

# [12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95115609.8

[45]授权公告日 1999年7月7日

[11]授权公告号 CN 1043976C

[22]申请日 95.9.1 [24]颁证日 99.3.18

[21]申请号 95115609.8

[30]优先权

[32]94.9.1 [33]JP [31]6-208357

[73]专利权人 株式会社日立制作所

地址 日本东京

[72]发明人 棚町德之助 中村清 小林正

[56]参考文献

DE4108466A 1991. 9. 19 B60L9/18

审查员 陈钰生

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

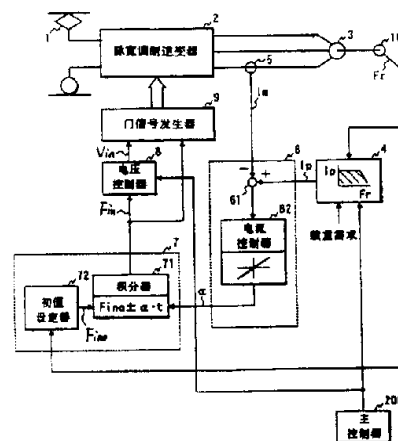
代理人 张政权

权利要求书 3 页 说明书 23 页 附图页数 18 页

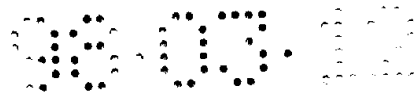
[54]发明名称 电气车辆的控制装置

[57]摘要

一种电气车辆的控制装置,能确保逆变器输出频率指令不随感应电动机的转子频率而变,但通过恒流控制系统控制逆变器输出电流来防止过电流,在精确相应于电流指令的转矩下使车辆加速或减速。逆变器输出频率指令按照已由电流控制系统控制而更新的频率-时间改变率指令递增或递减。因为逆变器输出频率指令基本不随转子频率而变,逆变器输出电流受恒流控制系统控制,所以不会产生过电流,在精确对应于电流指令的转矩下使车辆加速或减速。



ISSN 1008-4274



## 权 利 要 求 书

1.一种用来控制包括电车和电气铁道车辆的电气车辆的控制装置，其特征在于，它包含：

用来驱动电气车辆的感应电动机；

用来驱动所述感应电动机的逆变器；

用来产生用于所述逆变器的输出电流指令的装置；

用来检测来自所述逆变器的输出电流的装置；

根据所述电流指令和所述输出电流的测得值之间的差异，产生用于所述逆变器输出频率的频率-时间改变率指令的装置；

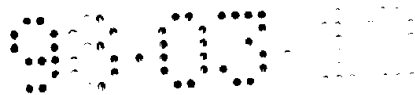
根据频率-时间改变率指令产生用于所述逆变器的输出频率指令的装置。

2.如权利要求1所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，所述产生用于所述逆变器的所述输出频率的频率-时间改变率指令的装置用来根据所述电流指令和所述输出电流的测得值之间的差异，调整某一预定改变率指令。

3.如权利要求1所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，它还包括，当所述测得值超过所述电流指令时，按照所述电流指令和所述输出电流的测得值之间的差异调整所述输出频率指令的装置。

4.如权利要求1所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，它还包含限制器装置，用来将用于所述逆变器的输出频率的频率-时间改变率指令限制在某一参照值上，所述参照值大于对应于车辆加速或减速的所述逆变器相关输出频率的频率-时间改变率。

5.如权利要求1所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，所述产生用于所述逆变器输出频率的频率-时间改变率指令的装置用来根据所述电流指令和所述输出电流的测得值之间



的差异，调整所述参照值，所述参照值被设定成大于所述逆变器相应于车辆加速或减速的相关输出频率的频率。时间改变率。

6.如权利要求 4 或 6 所述的控制电车或电气车辆的控制装置，其特征在于，所述车辆的所述加速或减速是从所述电流指令获得的。

7.如权利要求 4 或 5 所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，所述控制装置还包含安装在一非驱动轴上的转数探测器，并根据一输出，判定所述车辆的加速或减速。

8.如权利要求 4 或 5 所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，所述逆变器用来驱动多个为驱动所述电气车辆而配置的感应电动机，所述车辆的所述加速或减速是通过在驱动时从相对于各感应电动机旋转次数的改变率中选择一最小值，以及在再生时从相对于各感应电动机旋转次数的改变率中选择一最大值来确定的。

9.如权利要求 1 所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，它还包括用来检测所述感应电动机驱动的驱动轮的空转和滑行的装置，以及在该空转或滑行的检测期间减小用来所述逆变器输出频率的频率。时间改变率指令的装置。

10.如权利要求 9 所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，所述用来检测所述驱动轮空转和滑行的所述装置用来将所述车辆的实际速度和所述感应电动机的转子频率比较，从而检测发生的空转和滑行。

11. 如权利要求 10 所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，所述车辆的实际速度是从安装在车辆非驱动轴上的转数检测器的输出得到的。

12.如权利要求 9 所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，用于所述逆变器输出频率的频率。时间改变率指令的所



述减小是通过当所述空转或滑行超过某一预定值时减小某一预定量获得的。

13.如权利要求 9 所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，用于所述逆变器输出频率的频率-时间改变率指令的所述减小是通过按照所述空转或滑行的量来减少的。

14.如权利要求 1 所述的控制电气车辆的控制装置，其特征在于，它还包含用来检测所述感应电动机转子频率的装置，以及按照起动所述逆变器时测得的转子频率，设定所述逆变器输出频率指令初始值的装置。

# 说明书

## 电气车辆的控制装置

本发明涉及控制装置,用来控制包括电动汽车和铁道车辆的电气车辆,尤其涉及用来控制逆变器馈送的感应电动机的控制装置。

在受逆变器控制的车辆中,人们知道并且通常在实践中做法是,从与逆变器相关的感应电动机的转子频率中加进或者减去一个差频指令来给出用于逆变器的输出频率指令;控制逆变器的输出电压,使之与逆变器输出频率指令成正比从而使电压  $V$  和频率  $F$  的比值(即  $V/F$ )保持恒定;通过差频控制来实施对电动机电流的恒流控制。人们还知道,恒流控制系统有这样一个缺点,即当轮子和轨道之间出现空转/滑行时,电动机的转子频率会增加/降低,以抑制差频(即电动机电流)的降低,从而无法降低转矩,所以又进一步增大空转/滑行,因而产生剧烈的空转/滑行现象。

现有技术中,通过按照某一预定方式控制差频或电流指令来检测这种空转/滑行,从而处理这一空转/滑行现象并恢复轮子和轨道之间附着的方法见《1990年日本电气学会工业应用部门全国大会论文集》中标题为“逆变器驱动车辆的空转/滑行控制”的文献中揭示的内容(下文中称为文献(1))。

与上述恒流控制方法相对照,《电气车辆的科学》,1992年2月号中标题为“VVVF 逆变器控制的新的附着控制”的文献(下文中称为文献(2))中提出另一种称为频率改变率控制法的方法。按照该方法,某一逆变器输出频率指令是通过某一给定频率变化(加速)率方式产生的数据进行整体运算给出的。结果是,即使在存在空转的情况下也可以期望自附着的存在。另外,还揭示了检测到空转时通过

修改频率变化率,可以方便地使附着得到恢复。

按照前述逆变器控制方法,逆变器输出频率指令是依赖于转子频率的(因为逆变器频率指令是从转子频率和差频获得的),并且即使在存在空转/滑行的情况下也实施恒流控制,感应电动机固有的所谓自附着恢复特性是无法全部利用的。这是因为在空转/滑行的情况下,允许空转/滑行增大,并趋向于出现大的空转/滑行现象。另外,为了对逆变器输出频率进行恰当控制,获取感应电动机的旋转频率始终是基本的。从而产生这样一个问题,即,当其转子频率因为其在轨道连接点之类的地方运行而出现振荡时,会在电流控制系统中引入负面的影响。

在文献(1)中引述的再附着控制方法中,差频或电流指令是在检测如文献(1)中所揭示的空转/滑行时按照某种预定曲线图形来控制的,感应电动机的扭矩是由差频或者由电流指令的控制方式来确定的。另外,因为检测空转/滑行的检测值被设定在一较大值上,以避免空转/滑行的虚假检测,所以很难在再附着控制下提高感应电动机的平均转矩,从而接近在轮子和轨道间再附着极限附近的某一值。

另外,文献(2)中揭示的逆变器控制方法并不采用转子频率,但是因为缺少文献(1)中所配置的恒流控制系统,所以会产生这样一个问题,即由于供电电压中的波动而出现电流。

在文献(2)中有这样一种描述,即,为了解决轨道梯度和汽车装载重量的变化,采用上下电流限制器来有选择地控制频率变化率。然而,因为如后文中将会描述的那样出现过电流,所以这样做是不实际的。

本发明的第一个发明点在于提供一种控制电气车辆、电动汽车、铁道车辆或机车的控制,它当产生用于相关逆变器的某一输出频率指令时,原则上不采用某一感应电动机的转子频率,并且在精确对应于某一实际电流指令下,能够使该电气车辆加速(通电时),或者减速

(复原时)。

本发明的第二个目的在于提供一种控制电气车辆的控制装置,从而即使在空转(通电时)或滑行(复原时)也可以实现感应电动机的自身再附着(self-readhesion)性能,除了第一种目的以外,还可以抑制出现严重空转或滑行,并视轨道和轮子之间的附着例如由于油涂抹在轨道上而暂时出现降低等轨道条件而定,恢复该自身再附着。

另外,本发明的第三个目的在于除了第二个目的以外,提供一种控制电气车辆的控制装置,从而在将要发生空转或滑行的情况下,可以提高感应电动机所固有的自身再附着性能,在相应于那一瞬间的轨道条件下可以使该车辆加速和减速。

本发明上述第一目的是通过一种包含下述装置的控制装置来实现的:一用来驱动某一电气车辆的感应电动机;一用来驱动该感应电动机的逆变器;用来产生用于该逆变器的电流指令以输出响应于该指令的输出电流的装置;用来检测该逆变器输出电流的装置;根据电流指令和输出电流的检测值之间的差异,产生逆变器输出频率的频率对时间改变率的装置;以及根据该频率对时间改变率指令,产生逆变器输出频率的输出频率指令的装置。

另外,本发明的第二个目的是通过包含下述装置的控制装置来实现的:用来驱动某一电气车辆的感应电动机;驱动该感应电动机的逆变器;产生用于该逆变器的电流指令以输出响应于该指令的输出电流的装置;检测该逆变器输出电流的装置;根据电流指令和输出电流检测值之间的差值,产生用于该逆变器输出频率的频率对时间改变率指令的装置,该频率对时间改变率指令由限制装置来限制,从而使其不超过某一预定值;以及根据限制装置的输出产生用于逆变器输出频率的输出频率指令的装置。

再有,本发明的第三个目的是通过包含下述装置的控制装置来实现的:用来驱动电气车辆的感应电动机;驱动该感应电动机的逆变

器；产生用于该逆变器的电流指令以输出一响应于该指令的输出电流的装置；检测该逆变器的输出电流的装置；根据电流指令和输出电流的检测值之间的差异，产生用于该逆变器输出频率的频率对时间改变率的装置，其值被限定在不超过某一预定值；用来检测与该感应电动机耦合的驱动轮的空转和滑行的装置；在接收到来自该检测装置的输出时，从限制装置中减去某一输出的再附着控制装置；以及根据该再附着控制装置的输出，产生用于该逆变器输出频率的输出频率指令的装置。

按照本发明的第一种结构，控制逆变器的输出频率的频率对时间改变率指令，使得逆变器输出电流与某一电流指令一致，并且依赖于该频率对时间的改变率指令，逆变器输出频率指令在功率驱动时递增，而在复原时递减。所以，在产生逆变器输出频率指令时原则上不再需要转子频率。另外，因为频率对时间改变率指令大体上与电流指令适配，所以在大体上与电流指令对应的转矩下，电气车辆可以被控制成在功率驱动时加速，在复原时减速。

按照本发明的第二种结构，其运行在功率驱动或复原期间存在空转和滑行时，大体与前述第一种结构相同。随后，由于有空转/滑行出现，如果电动机电流下降，并且逆变器输出电流变得小于其电流指令时，频率对时间改变率被限制在某一预定值，即，被限定在某一参照值，该参照值大于与电气车辆加速或减速对应的逆变器相关输出频率的频率对时间的改变率。响应于频率对时间改变率指令的预定值的逆变器输出频率指令中的增量或减量小于感应电动机由于空转或滑行而产生的转子频率的增量或减量，即，因为转矩由于差频（电动机电流）的减小而减小，所以可以防止大的空转或滑行，并且，当导轨和轮子之间的附着暂时由于污油之类而降低时，视导轨情况而定，可以更有利于产生自身附着。

另外，按照本发明的第三种结构，当不存在任何空转或滑行时，



其运行基本与前述结构的运行相同。在出现空转或滑行的情况下,再附着控制系统投入运行,从而取决于检测到的空转或滑行信号,相关的频率对时间改变率指令会变得小于相关的逆变器输出频率对时间改变率,该逆变器输出频率对时间改变率对应于电气车辆的加速或减速,从而提高其自身附着性能,或者按照加速或减速的量来调整频率对时间的改变率指令。结果,在前一种情况下,可以易于实现自身附着,从而在重复的空转/滑行和再附着循环的情况下,平均频率对时间改变率指令与轮子和轨道之间限定的附着极限附近的某一值对应,从而确保该电气车辆在对应于某一特定轨道条件的转矩下的平均值上加速或减速。在后一种情况下,可以确保频率对时间改变率指令对应于轮子和轨道之间限定的再附着极限附近的某一值,从而确保该电气车辆在与某一特定轨道条件对应的转矩下加速或减速。

在结合附图所作的下述描述中,可以更清楚地了解本发明的其他特征和优点。

图 1 是本发明第一个实施例的示意电路结构;

图 2 描述的是负荷等作用在图 1 所示第一个实施例的影响;

图 3 示出图 1 描述的频率对时间改变率发生装置 6 的另一种结构;

图 4 是本发明第二个实施例的示意电路图;

图 5 描述的是空转现象及其由本发明第二个实施例进行的控制;

