



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103403632 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 17

(21) 申请号 201180068884. 9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 03. 22

G05B 19/05(2006. 01)

(30) 优先权数据

G05B 19/18(2006. 01)

2011-056768 2011. 03. 15 JP

审查员 詹冉

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 08. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/056779 2011. 03. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/124143 JA 2012. 09. 20

(73) 专利权人 欧姆龙株式会社

地址 日本京都府

(72) 发明人 岛村纯儿 榎木洋 细见心一

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 胡金琰

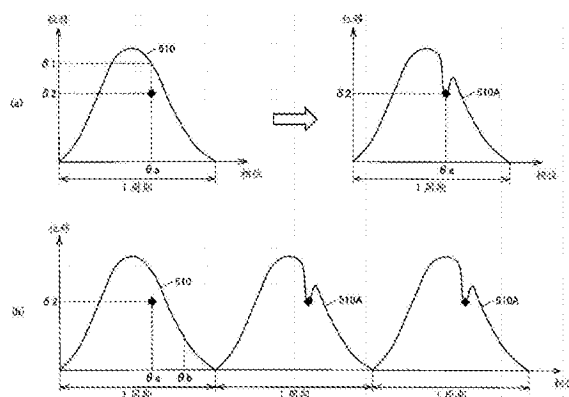
权利要求书4页 说明书21页 附图22页

### (54) 发明名称

运算单元、辅助装置、输出控制方法、显示控制方法、以及程序

### (57) 摘要

PLC 的 CPU 单元执行动作控制以及时序控制。CPU 单元存储用于进行使用凸轮表的动作控制的控制程序以及凸轮表。微处理器接受到用于变更多个相位中的某一个相位以及与该相位对应的位移中的至少一个的命令后,将凸轮表中的该相位以及位移中的至少一个变更为基于该命令的值。微处理器在进行上述变更后,使用变更后的凸轮表来执行控制程序,向控制对象设备输出该执行结果。



1. 一种执行动作控制以及时序控制的可编程逻辑控制器的运算单元, 其中, 具有:  
处理器; 以及

存储器, 存储用于进行使用对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的凸轮表的动作控制的程序以及所述凸轮表,

所述处理器:

向与所述从动轴对应的控制对象设备输出所述程序的执行结果,

接受到用于变更所述多个相位中的某个相位以及与该相位对应的位移中的至少一个的第一命令后, 将所述凸轮表中的该相位以及位移中的至少一个变更为基于所述第一命令的值,

在进行所述变更后, 使用所述变更后的凸轮表来执行所述程序, 向所述控制对象设备输出该执行结果, 其中,

所述处理器:

接受用于选择第一变更模式以及第二变更模式的其中之一的指示,

当接受到所述第一变更模式的选择时, 若接受到所述第一命令, 则在接受到该第一命令时的所述电子凸轮的周期以及该周期的下一个周期以后使用所述变更后的凸轮表执行程序,

当接受到所述第二变更模式的选择时, 若接受到所述第一命令, 则在接受到第一命令时的所述电子凸轮的周期使用所述变更前的凸轮表执行所述程序, 在该周期的下一个周期以后使用所述变更后的凸轮表执行所述程序。

2. 如权利要求 1 所述的运算单元, 其中,

所述存储器包括非易失性存储器和易失性存储器,

所述非易失性存储器存储所述变更前的凸轮表,

所述处理器:

从所述非易失性存储器读取所述变更前的凸轮表, 并将该读取的凸轮表在所述易失性存储器展开,

在所述展开后接受到所述第一命令后, 在所述易失性存储器中展开的凸轮表上进行所述变更,

接受到第二命令后, 向所述非易失性存储器再次存储在所述易失性存储器展开的所述变更后的凸轮表。

3. 如权利要求 2 所述的运算单元, 其中,

所述变更前的凸轮表包括多个由一个位移和一个相位构成的凸轮数据,

所述多个凸轮数据区分为对电子凸轮的动作产生影响的第一凸轮数据和对电子凸轮的动作不产生影响的第二凸轮数据,

所述处理器接受到所述第一命令后, 将所述第二凸轮数据的相位以及位移中的至少一个变更为基于所述第一命令的值。

4. 如权利要求 3 所述的运算单元, 其中,

所述程序包括动作运算程序以及进行对所述动作运算程序给予该动作运算程序的执行所需的指示的处理的程序,

各个所述凸轮数据对应识别信息,

所述处理器在执行使用所述动作运算程序的电子凸轮的动作时,将所述识别信息通知给所述用户程序。

5. 如权利要求 4 所述的运算单元,其中,

所述处理器:

从所述非易失性存储器读取所述变更前的凸轮表后,判定在该凸轮表中所述凸轮数据是否按照所述相位升序排列,

当判定为所述凸轮数据没有按照所述相位升序排列时,进行预先规定的报告。

6. 如权利要求 4 所述的运算单元,其中,

所述处理器:

在执行所述程序时,无论是否有所述凸轮表的变更,均以预先规定的间隔判定在所述程序执行时使用的凸轮表中所述凸轮数据是否按照所述相位升序排列,

当判定为所述凸轮数据没有按照所述相位升序排列时,进行预先规定的报告。

7. 如权利要求 1 至 6 中的任意一项所述的运算单元,其中,

所述程序包括动作运算程序以及进行对所述动作运算程序给予该动作运算程序的执行所需的指示的处理的程序,

所述处理器:

按照每一个第一周期重复动作运算程序的执行,

按照每个作为所述第一周期的整数倍的第二周期重复所述用户程序,

在所述用户程序中用于进行所述变更的程序描述在所述第一周期的任务或者所述第二周期的任务之中。

8. 一种辅助装置,用于制作在可编程逻辑控制器的运算单元执行的用户程序,其中,

所述运算单元具有存储器,该存储器存储对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的第一凸轮曲线以及变更了与所述多个相位中的某个相位对应的位移的凸轮表,

所述辅助装置具有:

处理器;

存储器,存储所述第一凸轮曲线、以及辅助所述用户程序的制作的支持程序;

显示器;以及

通信接口,与所述运算单元通信,

所述处理器:

接受到预先规定的命令后,使用所述通信接口从所述运算单元获取所述第一凸轮曲线以及所述凸轮表,

所述显示器上显示所述存储器中存储的第一凸轮曲线或者所述获取的第一凸轮曲线、以及基于所述获取的凸轮表的第二凸轮曲线。

9. 如权利要求 8 所述的辅助装置,其中,

所述支持程序预先保存阈值,

所述处理器:

基于所述凸轮表计算所述从动轴的加加速度,

当所述计算的加加速度为所述阈值以上时,在所述显示器上显示表示所述加加速度为

阈值以上的图像。

10. 如权利要求 8 所述的辅助装置, 其中,

所述支持程序预先保存阈值,

所述处理器:

基于所述凸轮表计算所述从动轴的速度,

当所述计算的速度为所述阈值以上时, 在所述显示器上显示表示所述速度为阈值以上的图像。

11. 如权利要求 8 所述的辅助装置, 其中,

所述支持程序预先保存阈值,

所述处理器:

基于所述凸轮表计算所述从动轴的加速度,

当所述计算的加速度为所述阈值以上时, 在所述显示器上显示表示所述加速度为阈值以上的图像。

12. 如权利要求 9 至 11 中的任何一项所述的辅助装置, 其中,

所述处理器在所述显示器上以与所述第二凸轮曲线中未超过所述阈值的部位不同的显示方式显示超过所述阈值的部位。

13. 一种输出控制方法, 应用于执行动作控制和时序控制的可编程逻辑控制器的运算单元, 其中,

所述运算单元存储用于进行使用对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的凸轮表的动作控制的程序以及所述凸轮表,

所述输出控制方法包括:

所述运算单元的处理器向与所述从动轴对应的控制对象设备输出所述程序的执行结果的步骤;

所述处理器接受到用于变更所述多个相位中的某个相位以及与该相位对应的位移中的至少一个的第一命令后, 将所述凸轮表中的该相位以及位移中的至少一个变更为基于所述第一命令的值的步骤; 以及

所述处理器在进行所述变更后, 使用所述变更后的凸轮表来执行程序, 向所述控制对象设备输出该执行结果的步骤, 其中,

所述输出控制方法还包括:

所述处理器接受用于选择第一变更模式以及第二变更模式的其中之一的指示的步骤;

所述处理器当接受到所述第一变更模式的选择时, 若接受到所述第一命令, 则在接受到该第一命令时的所述电子凸轮的周期以及该周期的下一个周期以后使用所述变更后的凸轮表执行程序的步骤; 以及

所述处理器当接受到所述第二变更模式的选择时, 若接受到所述第一命令, 则在接受到第一命令时的所述电子凸轮的周期使用所述变更前的凸轮表执行所述程序, 在该周期的下一个周期以后使用所述变更后的凸轮表执行所述程序的步骤。

14. 一种显示控制方法, 应用于用于制作在可编程逻辑控制器的运算单元中执行的用户程序的辅助装置, 其中,

所述运算单元存储对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的第一凸轮曲线以及变更了与所述多个相位中的某个相位对应的位移的凸轮表，

所述辅助装置在存储器中存储所述第一凸轮曲线以及辅助所述用户程序的制作的支持程序，

所述显示控制方法包括：

所述辅助装置的处理器接受到预先规定的命令后，使用通信接口从所述运算单元获取所述第一凸轮曲线以及所述凸轮表的步骤；以及

所述处理器在显示器上显示所述存储器中存储的第一凸轮曲线或者所述获取的第一凸轮曲线、以及基于所述获取的凸轮表的第二凸轮曲线的步骤。

## 运算单元、辅助装置、输出控制方法、显示控制方法、以及程序

### 技术领域

[0001] 本发明涉及可编程逻辑控制器的运算单元、辅助装置、输出控制方法、显示控制方法以及程序,尤其涉及执行动作控制以及时序控制的运算单元、运算单元的辅助装置、运算单元的输出控制方法、辅助装置的显示控制方法以及程序。

### 背景技术

[0002] PLC (Programmable Logic Controller, 可编程逻辑控制器) 例如由包括执行用户程序的微处理器的 CPU (Central Processing Unit, 中央处理器) 单元、负责从外部的开关以及传感器的信号输入以及向外部的继电器或者执行器 (Actuator) 的信号输出的 IO (Input Output, 输入输出) 单元等多个单元构成。在这些单元之间, 按照每一个用户程序执行循环经由 PLC 系统总线以及 / 或者现场网络授受数据, 同时 PLC 执行控制动作。

[0003] 作为机械、设备等动作的控制, 有时包括用于控制电机的运动的动作控制。以往, 这样的动作控制, 典型地, 由与 PLC 分开设置的动作控制器进行对驱动电机的电机驱动器周期性地输出命令值的控制处理 (动作运算程序的执行)。但是, 在信息技术的领域中, 微处理器以及通信网络的高速化正在进步。因此, 在 PLC 中也利用这些技术, 渐渐可以在一个微处理器中不仅执行用户程序, 而且还执行动作运算程序。

[0004] 例如, 专利文献 1 中公开了在一个 CPU 中处理执行用于控制电机的动作控制功能以及时序运算 (用户程序) 的 PLC 功能的结构。更具体地, 公开了按照每一个基本时钟的一个循环, 执行“定周期动作控制处理以及各轴处理”以及“高速时序处理”, 而且在各基本时钟循环内的剩余时间执行“低速时序处理”或者“不定周期动作控制处理”。

[0005] 此外, 有时在动作控制中使用电子凸轮。电子凸轮是将机械式凸轮的动作通过电子控制实现, 可以容易进行凸轮的段替换或者凸轮形状的微调。在非专利文献 1 中说明了关于为了实现电子凸轮的凸轮表。此外, 在非专利文献 1 中说明了关于凸轮变量。

[0006] 专利文献 2 公开了电子凸轮控制装置。该电子凸轮控制装置是具有冲程下死点设定部、加法移动量设定部、位置命令计算部以及冲程下死点变更部。加法移动量设定部设定用于变更冲程下死点位置的加法移动数据。位置命令计算部在输入冲程下死点变更命令后, 在凸轮位置决定量 A 上依次加上在冲程下死点设定部设定的冲程下死点位置以及与在加法移动量设定部设定的加法移动数据对应的加法移动量, 并将该加法运算结果作为对输出轴的位置命令值依次输出。冲程下死点变更部在输入冲程下死点变更命令后, 在冲程下死点设定部设定的冲程下死点位置上依次加上与在加法移动量设定部设定的加法移动数据对应的加法移动量, 用该加法运算结果依次更新冲程下死点设定部设定的冲程下死点位置。

[0007] 专利文献 3 公开了电机的位置决定控制系统。该电机的位置决定控制系统以每一个分频周期更新移动实际时间  $R_{ti}$ , 根据更新的移动实际时间  $R_{ti}$  求出无量纲时间  $t_i$ , 使用凸轮曲线表求出预该无量纲时间  $t_i$  对应的无量纲位置  $S_{ij}$ 。电机的位置决定控制系统将求出

的无量纲位置  $S_{ij}$  乘以冲程  $h_j$  来求出实际位置  $s_{ij}$ 。电机的位置决定控制系统对选择的  $N$  个凸轮曲线进行求出这样的实际位置  $s_{ij}$  的运算。电机的位置决定控制系统对求出的  $N$  个实际位置  $s_{ij}$  进行加法运算。电机的位置决定控制系统将该加法值  $S_{Ti}$  与上一次的分频周期中求出的加法值  $S_{Ti-1}$  的差  $S_{Ti}-S_{Ti-1}$  作为命令值, 对电机的旋转位置进行反馈控制。

[0008] 此外, 专利文献 4 至 6 公开了同步驱动主轴电机和从属轴电机的装置。专利文献 7 公开了利用电子凸轮的复合伸缩部部件的制造方法以及制造装置(参照图 1)。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献 1 :特开 2007-140655 号公报

[0012] 专利文献 2 :特开 2006-293692 号公报

[0013] 专利文献 3 :特开平 8-339218 号公报

[0014] 专利文献 4 :特开平 8-126375 号公报

[0015] 专利文献 5 :特开平 9-289788 号公报

[0016] 专利文献 6 :特开平 10-174478 号公报

[0017] 专利文献 7 :特开 2010-260323 号公报

[0018] 非专利文献

[0019] 非专利文献 1 :Technical Specification PLCopen - Technical Committee2 - Task Force, Function blocks for motion control(Formerly Part1 and Part2), PLCopen Working Draft, Version1.99-Release for Comments - till August16, 2010

## 发明内容

[0020] 发明要解决的课题

[0021] 然而, 在专利文献 2 虽然能够设定冲程下死点, 但不能设定其他部位。此外, 非专利文献 1 中没有公开关于凸轮表的变更的具体内容。

[0022] 再有, 在使用定义主轴和从轴的位置关系的凸轮表进行同步控制的电子凸轮的动作中, 有时因吸收机械的个体差别(机械差) 导致的同步定时的区别, 需要在各机械动作的同时微调定义在凸轮表中的位置信息。此外, 专利文献 7 的图 1 所示的在主轴具有薄膜辊的装置中, 有时需要配合薄膜的伸缩变更从轴的动作内容。

[0023] 在以往, 使用个人电脑上动作的电子凸轮制作软件制作凸轮表, 将该凸轮表转发到动作控制器来实现电子凸轮动作。根据该方法, 根据预先制作的凸轮表的位置信息动作, 一次无法容易实现上述那样的装置机械差的微调以及在电子凸轮动作时变更从轴的动作。

[0024] 本申请发明鉴于上述问题点进行, 其目的在于, 提供一种 PLC 的运算单元、辅助装置、输出控制方法、显示控制方法、以及程序, 可以容易实现装置机械差的微调以及在电子凸轮动作时变更从轴的动作。

[0025] 用于解决课题的手段

[0026] 根据本发明的一方面, 运算单元为执行动作控制以及时序控制的可编程逻辑控制器的运算单元。运算单元具有 :处理器 ;存储器, 存储用于进行使用对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的凸轮表的动作控制的程序以及凸轮表。处理器向与从动轴对应的控制对象设备输出程序的执行结果。处理器在接受到用于变更多个相位中

的某个相位以及与该相位对应的位移中的至少一个的第一命令后,将凸轮表中的该相位以及位移中的至少一个变更为基于第一命令的值。处理器在进行变更后,使用变更后的凸轮表来执行程序,向控制对象设备输出该执行结果。

[0027] 优选地,存储器包括非易失性存储器和易失性存储器。非易失性存储器存储变更前的凸轮表。处理器从非易失性存储器读取变更前的凸轮表,并将该读取的凸轮表在易失性存储器展开。处理器在展开后接受到第一命令后,在易失性存储器中展开的凸轮表上进行变更。处理器接受到第二命令后,向非易失性存储器再次存储在易失性存储器展开的变更后的凸轮表。

[0028] 优选地,变更前的凸轮表包括多个由一个位移和一个相位构成的凸轮数据。多个凸轮数据区分为对电子凸轮的动作产生影响的第一凸轮数据和对电子凸轮的动作不产生影响的第二凸轮数据。处理器接受到第一命令后,将第二凸轮数据的相位以及位移中的至少一个变更为基于第一命令的值。

[0029] 优选地,程序包括动作运算程序以及进行对动作运算程序给予该动作运算程序的执行所需的命令的处理的程序。各个凸轮数据对应识别信息。处理器在执行使用动作运算程序的电子凸轮的动作时,将识别信息通知给用户程序。

[0030] 优选地,处理器从非易失性存储器读取变更前的凸轮表后,判定在该凸轮表中凸轮数据是否按照相位升序排列。当处理器判定为凸轮数据没有按照相位升序排列时,进行预先规定的报告。

[0031] 优选地,处理器在执行程序时,无论是否有凸轮表的变更,以预先规定的间隔判定在程序执行时使用的凸轮表中凸轮数据是否按照相位升序排列。处理器判定为凸轮数据没有按照相位升序排列时,进行预先规定的报告。

[0032] 优选地,处理器接受用于选择第一变更模式以及第二变更模式的其中之一的命令。处理器接受到第一变更模式的选择时,若接受到第一命令,则在接受到该第一命令时的电子凸轮的周期以及该周期的下一个周期以后使用变更后的凸轮表执行程序。处理器接受到第二变更模式的选择时,若接受到第一命令,则在接受到第一命令时的电子凸轮的周期使用变更前的凸轮表执行程序,在该周期的下一个周期以后使用变更后的凸轮表执行程序。

[0033] 优选地,程序包括动作运算程序以及进行对动作运算程序给予该动作运算程序的执行所需的指示的处理的程序。处理器按照每一个第一周期重复动作运算程序的执行。处理器按照每个作为第一周期的整数倍的第二周期重复用户程序。用户程序中用于进行变更的程序描述在第一周期的任务或者第二周期的任务之中。

[0034] 根据本发明的其他方面,辅助装置是用于制作在可编程逻辑控制器的运算单元执行的用户程序的辅助装置。运算单元具有存储器,存储对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的第一凸轮曲线以及变更了与多个相位中的某个相位对应的位移的凸轮表。辅助装置具有处理器;存储器,存储第一凸轮曲线、辅助用户程序的制作的支持程序;显示器;以及用于与运算单元通信的通信接口。处理器接受到预先规定的命令后,使用通信接口从运算单元获取第一凸轮曲线以及凸轮表。处理器在显示器上显示在存储器中存储的第一凸轮曲线或者获取的第一凸轮曲线、以及基于获取的凸轮表的第二凸轮曲线。

[0035] 优选地,支持程序预先保存阈值。处理器基于凸轮表计算出从动轴的加加速度。处理器在计算的加加速度为阈值以上时,在显示器上显示表示加加速度为阈值以上的图像。

