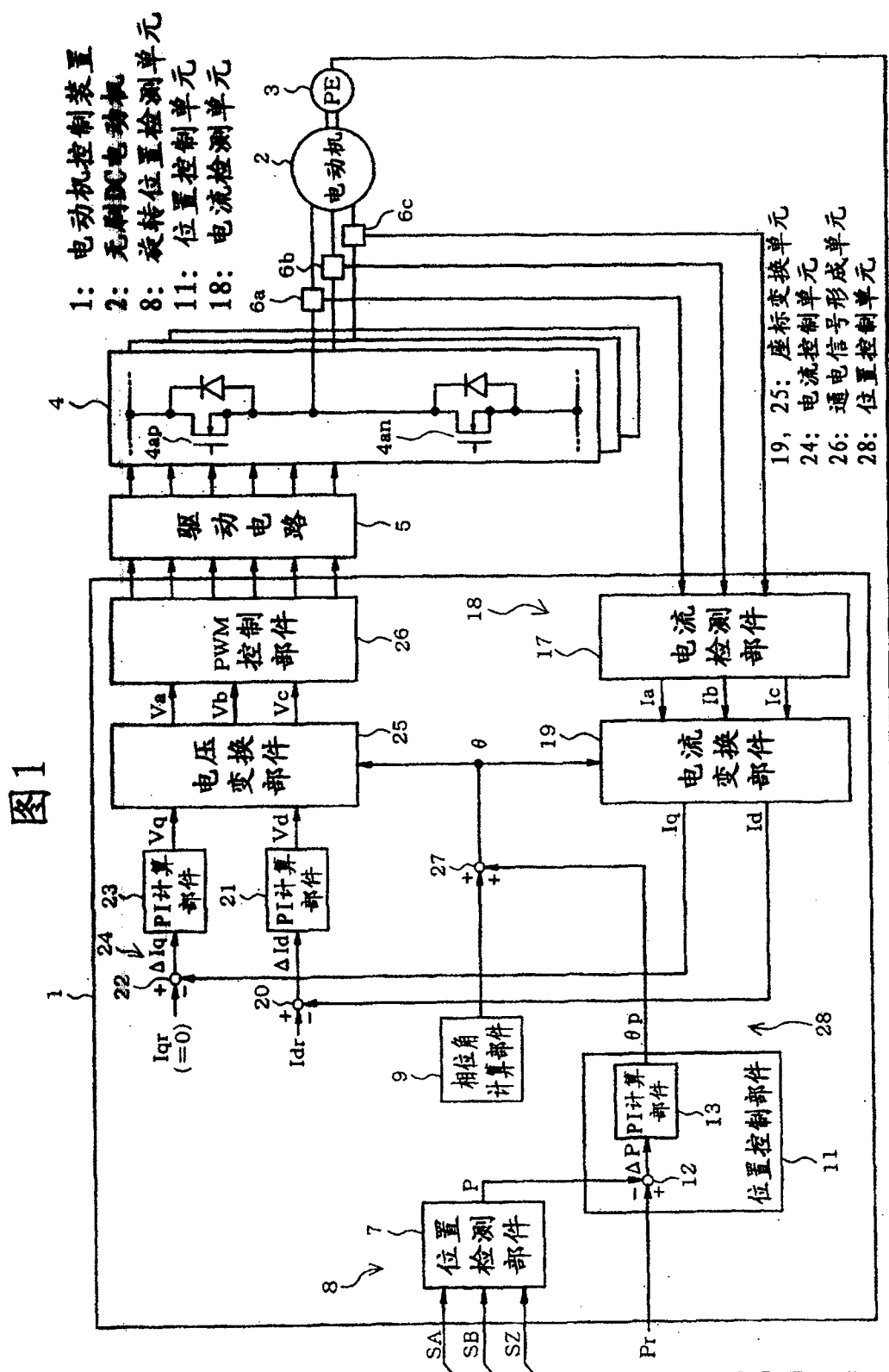
更微小角度的定位的定位控制，因此能够进行高响应性并且高精度的定位控制。

(其他实施例)