图 6 描述的是图 4 所示频率对时间改变率发生装置的另一种结构;

图 7 是用于检测车辆实际加速的另一种结构实施例的方框图;

图 8 是表示本发明第三个实施例的示意电路结构;

图 9 是表示本发明第四个实施例的示意电路结构;

图 10 是描述图 8 所示第三个实施例的基本运行示意图;

图 11 是估算车辆速度的装置的示意图；

图 12 是本发明第五个实施例的电路结构的示意图；

图 13 是描述本发明第六个实施例的电路结构示意图；

图 14 是描述本发明第七个实施例的电路结构示意图；

图 15 是模拟中使用的电路结构示意图(对应于图 10,还配置有四个感应电动机)；

图 16 是用图 15 所示控制电路进行再附着控制的模拟结果；

图 17 是用普通方法进行再附着控制的模拟结果；

图 18 是用普通方法进行错误空转检测的模拟结果；

图 19 是用图 15 所示控制电路进行错误空转检测的模拟结果。

#### 第一个实施例

借助图 1 将描述按照本发明的电路构造的第一实施例,其中标号 1 表示接收来自馈电线路的直流电流的受电弓(panta graph),2 表示将直流电源转换为三相交流电流的脉宽调制逆变器,3 表示驱动电气车辆、电动汽车或铁道车辆的逆变器馈送感应电机,4 表示产生用于逆变器从而输出响应它的输出电流的电流命令  $I_p$  的装置,5 表示检测逆变器 2 输出电流  $I_m$  的装置,而 200 表示主控制器。

提供主控制器用于产生由司机通过操纵杆输入的换档命令并送往电流命令产生装置 4 和电压控制装置 8。电流命令产生装置对换档命令、电机速度  $F_r$  和由载重需求装置(未画出)输入的负荷信号作出响应,输出电流命令。具体而言,对于电动铁道运输车辆,此换档命令将规定最大速度,而对于电气机车,将规定电流值本身,即转矩命令。在本发明的第一个实施例中,因为涉及电气车辆或电动汽车,所以画出的是相对于电机速度  $F_r$  的电流命令  $I_p$  曲线。并且,载重装置检测出电动汽车和电气火车上乘客的重量,而电流命令按一定方式进行调整以响应前面的输出结果,即当火车满载时,电流命令随之增大,当火车未满载时,电流命令随之减小。

标号 6 表示产生命令信号  $\alpha$  的装置,该信号随逆变器 2 输出频率的频率-时间改变率(输出频率对时间的变化(赫兹/秒))命令变化,并通过一系列步骤得到,首先减法器 61 把相关的电流命令  $I_p$  与逆变器输出电流的检测值  $I_m$  相减,然后根据相减的差值,由(借助)电流控制装置(表)62 得到。以下将用于逆变器 2 的输出频率的频率-时间改变率称为频率-时间改变率。通常,对于电气车辆或火车而言,在平坦轨道上行驶时的正常加速度是预定的,并以此设定能以预定的加速度行驶所需相关的扭矩(牵引力)。在以上述方式设定该扭矩的基础上,就确定了作为感应电机规格参数的额定电压、电流等数值,然后,根据确定下来的电动机电流,确定出逆变器的电流容量。逆变器 2 包含多个自灭弧半导体开关元件(未画出)。

由于这些开关元件被安排用来向感应电动机提供大电流,假如这时发生过电流,就有导致这些开关元件损坏的危险。因此,逆变器必须按照其可用电流容量仔细控制。在前述文献(2)中,以开环方式提供的电流并未按上述方式受到控制,故有可能损坏开关元件,所以在设计用于电气车辆上的相应控制系统时文献(2)的方法并不实用。

标号 7 表示产生用于逆变器 2 的输出频率指令  $F_{in}$ ,其中加号对应于驱动和开动,减号对应于再生。在装置 7 中,首先,在逆变器 2 启动时,逆变器输出频率指令  $F_{in}$  的初值  $F_{ino}$  由初值设置器 72 根据检测器 10 检测到的感应电动机转子频率  $F_r$  的检测值设定。提供该设置器便于电气车辆在任一时刻再驱动或再生制动,从而在任何行驶速度(电动机 3 的转子频率)下都可以进行平滑的再驱动或再生制动。如果不作这样的配置,车辆就容易产生突然的加速或减速。而且,因为来自检测器 10 的转子频率  $F_r$  并不总是用于连续控制,所以即使由于干扰而使整个电流控制系统发生振荡时,检测器 10 的输出也不会影响该控制系统。随后,积分器 71 对频率-时间改变率指令  $\alpha$  进行积分,并从初值  $F_{ino}$  加上(驱动时)或减去(再生时)积分器的结果从

而输出逆变器输出频率指令  $F_{in}$ 。

标号 8 表示执行变压变频控制 (VVVF 区域控制) 和恒压变频控制 (CVVF 区域控制) 的电压控制装置, 前一种控制将逆变器 2 的输出电压调整得近似正比于逆变器输出频率指令  $F_{in}$ , 而后一种控制将逆变器的输出电压大体上固定在一预定的数值上。电压控制装置还执行所谓的换档停止动作以限制由上述来自控制器 200 的换档指令得到的电压指令。为了促进这种效果显现, 在产生电流指令从而产生与换档对应的最大速度的电流指令产生装置 4 中, 换档停止也同样有效。

标号 9 表示门信号发生装置, 它响应逆变器输出频率指令  $F_{in}$  和来自电压控制装置 8 的电压指令  $V_{in}$ , 产生门信号送往作为逆变器组成部分的开关元件 (未画出), 从而使逆变器 2 可响应指令完成预定的操作。

按照本发明第一个实施例的上述电路构造, 频率-时间改变率指令  $\alpha$  受到控制从而使逆变器输出电流  $I_m$  等于电流指令  $I_p$ 。随后, 根据这样控制的频率-时间改变率指令  $\alpha$ , 逆变器输出频率指令  $F_{in}$  相应增大 (驱动时) 或减小 (再生时)。因此, 频率-时间改变率指令  $\alpha$  大体上与电流指令  $I_p$  相对应, 由此就保证了机车以对应于电流指令  $I_p$  的扭矩加速 (驱动时) 或减速 (再生时)。

在图 1 所描述的本发明第一个实施例中, 当需要恒速运行时, 如果提供一个响应恒速运行命令使得频率-时间改变率指令  $\alpha$  为 0 的装置, 就可以在发出恒速运行命令时大体上保持速度不变。

而且, 逆变器输出频率指令发生装置 7 需要附加装置来抑制感应电动机 3 超出预定值  $F_{sm}$  时引起的差频, 即确保逆变器输出频率指令  $F_{in}$  在驱动时不会超过某一频率或在再生时不会低于某一频率, 前一频率通过把  $F_{sm}$  与转子频率相加得到, 后一频率通过由转子频率减去  $F_{sm}$  得到。

以下借助图 2 描述按照文献(2)中分开的已有技术和图 1 所示的本发明第一个实施例的频率-时间改变率控制方法对负荷等方面相应的影响。

在图 2 中,按照标以①的已有技术的频率-时间改变率控制方法,当上坡或下坡引起负荷变化时,由于不提供恒流控制系统,除非限流器运行,否则如图 2(A)所示,相应的逆变器输出电流  $I_m$  就会随负荷的变化而变化。由此将引发这样的问题,如果在施加大负荷并且限流器运行时馈电线电压发生浪涌如曲线上标的圆图所示,很可能导致过电流。

与已有技术的方法相反,按照采用图 1 的第一个实施例的本发明的方法,如②所标识的,在图 2(B)所示,频率-时间改变率指令  $\alpha$  由频率-时间改变率指令发生装置 6 控制,从而使得逆变器输出电流  $I_m$  即使在负荷变化时也与电流指令  $I_P$  相等,由此,如图 2(A)所示,②的  $I_m$  成为常数。由于通过电流控制系统对电流进行了适当的控制以保证与逆变器电流容量相适应的电流(实际的电流因而与控制指令相等)流过,所以达到了这个效果。因此解决了已有技术的过电流问题。

如上所述,由于逆变器输出频率指令基本上不随感应电动机的转子频率变化,所以本发明的电流控制系统具有不受转子频率振荡的影响的优点,当车辆跨越铁轨接头或结点时可能会引起这种振荡,而且又由于逆变器输出电流受电流控制系统控制,不可能发生过电流,所以车辆可以以精确对应电流命令的扭矩加速或减速。

而且,与文献①中所述已有技术的差频可调整方法相比(在那里,为了控制逆变器输出电流,调整差频从而对电流控制系统的输出作出响应),由于本发明采用了为控制逆变器输出电流而调整频率-时间改变率指令(即,频率-时间改变率由电流控制系统的输出调整)的配置,而在前述的已有技术中并不直接控制与扭矩直接相关的差

频,所以具有将由电流控制系统的干扰引起的电气车辆的扭矩涨落降至最低程度的优点。

借助图 3,频率-时间改变率指令产生装置 6 可以进一步包含生成预定的频率-时间改变率指令  $\alpha_p$  的装置,随后,把来自电流控制器 62,等于电流指令  $I_p$  与有关的逆变器输出电流的检测值  $I_m$  之差的输出在加法器 64 中与  $\alpha_p$  相加,从而产生频率-时间改变率指令  $\alpha$ 。应该认为在本发明范围内这种配置产生了与前面配置相同的操作和效果。在本例中,电流控制器 62 只对电流差值进行调整,因而减轻了电流控制器 62 的负担。

就图 1 所示的本发明第一个实施例而言,由于没有空转或滑行,所以保证了较好的控制。但是,当发生空转(驱动时)或滑行(再生时)时,感应电动机 3 的转子频率不是增大(驱动时)就是减小(再生时)以减少差频,即,由于恒流控制系统的抑制作用逆变器输出电流(或电动机电流)  $I_m$  基本上不作变化。由此引起这样一个问题,由于扭矩没有减小,使得转子频率可以进一步增大或减小,从而使空转或滑行演变为严重的空转或滑行。以下将描述解决这个问题的方法。

#### 第二个实施例

图 4 所示为本发明第二个实施例的电路构造,与图 1 的第一个实施例的不同之处在于,频率-时间改变率指令产生装置 6 和逆变器输出频率指令产生装置 7 具有与第一个实施例的不同的构造。即,改进的频率-时间改变率指令产生装置 6 增加有限制器 65 从而将频率-时间改变率指令  $\alpha$  的上限限制为参照值  $\alpha^*$ ,该值大于与车辆加速或减速对应的频率-时间改变率。频率-时间改变率指令  $\alpha$  的参照值  $\alpha^*$  根据对应于某一电流指令  $I_p$  假定 F 的车辆加速或减速的估计频率-时间改变率设定。通过依次计算电流指令  $I_p$  下的加速度可以对加速度或减速度进行估计,但是根据需要也可以通过给出电流指令  $I_p$  与参照值  $\alpha^*$  关系的表而得到结果。

而且,在本发明第二个实施例的逆变器输出频率指令产生装置7中增加了放大器73和加法器/减法器74,由此当电流控制器62的输出为负值时,即当逆变器输出电流 $I_m >$  电流指令 $I_p$ 时,该负输出经放大器73放大,然后把放大器73的经过放大的负输出与积分器71的输出 $F_{in}$ 相加(驱动时)或相减(再生时),从而输出逆变器输出频率指令 $F_{in}$ 。提供放大器73和加法器/减法器74以改进逆变器输出电流 $I_m$ 的响应特性,但是对于本发明的基本构造来说,它们并非必要部分。其它的部件与图1的实施例中的相同。

在本发明第二个实施例的前述电路构造中,与图1第一个实施例基本上相似,控制频率-时间改变率指令 $\alpha$ 从而使逆变器输出电流 $I_m$ 与电流指令 $I_p$ 相等,因而 $F_{in}$ 响应于频率-时间改变率指令 $\alpha$ ,逆变器输出频率指令增大(驱动时)或减小(再生时)以使其与感应电动机3的转子频率 $F_r$ 的增加或减少相同,即,使最终的差频为一常数。但是,当逆变器输出电流 $I_m$ 小于有关的电流指令 $I_p$ ,从而使频率-时间改变率指令 $\alpha$ 增加至大于与车辆实际加速或减速对应的频率-时间改变率(感应电动机3转子的频率-时间改变率的参照值 $\alpha^*$ 附近时,引起差频随频率-时间改变率指令 $\alpha$ 与对应于车辆加速或减速的频率-时间改变率之差逐渐增大,因而使电动机电流,即逆变器输出电流 $I_m$ 逐渐变至与电流指令 $I_p$ 相等。

现在,将借助图5详细描述与图4的本发明实施例的控制方法、已有技术中的恒流控制方法和文献②中所述的频率-时间改变率控制方法有关的各种空转现象。

在图5中,按照由①标识的常规恒流控制方法,当发生空转时,感应电动机3的转子频率增加,从而导致相关的差频,即逆变器输出电流(电动机电流) $I_m$ 减小,但因恒流控制系统的抑制作用并不减小,因此如图5(C)①所示 $I_m$ 基本不变。所以,由于未能减小扭矩,如图5(B)①所示电动机频率 $F_r$ 持续增加,而空转①如图5(A)所示进

一步加剧,从而引起大的空转现象。

按照图 5 中②所标识的常规频率变速控制方法,当发生空转时,如图 5(B)所示,感应电动机 3 转子频率  $F_r$  总是要比逆变器输出频率指令  $F_{in}$  (响应于频率-时间改变率指令  $\alpha$ ) 增加得快,因而如图 5(C)所示,差频,即逆变器输出电流  $I_m$  将减小,从而减小扭矩。因此,引起转子频率  $F_r$  增量减小,使其与由预定的频率-时间改变率指令  $\alpha$  决定的逆变器输出频率指令  $F_{in}$  的增量大致相等。即,如果保持给定的车辆加速度,空转就不会进一步增大,所以如图 5(A)的②所示将处于平衡状态。如果在这种情况下轨道和车轮之间的附着恢复如初,就会发生预期的自身再附着。但是,为了确保并增强再附着,必须执行再附着控制。