[0036] 优选地,支持程序预先保存阈值。处理器基于凸轮表计算出从动轴的速度。处理器在计算的速度为阈值以上时,在显示器上显示表示速度为阈值以上的图像。

[0037] 优选地,支持程序预先保存阈值。处理器基于凸轮表计算出从动轴的加速度。处理器在计算的加速度为阈值以上时,在显示器上显示表示加速度为阈值以上的图像。

[0038] 优选地,处理器在显示器上以与第二凸轮曲线中未超过阈值的部位不同的显示方式显示超过阈值的部位。

[0039] 根据本发明的另一个其他方面,输出控制方法为应用于执行动作控制和时序控制的可编程逻辑控制器的运算单元的输出控制方法。运算单元存储用于进行使用对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的凸轮表的动作控制的程序以及凸轮表。输出控制方法包括:运算单元的处理向与从动轴对应的控制对象设备输出程序的执行结果的步骤;处理器接受到用于变更多个相位中的某个相位以及与该相位对应的位移中的至少一个的第一命令后,将凸轮表中的该相位以及位移中的至少一个变更为基于第一命令的值的步骤;以及处理器在进行变更后,使用变更后的凸轮表来执行程序,向控制对象设备输出该执行结果的步骤。

[0040] 根据本发明的另一个其他方面,显示控制方法为应用于用于制作在可编程逻辑控制器的运算单元中执行的用户程序的辅助装置的显示控制方法。运算单元在存储器中存储对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的第一凸轮曲线以及变更了与多个相位中的某个相位对应的位移的凸轮表。辅助装置存储第一凸轮曲线以及辅助用户程序的制作的支持程序。显示控制方法包括:辅助装置的处理向预先规定的命令后,使用通信接口从运算单元获取第一凸轮曲线以及凸轮表的步骤;以及处理器在显示器上显示在存储器中存储的第一凸轮曲线或者获取的第一凸轮曲线、以及基于获取的凸轮表的第二凸轮曲线的步骤。

[0041] 根据本发明的另一个其他方面,程序为用于控制执行动作控制以及时序控制的可编程逻辑控制器的运算单元的程序。运算单元存储用于进行使用对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的凸轮表的动作控制的程序以及凸轮表。程序使得运算单元执行:向与从动轴对应的控制对象设备输出程序的执行结果的步骤;处理器接受到用于变更多个相位中的某个相位以及与该相位对应的位移中的至少一个的第一命令后,将凸轮表中的该相位以及位移中的至少一个变更为基于第一命令的值的步骤;以及进行变更后,使用变更后的凸轮表来执行程序,向控制对象设备输出该执行结果的步骤。

[0042] 根据本发明的另一个其他方面,程序为用于控制辅助装置的程序,所述辅助装置用于制作在可编程逻辑控制器的运算单元执行的用户程序。运算单元存储对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的第一凸轮曲线以及变更了与多个相位中的某个相位对应的位移的凸轮表。辅助装置存储第一凸轮曲线以及辅助用户程序的制作的支持程序。程序使得辅助装置执行:在接受到预先规定的命令后,使用通信接口从运算单元获取凸轮表的步骤;在显示器上显示在存储器中存储的第一凸轮曲线或者获取的第一凸轮曲线、以及基于获取的凸轮表的第二凸轮曲线的步骤。

[0043] 发明效果

[0044] 根据本发明,可以容易地实现装置机械差的微调以及电子凸轮动作中的从轴的动作的变更。

## 附图说明

- [0045] 图 1 是表示 PLC 系统的概略结构的示意图。
- [0046] 图 2 是表示 CPU 单元的硬件结构的示意图。
- [0047] 图 3 是表示在 CPU 单元执行的软件结构的示意图。
- [0048] 图 4 是表示由控制程序提供的动作控制的概要的处理步骤的流程图。
- [0049] 图 5 是表示动作控制命令和任务之间的关系图。
- [0050] 图 6 是表示电子凸轮的功能概要的图。
- [0051] 图 7 是用于视觉性地说明说明电子凸轮的动作的图。
- [0052] 图 8 是表示电子凸轮的凸轮曲线的图。
- [0053] 图 9 是表示有关电子凸轮的系统结构的图。
- [0054] 图 10 是表示有关凸轮数据的数据体排列的图。
- [0055] 图 11 是表示凸轮表的数据结构的图。
- [0056] 图 12 是表示在表形式的使用 GUI 的方式中,用于改写凸轮表的用户界面的图。
- [0057] 图 13 是表示改写凸轮表后凸轮表的数据结构的图。
- [0058] 图 14 是用于说明凸轮表的改写处理的图。
- [0059] 图 15 是表示用户直接描述程序的方式中,用于改写凸轮表的用户界面的图。
- [0060] 图 16 是表示改写凸轮数据的步骤的流程图。
- [0061] 图 17 是表示向高优先级定周期任务记载改写凸轮表的控制命令时的数据流程的图。
- [0062] 图 18 是表示向低优先级定周期任务记载改写凸轮表的控制命令时的数据流程的图。
- [0063] 图 19 是用于说明接受到变更相位  $\theta_a$  的位移的命令的下一个控制周期使用变更前的凸轮表进行处理且在接受到该命令的下一个的下一个控制周期使用其他的凸轮表进行处理时的电子凸轮的动作的图。
- [0064] 图 20 是表示用于改写凸轮表的相位的用户界面的图。
- [0065] 图 21 (a)、(b) 是表示 PLC 支持装置在 PLC 支持装置的显示器上显示凸轮曲线以及变更后的凸轮曲线的状态的图。
- [0066] 图 22 (a)、(b) 是在图 21 (a)、(b) 的各状态下,再次进行警告显示的状态的图。
- [0067] 图 23 是表示连接到 CPU 单元而使用的 PLC 支持装置的硬件结构的示意图。
- [0068] 图 24 是表示连接到 CPU 单元而使用的 PLC 支持装置的软件结构的示意图。
- [0069] 图 25 是使用表形式的 GUI 的方式中,用于改写凸轮表的相位的用户界面的图。

## 具体实施方式

[0070] 参照附图详细说明关于本发明的实施方式。另外,对于附图中的相同或者相应的部分,使用相同标号不重复其说明。

[0071] <A. 系统结构>

[0072] 本实施方式的 PLC 具有用于控制电机的运动的动作控制功能。首先,参照图 1 说明本实施方式的 PLC1 的系统结构。

[0073] 图 1 是表示本发明的实施方式的 PLC 系统的概要结构的示意图。参照图 1 可知, PLC 系统 SYS 包括: PLC1、与 PLC1 经由现场网络(Field Network)2 连接的伺服电机驱动器 3 以及远程 I/O 终端 5、作为现场设备的检测开关 6 以及继电器 7。此外, PLC1 经由连接电缆 10 等与 PLC 支持装置 8 连接。

[0074] PLC1 包括: 执行主要运算处理的 CPU 单元 13、一个以上的 I/O 单元 14 以及特殊单元 15。这些单元经由 PLC 系统总线 11 可以互相交换数据。此外, 这些单元通过电源单元 12 供给合适的电压的电源。另外, 作为 PLC1 构成的各单元由 PLC 厂商提供, 因此 PLC 系统总线 11 一般按照各 PLC 厂商独自开发并使用。相比之下, 对于后面说明的现场网络 2 多数情况为公开规格等, 以使得不同厂商的产品之间能够连接。

[0075] 在后面参照图 2 叙述 CPU 单元 13 的细节。

[0076] I/O 单元 14 为普通的输入输出处理有关的单元, 管理如开启/关闭的二值化的数据的输入输出。即, I/O 单元 14 收集检测开关 6 等的传感器检测到某种对象物的状态(开启)以及未检测到任何对象物的状态(关闭)的其中一种信息。此外, I/O 单元 14 对继电器 7 以及执行器等输出目的地输出用于活动化的命令(开启)以及用于非活动化的命令(关闭)的其中一个。

[0077] 特殊单元 15 具有例如模拟数据的输入输出、温度控制、通过特定的通信方式的通信等在 I/O 单元 14 不支持的功能。

[0078] 现场网络 2 传输与 CPU 单元 13 交换的各种数据。作为现场网络 2, 典型地, 可以使用各种工业用以太网(注册商标)。作为工业用以太网(注册商标), 例如已知 EtherCAT(注册商标)、Profinet IRT、MACHATROLINK(注册商标)-III、Powerlink、SERCOS(注册商标)-III、CIP Motion 等, 可以采用这些中的任何一种。而且, 也可以使用工业用以太网(注册商标)意外的现场网络。例如, 只要是不进行动作控制时, 可以使用 DeviceNet、CompoNet/IP(注册商标)等。在本实施方式的 PLC 系统 SYS 中, 示例了采用工业用以太网(注册商标)的 EtherCAT(注册商标)作为现场网络 2 的情况的结构。

[0079] 另外, 图 1 示例了具有 PLC 系统总线 11 以及现场网络 2 双方的 PLC 系统 SYS, 但也可以采用仅搭载一方的系统结构。例如, 可以由现场网络 2 连接所有单元。或者, 不使用现场网络 2 而将伺服电机驱动器 3 直接连接到 PLC 系统总线。再有, 也可以将现场网络 2 的通信单元连接到 PLC 系统总线, 从 CPU 单元 13 经由该通信单元与连接到现场网络 2 的设备之间进行通信。

[0080] 伺服电机驱动器 3 经由现场网络 2 与 CPU 单元 13 连接, 并根据 CPU 单元 13 的命令值驱动伺服电机 4。更具体地, 伺服电机驱动器 3 从 PLC1 按照一定周期接受位置命令值、速度命令值、扭矩命令值等命令值。此外, 伺服电机驱动器 3 从连接到伺服电机 4 的轴的位置传感器(旋转编码器)以及扭矩传感器等检测器获取位置、速度(典型地, 根据本次位置和上次位置之间的差计算得出)、扭矩等与伺服电机 4 的动作有关的实际测量值。进而, 伺服电机驱动器 3 将来自 CPU 单元 13 的命令值设定为目标值, 将实际测量值作为反馈值, 进行反馈控制。即, 伺服电机驱动器 3 调整用于驱动伺服电机 4 的电流, 使得实际测量值接近目标值。另外, 伺服电机驱动器 3 有时被称为伺服电机放大器。

[0081] 此外,图1中表示了组合伺服电机4和伺服电机驱动器3的系统例,也可以采用其他结构,例如组合脉冲电机和脉冲电机驱动器的系统。

[0082] 图1所示的PLC系统SYS的现场网络2中,还连接了远程I/O终端5。远程I/O终端5基本上与I/O单元14相同,进行普通的与输入输出处理有关的处理。更具体地,远程I/O终端5包括用于在现场网络2进行数据传输的处理的通信耦合器52以及一个以上的I/O单元53。这些单元经由远程I/O终端总线51可以互相交换数据。

[0083] 另外,关于PLC支持装置8,将在后面说明。

[0084] <B. CPU单元的硬件结构>

[0085] 接下来,参照图2说明CPU单元13的硬件结构。图2是表示本发明的实施方式的CPU单元13的硬件结构的示意图。参照图2可知,CPU单元13包括:微处理器100、芯片组102、主存储器104、非易失性存储器106、系统定时器108、PLC系统总线控制器120、现场网络控制器140、以及USB连接器110。芯片组102与其他部件之间经由各种总线分别连接。

[0086] 典型地,微处理器100以及芯片组102参照通用的计算机架构而构成。即,微处理器100解释并执行从芯片组102按照内部时钟依次供给的命令代码。芯片组102与连接的各种部件之间交换内部数据,并生成微处理器100所需的命令代码。再有,芯片组102具有缓存在微处理器100的运算处理的执行结构所获得的数据等的功能。

[0087] 作为保存部件,CPU单元13具有主存储器104以及非易失性存储器106。

[0088] 主存储器104为易失性地存储区域(RAM),在向CPU单元13提供电源后保存将在微处理器100执行的各种程序。此外,主处理器194还被用作微处理器100执行各种程序时的工作用存储器。作为这样的主存储器104,使用DRAM(Dynamic Random Access Memory,动态随机访问存储器)以及SRAM(Static Random Access Memory,静态随机访问存储器)等。

[0089] 另一方面,非易失性存储器106不易损失地保存实时OS(Operating System,操作系统)、PLC1的系统程序、用户程序、动作运算程序、系统设定参数等数据。这些程序以及数据根据需要背负著到主存储器104,以便处理器100能够访问。作为这样的非易失性存储器106,可以使用闪存等半导体存储器。或者,有时也可以使用如硬盘驱动器那样的磁性存储介质或者DVD-RAM(Digital Versatile Disk Random Access Memory,数字通用光盘随机访问存储器)等光学存储介质。

[0090] 系统定时器108按照一定周期产生中断信号并提供给微处理器。典型地,根据硬件的规格按照多个不同的周期分别产生中断信号,但也可以设定为通过OS(Operating System,操作系统)以及BIOS(Basic Input Output System,基本输入输出系统)等在任意的周期产生中断信号。利用该系统定时器108产生的中断信号,实现后面描述的按照动作控制循环的控制动作。

[0091] 作为通信电路,CPU单元13具有PLC系统总线控制器120以及现场网络控制器140。

[0092] 缓存126发挥经由PLC系统总线11向其他单元输出的数据(以下亦称为“输出数据”)的发送缓存以及经由PLC系统总线11从其他单元输入数据(以下亦称为“输入数据”)的接收缓存的功能。另外,通过微处理器100的运算处理生成的输出数据,首先存储在主存储器104。进而,向特定单元传输的输出数据,将被从主存储器104读取,并暂时保存在缓存

126。此外,从其他单元传输的输入数据将暂时保存在缓存 126 后,转移至主存储器 104。

[0093] DMA 控制电路 122 进行从主存储器 104 到缓存 126 的输出数据的传输、以及从缓存 126 到主存储器 104 的输入数据的传输。

[0094] PLC 系统总线控制电路 124 在连接到 PLC 系统总线 11 的其他单元之间进行发送缓存 126 的输出数据的处理以及接收输入数据并存储在缓存 126 的处理。典型地,PLC 系统总线控制电路 124 提供 PLC 系统总线 11 的物理层以及数据链路层的功能。

[0095] 现场网络控制器 140 控制经由现场网络 2 的数据交换。即,现场网络 140 根据使用的现场网络 2 的规格,控制输出数据的发送以及输入数据的接收。如上所述,在本实施方式中由于采用根据 EtherCAT (注册商标) 规格的现场网络,因此使用包括用于进行通常的以太网(注册商标)通信的硬件的现场网络控制器 140。在 EtherCAT (注册商标) 中,可以利用实现根据通常的以太网(注册商标)规格的通信协议的普通的 EtherCAT (注册商标) 控制器。然而,根据作为现场网络 2 采用的工业用以太网(注册商标)的种类,使用与通常的通信协议不同的专用规格的通信协议对应的特别规格的以太网(注册商标)控制器。此外,采用工业用以太网(注册商标)以外的现场网络时,使用与该规格对应的专用的现场网络控制器。

[0096] DMA 控制电路 142 进行从主存储器 104 到缓存 146 的输出数据的传输以及从缓存 146 到主存储器 104 的输入数据的传输。

[0097] 现场网络控制电路 144 在与现场网络 2 连接其他装置之间进行发送缓存 146 的输出数据的处理以及接收输入数据并存储到缓存 146 的处理。典型地,现场网络控制电路 144 提供在现场网络 2 的物理层以及数据链路层的功能。

[0098] USB 连接器 110 为用于连接 PLC 支持装置 8 以及 CPU 单元 13 的接口。典型地,从 PLC 支持装置 8 传输的能够在 CPU 单元 13 的微处理器 100 执行的程序等经由 USB 连接器 110 被 PLC1 获取。

[0099] <C. CPU 单元的软件结构>

[0100] 接下来,参照图 3 说明提供本实施方式的各种功能的软件组。这些软件中包含的命令代码在合适的定时被读取,并由 CPU 单元 13 的微处理器 100 执行。

[0101] 图 3 是表示在本发明实施方式的 CPU 单元 13 执行的软件结构的示意图。参照图 3 可知,作为在 CPU 单元 13 执行的软件,为实时 OS200、系统程序 210 以及用户程序 236 的三层结构。

[0102] 实时 OS200 根据 CPU 单元 13 的计算机架构设计,微处理器 100 提供用于执行系统程序 210 以及用户程序 236 的基本的执行环境。该实时 OS 典型地由 PLC 的厂商或者专门的软件公司等提供。

[0103] 系统程序 210 为用于提供作为 PLC1 的功能的软件组。具体地,系统程序 210 包括:调度器程序 212、输出处理程序 214、输入处理程序 216、时序命令运算程序 232、动作运算程序 234 以及其他系统程序 220。另外,一般情况下输出处理程序 214 以及输入处理程序 216 连续(作为一体)执行,因此有时将这些程序统称为 I/O 处理程序 218。

[0104] 用户程序 236 根据用户的控制目的制作。即,根据使用 PLC 系统 SYS 控制的对象的线路(步骤)任意设计的程序。

[0105] 如后面所述,用户程序 236 与时序命令运算程序 232 以及动作运算程序 234 共同

运作,从而实现用户的控制目的。即,用户程序 236 通过利用时序命令运算程序 232 以及动作运算程序 234 提供的命令、函数、功能模块等实现编制的动作。因此,有时将用户程序 236、时序命令运算程序 232、以及动作运算程序 234 统称为控制程序 230。

[0106] 这样,CPU 单元 13 的微处理器 100 执行在保存部件中存储的系统程序 210 以及用户程序 230。

[0107] 以下,对于各程序进行更详细的说明。

[0108] 如上所述,用户程序 236 根据用户的控制目的(例如,对象的线路以及处理)而制作。典型地,用户程序 236 为能够在 CPU 单元 13 的微处理器 100 执行的目标程序形式。该用户程序 237 在 PLC 支持装置 8 等通过编译由梯形语言等描述的源代码程序而生成。进而,生成的目标程序形式的用户程序 230 从 PLC 支持装置 8 经由连接电缆 10 向 CPU 单元 13 传输,并存储在非易失性存储器 106 等。

[0109] 调度器程序 212 控制对输出处理程序 214、输入处理程序 216、以及控制程序 230 的各执行循环的处理开始以及处理中断后的处理恢复。更具体地,调度器程序 212 控制用户程序 236 以及时序运算程序 234 的执行。

[0110] 在本实施方式的 CPU 单元 13 中,采用适合于动作运算程序 234 的一定周期的执行循环(动作控制循环)作为全部处理的共同循环。因此,由于难以在一个动作控制循环内完成全部处理,根据执行的处理的优先级等区分为:需要在各动作控制循环中完成执行的处理以及可以跨越多个动作控制循环而执行的处理。调度器程序 212 管理这些被区分的处理的执行顺序。更具体地,调度器程序 212 在各动作控制循环期间内更先执行被赋予更高优先级的程序。

[0111] 输出处理程序 214 将由用户程序 236 (控制程序 230)的执行而生成的输出数据重新配置为适合于传输到 PLC 系统总线控制器 120 以及 / 或者现场网络控制器 140 的形式。PLC 系统总线控制器 120 或者现场网络控制器 140 需要来自微处理器 100 的用于执行发送的指示时,输出处理程序 214 发出该指示。

[0112] 输入处理程序 216 将由 PLC 系统总线控制器 120 以及 / 或者现场网络控制器 140 接收的输入数据重新配置为适合于控制程序 230 使用的形式。

[0113] 时序命令运算程序 232 是执行在用户程序 230 中使用的某种时序命令时被调用,且用于实现该命令内容而执行的程序。

[0114] 动作运算程序 234 根据用户程序 236 的指示执行,且计算输出到伺服电机驱动器 3 和脉冲电机驱动器等电机驱动器的命令值的程序。

[0115] 其他的系统程序 220 概括表示除图 3 中个别表示的程序外的,用于实现 PLC1 的各种功能的程序组。其他的系统程序 220 包括设定动作控制循环的周期的程序 222。