另外，本发明并不只限于上述和附图所示的各实施例，例如可以如下这样进行变形或扩展。

各实施例构成为进行与基于速度控制的定位控制的切换，但也可以不进行该切换，而只使用基于相位控制的定位控制或基于相电压修正的定位控制来执行定位。另外，也可以切换基于相位控制的定位控制和基于相电压修正的定位控制，而进行定位。

在基于相位控制的定位控制和基于相电压修正的定位控制中，将指令 q 轴电流 I_{qr} 或指令 q 轴电压 V_q 设置为 0，但也可以根据与定位精度的关系在产生转矩降低到能够进行微小转矩控制的程度的设置范围内设置为不是 0 的一定值。



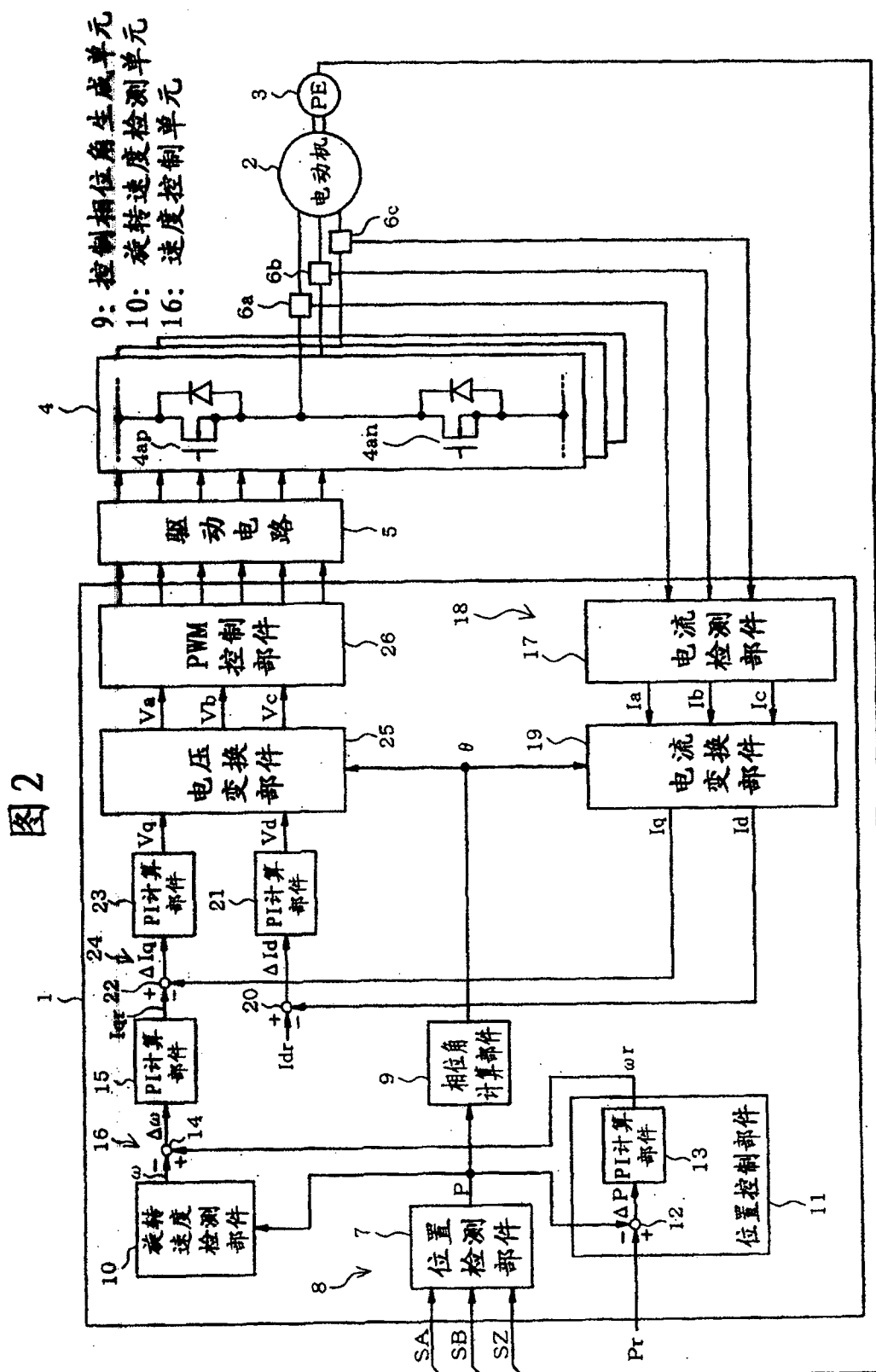
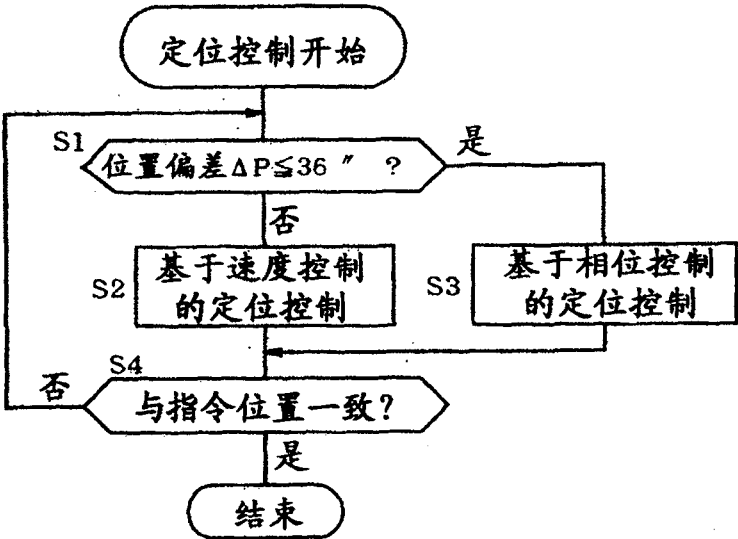
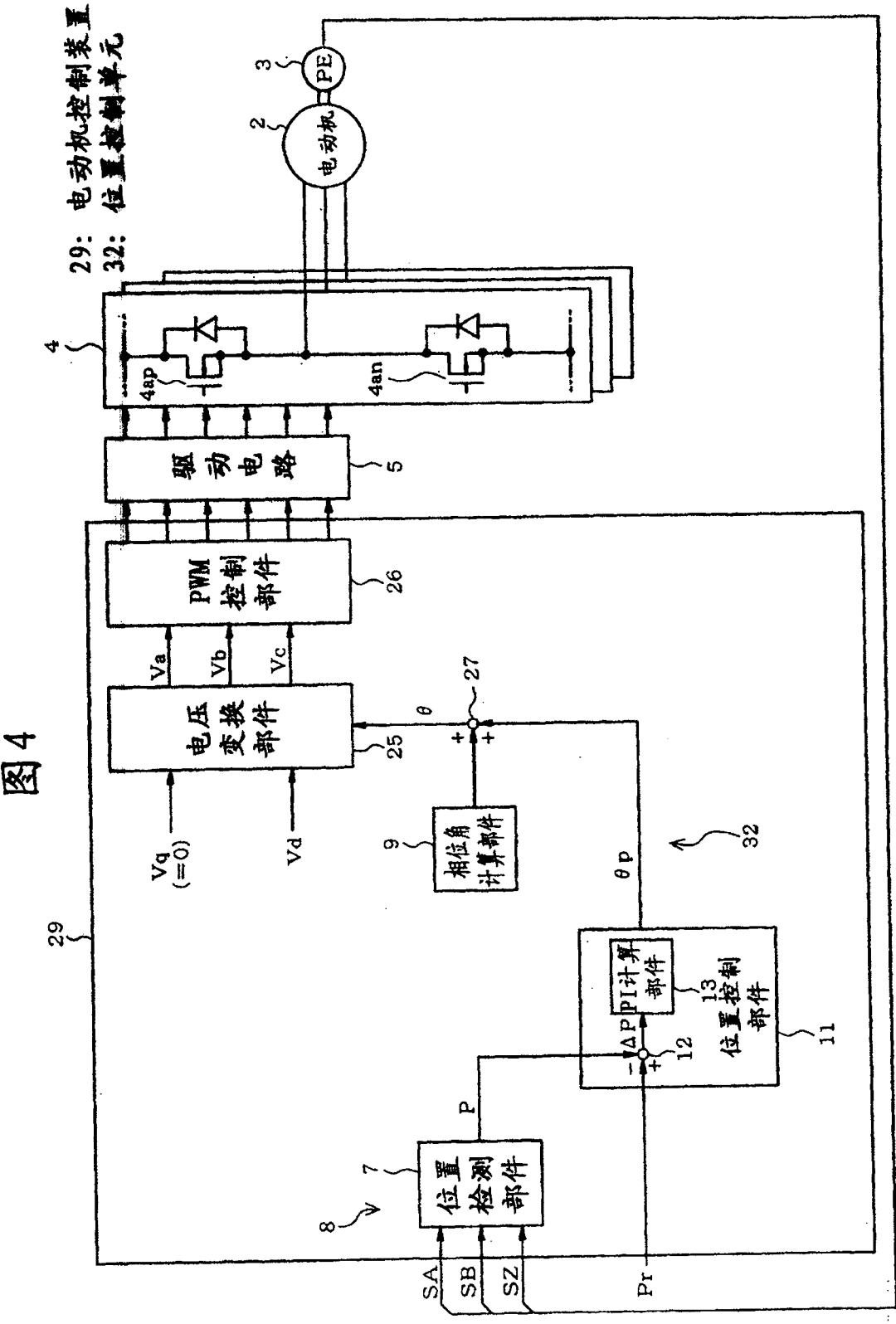