与前述常规方法相比,按照图 4 本发明的第二个实施例,其结果由图 5 中的③表示,当发生空转时,如图 5(B)所示,感应电动机 3 转子频率  $F_r$  总是要比逆变器输出频率指令  $F_{in}$  (响应于频率-时间改变率指令  $\alpha$ ) 增加得快,并且有关的差频,即逆变器输出电流  $I_m$  如图 5(C)所示减小至小于电流指令  $I_P$ ,从而使扭矩也减小。因此,频率-时间改变率指令  $\alpha$  适于采用大于与图 5(D)所示的与车辆加速度对应的频率-时间改变率的参照值  $\alpha^*$ ,因而,转子频率  $F_r$  的增量受到抑制,而如图 5(B)所示与对应参照值  $\alpha^*$  的逆变器频率指令  $F_{in}$  的增量基本上相等。即,按照频率-时间改变率指令  $\alpha$  的参照值  $\alpha^*$  与对应于车辆加速度的频率-时间改变率之差  $\Delta\alpha$ ,控制空转缓慢增加如图 5(A)所示。因此,这种情况下,如果在空转还未变得太严重之前轨道和车轮的附着又恢复如初,那么就完全可以产生预期的如图 5(A)中②以指出的常规频率·变速控制方法所产生的自身再附着。但是,为了确保和增强再附着,必须完成后面将描述的再附着控制。

上面已经描述的是驱动时的空转现象,而且再生时的滑行现象也可以按上述相同方式解释。



如上所述,按照本发明图 4 的实施例,除了具备图 1 第一个实施例的优点之外,还实现了这样一些优点,即由于频率-时间改变率指令  $\alpha$  不超过参照值  $\alpha^*$ ,该值大于与车辆加速度或减速度相应的频率-时间改变率,所以不可能发生大的空转或滑行,而自身再附着的预期发生依赖于特殊的轨道条件,它们包括例如因涂抹上油以后轨道和车轮之间附着力暂时降低。

借助图 6,应该看到频率-时间改变率指令产生装置 6 的改进配置与前述本发明实施例操作和效果相同,其中提供了产生预定频率-时间改变率指令  $\alpha_p$  的装置 63,并对电流指令  $I_p$  与检测逆变器输出电流  $I_m$  之差异作出响应,在加法器 64 中将  $\alpha_p$  与电流控制器 62 的输出相加,然后通过限制器 65 输出频率-时间改变率指令  $\alpha$ 。

而且,在图 4 和图 6 的实施例中,用于频率-时间改变率指令  $\alpha$  的参照值  $\alpha^*$ (其值大于任何对应于车辆实际加速度或减速度的频率-时间改变率并用于频率-时间改变率指令发生装置 6 中的限制器 63)已从电流指令  $I_p$  获得。但是,车辆实际的加速度或减速度可以按照下列任一步骤获得。

(步骤 1)由于车辆一般由多个感应电动机驱动,与车辆实际加速度或减速度对应的各个频率-时间改变率由这些感应电动机各自的转子频率计算得到,然后从中选取一个值作合适的值或对它们取平均,该值进一步与例如预定的值  $\Delta\alpha$  相加以定出参照值  $\alpha^*$ 。借助图 7,一系列的感应电动机 31、32、33 和 34 分别带有转子频率检测器 101、102、103 和 104。这些转子频率检测器输出的转子频率  $F_{r,1}$ - $F_{r,4}$  分别输入加速度/减速度计算器以计算各自的加速度和减速度。随后,在选择器 1225 中,当驱动时选取最小值(如果最小值能够用来检测因铁轨接头引起的振荡,那么就选取次最小值),而当再生时选取最大值(如果预计会发生问题则选取次最大值),由此就获得了车辆实际的加速度。这一指示实际加速度的输出在限制器 65 中增加至更大

的值以提供合适的参照值  $\alpha^*$ 。

(步骤 2) 从非驱动轮(从动轮)的转动计算出对应于车辆任一加速度或减速度的频率-时间改变率, 然后对该计算值进行处理, 例如, 加上预定的值  $\Delta\alpha$  以定出参照值  $\alpha^*$  (未画出)。虽然在测量期间不得对非驱动轮采用空气制动, 但本步骤还是可以得出相对来说更为准确的加速度。

(步骤 3) 从逆变器输出电流(电动机电流)估计出对应于车辆任一加速度或减速度的频率-时间改变率, 随后进一步处理该估计值, 例如, 加上一个预定的值  $\Delta\alpha$  以定出参照值  $\alpha^*$  (示画出)。虽然本步骤需要考虑诸如乘客负荷和/或轨道坡度之类负荷因素以定出合适的参照值  $\alpha^*$ , 但它具有省去计算加速度或减速度用的转子频率检测器的优点。

### 第三个实施例

现在将借助图 8 描述本发明第三个实施例的电路构造。本发明第三个实施例与图 4 第二个实施例的不同之处在于, 频率-时间改变率指令产生装置 6 和逆变器输出频率指令产生装置 7 与第二个实施例中的不同。即, 在图 8 的频率-时间改变率指令发生装置 6 中, 略去了图 4 中描述的限制器 65, 而代之以装置 67, 用来产生大于对应于车辆实际加速度或减速度的任一频率-时间改变率的参照的频率-时间改变率  $\alpha^*$ 。而且, 其中采用了电流控制器 66, 从而当逆变器输出电流  $I_m$  大于电流指令  $I_p$  时根据  $I_m$  和  $I_p$  的差异输出用于调节参照的频率-时间改变率  $\alpha^*$  的调节量  $\Delta\alpha$ ; (负值)。然后, 把由电流控制器 66 输出的  $\Delta\alpha$  在加法器 68 中与参照的频率-时间改变率  $\alpha^*$  相加, 以产生更新的频率-时间改变率  $\alpha$ 。参照的频率-时间改变率指令  $\alpha^*$  以如图 4 实施例相同的方式产生, 即, 根据与车辆加速度或减速度对应的, 由电流指令  $I_p$  估计得到的估计的频率-时间改变率产生。而且, 在逆变器输出频率指令产生装置 7 中, 用将电流控制器 66 的输出

$\Delta\alpha_i$  与  $K_i$  相乘的乘法器 75 代替图 4 中示出的放大器 73, 然后在加法器/减法器 74 中来自积分器 71 的输出  $F_{in}$  加上(驱动时)或减(再生去)时乘积值  $\Delta\alpha_i \cdot K_i$  从而输出逆变器输出频率指令  $F_{in}$ 。当逆变器输出电流  $I_m$  与图 4 实施例中的情况相似, 趋向于比电流指令  $I_P$  大时, 乘法器 75 和加法器/减法器 74 有利于改善要受控的逆变器输出电流  $I_m$  的响应, 但是从原理上讲它们不是必需的。其它的配置和功能与图 4 的实施例相同。

在上述电路构造下, 如果逆变器输出电流  $I_m$  变得小于电流指令  $I_P$  时, 电流控制器 66 输出的  $\Delta\alpha_i$  为 0, 而频率-时间改变率指令  $\alpha$  选取一个较对应于车辆实际加速度或减速度(即感应电动机 3 转子频率的频率-时间改变率)的任一相关的频率-时间改变率而更大的参照的频率-时间改变率指令  $\alpha^*$ 。由此, 类似于图 4 的实施例, 导致电动机 3 的差频取决于参照的频率-时间改变率指令  $\alpha^*$  和对应于车辆的加速度或减速度的频率-时间改变率之间的差异而缓慢增加, 由此导致电动机电流, 即逆变器输出电流  $I_m$  缓慢增加以与电流指令  $I_P$  一致。

其次, 如果逆变器输出电流  $I_m$  变得大于电流指令  $I_P$ , 电流控制器 66 产生输出  $\Delta\alpha_i$ (负值)。这一从电流控制器 66 输出的  $\Delta\alpha_i$  对参照的频率-时间改变率指令  $\alpha^*$  与对应于车辆加速度或减速度的频率-时间改变率之差作出补偿(调整量由参照的频率-时间)改变率指令  $\alpha^*$  与对应于车辆实际加速度的频率-时间改变率之差确定, 在通常的驱动条件下, 由电流控制器 66 进行调节), 由此将频率-时间改变率指令  $\alpha$  调整至与对应于车辆加速度或减速度的频率-时间改变率相等。也就是说, 逆变器输出频率指令  $F_{in}$  的增量变得与感应电动机 3 的转子频率  $F_r$  的增量相同, 即, 差频为常数, 而逆变器输出电流  $I_m$  改变为略大于电流指令  $I_P$  一个与  $\Delta\alpha_i$  对应的值。因此, 频率-时间改变率指令  $\alpha$  与对应给定的电流指令  $I_P$  的值相等, 由此确保车辆以大

致相当于电流指令  $I_p$  的扭矩加速或减速。

上述第三个实施例的操作原理上与图 4 的实施例相同,而且应该看到在发生空转或滑行时其操作也与图 4 的实施例相同。

因此,按照本发明图 8 的第三个实施例,同样具备图 4 实施例的那些优点。

但是,在图 8 第三个实施例中,产生参照的频率-时间改变率指令  $\alpha^*$  的装置 67 可以包括以下任一配置,该  $\alpha^*$  值大于对应于车辆实际加速度或减速度的任一相关的频率-时间改变率这些配置已对于图 7 提及。

(配置 1)通常,由于车辆由多个感应电动机驱动,所以可作如下安排使得对应于车辆实际加速度或减速度的频率-时间改变率由一系列感应电动机各自的转子频率计算得到,并从中选取或取其平均作为一个合适的值,然后进一步处理该选取值,例如加上一个合适的预定值  $\Delta\alpha$  从而产生一合适的参照的频率-时间改变率指令  $\alpha^*$ 。

(配置 2)在本配置中,对应于车辆实际加速度或减速度的频率-时间改变率由非驱动轮(从动轮)的转动计算得到,并进一步处理该计算值,例如加上一个预定的值  $\Delta\alpha$  从而产生一个合适的参照的频率-时间改变率指令  $\alpha^*$ 。

(配置 3)对应于车辆加速度或减速度的频率-时间改变率从逆变器输出电流(电动机电流)估算得到,然后进一步处理该估计值,例如加上一个预定的值  $\Delta\alpha$ ,从而产生一个合适的参照的频率-时间改变率指令  $\alpha^*$ 。

#### 第四个实施例

借助图 9 将描述本发明第四个实施例的电路构造。本发明第四个实施例与图 4 第三个实施例的不同之处在于增加了再附着控制装置 11。而且,在以下的附图描述中省略了主控制器 200。在再附着控制装置 11 中,等效转子频率  $F_r$  从车辆速度即从安装在从动轮轮轴

上的检测器(未画出)检测出的非驱动轮的转数并转换为与感应电动机 3 等价的转子频率得到与感应电动机 3 的转子频率  $F_r$  之间的转子频率差  $\Delta F$  当驱动时在减法器 111 中由  $F_r$  减去  $F_i$  或当再生时在减法器 111 中由  $F_i$  减去  $F_r$  得到。当该转子频率差  $\Delta F$  小于用来检测空转(驱动时)或滑行(再生时)的检测阈值  $F_K$  时,系数乘法器 112 输出的系数  $K_C$  为 1,而当  $\Delta F$  大于  $F_K$  时,系数乘法器 112 输出的系数  $K_C$  小于 1。随后,把来自系数乘法器 112 的系数  $K_C$  和来自频率-时间改变率指令产生装置 6 的频率-时间改变率指令  $\alpha'$ (图 4 中为  $\alpha$ )在乘法器 113 中相乘从而输出更新的频率-时间改变率指令  $\alpha$ 。以实例中的方式,系数乘法器 112 输出的小于 1 的系数  $K_C$  值应该确保频率-时间改变率指令  $\alpha$  小于对应于车辆加速度或减速度的频率-时间改变率。其它的配置与图 4 实施例的相同。

在本发明图 9 第四个实施例中,在不存在空转/滑行时(即当再附着控制装置 11 中系数乘法器 112 输出的系数  $K_C$  等于 1 时)的操作与图 4 实施例中的相同。以下借助图 10 描述在驱动或加速模式期间发生空转时的基本操作。

借助图 10,当轨道和车轮之间的附着低至图 10(C)所示附着极限从而导致感应电动机空转时,如图 10(A)所示,相关的转子频率  $F_r$  增量大于相关的逆变器输出频率指令  $F_m$  的增量,由此导致相关的差频,即逆变器输出电流(或电动机电流)  $I_m$  如图 10(C)所示迅速下降至基本上小于电流指令  $I_p$ 。因此,如上所述,电流控制器的输出,即频率-时间改变率指令  $\alpha'$  总是趋向于增加,只是限制器 65 将其抑制在大于对应于车辆加速度的频率-时间改变率的参照值  $\alpha^*$  处。

另一方面,转子频率  $F_r$  与非驱动轮等效转子频率(车辆速度)  $F_i$  之间的转子频率差  $\Delta F (=F_r - F_i)$  如图 10(B)所示变得较大,并且当  $\Delta F$  值大于检测阈值  $F_K$  时,由系数乘法器 112 输出的系数  $K_C$  如图 10(E)所示小于 1。因此,如图 10(D)所示由于频率-时间改变率指令

$\alpha$  跌至对应的车辆加速度的频率-时间改变率之下,促使感应电动机 3 恢复再附着,由引使差频(电动机电流),即逆变器输出电流  $I_m$  如图 10(C)所示由减少转变为增加,因而很容易恢复再附着。再附着恢复后,系数乘法器 112 输出的系数  $K_c$  设定为 1,然后如图 10(D)所示,频率-时间改变率指令  $\alpha$  取为大于对应于车辆加速度的频率-时间改变率的参照值  $\alpha^*$ ,由此导致差频(电机电流),即逆变器输出电流  $I_m$  如图 10(C)根据参照值  $\alpha^*$  与对应于车辆加速度的频率-时间改变率之差  $\Delta\alpha$  逐渐增加。对于逆变器输出电流  $I_m$  增加至给定电流指令  $I_p$  之前将再次发生空转和再附着的情形,再附着控制装置 11 控制(调节)频率-时间改变率指令  $\alpha$ ,使其平均地大致等于对应于车辆加速度(在图 10(D)中表示为常量)的频率-时间改变率,由此使感应电动机 3 的驱动扭矩如图 10(C)所示,更新为平均地对应于附着极限。也就是说,就平均而言,频率-时间改变率指令  $\alpha$  更新为基本上与附着极限对应,因而确保车辆平均地以大致对应于给定的轨道条件的扭矩加速。

