

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H02P 21/00
H02P 5/408

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00124107.9

[43] 公开日 2001 年 6 月 13 日

[11] 公开号 CN 1299184A

[22] 申请日 2000.8.16 [21] 申请号 00124107.9

[30] 优先权

[32] 1999.12.8 [33] JP [31] 348954/1999

[71] 申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 根来秀人

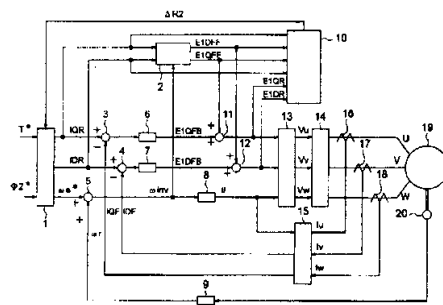
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 季向冈

权利要求书 4 页 说明书 26 页 附图页数 14 页

[54] 发明名称 感应电动机的矢量控制装置

[57] 摘要

一种感应电动机的矢量控制装置,根据转矩指令值、二次磁通指令值以及感应电动机常数,来算出 d 轴电流指令值、q 轴电流指令值以及滑差角频率指令值,在此装置中具有自动调整二次电阻的修正值的装置。使用 d,q 轴前馈电压指令值 E1DFF 和 E1QFF、d,q 轴电压指令值 E1DR 和 E1QR、转矩电流指令值 IQR 和磁通电流指令值 IDR,由二次电阻修正值运算部 10 算出二次电阻修正值 $\Delta R2$,由矢量控制指令运算部 1,使用二次电阻修正值 $\Delta R2$ 来进行感应电动机 19 的矢量控制。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4



权 利 要 求 书

1. 一种感应电动机的矢量控制装置，其特征在于，包括：

矢量控制指令运算装置，根据转矩指令值 T^* 、二次磁通指令值 $\Phi 2^*$ 以及作为控制对象的感应电动机的感应电动机常数，来算出 d 轴电流指令值 IDR 、q 轴电流指令值 IQR 以及滑差角频率指令值 ωs^* ；

旋转角频率运算装置，算出上述感应电动机旋转角频率 ωr ；

变换器角频率运算装置，把上述滑差角频率指令值 ωs^* 与上述旋转角频率 ωr 相加，来算出变换器角频率 ωinv ；

dq 轴前馈电压运算装置，使用上述 d 轴电流指令值 IDR 、上述 q 轴电流指令值 IQR 、上述感应电动机常数以及上述变换器角频率 ωinv ，来算出 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 和 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ ；

前馈电压矢量运算装置，算出上述 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 和上述 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ 各自的平方和的平方根值，来算出前馈电压指令值 $E1F$ ；

反馈电流运算装置，从上述感应电动机的三相电流值来算出 d 轴反馈电流 IDF 和 q 轴反馈电流 IQF ；

补偿电压运算装置，从上述 d 轴电流指令值 IDR 和上述 d 轴反馈电流 IDF 的偏差算出 d 轴补偿电压 $E1DFB$ ，同时，从上述 q 轴电流指令值 IQR 和上述 q 轴反馈电流 IQF 的偏差算出 q 轴补偿电压 $E1QFB$ ；

dq 轴电压指令值运算装置，把上述 d 轴补偿电压 $E1DFB$ 与上述 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 相加来算出 d 轴电压指令值 $E1DR$ ，同时，把上述 q 轴补偿电压 $E1QFB$ 与上述 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ 相加来算出 q 轴电压指令值 $E1QR$ ；

电压矢量运算装置，算出上述 d 轴电压指令值 $E1DR$ 和上述 q 轴电压指令值 $E1QR$ 各自的平方和的平方根值，求出电压指令值



出前馈电压指令值 $E1F$;

反馈电流运算装置, 从上述感应电动机的三相电流值来算出 d 轴反馈电流 IDF 和 q 轴反馈电流 IQF ;

补偿电压运算装置, 从上述 d 轴电流指令值 IDR 和上述 d 轴反馈电流 IDF 的偏差算出 d 轴补偿电压 $E1DFB$, 同时, 从上述 q 轴电流指令值 IQR 和上述 q 轴反馈电流 IQF 的偏差算出 q 轴补偿电压 $E1QFB$;

dq 轴电压指令值运算装置, 把上述 d 轴补偿电压 $E1DFB$ 与上述 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 相加来算出 d 轴电压指令值 $E1DR$, 同时, 把上述 q 轴补偿电压 $E1QFB$ 与上述 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ 相加来算出 q 轴电压指令值 $E1QR$;