图 3





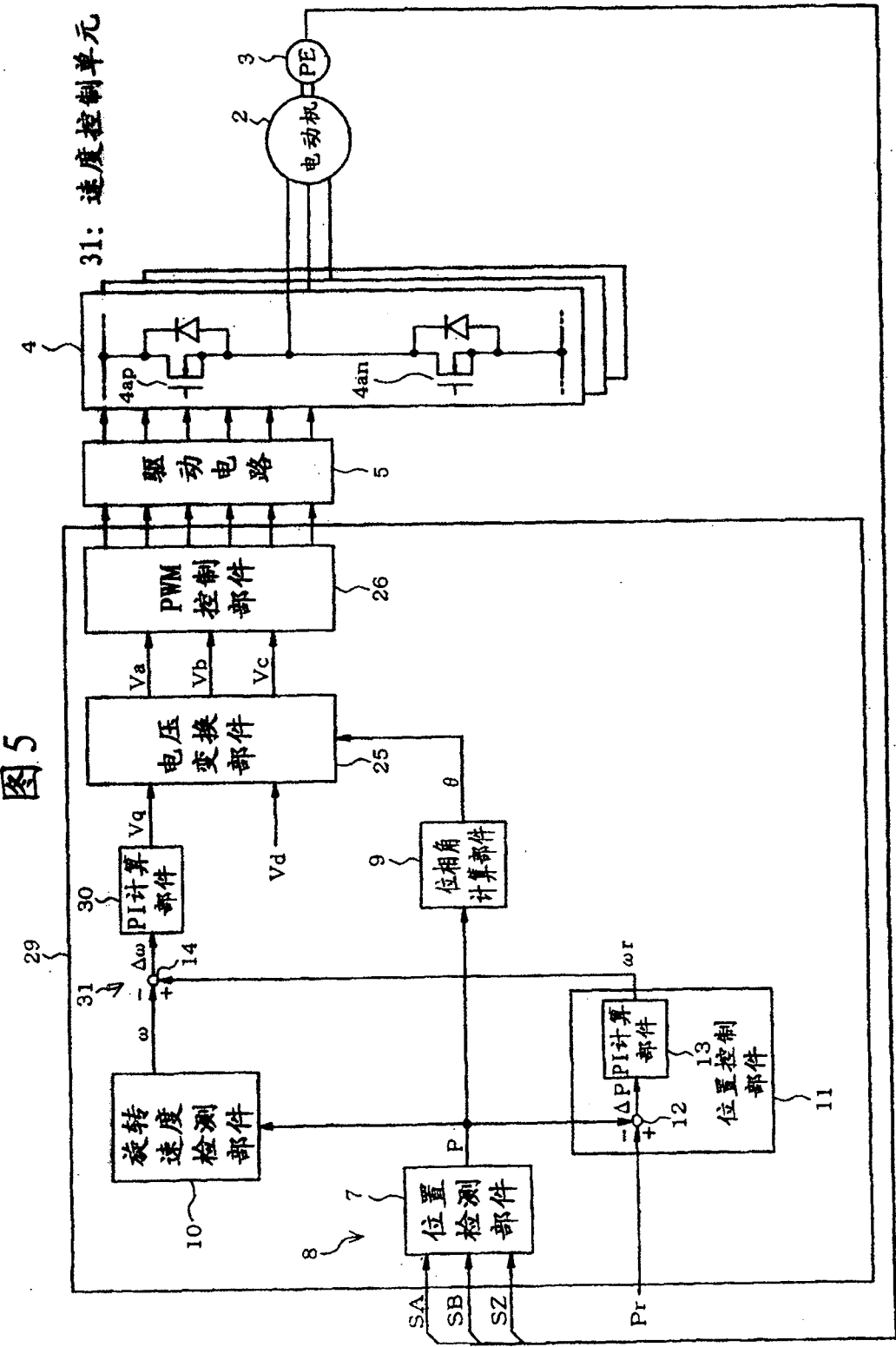


圖 6

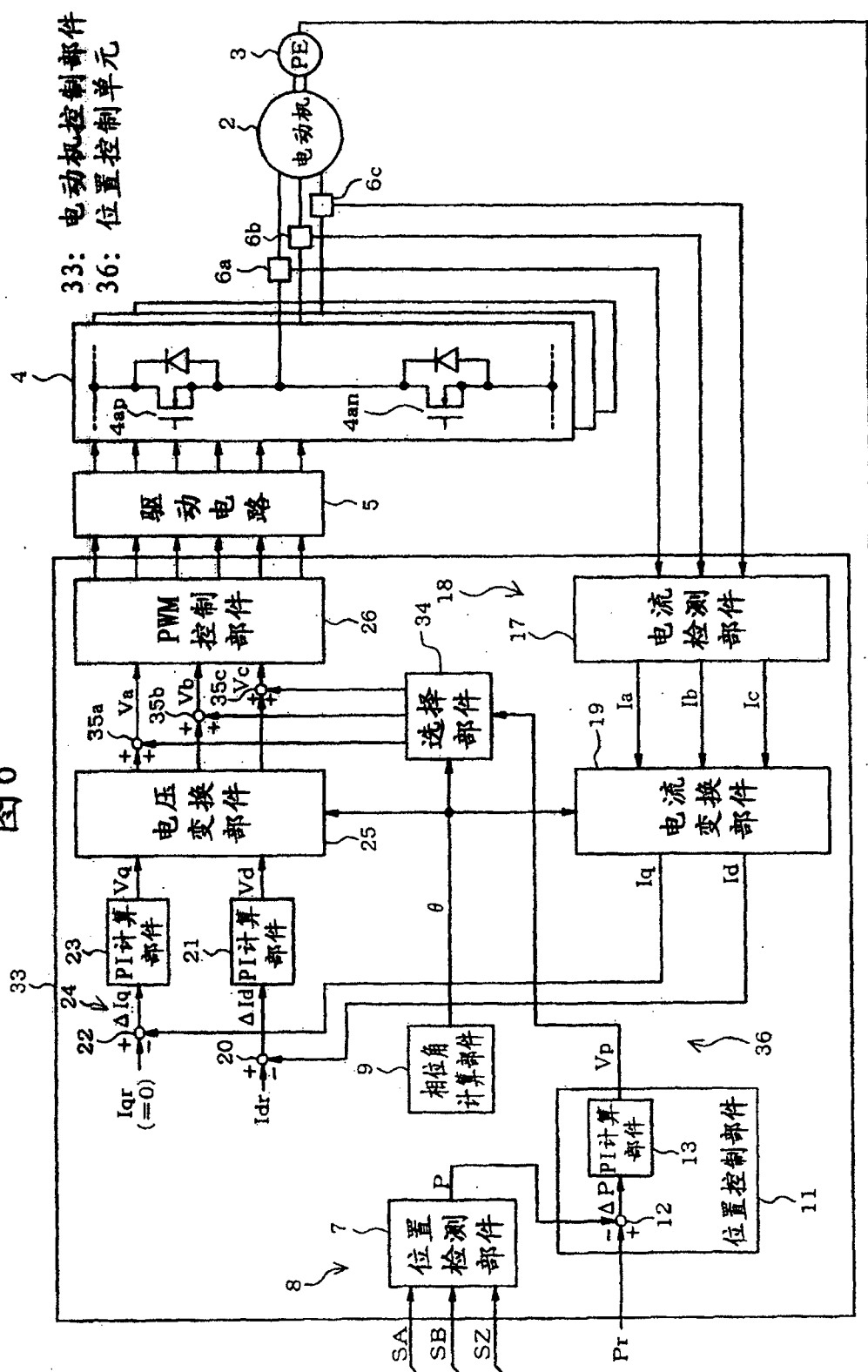


图7

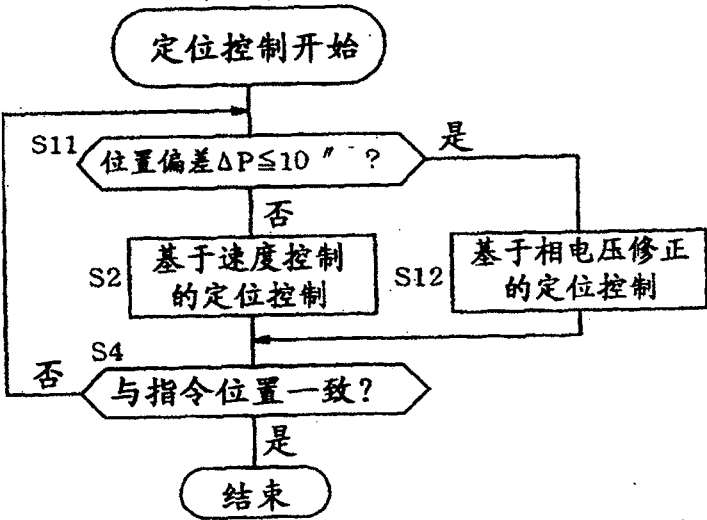
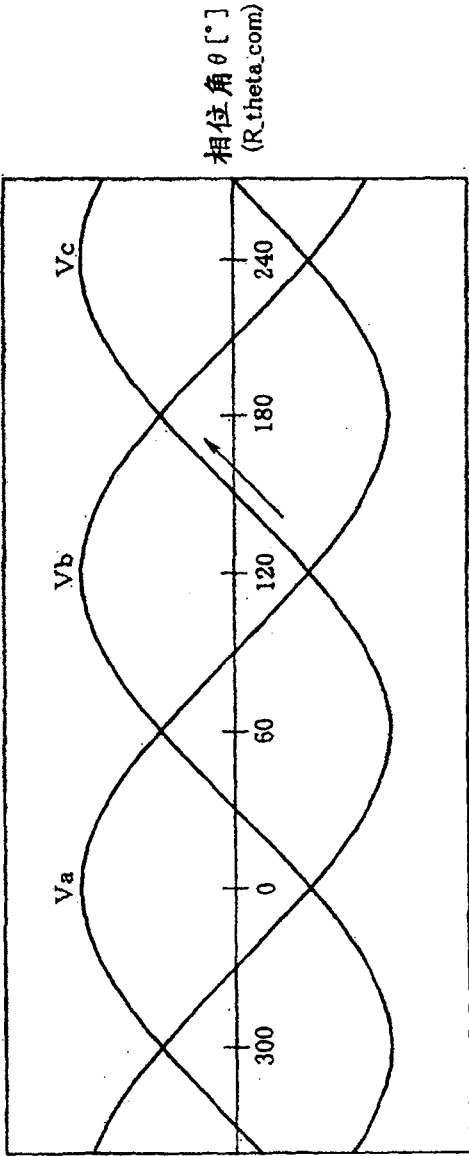


图8

$\theta (R_{\theta_{com}})$	修正后的a相电压	修正后的b相电压	修正后的c相电压
$300 \leq \theta < 360 [^\circ]$	V_a	V_b	V_c $-S_{\text{phase_userM20}}$
$240 \leq \theta < 300 [^\circ]$	V_a $+S_{\text{phase_userM20}}$	V_b	V_c
$180 \leq \theta < 240 [^\circ]$	V_a	V_b $-S_{\text{phase_userM20}}$	V_c
$120 \leq \theta < 180 [^\circ]$	V_a	V_b	V_c $+S_{\text{phase_userM20}}$
$60 \leq \theta < 120 [^\circ]$	V_a $-S_{\text{phase_userM20}}$	V_b	V_c
$0 \leq \theta < 60 [^\circ]$	V_a	V_b $+S_{\text{phase_userM20}}$	V_c