而且,对于因驶过铁轨道接头等处而使再附着控制装置易于发生误操作的情形,发生误操作时频率-时间改变率指令  $\alpha$  减小,但这种减小量较按照文献①的公开的常规再附着控制方法小,对于后者,是在检测到空转后,根据固定模式控制差频或电流指令以直接减小或抑制扭矩,所以按照本发明的再附着控制方法的扭矩最终减小量较小,从而不会明显牺牲车辆的加速性能。即本发明实施例的配置使其能允许或容纳误操作,从而使检测空转的检测阈值  $F_k$  可以设定得比常规装置和方法所设定的值更小。因此,由于按照本发明实施例能够检测到更小的内在空转(intrinsic slip)并由此确保再附着,所以可以进一步改进车辆的加速性能(再附着特性)。

而且,按照本发明的再附着控制方法的另一个优点在于,由于不直接抑制扭矩,对于以单个逆变器控制多个感应电动机的情形,未发

再生空转的感应电动机的扭矩并不过度抑制,从而改善了加速特性(再附着特性)。

上述本发明的基本操作的原理也可用于再生/减速模式。

而且,为了确保再附着使其达到满意的效果,作如下安排是有利的,系数乘法器 112 输出的系数  $K_c$  由 1 到小于 1 转变的检测阈值设定值  $F_K(F_{K0})$  与系数乘法器 112 输出的系数  $K_c$  由小于 1 转变到 1 的检测阈值设定值  $F_K(F_{K1})$  是不同的,由此可引入滞后,从而  $F_{K0} > F_{K1}$ 。

按照上述图 9 第四个实施例,除了具有图 4 实施例优点之外,还具有如下优点,在存在空转/滑行时,由于再附着控制装置 11 修改了频率-时间改变率指令  $\alpha$  (具体而言,就是使其变得小于对应于车辆实际加速度或减速度的频率-时间改变率),因而进一步增强了自身附着,从而用可按实际轨道情况精确改变的合适的扭矩加速或减速车辆。

利用实例方式,在图 9 的实施例中,已经从非驱动轮的转速  $F_r$  获得了用作检测空转/滑行时的参照速度的车辆速度。但是,对于车辆上没有非驱动轮或难以在非驱动轮上安装检测器的情形,也可以采用下面将要描述的配置来估计车辆的实际速度。

借助于图 11,描述了用于估计车辆实际速度的本发明实施例的车辆速度估算器。车辆速度估算器 136 接收作为驱动轮转子频率的电动机转子频率和由前述装置获得的车辆实际加速度  $\alpha_v$  ( $\alpha_v$  可以用频率-时间改变率指令参照值  $\alpha^*$  代替),并输出实际车辆速度(电动机转子频率转换值的估算值  $F_{rc}$ )。该实际车辆速度的估计值  $F_{rc}$  可以代替非驱动轮的转速  $F_r$ 。而且,就电动机转子频率  $F_r$  而言,对于一个感应电动机由单个逆变器控制的情形,输入的是转速,而对于用一个逆变器控制数个感应电动机的情形,在驱动时输入的是最大值  $F_{m1}$ ,而在再生时输入的是最小值  $F_{m2}$ 。

在减法器 1361 中把电动机转子频率  $F_r$  减去积分器 1363 的输

出  $F_{rc}'$ ，再把结果送入限制器 1362。限制器 1362 具有符号为正和为负的极限值，该极限值要比  $\alpha_v/k$  大(或小)一个预定值  $\beta$ ， $\alpha_v/k$  是在乘法器 1364 中将车辆实际加速度或减速度  $\alpha_v$  与  $1/k$  相乘后得到的，这里  $k$  为积分器 1363 的增益。把减法器 1361 的运算结果送至积分器 1363 直到运算结果接近极限值，随后当超出极限值时，在积分器 1363 中用极限值代替。在本例中如果转子频率  $F_r$  的加速度或减速度等于实际的车辆加速度或减速度  $\alpha_v$  时，转子频率  $F_r$  与积分器 1363 的输出  $F_{rc}'$  之差等于乘法器 1364 的输出  $\alpha_v/k$ 。该状态应予以保持，因为车辆速度估算器输出的  $F_{rc}$  将不再代表实际的车辆速度，所以驱动时乘法器 1364 输出的  $\alpha_v/K$  与积分器 1363 输出的  $F_{rc}'$  在加法器/减法器中相加，或再生时从积分器 1363 的输出  $F_{rc}'$  减去  $\alpha_v/K$ ，从而输出与实际的车辆速度对应的估算值  $F_{rc}$ 。

利用这种估算值  $F_{rc}$  代替非驱动轮的转速  $F_r$  将省去在非驱动轮上安装用于检测驱动轮的空转/滑行目的的速度检测器。

#### 第五个实施例

借助于图 12，将描述本发明第五个实施例的电路构造。第五个实施例的电路构造由包含将在图 9 第四个实施例中描述的再接附着控制装置 11 加入至操作方式原则上与图 4 第二个实施例的相同的图 8 第三个实施例的电路构造。因此，图 12 第五个实施例操作方式原则上与上述图 9 第四个实施例的相同，也就是说，与组合再附着控制装置 11 的图 4 第二个实施例的相同，因而第五个实施例具有图 9 实施例相同的优点和效果。而且，估算值  $F_{rc}$  可以用来代替非驱动轮的转速  $F_r$ 。

#### 第六个实施例

下面还将借助图 13 描述本发明第六个实施例的电路构造。本发明第六个实施例与图 9 第四个实施例的不同之处在于，前者的再附着控制装置 11 经改进后在配置上不同于后者，即，系数乘法器 112



和 113 由放大器 114 和减法器 115 代替。即,在第六个实施例的再附着控制装置中,当转子频率差 $\Delta F$  大于用于检测空转/滑移目的的检测阈值  $F_K$  时,导致放大器 114 根据差异程度产生输出 $\Delta\alpha_c$ 。在减法器 115 中把由频率-时间改变率指令产生装置 6 输出的频率-时间改变率指令  $\alpha'$  减去放大器 114 输出的 $\Delta\alpha_c$ 。从而输出更新的频率-时间改变率指令  $\alpha$ 。其它的配置和操作与图 9 第四个实施例描述的相同。

在图 13 第六个实施例中,当不存在空转/滑行时(当再附着控制装置 11 中的放大器 114 输出的 $\Delta\alpha_c$  为 0 时)基本操作与图 9 或图 4 的实施例相同。在存在空转/滑行时,由于根据转子频率差 $\Delta F$  调节(控制)频率-时间改变率指令  $\alpha$ ,所以频率-时间改变率基本上更新为与附着极限对应,因此确保车辆在对应于实际轨道条件的扭矩下加速或减速。即,与图 9 实施例相比,按照第六个实施例,进一步改善了再附着性能。

第七个实施例:

图 14 所示为本发明第七个实施例的另一种电路构造,除了再附着控制装置 11 的配置改动为与图 13 的第六个实施例的相同以外,其包含的配置与操作方式基本上与图 9 第四个实施例的图 12 第五个实施例的相同。

因此,图 14 和七个实施例的基本操作与上述图 13 的第六个实施例(或者当再附着控制装置 11 改动为具有与图 13 一样的配置时,与图 9 的第四个实施例相同)的相同,因此,本发明第七个实施例的优点和效果应当理解为与图 13 或图 9 的实施例的相同。

利用实例的方式,在图 9、12、13 和 14 的各实施例中,已经在驱动轮的转子频率  $F_r$  与非驱动轮的转子频率  $F_n$  (或估算值  $F_{rc}$ ) 之差的基础上于各再附着控制装置 11 内检测了空转或滑行。因为空转或滑行的检测和再附着都能容易地进行,所以施行了这种操作。但是,由于采用驱动轮转子频率时间差值的公知的常规空转/滑行检测方法

可能会产生难以检测再附着的问题,所以有必要采用分离的再附着检测装置。但是,应该认识到,只要能检测空转/滑行和再附着,任何常规再附控制装置 11 都可以用作本发明各实施例的再附着控制装置 11。

现在,借助于图 15,并借助于图 16 的模拟结果描述一个有多个(本例中为四个)感应电动机耦合到一个逆变器上的实例。利用实例的方式,在图 15 中,31-34 表示感应电动机,101-104 表示用于检测感应电动机 31-34 的转子频率  $F_{r1}-F_{r4}$  的检测器,这里所用感应电动机额定功率为 130 千瓦。

图 16 和 17 表示在这样的条件下获得的模拟实例,即感应电动机 31-34 中只有感应电机 31 空转。图 16 表示图 15 实施例的再附着控制实例,而图 17 表示采用与图 15 实施例相同的空转检测方法的常规再附着控制实例,其中按照预定的控制曲线模式控制差频,也就是说,在检测到空转时,将速度降至某一固定值,在检测到再附着时,使速度逐渐恢复到某一固定值。从图 16 可见,按照图 15 的实施例,在感应电机 31 达到附着极限之前,感应电动机 31-34 的扭矩  $\tau_1-\tau_4$  由电流指令  $I_p$  控制。从图 16 和 17 还可以进一步看到,按照图 15 的实施例(如图 16 所示),与常规方法相比(如图 17 所示),即使当感应电动机 31 空转时,也确保不空转的感应电动机 32-34 的扭矩  $\tau_2-\tau_4$  不必下降,同时,感应电动机 31 引起附着恢复,因而能使感应电动机 31-34 的总扭矩  $\tau_1-\tau_4$  平均地保持在附着极限高端附近。

模拟实例示于图 18 和 19 中,其中感应电动机 31-34 中只有感应电动机 31 的转子频率  $F_{r1}$  振荡导致空转误检测的发生。图 18 表示采用与图 15 实施例相同的空转检测方法的常规再附着控制的实例,其中差频按照固定模式控制,也就是说,在检测到空转后,将速度降低至某一恒定值,而在检测到再附着时,使速度逐渐恢复到某一恒定值。另一方面,图 19 表示按照图 15 实施例的再附着控制的实例。

比较图 18 和 19, 显而易见, 在发生空转误检测时, 按照图 15 实施例的感应电动机 31-34 的扭矩  $\tau_1 - \tau_4$  的减少如图 19 所示限制于很小的范围, 而按照常规方法, 如图 18 所示, 感应电动机扭矩  $\tau_1 - \tau_4$  的减少量很大。因此, 按照常规再附着控制方法, 必须将用于检测空转的检测阈值设定在较大的值上, 随后, 反过来, 感应电动机 31 的空转如图 17 所示变得更大, 从而导致感应电动机 31-34 的扭矩下降较大, 使加速特性变坏。

在本发明前述各实施例中, 电流指令被描述为控制输入, 但是对于扭矩由扭矩指令或扭矩电流指令控制的交流电动机的矢量控制中, 这种控制输入可以是扭矩指令或扭矩电流指令, 当把本发明前述实施例应用到这些扭矩指令或扭矩电流指令上时也可以达到本发明范围内同样的效果和优点。

而且, 在本发明前述的实施例中, 电气车辆包括电车、铁道车辆和电气机车, 但是也不仅限于此, 还应包括电动汽车。

按照本发明的第一个方面, 具有如下一个优点, 即由于逆变器的频率命令基本上不依赖于感应电动机的转子频率, 此外还因为逆变器的输出电流由恒流控制系统控制, 所以不可能发生过电流, 车辆也可以在大致对应于电流指令的扭矩下加速或减速。此外, 按照本发明的第二个方面, 具有另外一个优点, 即便发生空转或滑行, 由于频率-时间改变率指令不会超过预定的值(大于对应于车辆实际加速度/减速度的频率-时间改变率的参照值), 所以不可能发生剧烈的空转或滑行, 因此根据具体的轨道条件(例如, 对于因涂抹油脂而使轨道、车轮间附着力暂时下降的情形)可以预期发生的结果。除了前述第二个方面的优点外, 按照本发明第三个方面具有另外一个优点, 即在允许空转/滑行情形发生时, 由于再附着控制系统将改动(调节)频率-时间改变率指令, 所以将改进感应电动机自身再附着性质从而使车辆在精确对应任何轨道条件的合适扭矩下加速或减速。