电压矢量运算装置, 算出上述 d 轴电压指令值 $E1DR$ 和上述 q 轴电压指令值 $E1QR$ 各自的平方和的平方根值, 求出电压指令值 $E1R$; 以及

滑差角频率修正值运算装置, 调整滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$, 以使上述前馈电压指令值 $E1F$ 和电压指令值 $E1R$ 的偏差为零,

并且上述变换器角频率运算装置使用由上述滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 所修正的滑差角频率, 来算出上述变换器角频率 ω_{inv} , 由此, 进行上述感应电动机的矢量控制。

5. 根据权利要求 4 所述的感应电动机的矢量控制装置, 其特征在于, 进一步包括限制器, 设置在上述滑差角频率修正值运算装置与上述变换器角频率运算装置之间, 把上述滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值限制在预定范围内。

6. 根据权利要求 4 或 5 所述的感应电动机的矢量控制装置, 其特征在于, 进一步包括第一修正装置, 设置在上述滑差角频率修正值运算装置与上述变换器角频率运算装置之间, 根据上述转矩指令值 T^* 来修正上述滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值。

7. 根据权利要求 4 或 5 所述的感应电动机的矢量控制装置, 其特征在于, 进一步包括第二修正装置, 设置在上述滑差角频率修正



值运算装置与上述变换器角频率运算装置之间，根据上述 q 轴电流指令值 IQR 来修正上述滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值。

8. 根据权利要求 4 所述的感应电动机的矢量控制装置，其特征在于，进一步包括第二切换器，设置在上述滑差角频率修正值运算装置与上述变换器角频率运算装置之间，根据上述电压指令值 $E1R$ 的值，切换是否向上述变换器角频率运算装置输入上述滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值。



说明书

感应电动机的矢量控制装置

本发明涉及感应电动机的矢量控制装置，特别是涉及能够自动调整感应电动机的二次电阻（感应电动机的转子侧的电阻）的设定值的感应电动机的矢量控制装置。

一般，在产业领域中广泛采用矢量控制来作为用于高速控制感应电动机的输出转矩的一个方式。以下对矢量控制进行简单说明。

矢量控制是：在与电源同步旋转的正交旋转坐标系中，作为把其中一方的轴取为二次磁通方向的被称为 d-q 坐标系的坐标系的矢量，来表现三相感应电动机的电流和磁通，独立地控制感应电动机的转矩和二次磁通的控制。

在矢量控制中，通过以下 (1) ~ (3) 式，使用转矩指令值 T^* 、二次磁通指令值 Φ_{2}^* 和电动机常数来计算转矩电流指令值 I_{QR} 、磁通电流指令值 I_{DR} 和滑差角频率指令值 ω_s^* 。该式的导出方法记载在例如中野孝良著 日刊工业新闻社发行的「交流电动机的矢量控制」中，由于是公知的，在此就不再描述。

$$I_{QR} = \frac{T^*}{\Phi_{2}^*} \times \frac{1}{P} \times \frac{L_2}{M} \quad \dots (1)$$

$$I_{DR} = \frac{\Phi_{2}^*}{M} \quad \dots (2)$$

$$\omega_s^* = \frac{I_{QR}}{I_{DR}} \times \frac{R_2}{L_2} \quad \dots (3)$$

其中，

P: 电动机的极对数

M: 电动机的互感 (H)

L1: 电动机的一次自感 (H)

L2: 电动机的二次自感 (H)

R2: 电动机的二次电阻 (Ω)。

如以上那样, 在矢量控制中, 用 (3) 式来计算滑差角频率指令值 ωs^* , 并进行控制, 但在 (3) 式中包含电动机的二次电阻 R2, 该 R2 的值随着周围温度和感应电动机本身的发热所产生的温度变化而变化, 因此, 在 (3) 式的运算中使用的 R2 的值需要使用推定随着温度变化的 R2 的变化来进行修正的值。