[0116] 动作控制循环的周期可以根据控制目的适当地设定。典型地,用户向 PLC 支持装置 8 输入指定动作控制循环的周期的信息。于是,该输入的信息从 PLC 支持装置 8 传输到 CPU 单元 13。设定动作控制循环的周期的程序 222 将来自 PLC 支持装置 8 的信息存储到非易失性存储器 106,并设定系统定时器 108,使得以从系统定时器 108 指定的动作控制循环的周期产生中断信号。通过在向 CPU 单元 13 提供电源时执行用于设定动作控制循环的周期的程序 222,从非易失性存储器 106 读取指定动作控制循环的周期的信息,并根据读取的信息设定系统定时器 108。

[0117] 作为指定动作控制循环的周期的信息的形式,可以采用表示动作控制循环的周期的时间的值、以及特定有关动作控制循环的周期的预先准备好的多个选择项中一项的信息(编号或者字符)等。

[0118] 在本实施方式的 CPU 单元 13 中,作为设定动作控制循环的周期的部件,可以为用于任意设定动作控制循环的周期的元素,例如:与用于获取指定动作控制循环的周期的 PLC 支持装置 8 之间的通信部件、设定动态控制循环的周期的程序 222、以及可以任意设定规定动作控制循环的中断信号的周期的系统定时器 108 的结构等。

[0119] 实时 OS200 提供用于根据时间的经过切换并执行多个程序的环境。在本实施方式的 PLC1 中,初始设定输出准备中断(P)以及现场网络发送中断(X),作为将 CPU 单元 13 执行程序而生成的输出数据输出(发送)到其他单元或者其他装置的事件(中断)。实时 OS200 在发生输出准备中断(P)或者现场网络发送中断(X)后,将在微处理器 100 的执行对象由在中断发生时刻执行的程序切换到调度器程序 212。另外,实时 OS200 在调度器程序 212 以及调度器程序 212 控制其执行的程序没有被执行时,执行其他的系统程序 210 包括的程序。作为这样的程序,包括例如经由 CPU 单元 13 和 PLC 支持装置 8 之间的连接电缆 10 (USB)的通信处理有关的程序。

[0120] <D. 动作控制的概要>

[0121] 接下来,说明上述的用户程序 236 包含的典型的结构。用户程序 236 包括周期性地判断有关电机的运动的控制开始的条件是否成立的命令。例如,判断由电机驱动力进行某种措施的工作是否被传送到规定的措施位置等的逻辑。进而,用户程序 236 还包括响应于判断为该控制开始的条件成立而开始动作控制的命令。随着该动作控制的开始,指示动作命令的执行。于是,对应于指示的动作命令的动作运算程序 234 启动,首先执行了按照各动作运算程序 234 的执行计算对电机的命令值所需的初始处理。此外,在与初始处理相同的动作控制循环中,计算在第一循环的命令值。因此,初始处理以及第一个命令值计算处理为启动动作运算程序 234 在第一个执行中需要进行的处理。然后,依次计算各循环中的命令值。

[0122] 图 4 是表示由本发明的实施方式的控制程序 230 (用户程序 236、时序命令运算程序 232 以及动作运算程序 234) 提供的动作控制的概要的处理步骤的流程图。参照图 4 可知,微处理器 100 周期性地判断有关电机的运动的控制开始的条件是否成立(步骤 S2)。该控制开始的条件是否成立的判断由用户程序 236 以及时序命令运算程序 232 实现。当控制开始的条件不成立时(步骤 S2 中为“否”时),重复步骤 S2 的判断。

[0123] 当控制开始的条件成立时(步骤 S2 中为“是”时),微处理器 100 执行有关动作控制的初始处理(步骤 S4)。作为该初始处理,包括电机运动的开始位置坐标、结束位置坐标、初始速度、初始加速度。轨迹等的计算处理。接下来,微处理器 100 执行第一循环中的命令值的计算处理(步骤 S6)。再有,微处理器执行计算出的命令值的输出处理(步骤 S8)。

[0124] 然后,微处理器 100 等待至下一个动作控制循环的到来(步骤 S10)。进而,微处理器 100 周期性地判断有关电机运动的控制结束的条件是否成立(步骤 S12)。所谓步骤结束的条件成立是指,伺服电机 4 到达结束位置的状态等。当控制结束的条件成立时(在步骤 S12 中为“是”时),重复步骤 S2 以下的处理。此时,启动中的动作运算程序 234 保持不活动的状态,直到新的控制开始的条件成立。

[0125] 当控制结束的条件不成立时(在步骤 S12 中为“否”时),微处理器 100 执行现在的循环中的命令值的计算处理(步骤 S14)。再有,微处理器 100 执行计算出的命令值的输出处理(步骤 S16)。进而,重复步骤 S10 以下的处理。

[0126] 下面,将为了执行动作控制的功能模块也称为“动作控制功能模块”。具体地,“动作控制功能模块”是指,使用从用户程序给予的目标值(位置、速度、扭矩等)按照一定的周期执行为了实现用户期望的动作所需的向轴的命令值输出、以及从轴的信息获取的功能模块。另外,“动作控制功能模块”是对伺服驱动器输出命令值的开环型控制器。此外,将对动作控制功能模块给予指示的命令(功能块(以下,也称为“FB”)等)称为“动作控制命令”。

[0127] 图 5 是表示动作控制命令与任务之间的关系图。具体地,图 5 是表示数据流程的图。参照图 5 可知,动作控制功能模块在高优先级定周期任务中执行。动作控制命令可以在高优先级定周期任务或者低优先级定周期任务中描述。高优先级定周期任务是在 CPU 单元 13 中最高优先级的任务。

[0128] 在低优先级周期任务执行中,高优先级定周期任务成为可以执行的情况下,低优先级定周期任务会暂时中断,执行高优先级定周期任务。在高优先级定周期任务结束后,恢复低优先级定周期任务的执行。另外,低优先级定周期任务的周期 T2 是高优先级定周期任务的周期 T1 的整数倍。图 5 表示了  $T2=2T1$  的情况。

[0129] 在图 5 中,将调度器程序标记为“SC”、输出 / 输入处理程序标记为“OI”、用户程序 234 标记为“UPRG”、动作运算程序 234 标记为“MC”。此外,为了方便说明,为了在图 5 中识别各 OI、各 MC,分别赋予了不同参照符号 701 ~ 707。

[0130] 数据的大致流程的顺序为:(1)从设备(slave)→OI701→MC702→OI703→伺服电机驱动器 3、(2)MC704→OI705→伺服电机驱动器 3、(3)MC706→OI707→伺服电机驱动器 3。下面进行具体说明。

[0131] 在 PLC1 的执行中,微处理器 100 处于至少可以执行输出 / 输入处理程序(输出处理程序 214 以及输入处理程序 216)、用户程序 236、动作运算程序 234 的状态。更严密地说,实时 OS200 保持能够执行各个程序的进程(或者线程)的状态,通过调度器程序 212 利用实时 OS200 以及硬件资源(系统定时器 108 等),以合适的定时且合适的顺序执行各程序。这样,有调度器程序 212 控制各个程序的执行的开始 / 中断 / 结束等。

[0132] 图 5 中,基于从从设备到 OI701 的输入(IN),现场网络控制器 140(参照图 2)接收动作控制用输入数据,并将该输入数据存储在主存储器 104 的现场网络接收缓存(未图示)中,并且 / 或者 PLC 系统总线控制器接收动作控制用输入数据,并将该输入数据存储在主存储器 104 的 PLC 系统总线接收缓存(未图示)中。另外,CPU 单元 13 为主设备(master),将 CPU 单元以外的各个单元设定为从设备。

[0133] 此外,根据 IO 处理程序 218 的命令输出启动命令数据或者动作命令值数据。更具体地,存储在主存储器 104 的控制程序的工作区域(未图示)的启动命令数据以及动作命令值数据被传输到主存储器的现场网络发送缓存(未图示)。再有,紧接着向现场网络发送缓存的数据传输,现场网络控制 140 将启动命令数据或者动作命令值数据发送到伺服电机驱动器 3。

[0134] 另外,从上述从设备到 OI701 的输入(IN)中,也可以输入在用户程序 237 的运算中使用,而在动作运算程序 234 的运算中不使用的输入数据。此外,通过用户程序 236 的执

行生成的用户程序输出数据即使是在动作运算程序 234 不使用的输出数据,也会被发达送到 IO 处理程序 218,并在 OI 处理中输出。

[0135] 本实施方式中的“动作控制循环”是以动作运算程序 234 的执行以及通信的周期即向伺服电机驱动器 3 给予动作命令值数据的周期执行的一系列的处理的循环。

[0136] <E. 电子凸轮>

[0137] 下面,作为同步控制的功能,说明电子凸轮的动作。“同步控制”是指与主轴(输入轴)的位置同步地控制从动轴(控制对象轴)的位置。作为主轴,可以指定:全闭环控制用的编码器的位置、伺服驱动器以及虚拟伺服驱动器的命令位置、以及编码器、伺服驱动器以及虚拟伺服驱动器的反馈位置中的一个。此外,“电子凸轮动作”是指按照后面叙述的凸轮表设定的凸轮图案以控制周期进行凸轮动作的功能。

[0138] CPU 单元 13 由于是按照每个控制周期与输入同步从而控制输出,因此有时运算结果超过在控制功能模块能够输出的最高速度。然而,在这种情况下,CPU 单元 13 不视为错误,而进行最高速度的输出。CPU 单元 13 通过使其在最高速度饱和,将不足的移动量在下一个控制周期以后分配并输出。

[0139] 图 6 是表示电子凸轮的功能概要的图。参照图 6 可知,电子凸轮 500 包括:电子凸轮运算部 501、插补部 502、开关部 503。电子凸轮运算部 501 中输入全闭环控制用的编码器的位置、伺服驱动器以及虚拟伺服驱动器的命令位置、以及编码器、伺服驱动器以及虚拟伺服驱动器的反馈位置中预先选择的位置。

[0140] 电子凸轮运算部 501 基于输入的主轴的相位以及凸轮表向插补部 502 输出从动轴的位移。插补部 502 使用从电子凸轮运算部 501 输出的值进行插补处理。插补部 502 经由开关部 503 输出插补处理后的值(命令位置)。凸轮表预先存储在非易失性存储器 106 中,伴随电源的提供,在主存储器 104 中展开。

[0141] 图 7 是用于视觉性地说明电子凸轮 500 的动作的图。具体地,图 7 是表示包括以基于凸轮表的凸轮曲线表示的机械式凸轮 500A 的凸轮机构 ME 的图。参照图 7 可知,凸轮机构 ME 包括:主轴 400、机械式凸轮 500A、从动轴 600。机械式凸轮 500A 固定在主轴 400 上,伴随主轴 400 的旋转而旋转。从动轴 600 伴随机械式凸轮 500A 的旋转,进行直线运动。也就是说,在凸轮机构 ME 中,主轴的相位(输入)变化后从动轴 600 位移(输出)。电子凸轮 500 是用软件实现这样的凸轮机构 ME 中的输入输出。

[0142] 图 8 是表示电子凸轮 599 的凸轮曲线 510 的图。参照图 8 可知,凸轮曲线 510 中,位移随着相位从 0 增加而增加,在半周期的相位(180 度)时位移迎来峰值。随后,位移随着相位的增加而减少,在一周期的相位(360 度)位移成为 0。另外,凸轮曲线 510 仅为示例,PLC 系统 SYS 中利用的凸轮曲线不限于此。

[0143] 图 9 是表示有关电子凸轮 500 的系统结构的图。图 9 是将图 6 的凸轮 500 更加详细地表示的图,也是表示执行电子凸轮的动作的动作控制器的结构的图。参照图 9 可知,有关电子凸轮 500 的系统通过电子凸轮运算部 501、插补部 502、开关部 503、主存储器 104、非易失性存储器 106 以及用户程序 236 实现。

[0144] 非易失性存储器 106 中存储多个凸轮表 520、521、522。图 9 表示了从非易失性存储器 106 将凸轮表 520 在主存储器 104 展开的状态。此外,图 9 表示了从编码器 19 对电子凸轮 500 输入编码器位置的例子。关于凸轮表 520 的细节,在后面叙述。另外,为了方便说

明,亦将凸轮表称为“凸轮表 No. 1”。

[0145] 图 10 是表示有关凸轮数据的结构体排列的图。参照图 10 可知,结构体排列 530 是用于在主存储器 104 管理存储在非易失性存储器 106 的凸轮表 520 的结构体排列。在结构体排列 530 中,对应凸轮表的识别符、索引以及相位的值(或者位移的值)。例如,结构体排列 530 的第一个描述表示凸轮表 No. 1(也就是凸轮表 520)中的索引的第一个相位为“0.0”。另外,关于索引,将在后面叙述。

[0146] 图 11 是表示凸轮表 520 的数据结构的图。更具体地,图 11 是表示存储在 PLC 支持装置 8 的由凸轮表编辑软件制作的凸轮表的数据结构的图。

[0147] 参照图 11 可知,凸轮表 520 是对电子凸轮的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的数据。也就是说,凸轮表 520 是离散的数据。将凸轮表 520 中的数据进行直线插补后,变为图 8 所示的凸轮曲线 510。该直线插补由图 6 的插补部 502 进行。

[0148] 凸轮表 520 中,可以将 0 度到 360 度的相位区分为最大凸轮数据数来描述。在凸轮表 520 中,以 0.1 为刻度描述相位。另外,“凸轮数据”是指一个位移和一个相位组成的数据。也就是说,凸轮表 520 包括多个凸轮数据。另外,位移  $\delta$  的单位例如是“mm”。

[0149] 此外,在凸轮表中,相位以及位移的各个值为 0 的最初的凸轮数据位凸轮表的起点。将该部位设为第 0 个索引。接下来,将相位以及位移的规格值下一个成为 0 的部位的前一个(也就是上一个)凸轮数据位凸轮表的终点。也就是说,从凸轮表的起点到凸轮表的终点(0 度到 360 度的相位的范围的数据)为有意义的凸轮数据。“有意义的凸轮数据”是指,对电子凸轮的动作产生影响的凸轮数据。对有意义的凸轮数据赋予作为凸轮数据的识别符的索引的编号。索引的编号在凸轮表中按照升序赋予。

[0150] 此外,凸轮表的终端以后(也就是以下)的凸轮数据为对电子凸轮的动作不产生影响的凸轮数据(也就是没有意义的凸轮数据)。另外,没有意义的凸轮数据未必相位与位移的双方为 0。没有意义的凸轮数据的数量由凸轮表的编辑软件指定。

[0151] 图 13 是表示改写凸轮表 520 后的凸轮表 520A 的数据结构的图。另外,凸轮表的改写处理是指,如上述那样,改写从非易失性存储器 106 在主存储器 104 展开的凸轮表 520 的数据的处理。即使是为了进行该改写处理而展开凸轮表 520 时,非易失性存储器 106 中仍然保持存储凸轮表 520(也就是原始数据)的状态。

[0152] 参照图 13,CPU 单元 13 接受到将凸轮表 520 的相位  $\theta_a$  的位移  $\delta_1$  变更为  $\delta_2$  的命令后,将在凸轮表 520 中对应相位  $\theta_a$  的位移从  $\delta_1$  变更为  $\delta_2$ 。也就是说,CPU 单元 13 的微处理器 100 将在主存储器 104 展开的凸轮表 520 中的相位对应相位  $\theta_a$  的位移  $\delta_1$  覆盖为  $\delta_2$ 。另外, $\theta_a$  是从 0 度到 360 度的各相位中,任意的相位。

[0153] 微处理器 100 接受到预先规定的指示后,将在主存储器 104 暂时存储的凸轮表 520A 存储到非易失性存储器 106。由此,变为在非易失性存储器 106 存储凸轮表 520 以及凸轮表 520A。

[0154] 图 14 是用于说明凸轮表 520 的改写处理的图。图 14(a)是表示基于改写前的凸轮表 520 的凸轮曲线 510 以及基于改写后的凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A 的图。图 14(b)是用于说明凸轮表的改写前后的电子凸轮的动作的图。

[0155] 参照图 14(a)可知,基于凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A 为与对于凸轮表 520A 中的相位  $\theta_a$  的前后的相位的位移之间具有连续性的曲线(正确而言是直线的集合)。参照图

14 (b)可知,CPU 单元 13 在接受到相位  $\theta b$  对应的时刻( $\theta a < \theta b$ )接受到变更位移后的命令时,在下一个控制周期以后根据基于凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A 使控制对象的从动轴动作。

[0156] 凸轮表的改写有用户直接描述程序的方式以及使用表形式的 GUI (Graphic User Interface,图像用户界面)的方式。

[0157] 图 15 是表示在用户直接描述程序的方式中用于改写凸轮表的用户界面的图。此外,图 15 示出了使用 PLC 控制器中一般使用的 ST (Structure Text,结构文本)以及梯形语言时改写命令的描述例。

[0158] 参照图 15 可知,使用 PLC 支持装置 8 进行凸轮表的改写。具体地,用户参照 PLC 支持装置 8 的显示器 87,并进行数据输入,从而执行在主存储器 104 展开的凸轮表 520 的改写。

[0159] 显示器 87 中表示了两个区域 801、803。区域 801 是显示可以选择的项目的菜单区域。

[0160] 区域 803 内的盒子 803a 中描述用户的程序,也就是说,盒子 803a 中显示执行的处理内容。作为具体例,在区域 803a 中使用上述语言描述了表示电子凸轮 No. 1 (也就是电子凸轮 500) 为执行中的输出参数“忙\_1”以及“接点\_1”为真,且向从动轴的命令的凸轮表的凸轮数据比索引第 90 号更小时,向凸轮表 No1 的索引第 90 号~100 号的位移加上 10 的命令。此时,微处理器 100 执行区域 803 中描述的处理。

[0161] 图 12 是表示使用表形式的 GUI 的方式中用于改写凸轮表的用户界面的图。参照图 12 可知,在显示器 87 上显示作为表形式的 GUI 的窗口 851。窗口 851 是用于用户输入的区域。窗口 851 中用户描述了用于在凸轮表 No. 1 的索引第 90 号到 100 号的凸轮位移上分别增加 10mm 的命令。另外,由于图 12 的情况使用 GUI,用户容易描述命令。

[0162] 图 16 是表示改写凸轮表 520 的凸轮数据的位移的步骤的流程图。参照图 16 可知,在步骤 S102 中微处理器 100 判断是否接受到变更在凸轮表 520 中的位移的索引编号的指定。微处理器 100 在判断为接受到索引编号的指定(步骤 S102 中的“是”)后在步骤 S104 中判断是否接受到位移的值的输入。微处理器 100 判断为没有接受到索引编号的指定(步骤 S102 中的“否”)后,将处理移至步骤 S102。

[0163] 微处理器 100 在判断为接受到位移的值的输入后(步骤 S104 中的“是”),在步骤 S106 在凸轮表 520 中将指定的索引的位移变更为输入的值。微处理器 100 判断为没有接受到位移的值的输入后(步骤 S104 中的“否”),将处理移至步骤 S104。

[0164] 在步骤 S108 中,微处理器 100 执行使用变更位移后的凸轮表 520 的控制。在步骤 S110 中,微处理器 100 判断使用凸轮表 520A 的控制是否结束。微处理器 100 判断控制结束时(步骤 S110 中的“是”),在步骤 S112 判断是否接受到了用于保存凸轮 520A 的指示。微处理器 100 在判断为控制尚未结束时(步骤 S110 中的“否”),将处理移至步骤 S110。