# 说明书附图

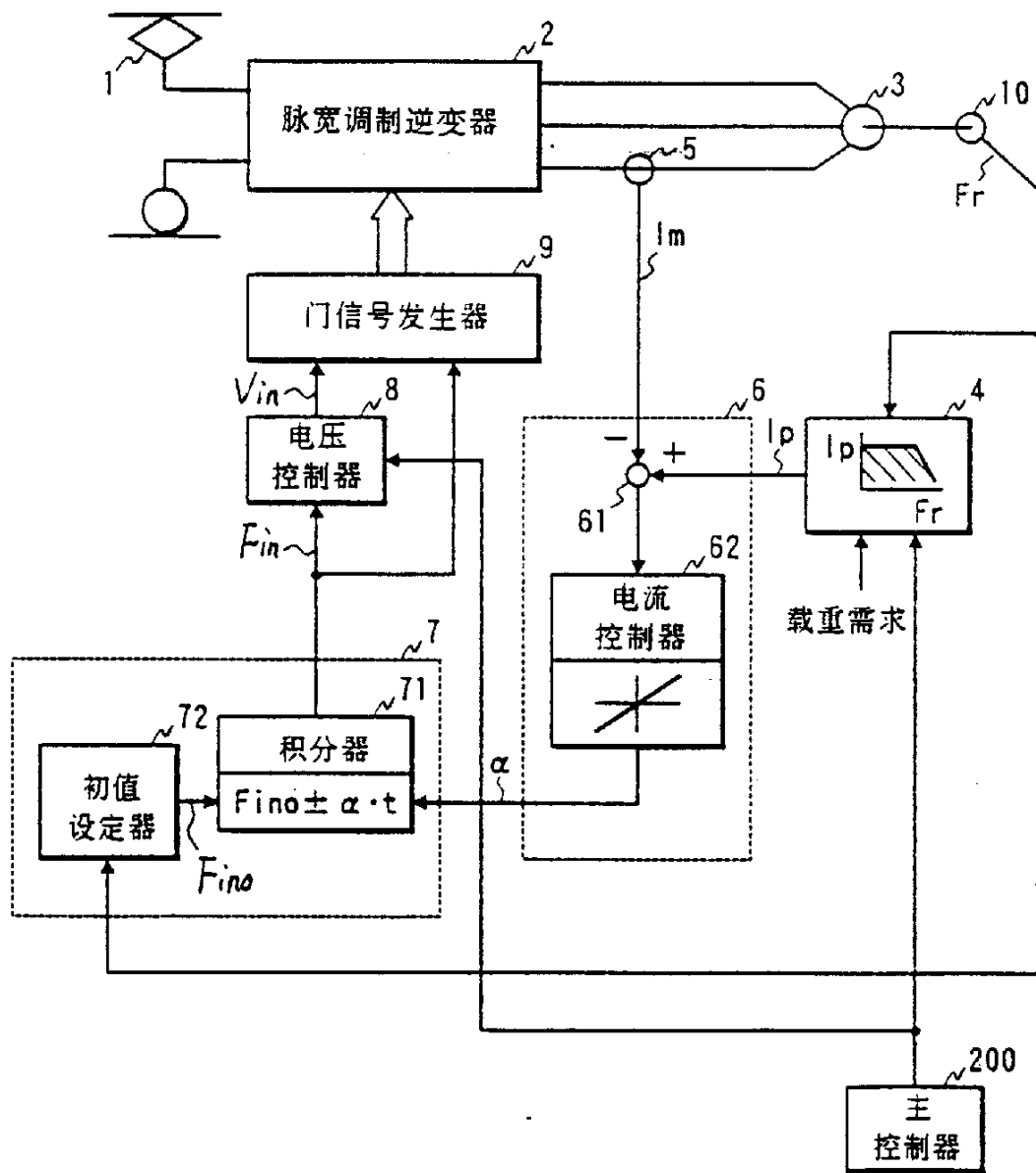
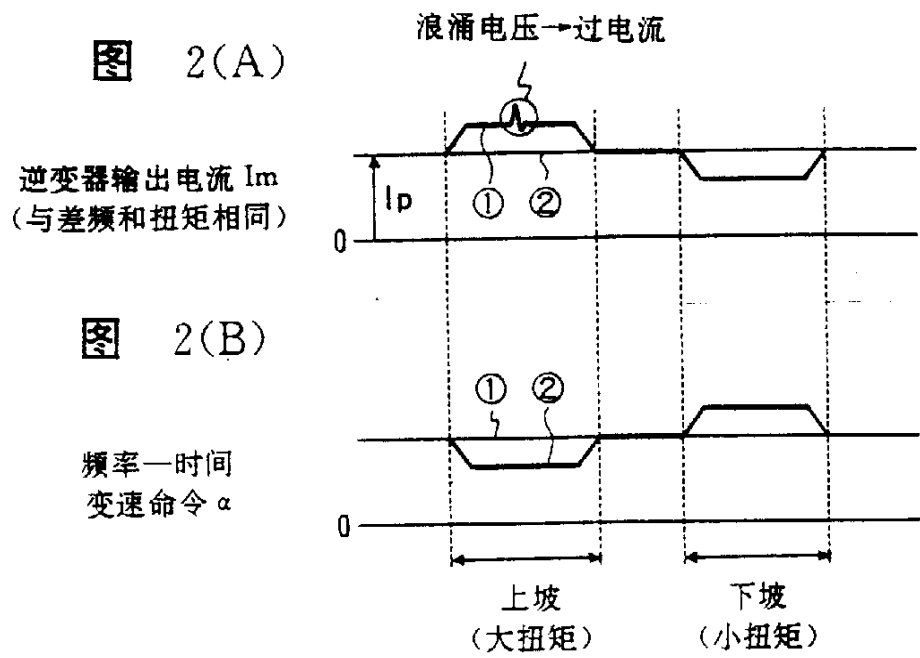
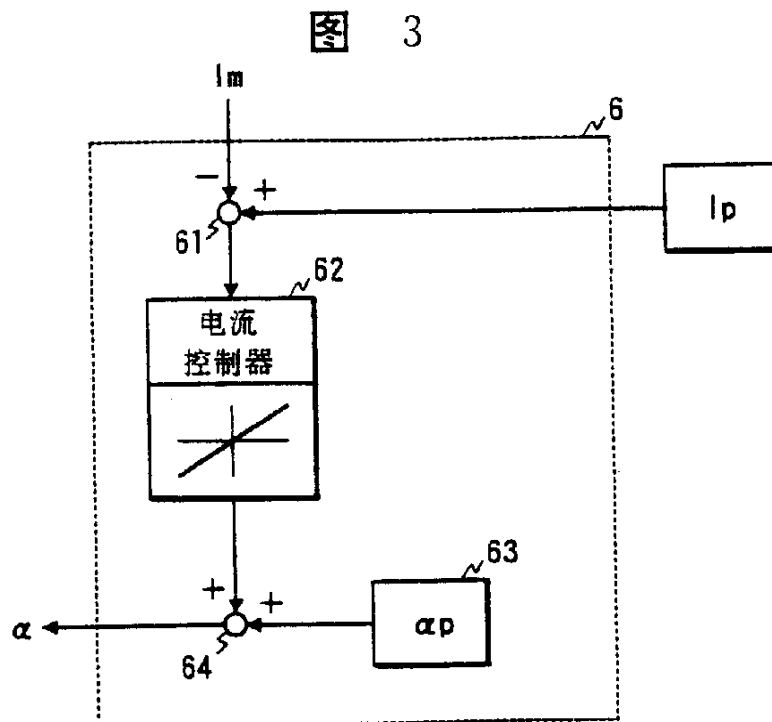


图 1



- ① 常规的频率改变率控制
- ② 在图 1 的实施例中的情形



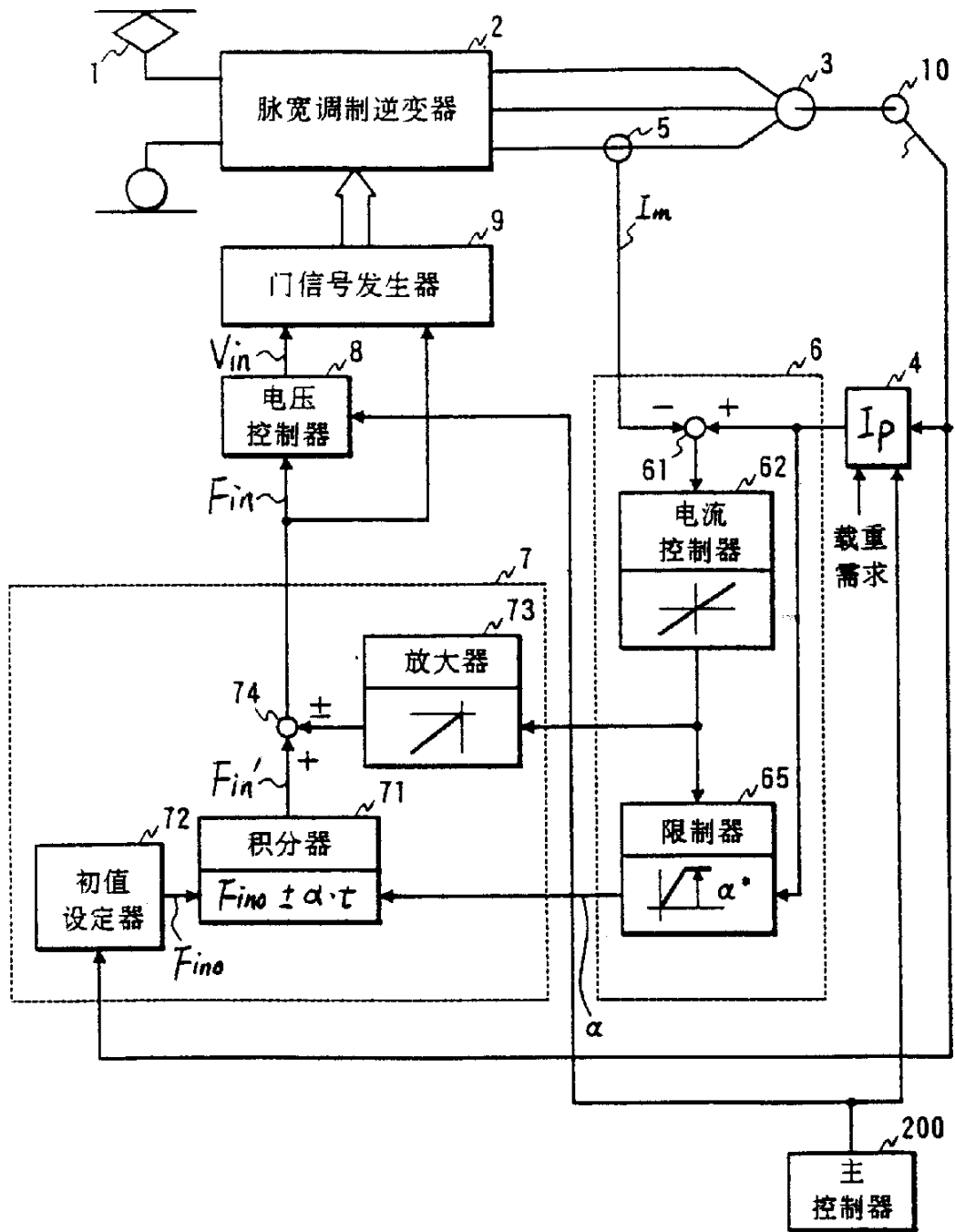


图 4

图 5(A)

空转速度



图 5(B)

逆变器输出频率指令  $F_{in}$

转子频率  $F_r$

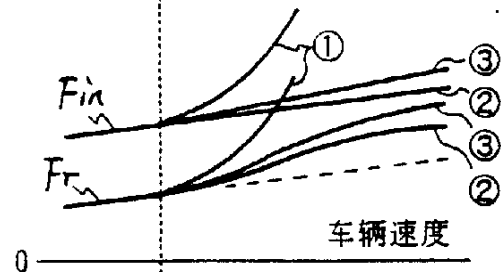


图 5(C)

逆变器输出电流  $I_m$   
(与差频和扭矩相同)

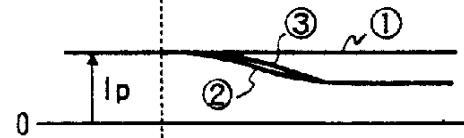
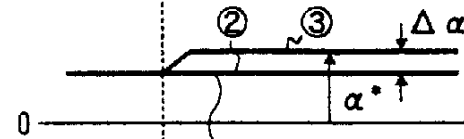


图 5(D)