作为考虑这样的二次电阻修正的现有的矢量控制装置, 具有例如在日本专利申请公开公报特开平 6-343282 号中所记载的矢量控制装置。图 12 是表示该现有的矢量控制装置的构成的方框图。在图 12 中, 49 是用于根据二次磁通指令值 $\Phi 2^*$ 和转矩指令 TM^* 来控制作为控制对象的感应电动机 55 的矢量控制部, 50 是输入感应电动机旋转角频率 ωr 来进行感应电动机旋转角频率 ωr 的波形解析的波形解析部, 51 是用于通过波形解析部 50 的输出来调整参数 (在此是二次电阻设定值) 的参数调整部, 52 是从速度指令 ωr^* 减去感应电动机旋转角频率 ωr 而计算速度偏差的减法器, 53 是速度控制器, 根据由减法器 52 求出的速度指令 ωr^* 和感应电动机旋转角频率 ωr 的偏差来输出转矩指令 TM^* , 以使感应电动机旋转角频率 ωr 跟踪速度指令 ωr^* 。54 是根据从矢量控制部 49 所输出的一次电流指令值 $I1^*$ 来控制一次电流值 I1 的功率变换装置, 55 是根据该一次电流值 I1 而以预定的速度和转矩旋转的作为控制对象的感应电动机, 56 是检测感应电动机 55 的旋转速度 ωr 的速度检测器。57 和 58 是分别设定在矢量控制部 49 内部的二次电阻 R2 的系数设定器。下面以二次电阻修正方式为中心, 对现有技术的作用进行说明。

在现有技术中, 为了进行二次电阻修正运算, 输入使速度指令 ωr^* 分步变化的信号。使速度指令 ωr^* 分步变化时的感应电动机旋转角频率 ωr 的波形被存储在波形解析部 50 中, 来算出响应波形的特征量。由波形解析部 50 所算出的特征量被输入参数调整部 51, 来算出二次电阻设定值 R2 的修正量, 修正在系数设定器 57 和 58 中所设定的二次电阻 R2 的设定值。



图 13 表示波形解析部 50 的构成例。感应电动机旋转角频率 ω_r 的波形由取样保持电路 501 进行取样，并存储在存储器 502 中，由微处理器 503 算出特征量。下面对作为特征量使用的具体特性值及其计算方法进行描述。

参数调整部 51 的构成例与图 13 的波形解析部 50 相同，由微处理器和存储器所构成。其除了没有取样保持电路之外，与图 13 相同，因此，省略其图。在此情况下，在存储器中预先存储根据特征量的调整规则。

二次电阻的调整作用是：由波形解析部 50 算出怎样的特征量，使用该特征量由参数调整部 51 决定怎样的二次电阻的修正量，按照调整规则来决定。使用图 14 来说明调整规则的例子。图 14 是表示二次电阻 R_2 的误设定对速度的分步响应波形产生的影响的模拟结果。由于响应波形受到速度控制器 53 的传递函数的影响，为了简化起见，图 14 的响应波形仅把速度控制器 53 的传递函数作成比例要素。

当使二次电阻 R_2 的真值为 R_2^* 时，图 14 (a) 是设定在矢量控制装置中的二次电阻 R_2 的值为真值 R_2^* ($R_2=R_2^*$) 的情况。此时，由于作为速度控制器 53 的输出的转矩指令 TM^* 与感应电动机 55 实际的发生转矩 TM 相等，故与转矩指令 TM^* 相对应的感应电动机 55 的速度 ω_r 的传递函数为下式 (4)。其中， J 是感应电动机 55 的转动惯量， S 是拉普拉斯算子。

$$(\omega_r/TM^*) = (1/J \cdot S) \quad \dots (4)$$

因此，如果使速度控制器 53 的比例增益为 GP ，与速度指令 ω_{r^*} 相对应的速度 ω_r 的闭环传递函数 $G\omega$ 为下式这样：

$$\begin{aligned} G\omega &= (\omega_r/\omega_{r^*}) = [GP/J \cdot S] / [1 + GP/J \cdot S] \\ &= 1 / [1 + GP/J \cdot S] \quad \dots (5) \end{aligned}$$

上式 (5) 是使时间常数为 J/GP 的一次延迟部件的传递函数，其分步响应波形由下式 (6) 所表示。其中，速度指令的分步量为 $\Delta \omega$ 。



$$\omega_r(t) = \{1 - \exp[-(GP/J)t]\} \Delta \omega \quad \dots (6)$$

图 14 (a) 表示上式的波形。图 14 (b) 是 $R_2 > R_2^*$ 时, 即设定在矢量控制装置中的二次电阻 R_2 的值大于真值 R_2^* 的情况。在此情况下, 由于发生转矩变得过大, 而响应发生过冲, 与 $R_2 = R_2^*$ 时相比, 提速变快。

图 14 (c) 是 $R_2 < R_2^*$ 时, 即设定在矢量控制装置中的二次电阻 R_2 的值小于真值 R_2^* 的情况。在此情况下, 由于发生转矩变得过小, 故速度到达最终值的时间变长, 与 $R_2 = R_2^*$ 时相比, 提速变慢。