[0165] 微处理器 100 判断为接受到用于保存的指示后(步骤 S112 中的“是”),在步骤 S114 中,将凸轮表 520A 存储到非易失性存储器 106。微处理器 100 判断为没有接受到用于保存的指示后(步骤 S112 中的“否”),不将凸轮表 520A 存储到不易挥发性存储器 106 中而结束一系列的处理。

[0166] 然而,改写凸轮表的控制命令,可以在高优先级定周期任务中描述改写凸轮表的

控制命令,或者也可以在低优先级定周期任务描述该控制命令。

[0167] 图 17 是表示在高优先级定周期任务描述改写凸轮表的控制命令时的数据流程的图。参照图 17,在 UPRG710 描述改写凸轮表的控制命令 FB711。此时的数据的大致的流程顺序为:(1)从设备→OI701→FB711→MC702→OI703→伺服电机驱动器 3、(2)MC704→OI705→伺服电机驱动器 3、(3)MC706→OI707→伺服电机驱动器 3。

[0168] 图 18 是表示在低优先级定周期任务描述改写凸轮表的控制命令时的数据流程的图。参照图 18 可知,在 UPRG720 描述改写凸轮表的控制命令 FB (Function Block, 功能块) 721、722。此时的数据的大致的流程顺序为:(1)从设备→OI701→MC702→UPRG720 (FB721、722)→OI706→OI707→伺服电机驱动器 3。

[0169] 下面说明 CPU 单元 13 能够执行的其他功能。另外,凸轮表的凸轮数据的改写除了凸轮动作时以外,还可以在凸轮停止时进行。

[0170] (e1. 遮罩(Masking)处理)

[0171] CPU 单元 13 如图 14 (b) 所示,当接受到在与相位  $\theta b$  对应的时刻( $\theta a < \theta b$ ) 变更位移的命令时,在下一个控制周期以后,根据基于凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A,使得作为控制对象的从动轴动作。然而,CPU 单元 13 也可以在接受到该命令的下一个控制周期进行使用凸轮表 520 的处理,且在接受到该命令的下一个的下一个控制周期进行使用凸轮表 520A 的处理。更具体说明如下。另外,为了方便说明,下面将该处理称为“遮罩处理”。

[0172] CPU 单元 13 的微处理器 100 从用户接受不执行遮罩处理的模式(亦称为“第一变更模式”)以及执行遮罩处理的模式(亦称为“第二变更模式”)。微处理器 100 接受到不进行遮罩处理的模式的选择时,接受到用于变更位移的命令后,在接受到该命令的电子凸轮的周期以及该周期的下一个周期以后使用变更后的凸轮表 520A 执行控制程序 230。也就是说,如上面所述,微处理器 100 在位移变更后立即执行反映该变更的处理。

[0173] 另一方面,微处理器 100 在接受到执行遮罩处理的模式的选择时,接受到用于变更位移的命令后,在接受到该命令时的电子凸轮的周期使用变更前的凸轮表 520 执行控制程序 230,在该周期的下一个周期以后使用变更后的凸轮表 520A 执行控制程序 230。

[0174] 图 19 是在用于说明接受到变更相位  $\theta a$  的位移的命令的下一个控制周期中使用凸轮表 520 进行处理,在接受到该命令的下一个的下一个周期中使用凸轮表 520A 进行处理时的电子凸轮的动作的图。也就是说,图 19 是用于说明在选择进行遮罩处理时的电子凸轮的动作的图。

[0175] 参照图 19 可知,CPU 单元 13 在相位  $\theta b$  对应的时刻接受到变更位移的命令时,在下一个凸轮周期基于变更前的凸轮表 520 对应的凸轮曲线 510 使得作为控制对象的从动轴动作。再有,在下一个凸轮周期中,CPU 单元 13 基于变更后的凸轮表 520A 对应的凸轮曲线 510A 使得作为控制对象的从动轴动作。

[0176] 通过进行这样的处理,至少在包含了进行改写的定时的凸轮周期中不会进行使用改写后的凸轮表的控制。因此,CPU 单元 13 能够进行稳定的控制。

[0177] 另外,遮罩处理的功能为可选功能,并非 CPU13 必备的功能。

[0178] (e2. 相位的改写)

[0179] 在上述中说明了改写凸轮表中凸轮数据的位移的例子,但不限于此。CPU 单元 13 也可以改写相位来取代改写位移。或者,CPU 单元 13 不仅改写位移外,可以改写位移以及

相位。

[0180] 图 20 是表示用户直接描述程序时的用于改写凸轮相位的用户界面的图。此外,图 20 与图 15 一样,表示了使用在 PLC 控制器中普遍使用的 ST (Structure Text, 结构文本) 以及梯形语言时的改写命令的描述例。

[0181] 参照图 20 可知,如上面所述,在区域 803 内的盒子 803a 中描述了用户的程序。作为具体例,在区域 803a 中使用上述语言描述了表示电子凸轮 No. 1 (也就是电子凸轮 500) 为执行中的输出参数“忙\_1”以及“接点\_1”为真,且在向从动轴的命令的凸轮表的凸轮数据比索引第 100 号更小时,将凸轮表 No. 1 的索引第 100 号的相位变更为 200.0° 的命令。此时,微处理器 100 执行区域 803 中描述的处理。

[0182] 图 25 是使用表形式的 GUI 的方式中用于改写凸轮表的相位的用户界面的图。参照图 25 可知,在显示器 87 上显示作为表形式的 GUI 的窗口 852。窗口 851 是用于用户输入的区域。窗口 852 中用户描述了用于将凸轮表 No. 1 的索引第 100 号的凸轮数据的相位变更为 200° 的命令。

[0183] (e3. 升序校验)

[0184] 如上所述,包含于凸轮表中的相位也可能被改写。因此,也有凸轮表被改写使得包含在凸轮表中的凸轮数据的相位不成为升序的危险。例如,也存在图 11 所示的凸轮表 520 的相位成为“0.0”→“0.1”→“0.8”→“0.2”→“0.3”…的情况。

[0185] 设想这样的情况,CPU 单元 13 在电子凸轮的动作开始时以及凸轮动作时校验相位是否为升序。另外,CPU 单元 13 在凸轮动作中时,例如按照预先规定的间隔(例如为一个控制周期)校验是否为升序。当 CPU 单元 13 判定为凸轮数据并没有按照相位升序排列时,进行预先规定的报告。具体地,CPU 单元 13 向用户程序 236 通知错误警告(错误信息、错误编码、声音、以及 / 或者图像)的通知。

[0186] (e4. 有意义的凸轮数据的添加 / 删除)

[0187] 正如基于图 11 说明的那样,凸轮表具有对于电子凸轮有意义的凸轮数据以及没有意义的凸轮数据。

[0188] 微处理器 100 接受到用于添加凸轮数据的用户输入后,向没有意义的凸轮数据中的某一个写入基于该输入的相位以及 / 或者位移。再有,微处理器 100 通过执行预先规定的命令,将上述具有基于输入的相位以及 / 或者位移的没有意义的凸轮数据设为有意义的凸轮数据。此时,微处理器 100 变更凸轮表内的凸轮数据的排序,使得相位成为升序。通过以上步骤,可以增加凸轮表中有意义的凸轮数据的数量。

[0189] 此外,相反地,也可以将有意义的凸轮数据变更为没有意义的凸轮数据。由此,通过以上处理,也可以减少凸轮表中的有意义的凸轮数据的数量。

[0190] (e5. 索引通知)

[0191] 正如基于图 11 的说明,赋予构成凸轮表的各凸轮数据索引编号。微处理器 100 向用户程序 236 通知该索引编号。由此,用户可以知道构成凸轮表的凸轮数据的索引。

[0192] 尤其,微处理器 100 通过在电子凸轮的动作中向用户程序 236 通知索引,从而在图 15 表示的画面实现凸轮表的改写。

[0193] (F. 由 CPU 单元的处理的总结)

[0194] (1) CPU 单元 13 是执行动作控制和时序控制的 PLC 的运算单元。CPU 单元 13 具

有:微处理器 100;以及存储器,存储用于进行使用对电子凸轮 500 的主轴的各个相位对应该电子凸轮的从动轴的位移的凸轮表 520 的动作控制的控制程序 230 以及凸轮表 500。

[0195] 微处理器 100 将控制程序 230 的执行结果输出到对应从动轴的控制对象设备。当微处理器 100 接受到用于变更上述多个相位中的某个相位以及与该相位对应的位移中的至少一个的第一命令后,将凸轮表 520 中的该相位以及位移中的至少一个变更为基于第一命令的值。微处理器 100 在进行上述变更后,使用变更后的凸轮表 520A 执行控制程序 230,向控制对象设备输出该执行结果。

[0196] 由此,CPU 单元 13 能够容易地实现电子凸轮动作中的从轴(控制对象设备)的动作的变更。再有,CPU 单元 13 可以微调装置的机械差。

[0197] 更具体地,通过使用 CPU 单元 13,在使用定义主轴和从轴的位置信息的凸轮表的电子凸轮动作中,可以在电子凸轮动作中使用用户程序 236 变更凸轮表的值,或者进行凸轮数据数量的增减。由此,CPU 单元 13 可以调整从轴的动作。

[0198] (2)上述存储器包括非易失性存储器 106 以及易失性的主存储器 104。非易失性存储器 106 存储变更前的凸轮表 520。微处理器 100 从非易失性存储器 106 读取变更前的凸轮表 520,将该读取的凸轮表 520 在主存储器 104 中展开。微处理器接受到展开后的上述第一命令后,在主存储器 104 中展开的凸轮表 520 上进行上述变更。微处理器 100 受到第二命令后,向所述非易失性存储器 106 再次存储在易失性存储器展开的上述变更后的凸轮表 520A。由此,用户可以将改写后的凸轮表 520A 区别于凸轮表 520 而存储在非易失性存储器 106。

[0199] (3)变更前的凸轮表 520 包括多个由一个位移和一个相位构成的凸轮数据。多个凸轮数据区分为对电子凸轮的动作产生影响的有意义的凸轮数据(第一凸轮数据)和对电子凸轮的动作不产生影响的没有意义的凸轮数据(第二凸轮数据)。微处理器 100 接受到上述第一命令后,将没有意义的凸轮数据的相位以及位移中的至少一个变更为基于第一命令的值。由此,用户在凸轮表 520 中可以添加有意义的凸轮数据。

[0200] (4)控制程序 230 包括动作运算程序 234 以及进行对动作运算程序 234 给予该动作运算程序 234 的执行所需的命令的处理的程序。各个凸轮数据对应索引编号(识别信息)。微处理器 100 在执行使用动作运算程序 234 的电子凸轮 500 的动作时,将索引编号识别信息通知给用户程序 236。由此,用户能够得知构成凸轮表的凸轮数据的索引。

[0201] (5)微处理器 100 从非易失性存储器 106 读取变更前的凸轮表 520 后,判定在该凸轮表 520 中凸轮数据是否按照相位升序排列。当微处理器 100 判定为凸轮数据没有按照相位升序排列时,进行预先规定的报告。由此,用户可以认知需要将相位设为升序。

[0202] (6)当微处理器 100 执行控制程序 230 时,无论是否有凸轮表的变更,均以预先规定的间隔判定在控制程序 230 执行时使用的凸轮表中凸轮数据是否按照相位升序排列。当微处理器 100 判定为凸轮数据没有按照相位升序排列时,进行预先规定的报告。由此,用户可以认知需要将相位设为升序。

[0203] (7)微处理器 100 接受用于选择第一变更模式以及第二变更模式的其中之一的命令,当微处理器 100 接受到第一变更模式的选择时,若接受到上述第一命令,则在接受到该第一命令时的电子凸轮的周期以及该周期的下一个周期以后使用变更后的凸轮表 520A 执行所述程序。当微处理器 100 接受到第二变更模式的选择时,若接受到上述第一命令,则在

接受到第一命令时的电子凸轮的周期使用变更前的凸轮 520 表执行控制程序 230, 在该周期的下一个周期以后使用变更后的凸轮表 520A 执行控制程序 230。由此, CPU 单元 13 在选择第二变更模式时, 可以进行比第一变更模式时更稳定的控制。

[0204] (8) 微处理器 100 按照每一个定周期 T1 重复动作运算程序 234 的执行, 且按照每个作为定周期 T1 的整数倍的定周期 T2 重复用户程序 236。用户程序 236 中用于进行上述相位以及 / 或者位移的变更的程序描述在定周期 T1 的任务或者定周期 T2 的任务之中。由此, 可以在高优先级定周期任务或者低优先级定周期任务中记载改写凸轮表的控制命令。

[0205] 然而, 如图 1 所示, 在 PLC 系统 SYS 中, PLC1 的 CPU 单元 13 执行动作控制以及时序控制。更详细地, CPU13 的微处理器 100 (参照图 2) 执行动作控制以及时序控制。

[0206] 但是, 也可以分别设置动作控制用的单元和时序控制用的单元, 并通过不同的处理器(微处理器)执行动作控制和时序控制。也就是说, 使得动作控制用的单元的处理器执行动作控制, 使得时序控制用的单元的处理器执行时序控制。

[0207] 或者, 也可以将双核处理器或者多核处理器作为微处理器 100, 使得一个核执行动作控制, 其余核中的任何一个执行时序控制, 从而构成 CPU 单元 13。

[0208] <G. 支持装置>

[0209] 接下来, 说明用于制作在 PLC1 执行的程序以及 PLC1 的维护等的 PLC 支持装置 8。

[0210] 图 21 是表示 PLC 支持装置 8 将凸轮曲线 510 以及凸轮曲线 510A 显示到 PLC 支持装置 8 的显示器 87 上的状态的图。PLC 支持装置 8 基于来自用户的指示读取存储在 CPU 单元 13 中的凸轮表 520A。此外, PLC 支持装置 8 从 PLC 支持装置 8 的非易失性存储器读取凸轮曲线 510。PLC 支持装置 8 在显示器 87 上显示凸轮曲线 510 以及基于凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A。

[0211] 或者, PLC 支持装置 8 基于来自用户的指示读取存储在 CPU 单元 13 的凸轮曲线 510 以及凸轮表 519A, 在显示器 87 上显示该读取的凸轮曲线 510 以及基于该读取的凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A。也就是说, 将 PLC 支持装置 8 构成为从 CPU 单元 13 获取的凸轮曲线 510 以及基于从 CPU 单元 13 获取的凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A。

[0212] 另外, PLC 支持装置 8 保存凸轮曲线 510 而不保存改写前的凸轮表 520, 以抑制存储器内的数据量增加。其中, 也可以由 PLC 支持装置 8 保存凸轮表 520。

[0213] 图 21 (a) 是表示并列显示凸轮曲线 510 以及凸轮曲线 510A 的图。图 21 (b) 是表示在凸轮曲线 510 上重叠凸轮曲线 510A 而显示时的图。另外, 在图 21 (b) 中, 两个曲线 510、510A 重叠的部位只显示了表示凸轮曲线 510 的实线。

[0214] 参照图 21 (a)、(b) 可知, 由于 PLC 支持装置 8 将基于变更前的凸轮表 520 的凸轮曲线 510 以及基于变更后的凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A 显示在同一画面, 用户可以直观地、容易地理解对凸轮表 520 进行了什么样的变更。尤其, 图 21 (b) 的情况比图 21 (a) 的情况用户更能够明确地认知改写后的状态。

[0215] 图 22 是表示在图 21 (a)、(b) 的各个状态中, 再次进行警告显示的状态的图。参照图 22 (a)、(b) 可知, PLC 支持装置 8 基于凸轮表 520A 计算控制对象即从动轴的加加速度(jerk, 急动度)。当计算出的加加速度为预先规定的阈值以上时, PLC 支持装置 8 在显示器 87 上显示表示加加速度为阈值以上的图像。PLC 支持装置 8 例如警告显示在相位  $\theta c \sim \theta d$  之间超过了预先规定的最大急动度。

[0216] PLC支持装置8优选在凸轮曲线510A中将该超过阈值地部位以与没超过阈值的部位不同的显示方式在显示器87上显示。例如,优选将超过阈值的部位以与没超过阈值的部位不同的颜色显示。另外,上述阈值预先存储在PLC支持装置8的存储器中。

[0217] 另外,在上述中警告显示在某个相位区间超过了预先规定的最大急动度,但不限于此,PLC支持装置8还可以对超过预先规定的最大加速度、最大减速度或者/以及最大速度的区间进行警告显示。此时,PLC支持装置8优选以用户能够区别的方式显示超过最大急动度的部位、超过最大加速度的部位以及超过最大减速度的部位。

[0218] 此外,PLC支持装置8优选不仅对凸轮曲线510A,还对凸轮曲线510在显示器87上以与不超过该阈值的部位不同的显示方式显示超过上述阈值的部位。另外,关于凸轮曲线510A的阈值和凸轮曲线510的阈值,可以是相同值、也可以是不同值。

[0219] 另外,用户可以使用PLC支持装置8指定从轴的最高速度、最大加速度、最大减速度以及最大急动度。此外,PLC支持装置8可以在凸轮曲线的图表中显示最大速度、最大加速度、最大急动度。另外,PLC支持装置8将最高速度显示在控制图表的速度图表上;将最大加速度以及最大减速度显示在控制图表的加减速速度图表上;将最大急动度显示在控制图表的急动度图表上。此时,PLC支持装置8使用指定的单位显示速度、加速度、急动度的单位。(时间固定为秒)。

[0220] 图23是表示连接到本发明的实施方式的CPU单元而使用的PLC支持装置8的硬件结构的示意图。参照图23可知,PLC支持装置8典型地由通用的计算机组成。另外,从维护性的观点来看,优选便携性很好的笔记本型个人电脑。

[0221] 参照图23可知,PLC支持装置8包括:CPU81,执行包括OS在内的各种程序;ROM(Read Only Memory,只读存储器)82,存储BIOS以及各种数据;存储器RAM83,提供用于存储在CPU81执行程序所需的数据的工作区域;硬盘(HDD)84,非易失性地存储在CPU81执行的程序等。

[0222] PLC支持装置8还包括接受来自用户的操作的键盘85和鼠标86以及用于向用户提示信息的显示器87。PLC支持装置8还包括用于与PLC1(CPU单元13)等进行通信的通信接口(IF)。

[0223] 如后面叙述,在PLC支持装置8执行的各种程序被存储到CD-ROM9而流通。存储在该CD-ROM9的程序由CD-ROM(Compact Disk-Read Only Memory,光盘只读存储器)驱动器88读取,并存储到硬盘(HDD)84等。或者通过上位的主计算机通过网络下载程序。

[0224] 如上所述,PLC支持装置8使用通用的计算机实现,因此不进行更多的详细说明。

[0225] 图24是表示连接到本发明的实施方式的CPU单元而使用的PLC支持装置8的软件结构的示意图。参照图24可知,在PLC支持装置8中执行OS310,提供能够执行PLC支持程序320中包含的各种程序的环境。

[0226] PLC支持程序320包括:编辑器程序321、编译器程序322、测试器程序323、模拟用时序命令运算程序324、模拟用动作运算程序325以及通信程序326。PLC支持程序320所包含的各程序,典型地,以存储在CD-ROM9的状态流通,并安装在PLC支持装置8中。

[0227] 编辑器程序321提供用于制作用户程序236的输入以及编辑等功能。更具体地,编辑器程序321除提供用户操作键盘85以及鼠标86制作用户程序236的源程序330的功能外,还提供制作出来的源程序330的保存功能以及编辑功能。此外,编辑器程序321从外