频率—时间  
改变率指令  $\alpha$



车辆速度相对应的情形

- ①常规恒流控制
- ②常规频率改变率控制
- ③以图 4 实施例方式控制

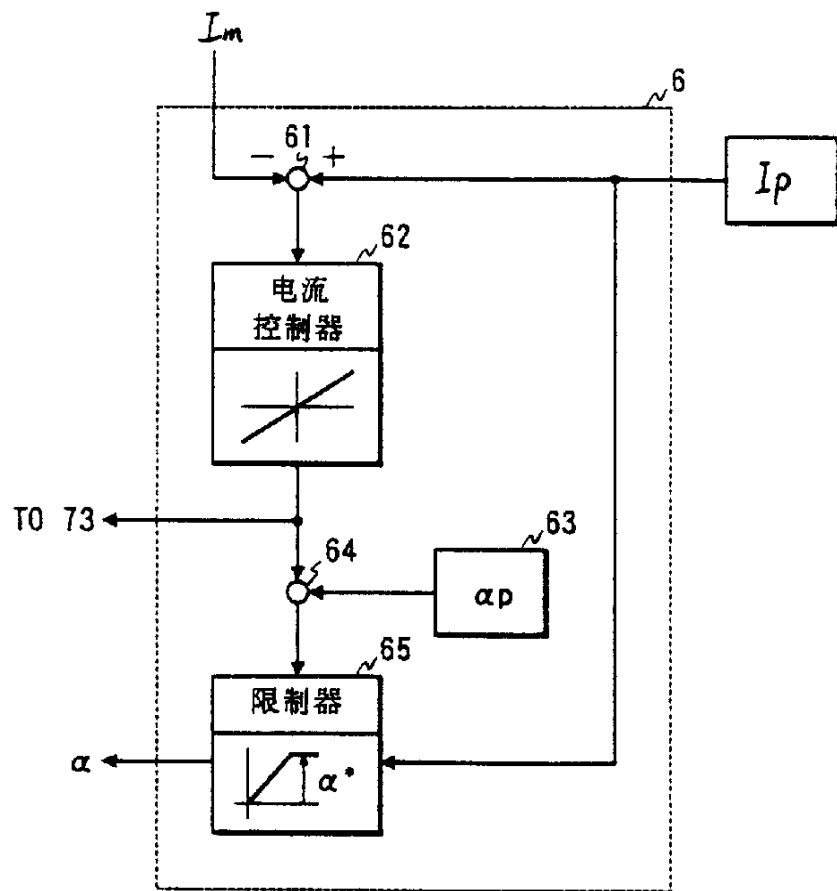


图 6



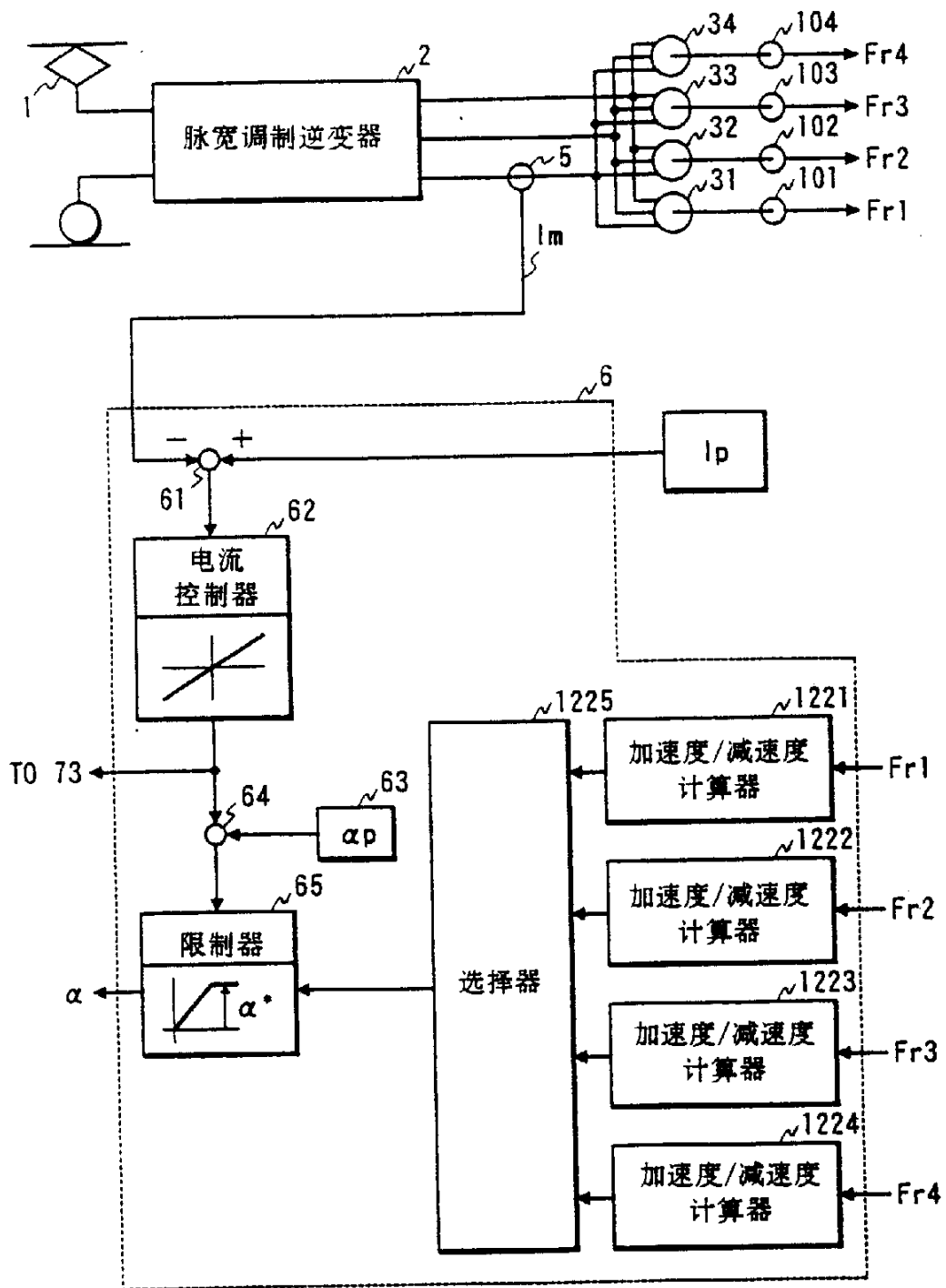


图 7

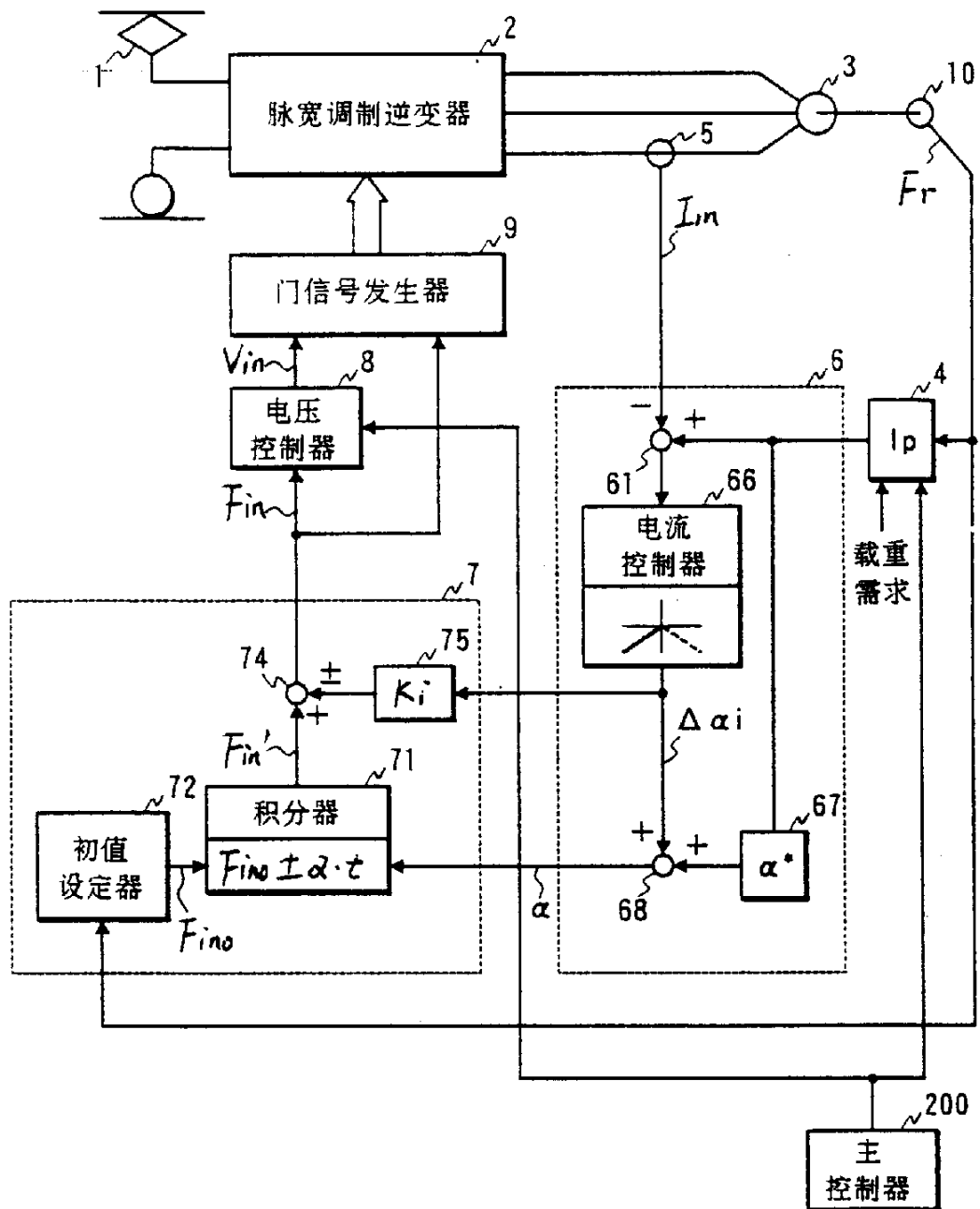


图 8

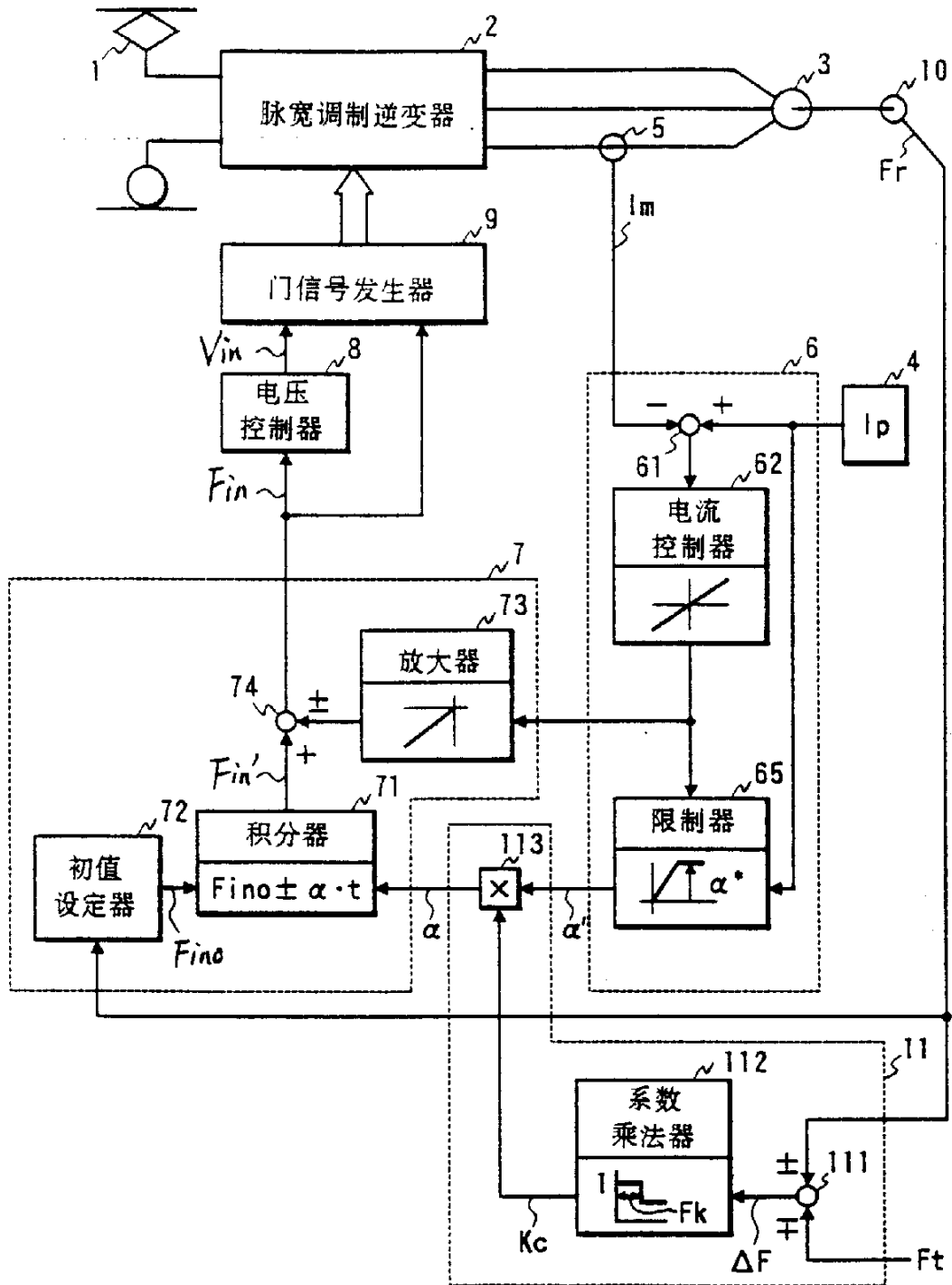


图 9

逆变器输出频率指令  $F_{in}$   
 转子频率  $F_r$   
 车辆速度  $F_t$

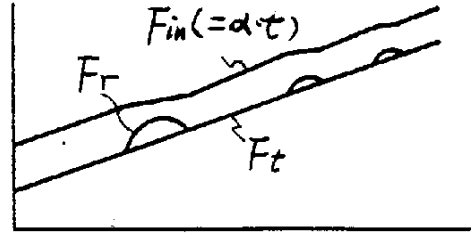


图 10(A)

转子频率差  $\Delta F$

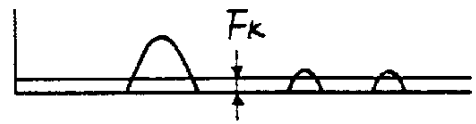


图 10(B)

逆变器输出电流  $I_m$   
 (与差频和扭矩相同)

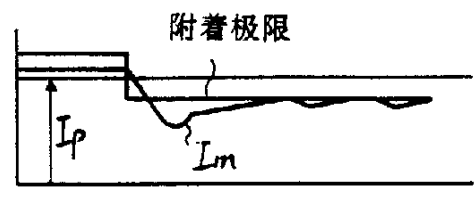


图 10(C)

频率—时间  
 改变率指令  $\alpha$

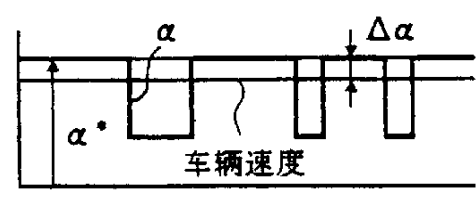


图 10(D)

来自系数乘法器 112  
 的输出系数  $K_c$



图 10(E)