如上述那样, 二次电阻 R_2 的误设定能够作为速度的分步响应波形的差异来观测。作为响应波形的特征量之差来算出其差异, 而用于二次电阻的调整。

能够使用各种量作为特征量。其一个例子是: 把速度 ω_r 到达分步量 $\Delta \omega$ 的 95% 的时间 T_{95} 即上升时间作为特征量。当二次电阻的设定正确时, 响应波形由 (6) 式所表示, 因此, 上升时间 T_{95}^* 按下式那样为时间常数 (J/GP) 的函数。

$$T_{95}^* = (J/GP) \ln(20) = 2.996 (J/GP) \quad \dots (7)$$

如从图 14 所看到的那样, $R_2 > R_2^*$ 时的分步响应波形的 T_{95} 小于上式 (7) 的 T_{95}^* , $R_2 < R_2^*$ 时的 T_{95} 大于上式的 T_{95}^* 。

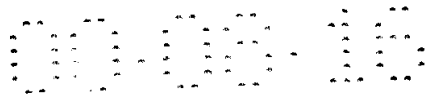
这样, 二次电阻 R_2 的调整能够用下述的 (1) ~ (3) 的调整规则来修正。

(1) 通过速度控制使速度指令 ω_r^* 分步变化, 测定其间的速度 ω_r 的上升时间 T_{95} ,

(2) 如果速度 ω_r 的上升时间 T_{95} 为 $T_{95} < T_{95}^*$, 由于 $R_2 > R_2^*$, 因此, 减小设定在矢量控制装置的二次电阻 R_2 值,

(3) 如果速度 ω_r 的上升时间 T_{95} 为 $T_{95} > T_{95}^*$, 由于 $R_2 < R_2^*$, 因此, 增大设定在矢量控制装置的二次电阻 R_2 值。

下面表示具体例子。在图 13 中, 通过速度控制使速度指令 ω_r^* 分步变化, 在存储器 502 中存储以适当取样周期对其间的速度 ω_r 的响应波形进行取样的值。由微处理器 503 从存储的响应波形来算



出上升时间 T_{95} ，作为特征量，输出给参数调整部 51。在参数调整部 51 中，把 T_{95} 和 T_{95}^* 进行比较，按下式 (8) 那样来决定二次电阻设定值 R_2 的修正值 ΔR_2 。

$$\Delta R_2 = K_r (T_{95} - T_{95}^*) \quad \dots (8)$$

K_r 是用于从特征量决定修正量的增益。把这样求出的 ΔR_2 与目前的二次电阻设定值相加，来计算出新的 R_2 ，修正向矢量控制装置的设定值，再次进行上述感应电动机旋转速度的分步响应。

现有的能够自动调整感应电动机的二次电阻的设定值的感应电动机的矢量控制装置具有以上那样的构成和动作，在该方式下，能够调整二次电阻的设定值，但在不具有速度指令 ω_r^* 的矢量控制装置的情况下，在现有的方式中，存在不能修正二次电阻的问题。而且，即使在具有速度指令的矢量控制装置中，在运转中不使速度指令分步变化的用途中，为了进行二次电阻修正，必须进行特别运转处理。

如以上那样，上述现有的矢量控制装置，作为能够自动调整感应电动机的二次电阻的设定值的感应电动机的矢量控制装置，很难被称为完善的方式。

鉴于上述问题，本发明的目的是提供一种感应电动机的矢量控制装置，与速度指令的有无无关，特别是不需要用于二次电阻调整的特别的信号，能够用简单的方式自动地调整二次电阻的设定值。

本发明提供一种感应电动机的矢量控制装置，其特征在于，包括：矢量控制指令运算装置，根据转矩指令值 T^* 、二次磁通指令值 Φ_2^* 以及作为控制对象的感应电动机的感应电动机常数，来算出 d 轴电流指令值 I_{DR} 、q 轴电流指令值 I_{QR} 以及滑差角频率指令值 ω_{s^*} ；旋转角频率运算装置，算出感应电动机旋转角频率 ω_r ；变换器角频率运算装置，把滑差角频率 ω_{s^*} 与旋转角频率 ω_r 相加，来算出变换器角频率 ω_{inv} ；dq 轴前馈电压运算装置，使用 d 轴电流指令值 I_{DR} 、q 轴电流指令值 I_{QR} 、感应电动机常数以及变换器角频率 ω_{inv} ，来算出 d 轴前馈电压指令值 E_{1DFF} 和 q 轴前馈电压指令值