部接受源程序 330 的输入。

[0228] 编译器程序 322 提供将源程序 330 编译,并生成能够在 CPU 单元 13 的微处理器 100 执行的目标程序形式的用户程序 236 的功能。此外,编译程序 322 提供编译源程序 330 而生成能够在 PLC 支持装置 8 的 CPU81 执行的目标程序形式的用户程序 340 的功能。该用户程序 340 是用于通过 PLC 支持装置 8 模拟(simulate)PLC1 的动作用的模拟用目标程序。

[0229] 测试器程序 323 提供对用户程序的源程序进行测试的功能。作为该测试的内容,包括部分执行源程序中用户指定的范围、追踪源程序的执行中的变量值的时间上的变化等动作。

[0230] 测试器程序 323,还提供执行作为模拟用目标程序的用户程序 340 的功能。在该模拟时,使用 PLC 支持程序 320 所包含的模拟用时序命令运算程序 324 以及模拟用动作运算程序 325 以代替 CPU 单元 13 的系统程序所包含的时序命令运算程序 232 以及动作运算程序 234。

[0231] 通信程序 326 提供向 PLC1 的 CPU 单元 13 转发用户程序 236 的功能。

[0232] 一般地,安装在 PLC1 的系统程序 210 在 CPU 单元 13 的制造阶段存储在 CPU 单元 13 的非易失性存储器 106 中。其中,如果系统程序 210 存储在 CD-ROM9 中,用户可以将 CD-ROM9 的系统程序 210 复制到 PLC 支持装置 8,并利用通信程序 326 提供的功能向 CPU 单元 13 转发复制的系统程序 210。再有,如果在 CD-ROM9 存储在 PLC1 的 CPU 单元 13 执行的实时 OS200,实时 OS200 也可以通过用户操作向 PLC1 再次安装。

[0233] <H. 支持装置的处理的总结>

[0234] (1)PLC 支持装置 8 是用于进行在 PLC 的 CPU 单元 13 执行的用户程序 236 的制作的辅助装置。CPU 单元 13 具有存储器,该存储器存储对电子凸轮 500 的主轴的各个相位对应应该电子凸轮的从动轴的位移的凸轮曲线 510 以及变更了与多个相位中的一个相位对应的位移的凸轮表 520A。PLC 支持装置 8 具有 CPU81 ;存储器,存储凸轮曲线 510、用于辅助用户程序 236 的制作的 PLC 制作程序 320 ;显示器 87 ;通信 IF89,用于与 CPU 单元 13 进行通信。CPU81 接受到预先规定的命令后,使用通信 IF89 从 CPU 单元 13 获取凸轮曲线 510 和凸轮表 520A。CPU81 在显示器 87 上显示存储器中存储的凸轮曲线 510 或者从 CPU 单元 13 获取的凸轮曲线 510 以及上述取得的基于凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A。

[0235] 也就是说,PLC 支持装置 8 可以在显示器上比较显示变更前后的凸轮曲线。由此,用户可以在 PLC 支持装置 8 的显示器 87 上对比基于变更前(改写前)的凸轮表 520 的凸轮曲线 510 以及基于变更后的凸轮表 520A 的凸轮曲线 510A。

[0236] (2)PLC 支持程序 320 预先保存有关加加速度的阈值。CPU81 基于凸轮表 520A 计算出作为从动轴的控制驱动设备的加加速度。CPU81 在计算出的加加速度为上述阈值以上时,在显示器 87 上显示表示速度为阈值以上的图像。由此,用户可以确认有关加加速度的凸轮表的改写是否恰当。

[0237] (3)PLC 支持程序 320 预先保存有关速度的阈值。CPU81 基于凸轮表 520A 计算出作为从动轴的控制驱动设备的速度。CPU81 在计算出的速度为上述阈值以上时,在显示器 87 上显示表示速度为阈值以上的图像。由此,用户可以确认有关加速度的凸轮表的改写是否恰当。

[0238] (4)PLC 支持程序 320 预先保存有关加速度以及 / 或者减速度的阈值。CPU81 基于

凸轮表 520A 计算出作为从动轴的控制驱动设备的加速度。CPU81 在计算出的加速度以及 / 或者减速度为上述阈值以上时,在显示器 87 上显示表示加速度以及 / 或者减速度为阈值以上的图像。另外,加速度有关的阈值和减速度有关的阈值可以相同,也可以不同。由此,用户可以确认有关加速度以及 / 或者减速度的凸轮表的改写是否恰当。

[0239] (5) CPU81 在显示器上 87 上以与在凸轮曲线 510A 中未超过该阈值的部位不同的表示方式显示上述超过阈值的部位。由此,用户可以容易地判断超过阈值的部位。

[0240] 应当理解,本次公开的实施方式在所有点上均为示例,而不是限制性的。本发明的范围并非上述的说明,意在包括由权利要求书表示的范围以及与权利要求书等同的意思以及范围内的所有变更。

[0241] 标号说明

[0242] 1PLC、2 现场网络、3 伺服电机驱动器、4 伺服电机、5 终端、6 检测开关、7 继电器、8PLC 支持装置、10 连接电缆、11 系统总线、12 电源单元、13, 14, 53I/O 单元、15 特殊单元、19 编码器、51 终端总线、52 通信耦合器、83RAM、87 显示器、89 通信 IF、100 微处理器、102 芯片组、104 主存储器、106 非易失性存储器、108 系统定时器、110 连接器、120 系统总线控制器、122, 142 控制电路、124 系统总线控制电路、126, 146 缓存存储器、130 系统总线连接器、140 现场网络控制器、144 现场网络控制电路 200 实时 OS、210, 220 系统程序、212 调度器程序、230 控制程序、232 时序命令运算程序、234 动作运算程序、236, 340 用户程序、400 主轴、500 电子凸轮、500A 机械式凸轮、501 电子凸轮运算部、502 插补部、503 开关部、520, 521, 522, 520A 凸轮表、510510A 凸轮曲线、530 结构体排列、600 从动轴、ME 凸轮结构、SYS 系统。