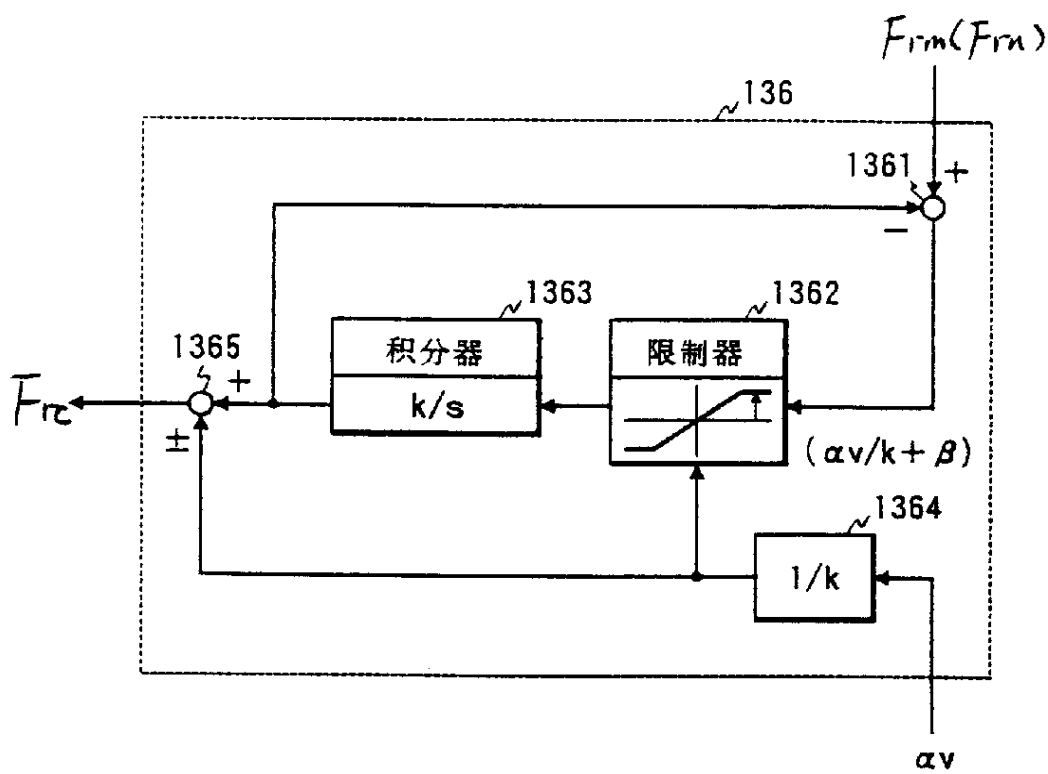


图 11

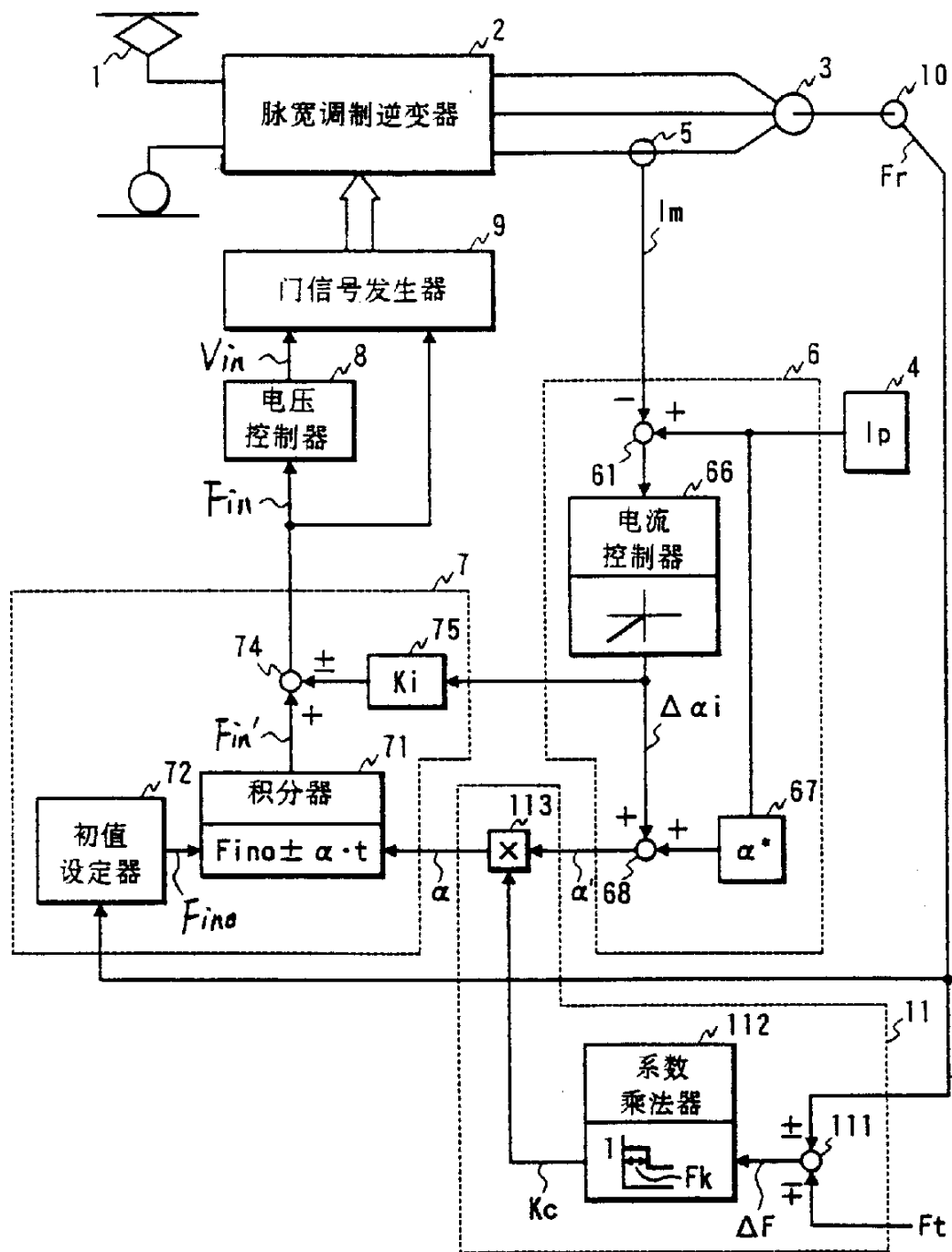


图 12

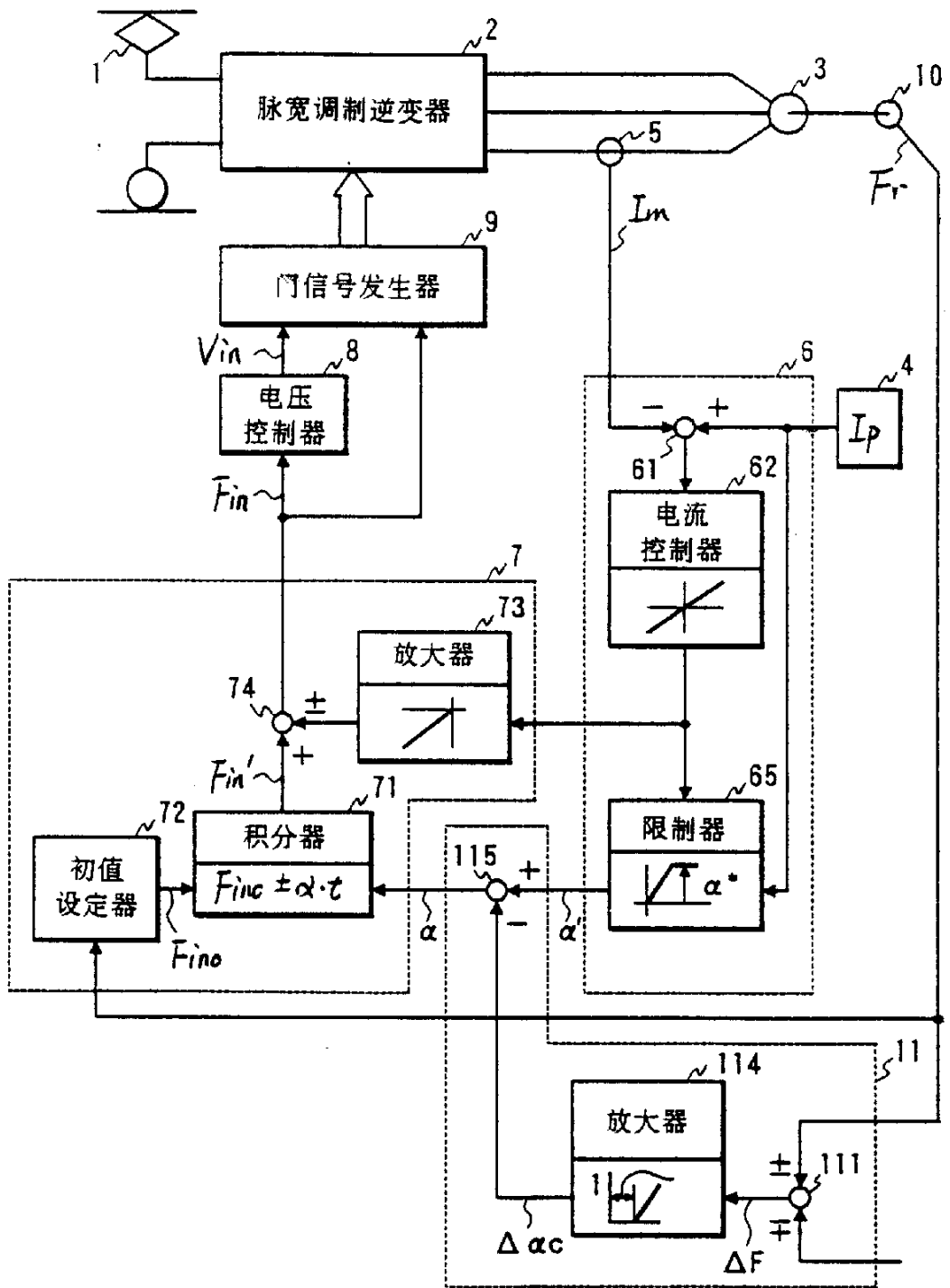


图 13

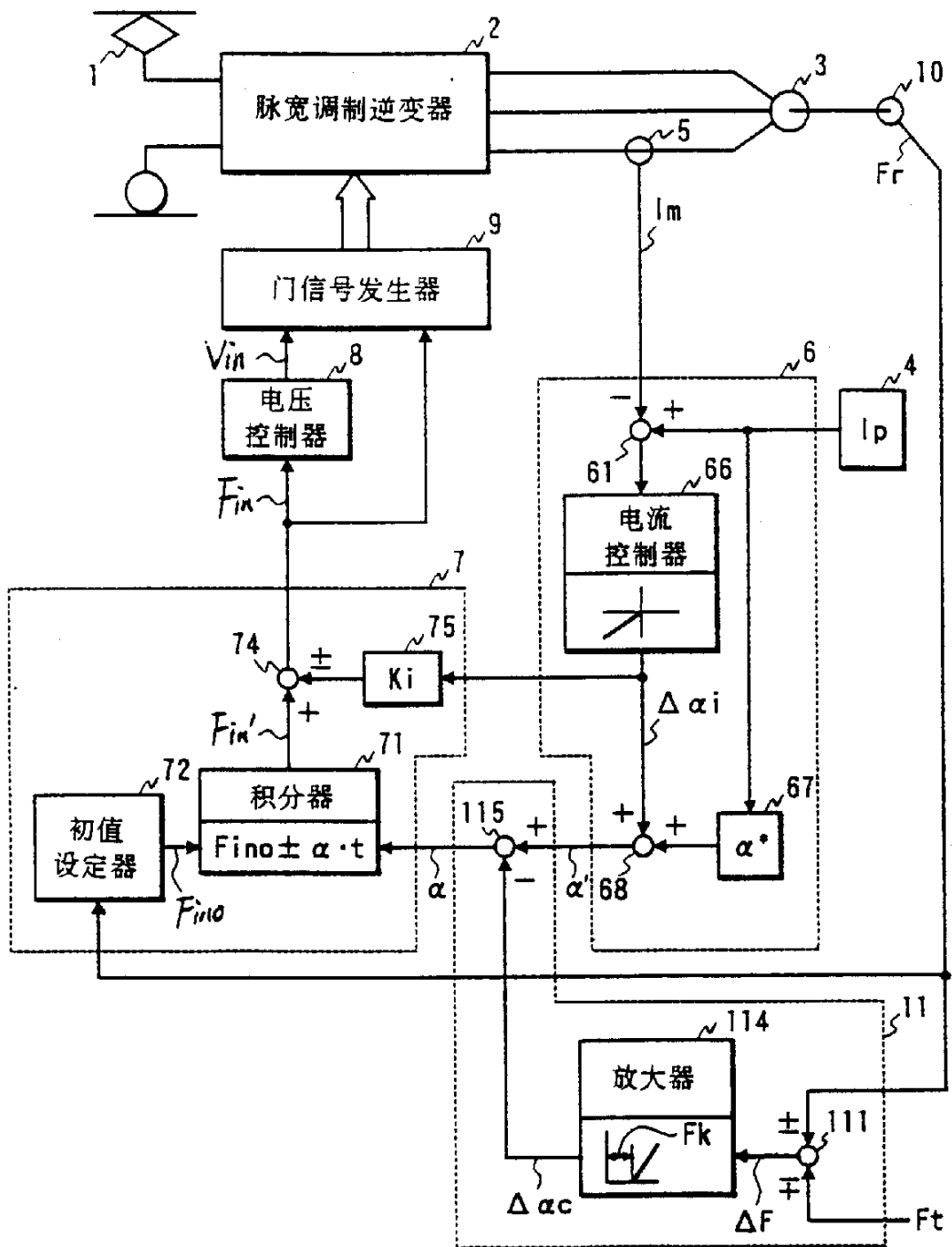


图 14



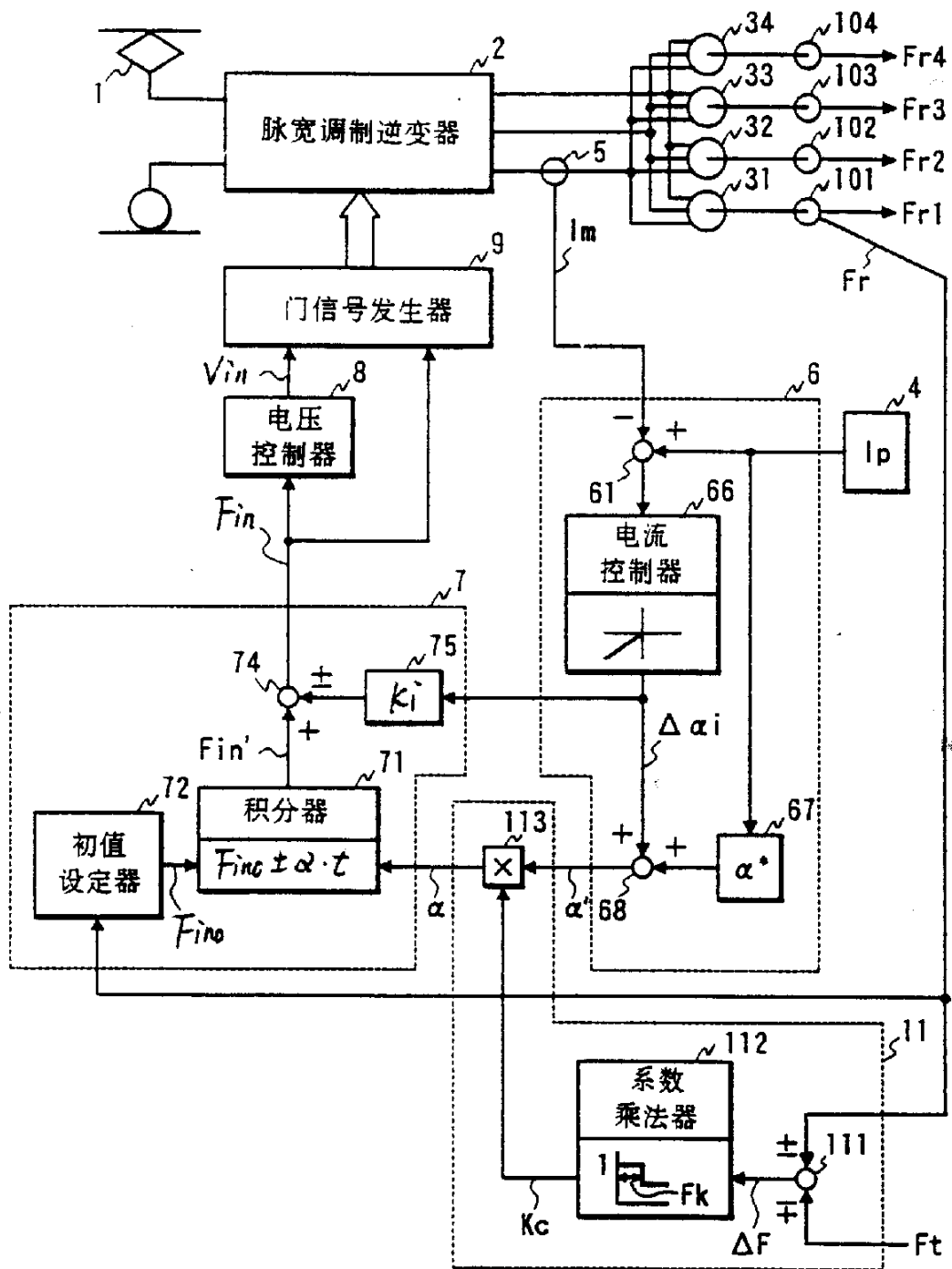