图9



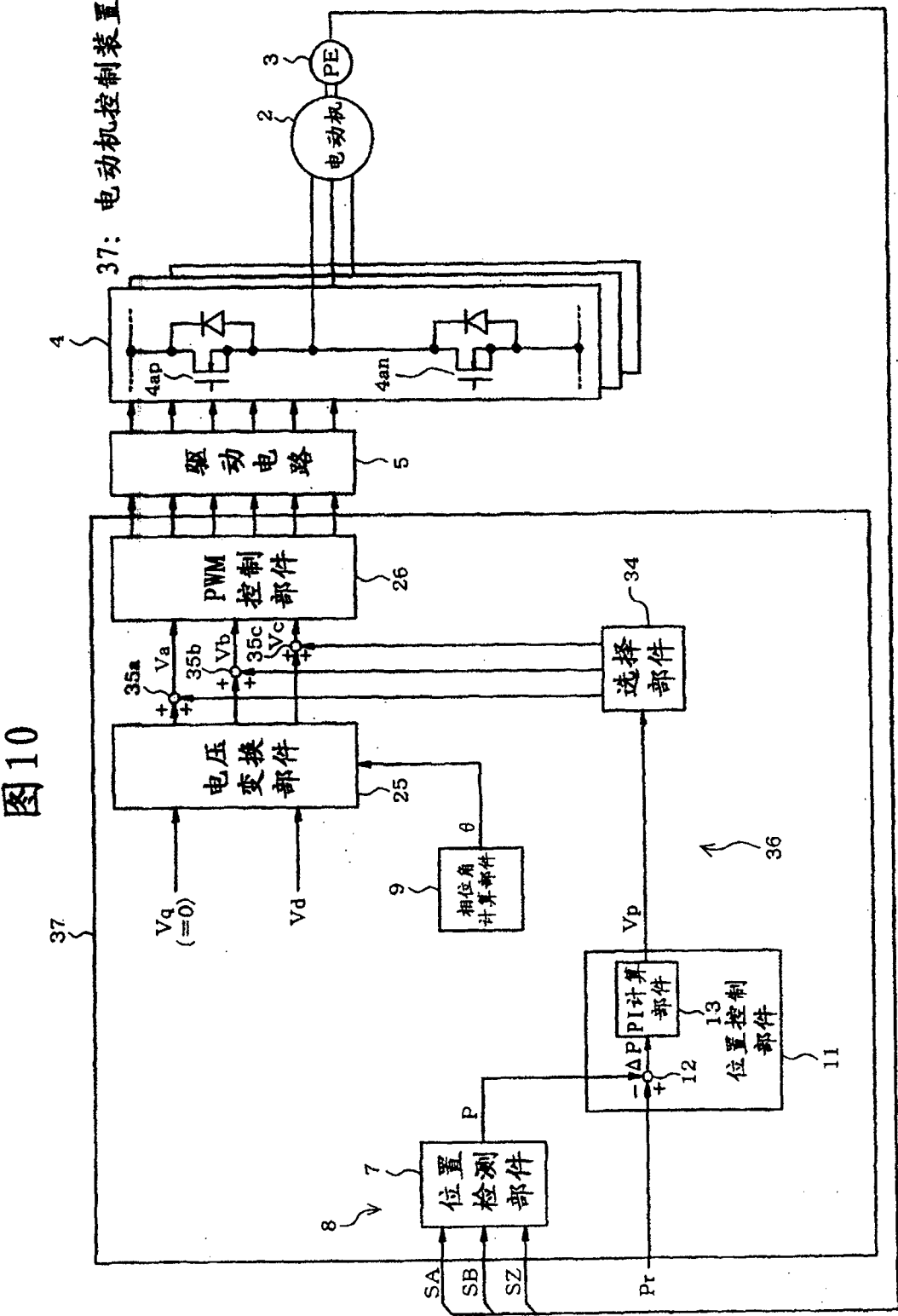


图11