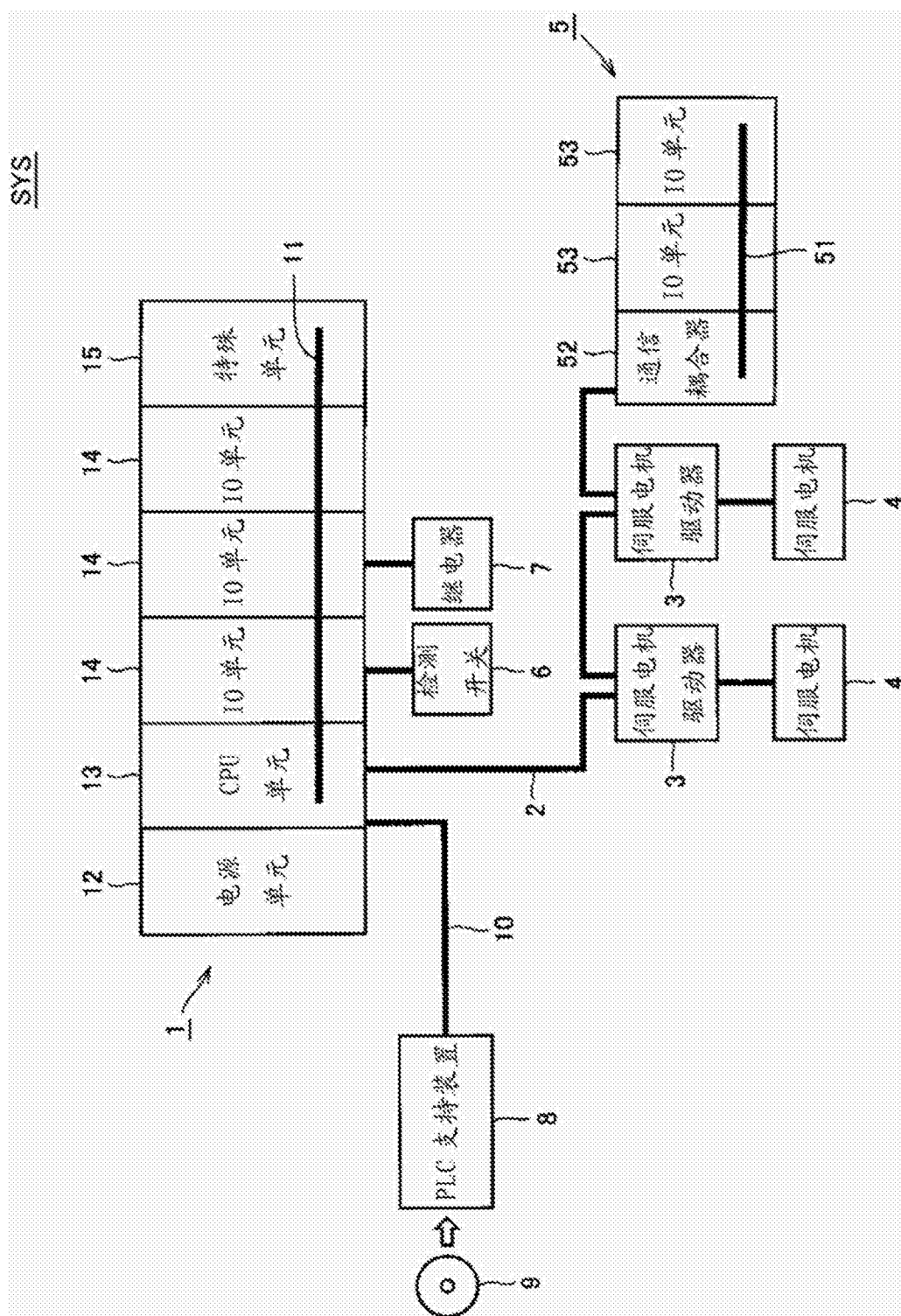


图 1

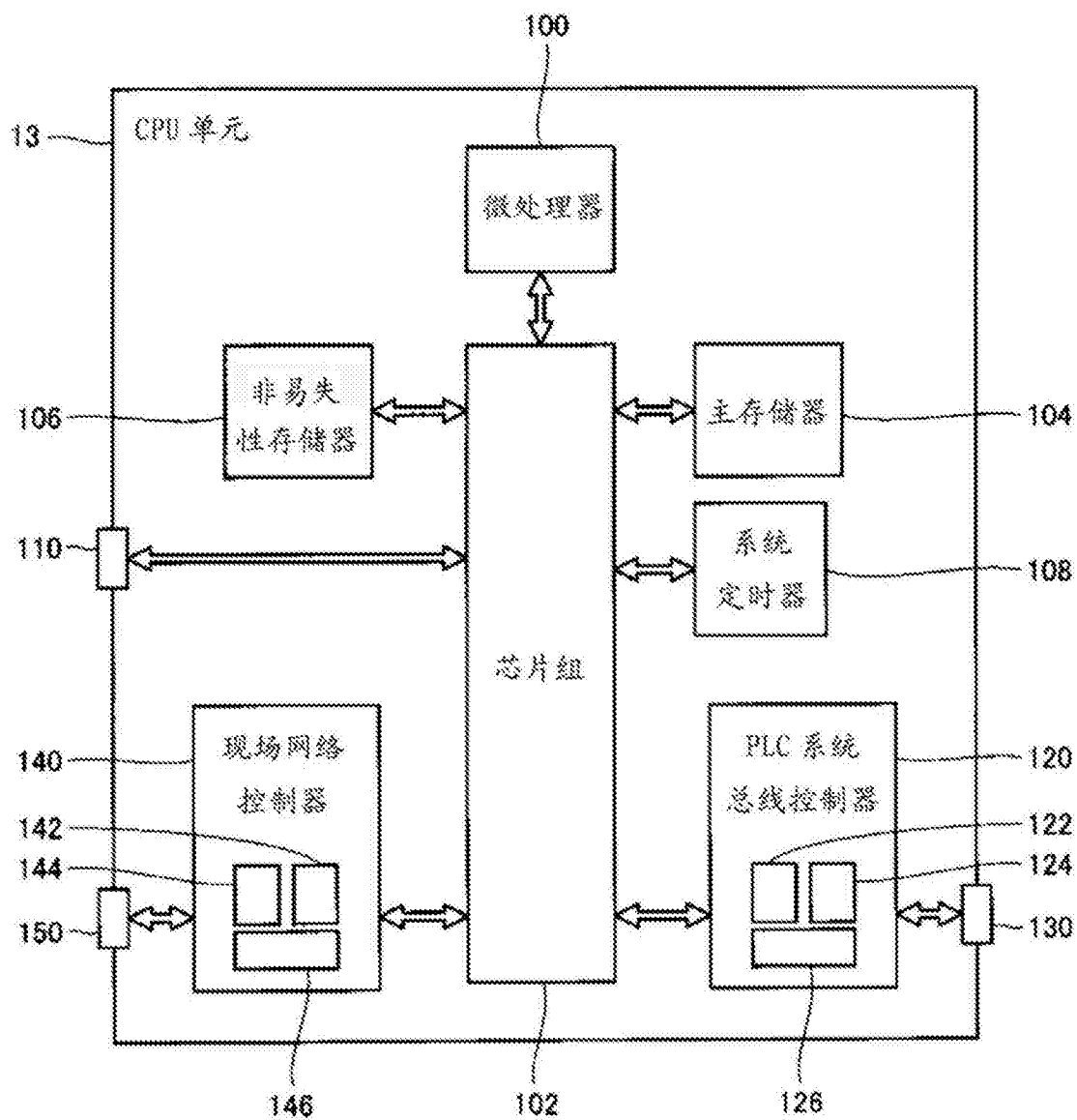


图 2

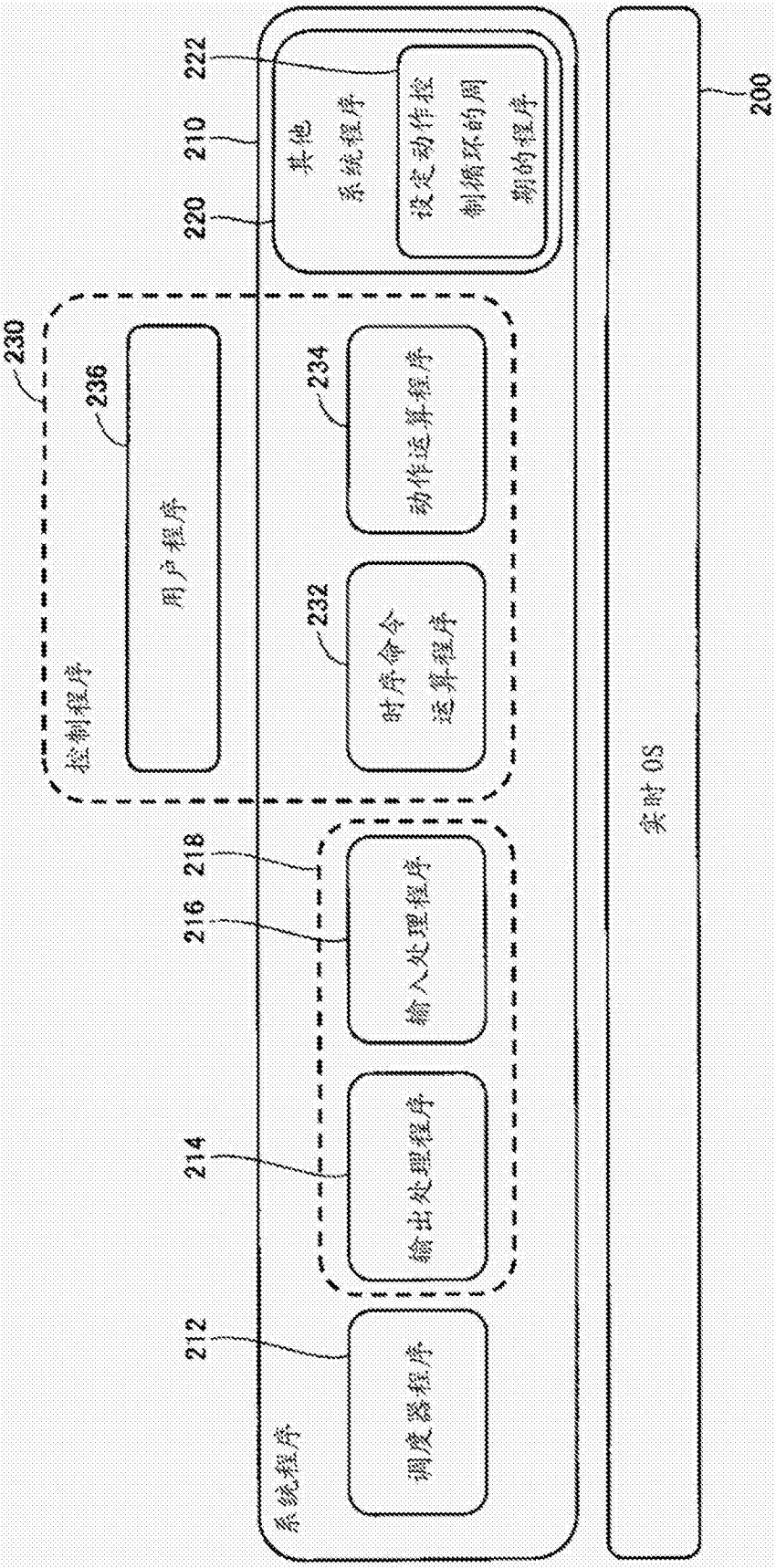


图 3

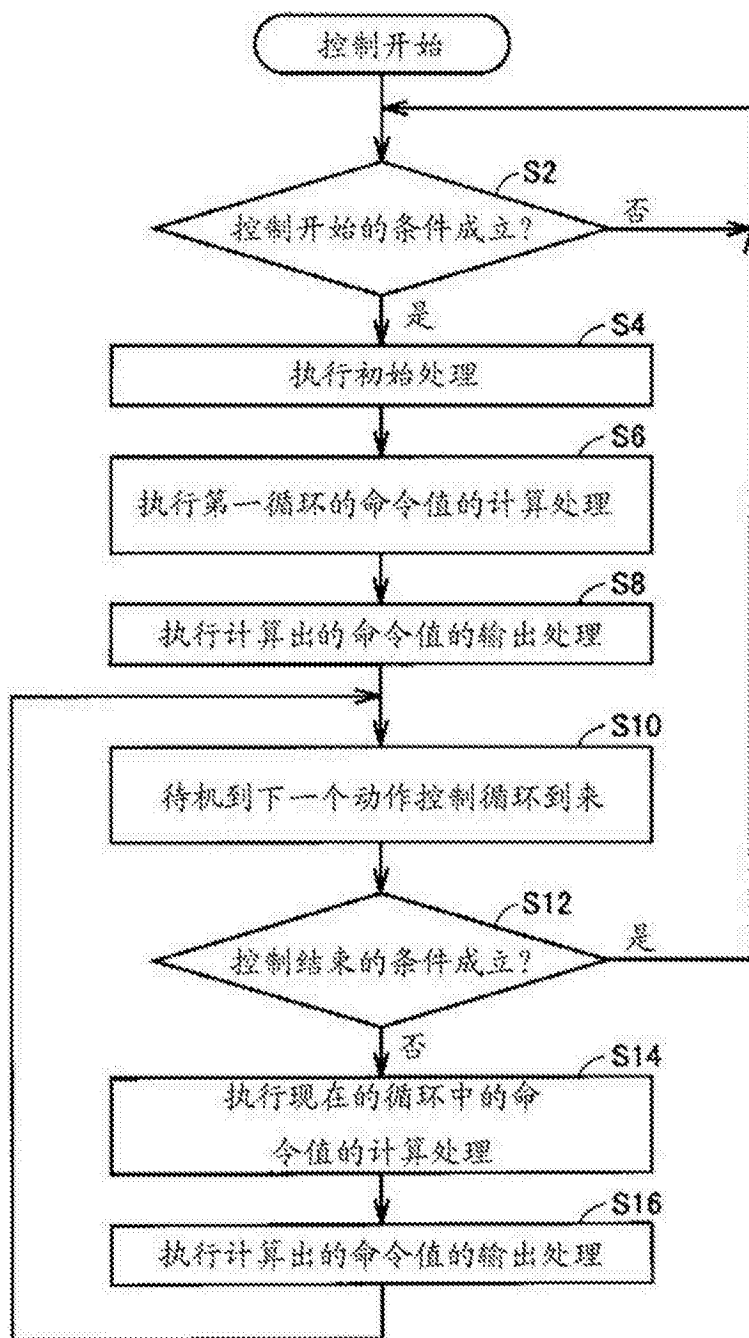


图 4

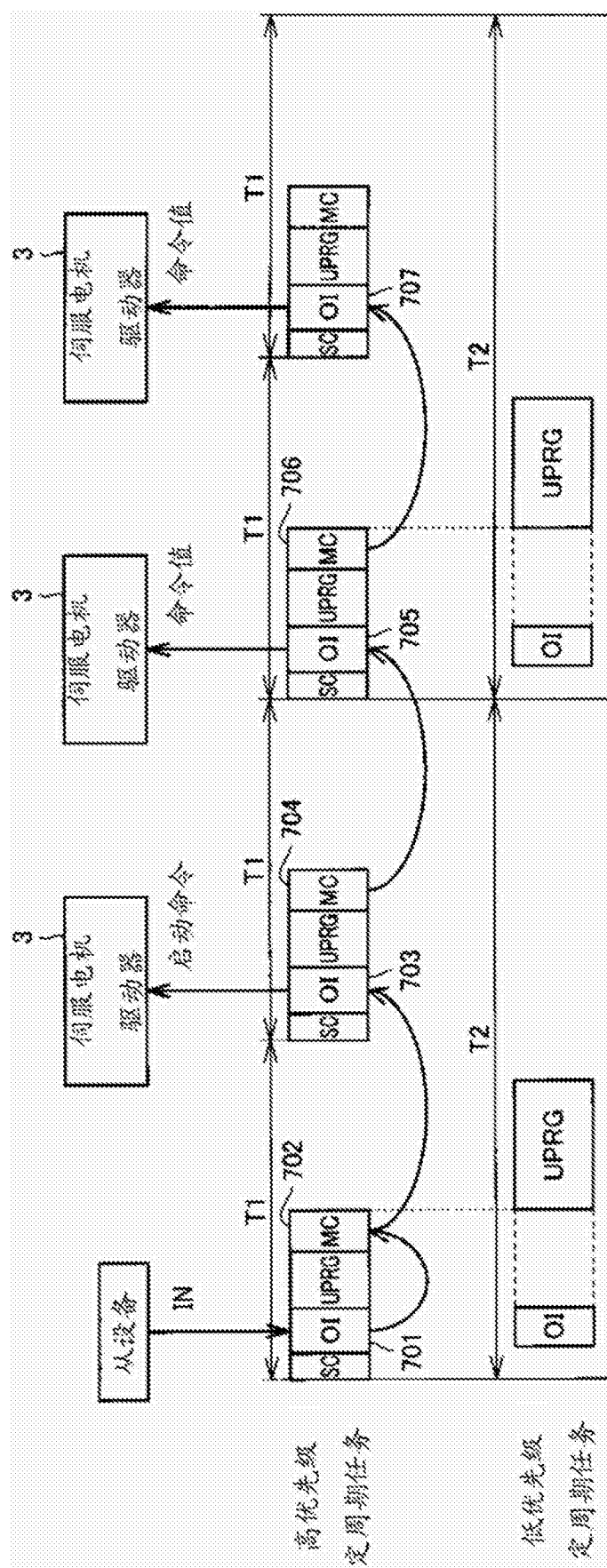


图 5

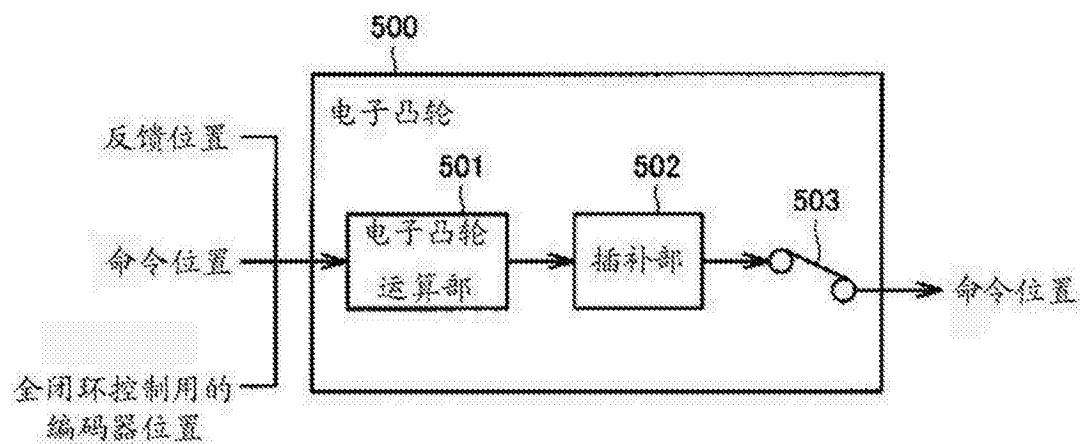


图 6

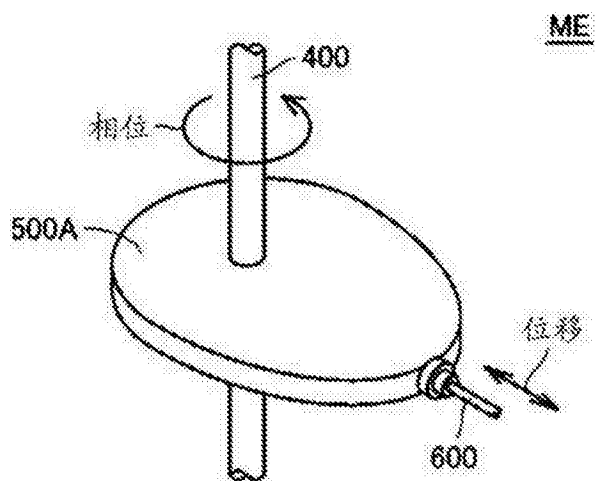


图 7

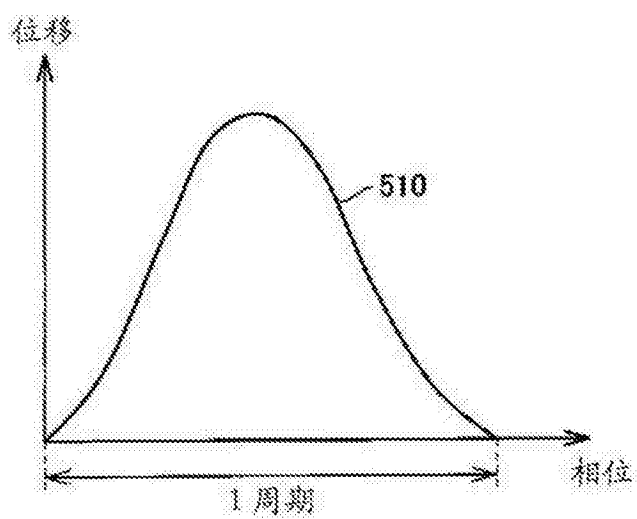


图 8

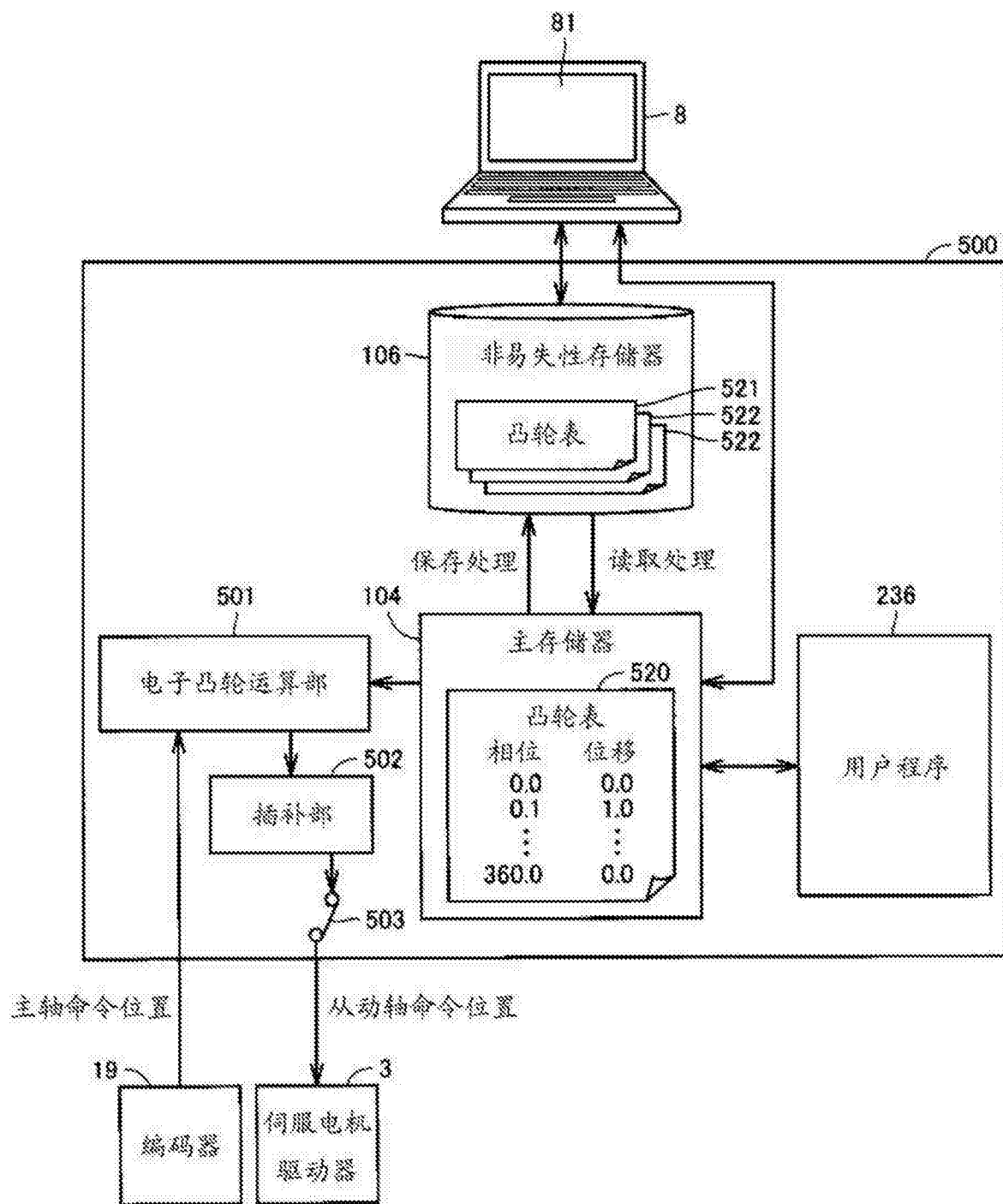


图 9

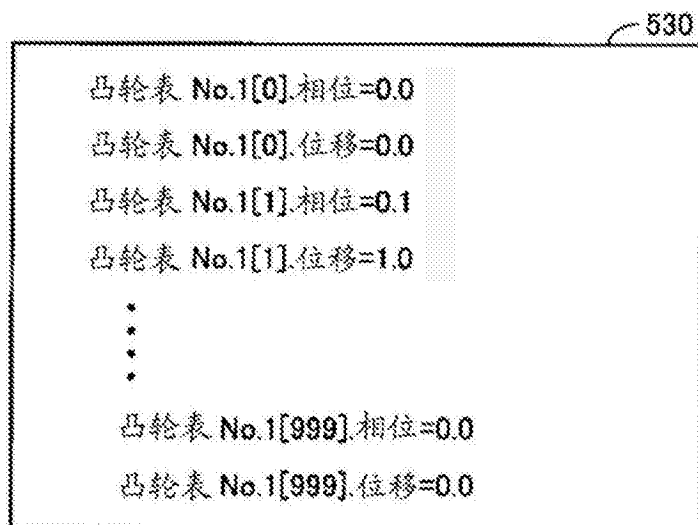


图 10

520

| 索引   | 相位 $\theta$ | 位移 $\delta$ |
|------|-------------|-------------|
| 0    | 0.0         | 0.0         |
| 1    | 0.1         | 1.0         |
| 2    | 0.2         | 5.0         |
| ...  | ...         | ...         |
| k    | $\theta_a$  | $\delta_1$  |
| ...  | ...         | ...         |
| 3598 | 359.8       | 10.0        |
| 3599 | 359.9       | 5.0         |
| 3600 | 360.0       | 0.0         |
|      | 0.0         | 0.0         |
|      | 0.0         | 0.0         |
|      | ⋮           | ⋮           |
|      | ⋮           | ⋮           |
|      | ⋮           | ⋮           |
|      | 0.0         | 0.0         |

凸轮表起点

凸轮表终点

有意义的  
凸轮数据  
(数)

最大凸轮  
数据数

没有意义的凸轮数据

图 11

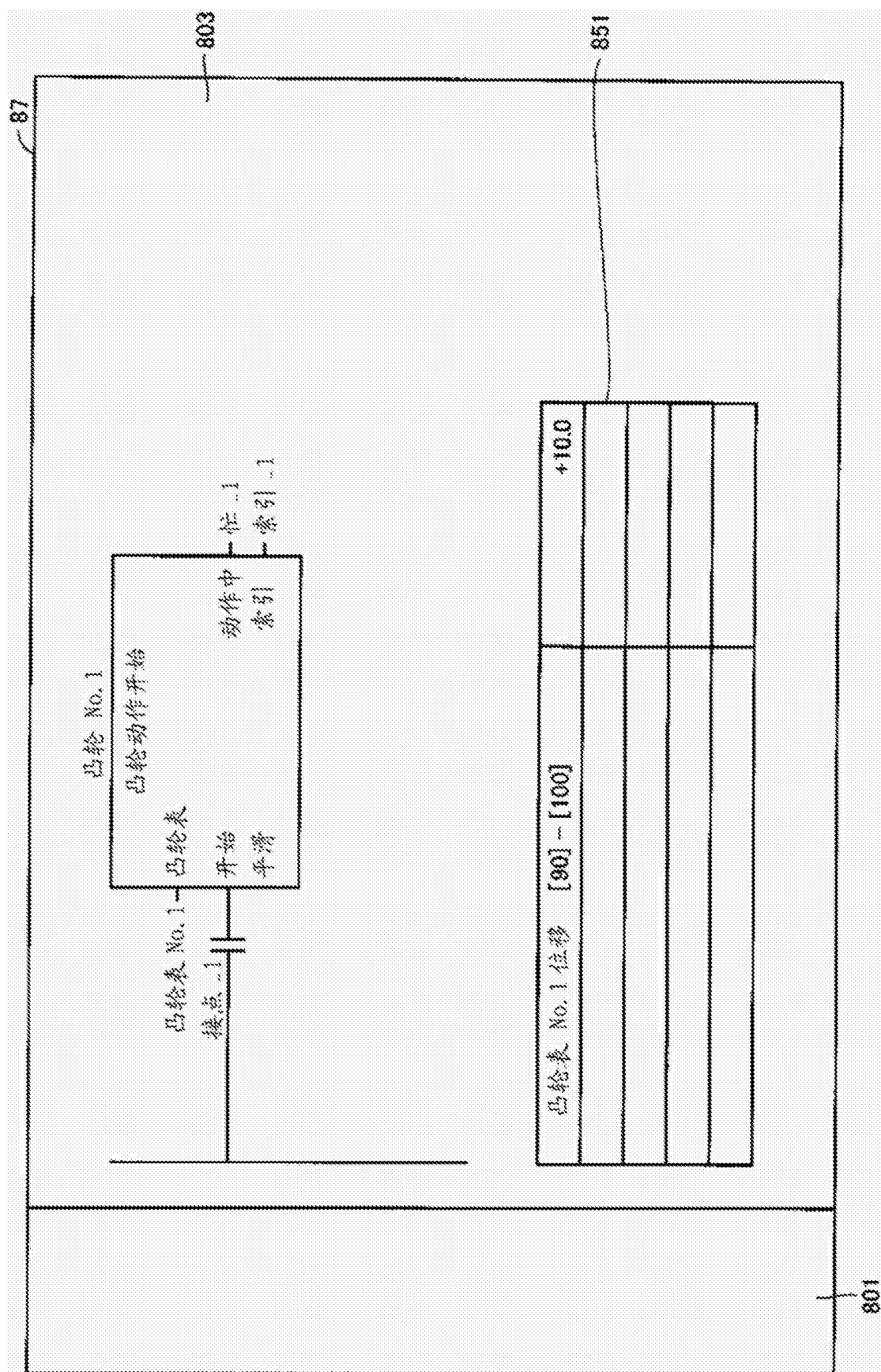


图 12

520A

| 索引   | 相位 $\theta$ | 位移 $\delta$ |
|------|-------------|-------------|
| 0    | 0.0         | 0.0         |
| 1    | 0.1         | 1.0         |
| 2    | 0.2         | 5.0         |
| ...  | ...         | ...         |
| k    | $\theta_a$  | $\delta_2$  |
| ...  | ...         | ...         |
| 3598 | 359.8       | 10.0        |
| 3599 | 359.9       | 5.0         |
| 3600 | 360.0       | 0.0         |
|      | 0.0         | 0.0         |
|      | 0.0         | 0.0         |
|      | ⋮           | ⋮           |
|      | ⋮           | ⋮           |
|      | ⋮           | ⋮           |
|      | 0.0         | 0.0         |

凸轮表起点

有意义的凸轮数据 (数)