图 15

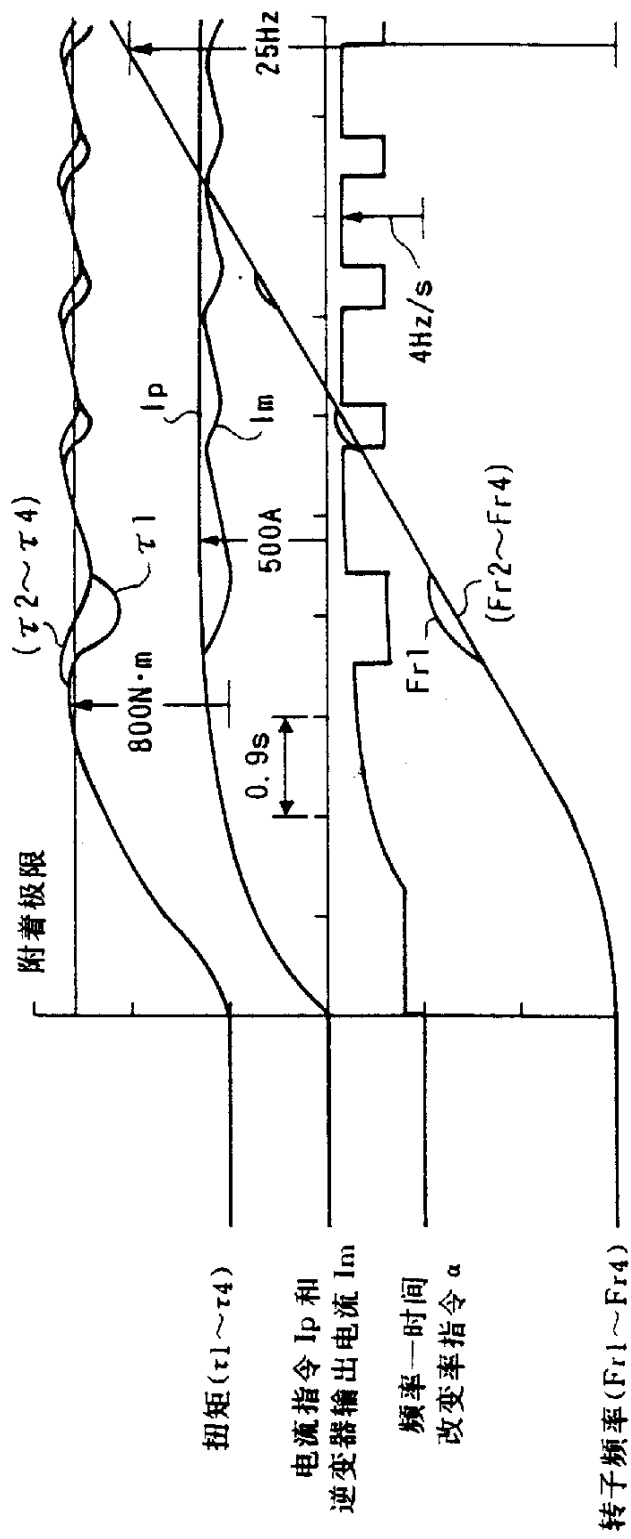


图 16

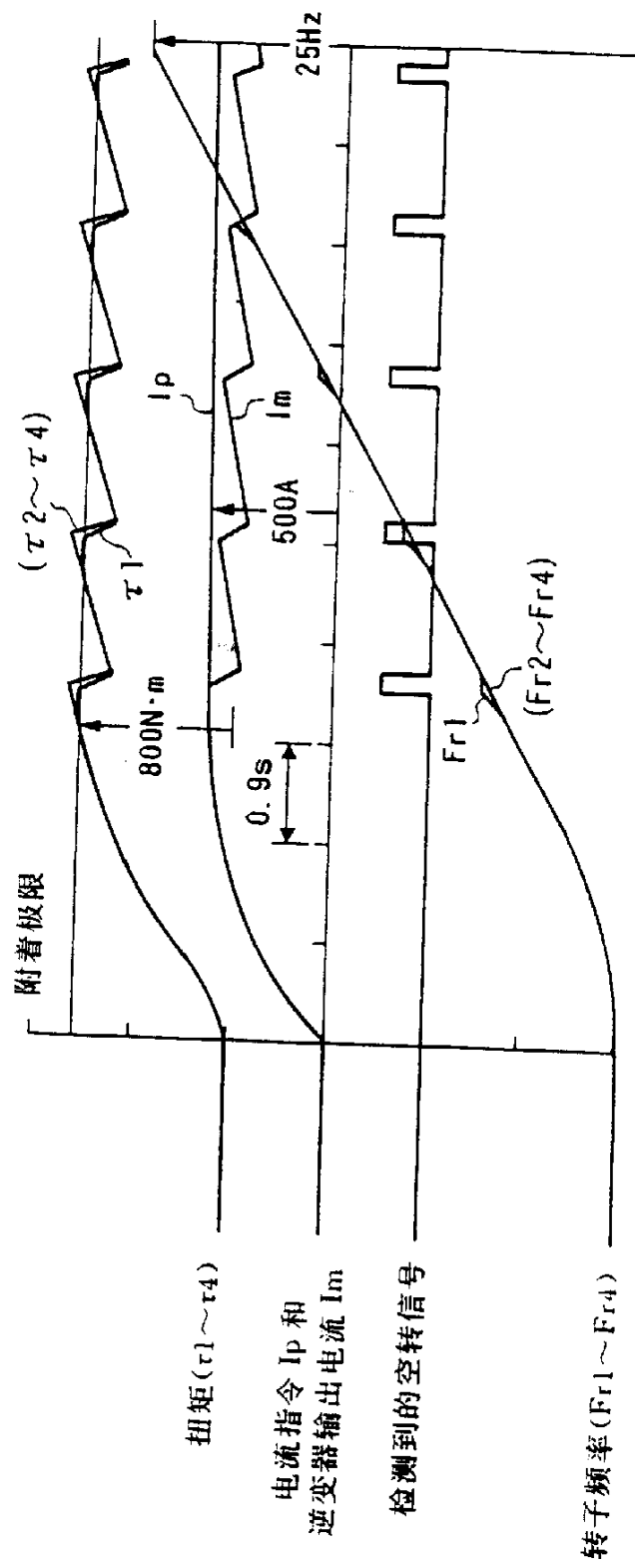


图 17

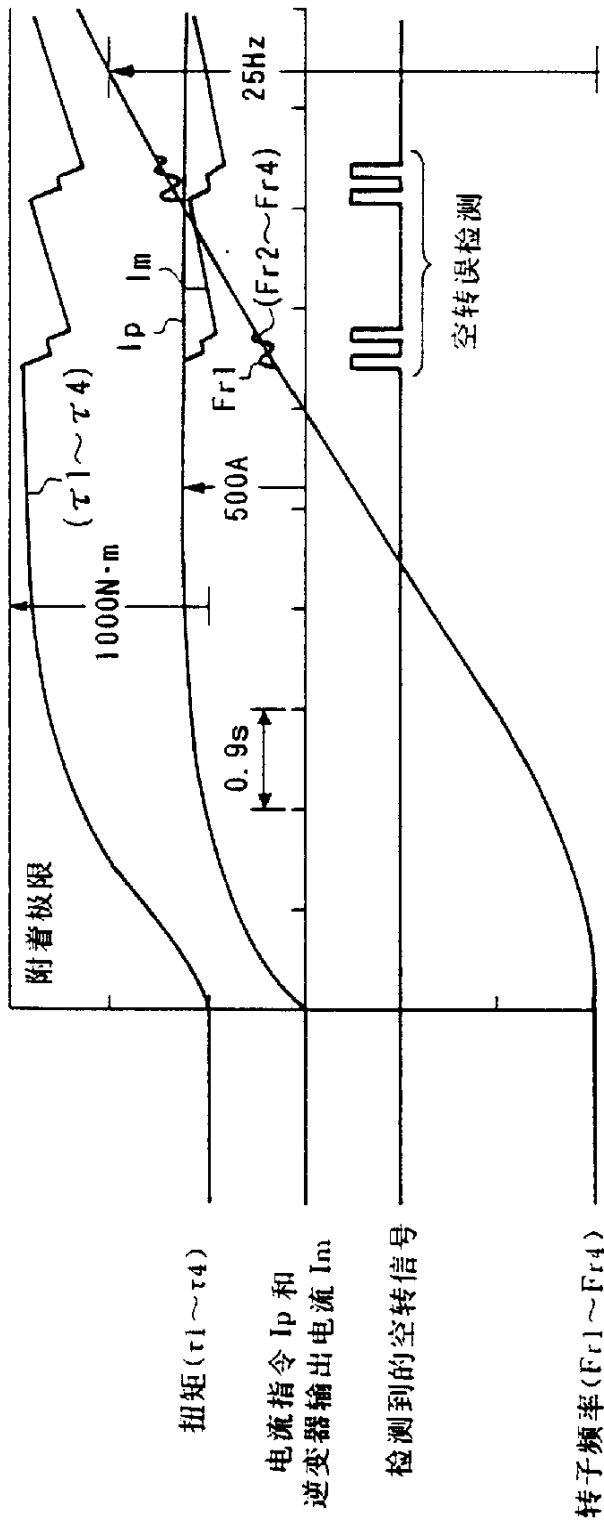


图 18

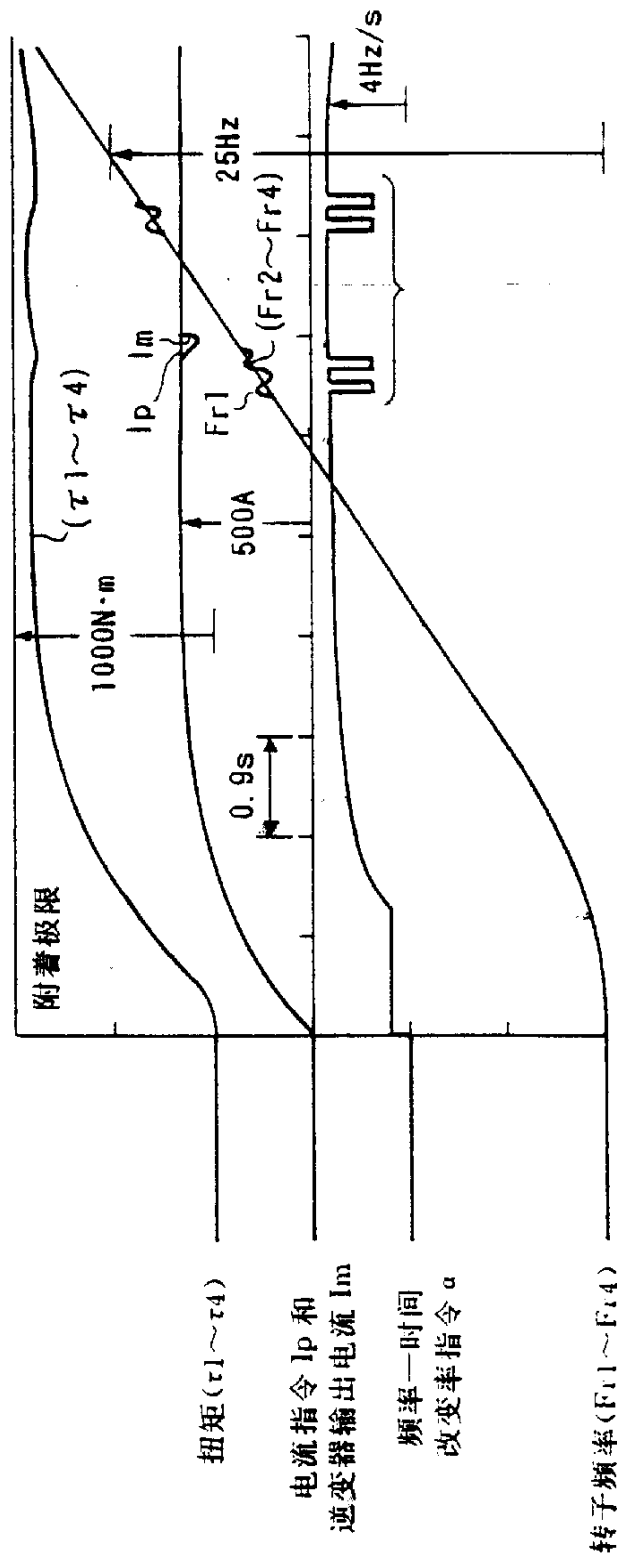


图 19