凸轮表终点

没有意义的凸轮数据

最大凸轮数据数

图 13

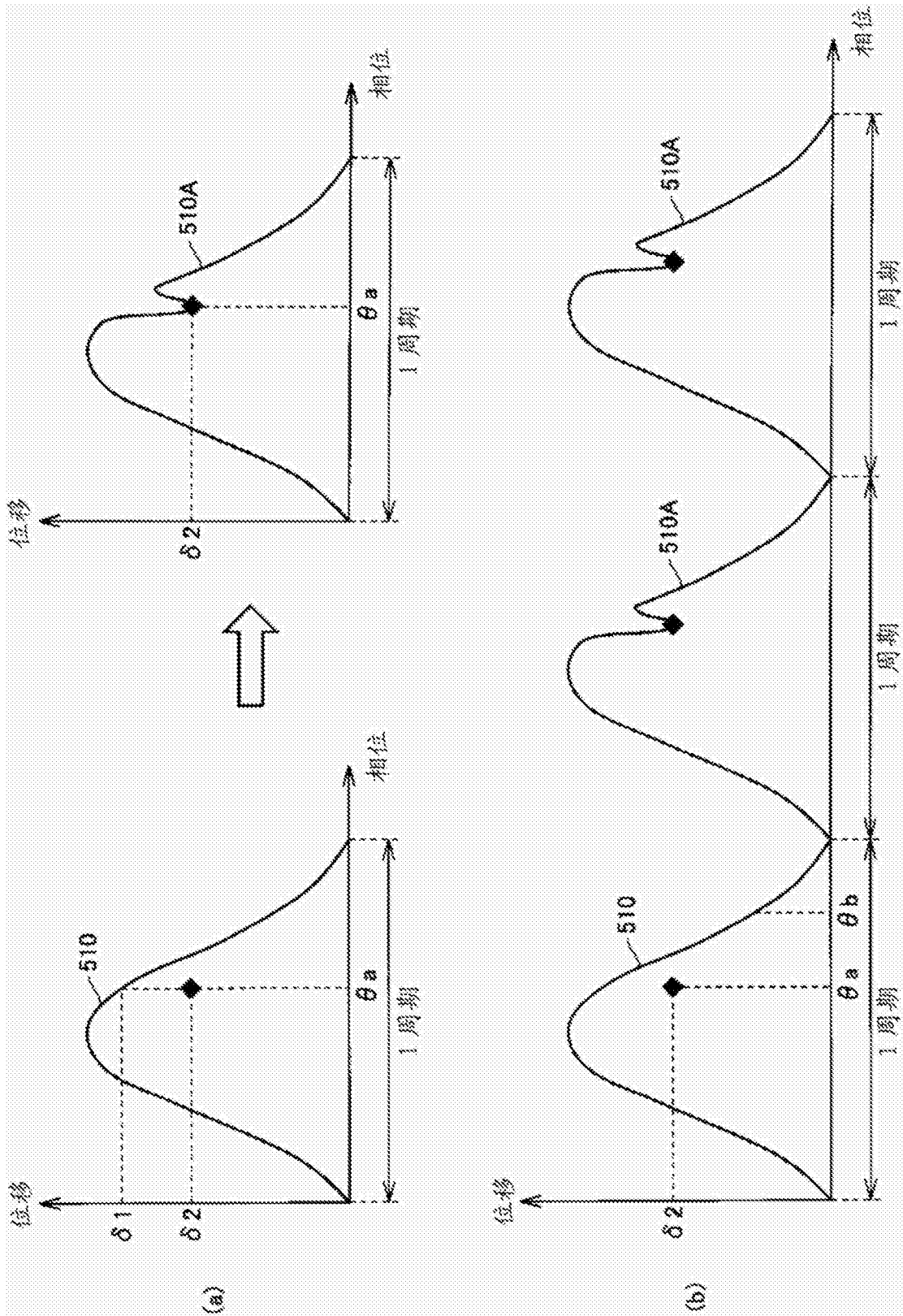


图 14

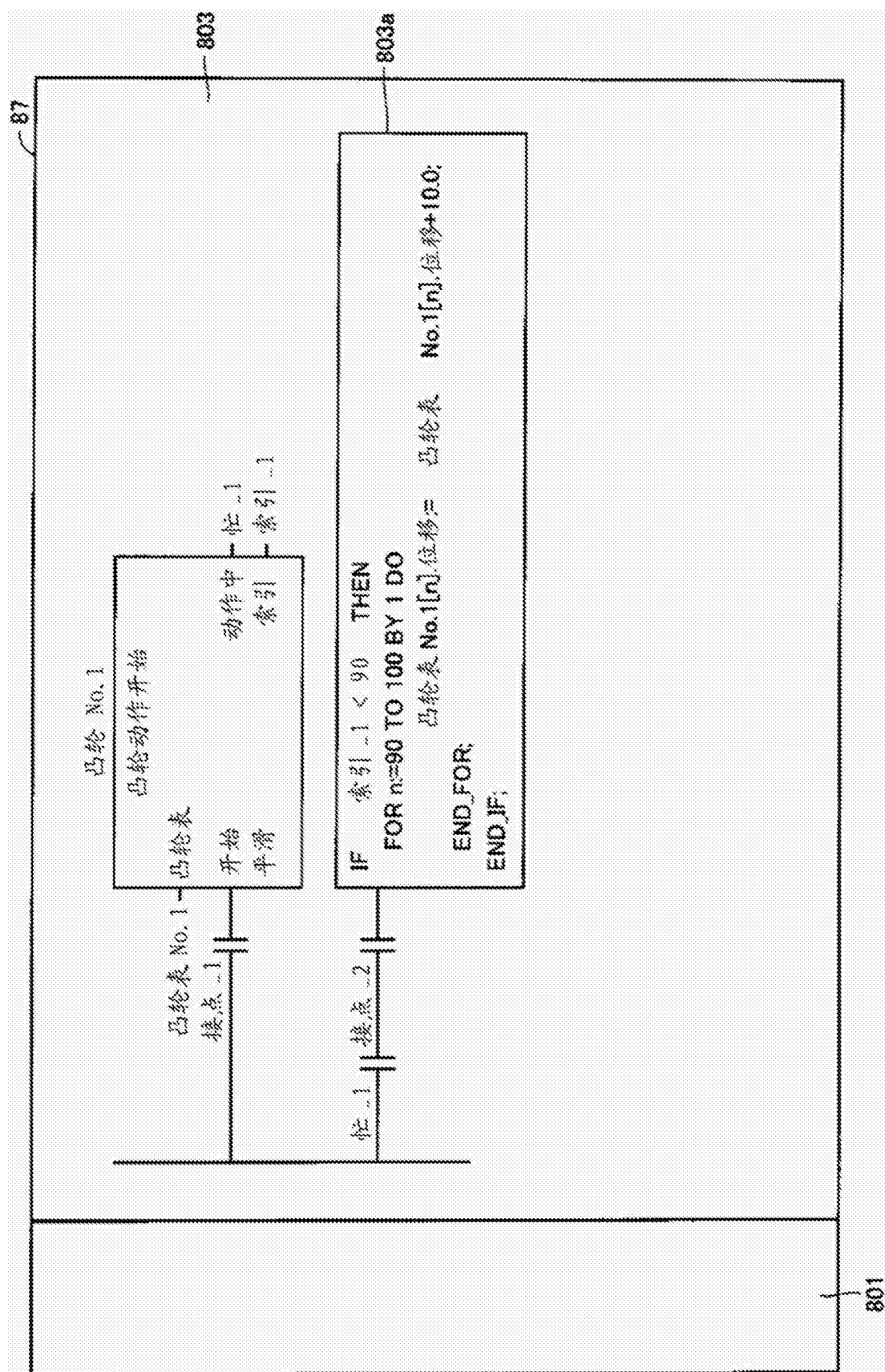


图 15

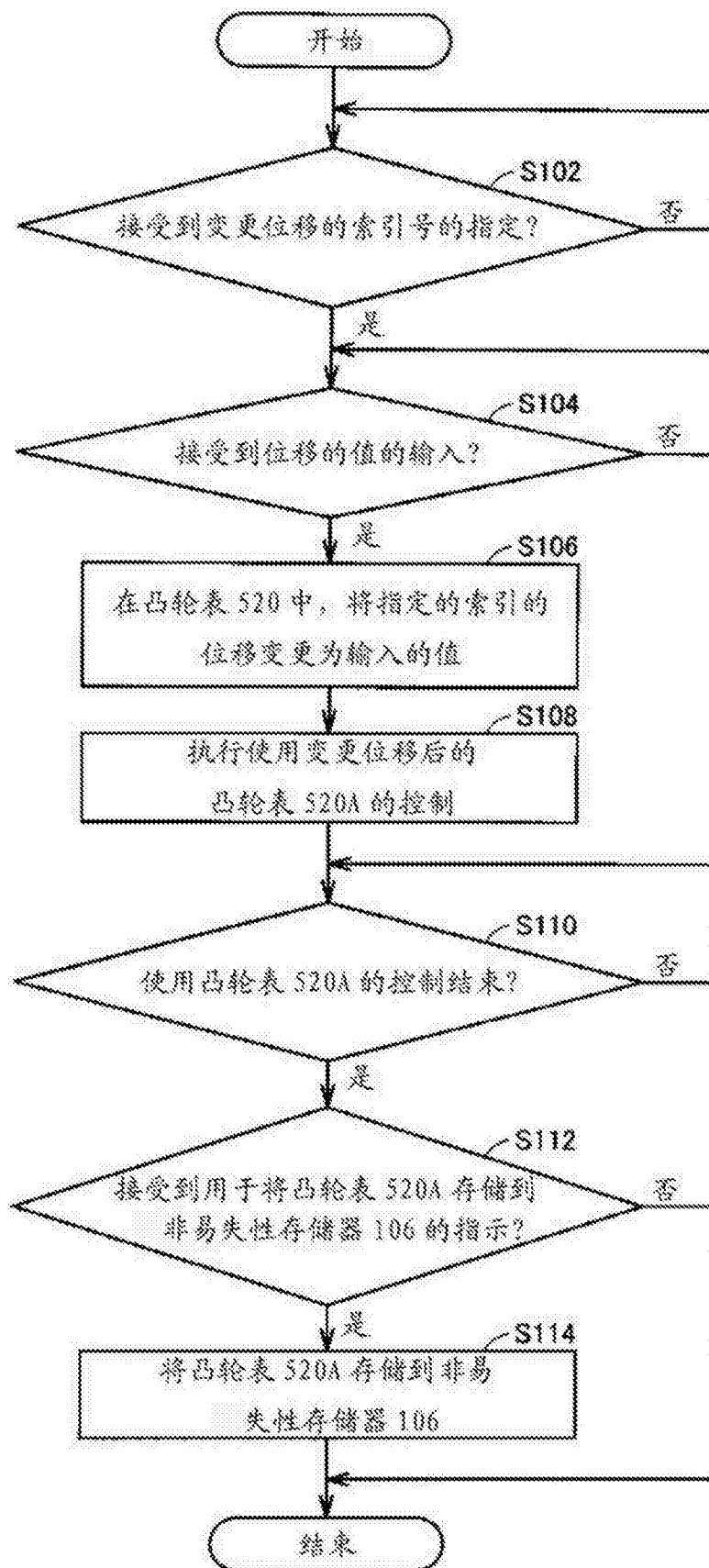


图 16

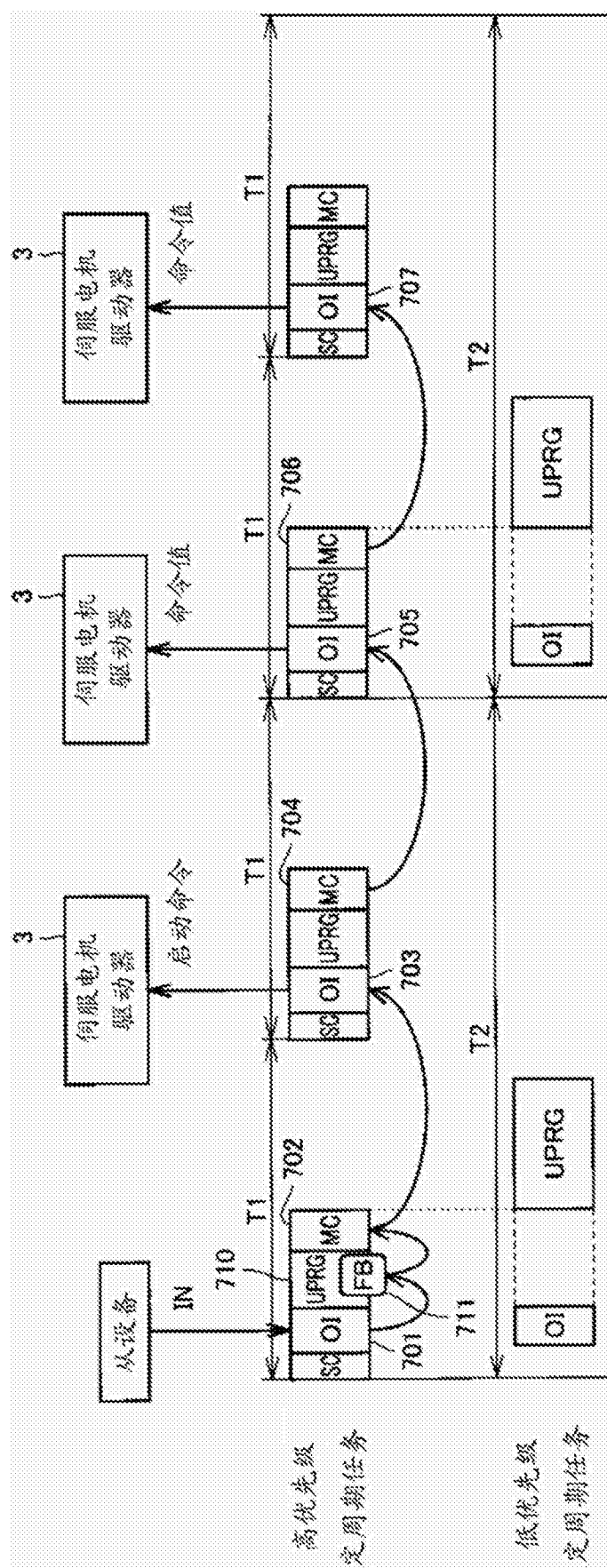


图 17

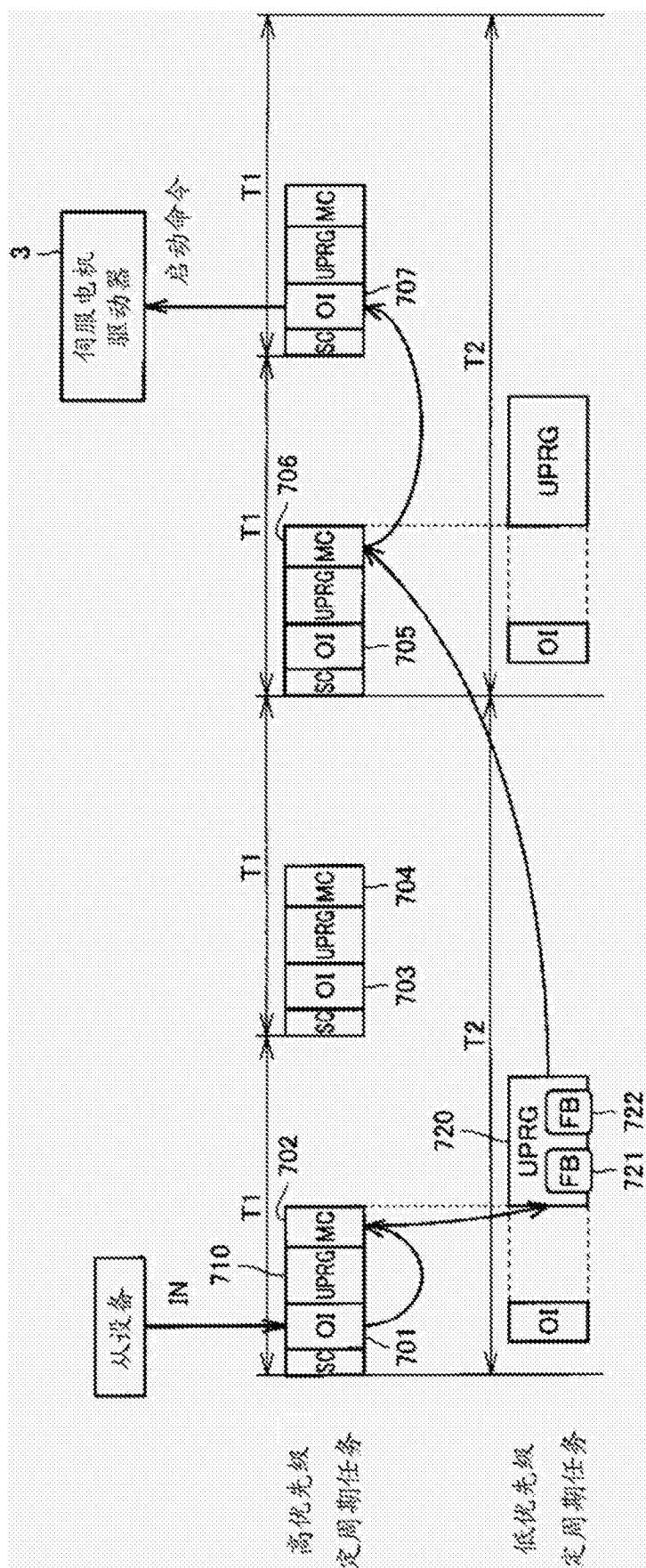


图 18

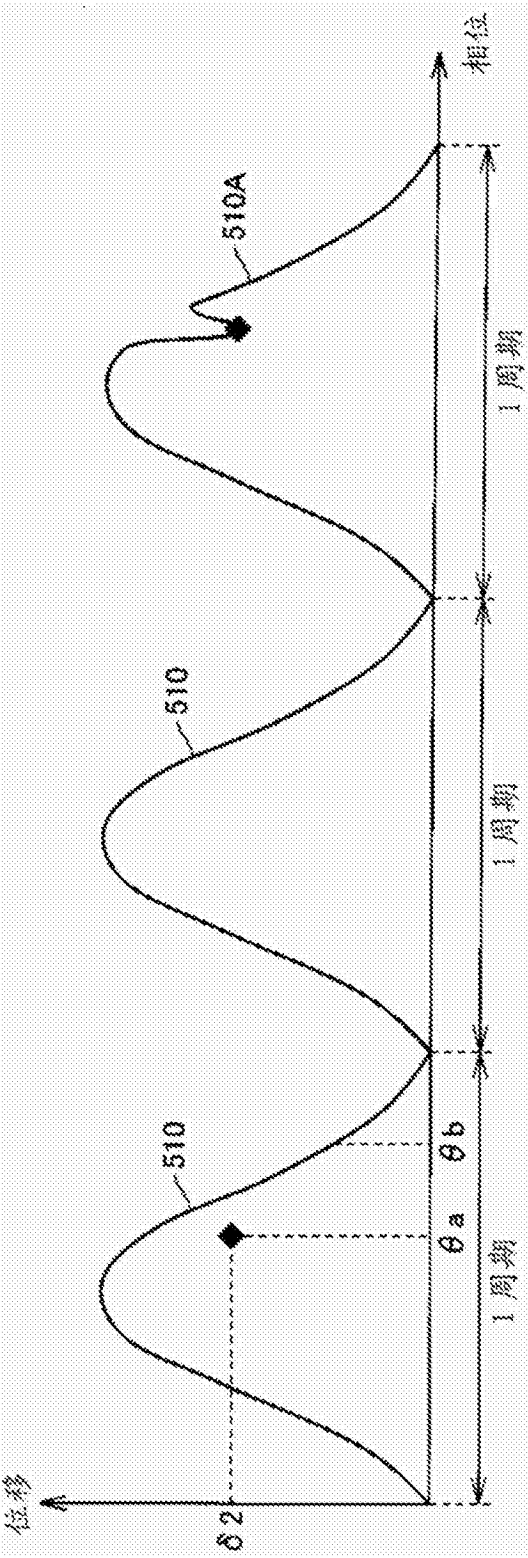


图 19

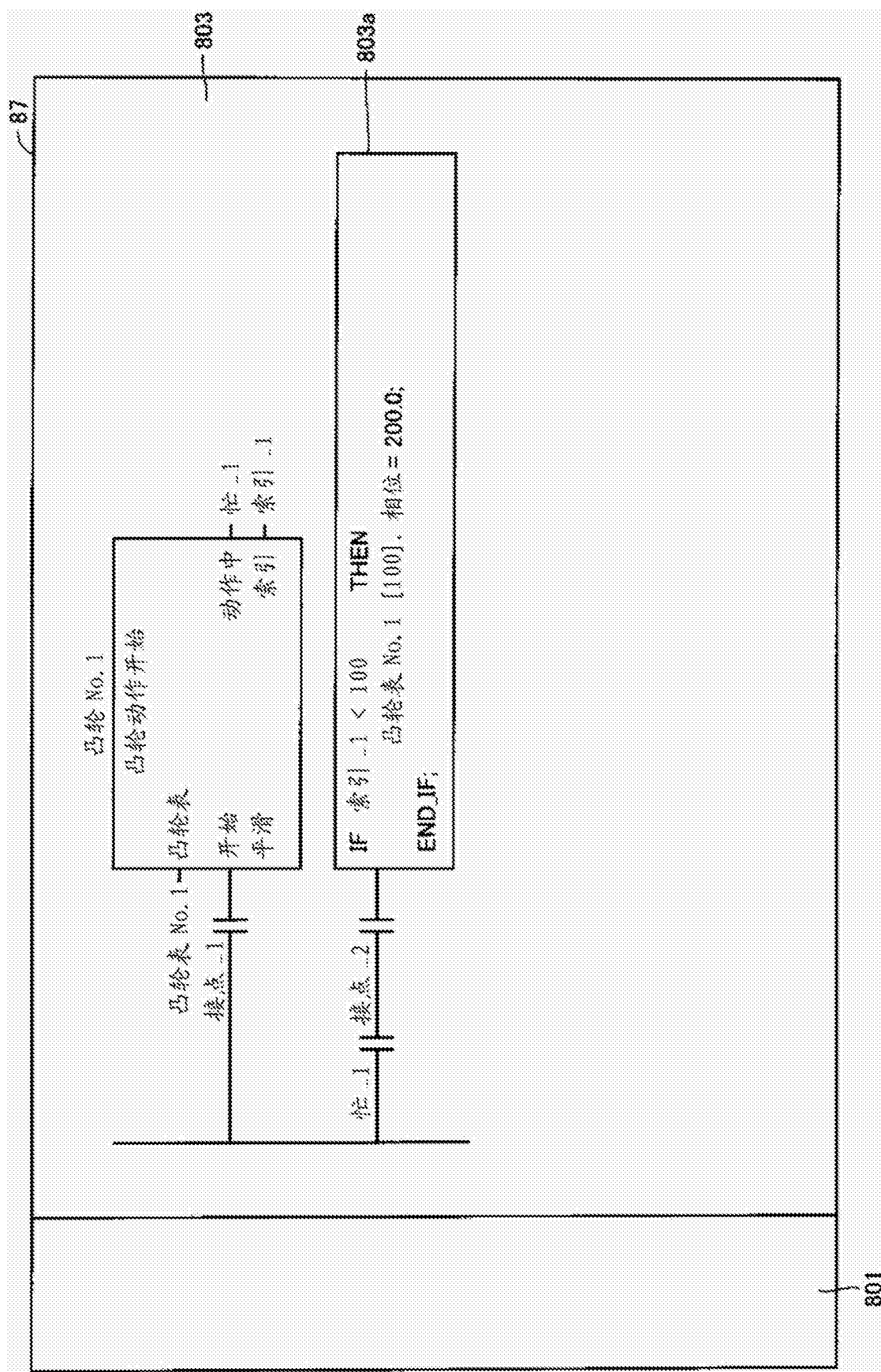


图 20

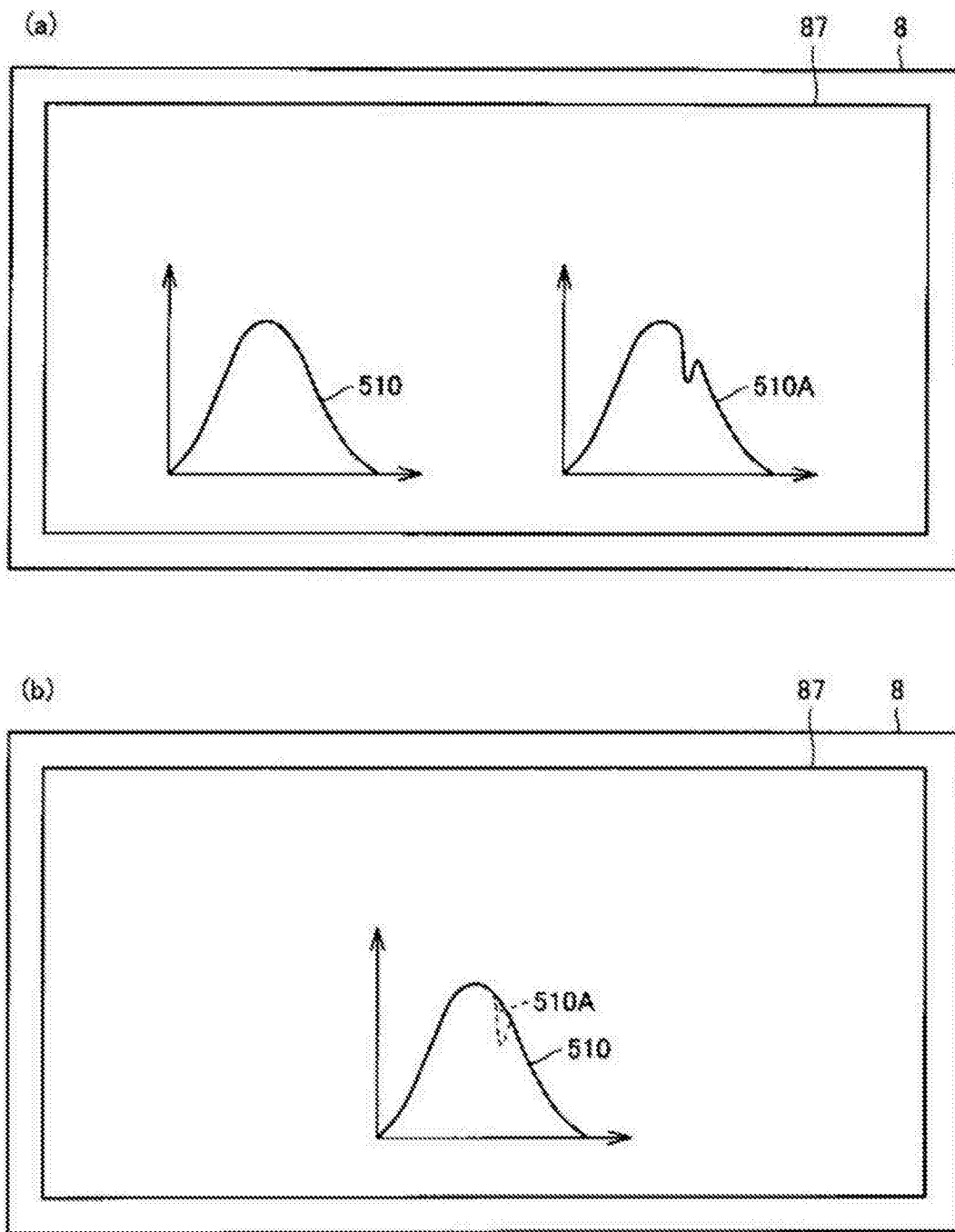


图 21

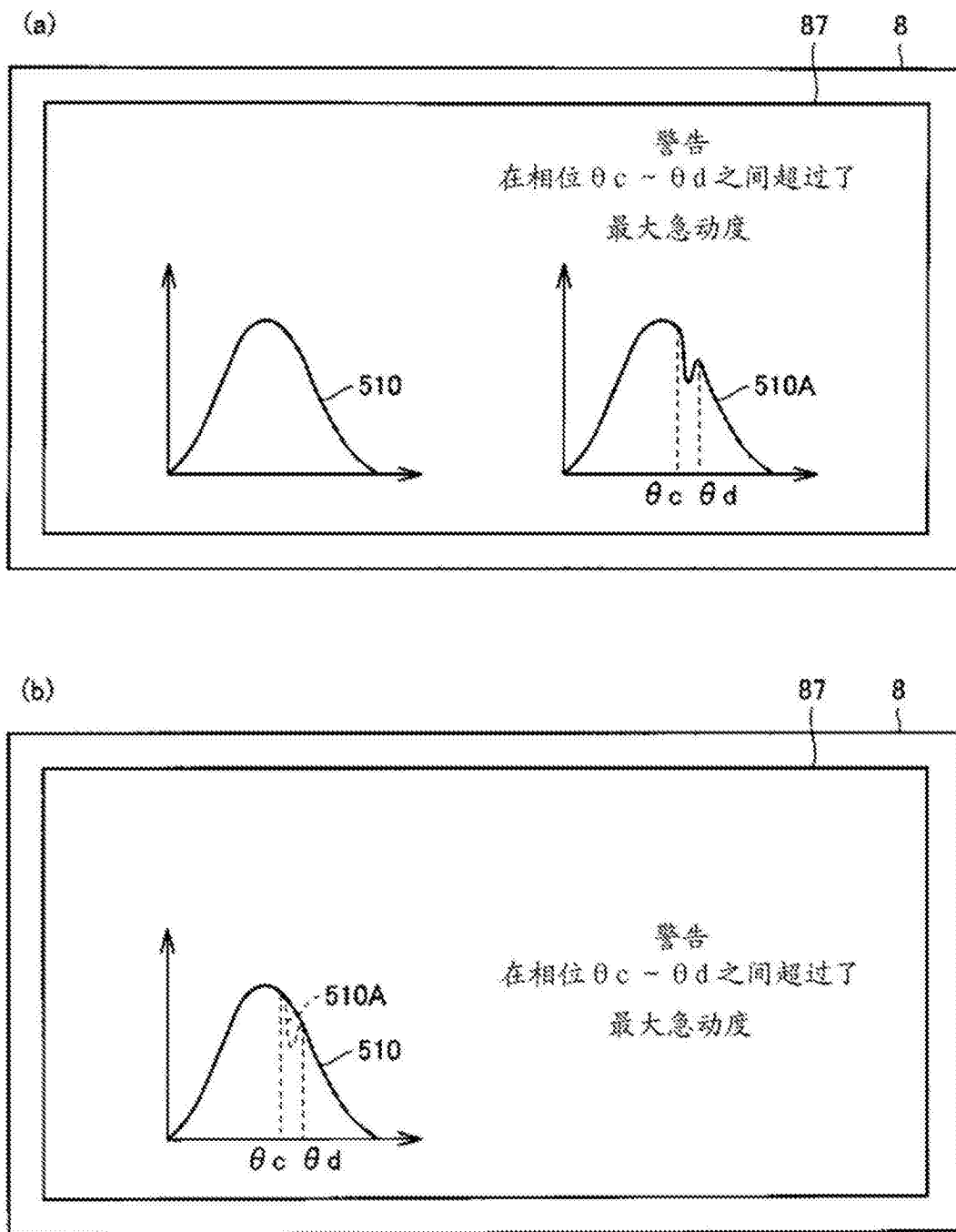


图 22

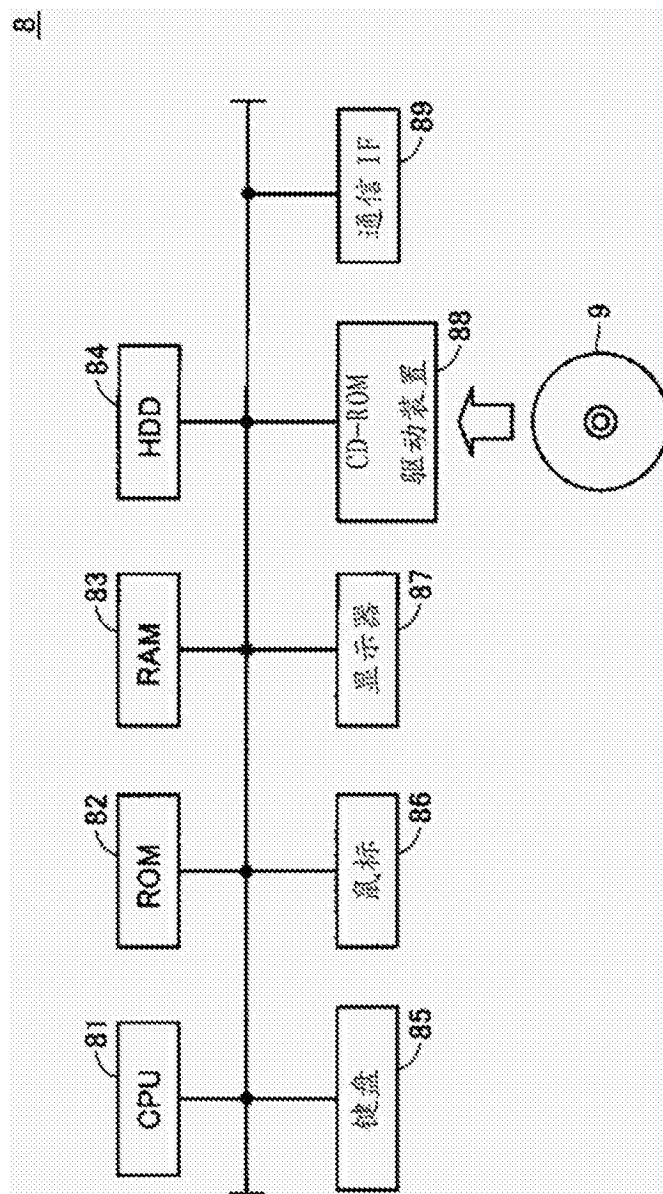


图 23

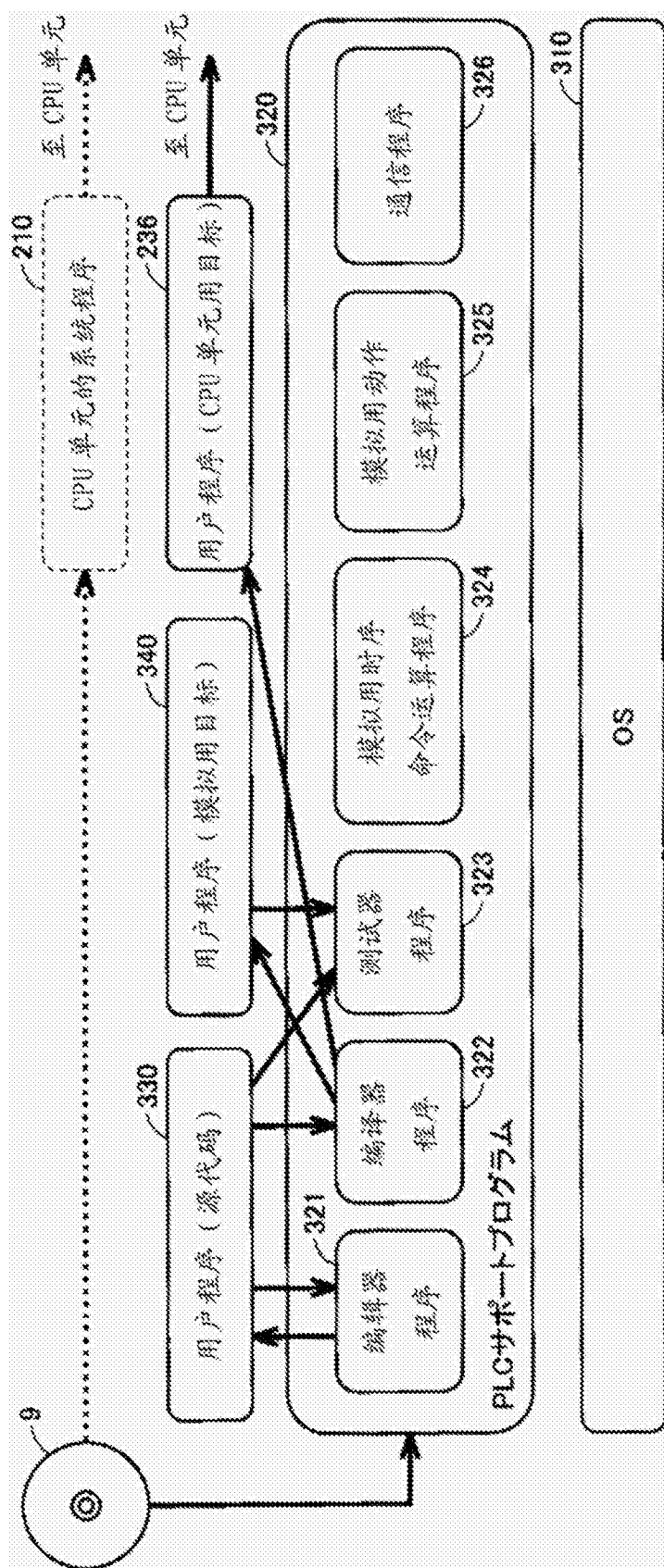


图 24

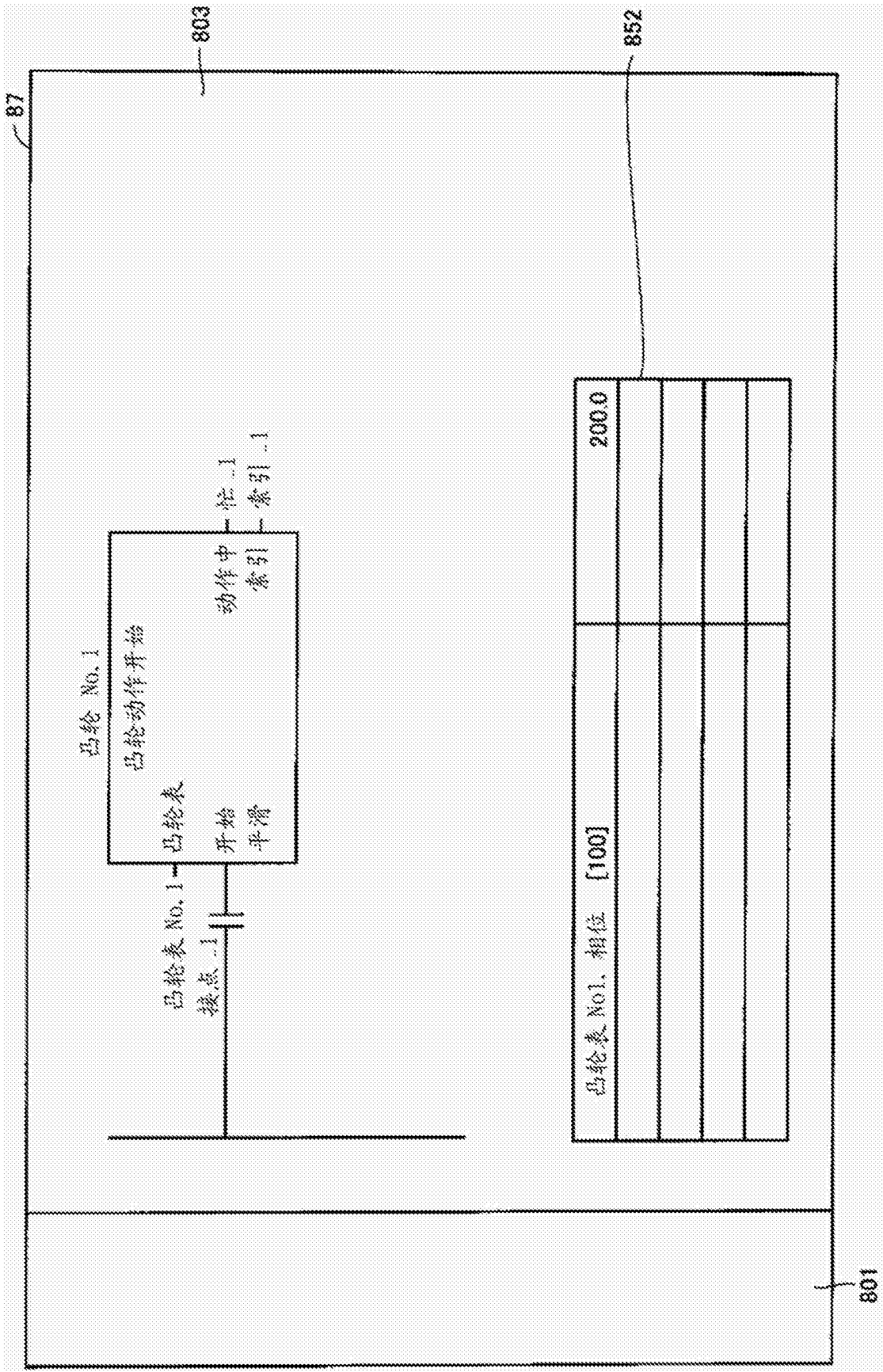


图 25