E1QFF; 前馈电压矢量运算装置, 算出 d 轴前馈电压指令值 E1DFF 和 q 轴前馈电压指令值 E1QFF 各自的平方和的平方根值, 来算出前馈电压指令值 E1F; 反馈电流运算装置, 从感应电动机的三相电流值来算出 d 轴反馈电流 IDF 和 q 轴反馈电流 IQF; 补偿电压运算装置, 从 d 轴电流指令值 IDR 和 d 轴反馈电流 IDF 的偏差算出 d 轴补偿电压 E1DFB, 同时, 从 q 轴电流指令值 IQR 和 q 轴反馈电流 IQF 的偏差算出 q 轴补偿电压 E1QFB; dq 轴电压指令值运算装置, 把 d 轴补偿电压 E1DFB 与 d 轴前馈电压指令值 E1DFF 相加来算出 d 轴电压指令值 E1DR, 同时, 把 q 轴补偿电压 E1QFB 与 q 轴前馈电压指令值 E1QFF 相加来算出 q 轴电压指令值 E1QR; 电压矢量运算装置, 算出 d 轴电压指令值 E1DR 和 q 轴电压指令值 E1QR 各自的平方和的平方根值, 求出电压指令值 E1R; 以及二次电阻修正值运算装置, 调整二次电阻的修正值 $\Delta R2$, 以使前馈电压指令值 E1F 和电压指令值 E1R 的偏差为零, 并且矢量控制指令运算装置使用由二次电阻的修正值 $\Delta R2$ 所修正的感应电动机常数, 来算出滑差角频率指令值 ωs^* , 由此, 进行感应电动机的矢量控制。

此外, 进一步包括限制器, 设置在二次电阻修正值运算装置与矢量控制指令运算装置之间, 把二次电阻的修正值 $\Delta R2$ 限制在预定范围内。

此外, 进一步包括第一切换器, 设置在二次电阻修正值运算装置与矢量控制指令运算装置之间, 根据电压指令值 E1R 的值, 切换是否向矢量控制指令运算装置输入二次电阻的修正值 $\Delta R2$ 的值。

此外, 本发明提供一种感应电动机的矢量控制装置, 其特征在于, 包括: 矢量控制指令运算装置, 根据转矩指令值 T^* 、二次磁通指令值 $\Phi 2^*$ 以及作为控制对象的感应电动机的感应电动机常数, 来算出 d 轴电流指令值 IDR、q 轴电流指令值 IQR 以及滑差角频率指令值 ωs^* ; 旋转角频率运算装置, 算出感应电动机旋转角频率 ωr ; 变换器角频率运算装置, 把滑差角频率 ωs^* 与旋转角频率 ωr 相加, 来算出变换器角频率 ωinv ; dq 轴前馈电压运算装置, 使用 d 轴电流

指令值 IDR 、 q 轴电流指令值 IQR 、感应电动机常数以及变换器角频率 ω_{inv} ，来算出 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 和 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ ；前馈电压矢量运算装置，算出 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 和 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ 各自的平方和的平方根值，来算出前馈电压指令值 $E1F$ ；反馈电流运算装置，从感应电动机的三相电流值来算出 d 轴反馈电流 IDF 和 q 轴反馈电流 IQF ；补偿电压运算装置，从 d 轴电流指令值 IDR 和 d 轴反馈电流 IDF 的偏差算出 d 轴补偿电压 $E1DFB$ ，同时，从 q 轴电流指令值 IQR 和 q 轴反馈电流 IQF 的偏差算出 q 轴补偿电压 $E1QFB$ ； dq 轴电压指令值运算装置，把 d 轴补偿电压 $E1DFB$ 与 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 相加来算出 d 轴电压指令值 $E1DR$ ，同时，把 q 轴补偿电压 $E1QFB$ 与 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ 相加来算出 q 轴电压指令值 $E1QR$ ；电压矢量运算装置，算出 d 轴电压指令值 $E1DR$ 和 q 轴电压指令值 $E1QR$ 各自的平方和的平方根值，求出电压指令值 $E1R$ ；以及滑差角频率修正值运算装置，调整滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ ，以使前馈电压指令值 $E1F$ 和电压指令值 $E1R$ 的偏差为零，并且变换器角频率运算装置使用由滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 所修正的滑差角频率，来算出变换器角频率 ω_{inv} ，由此，进行感应电动机的矢量控制。

此外，进一步包括限制器，设置在滑差角频率修正值运算装置与变换器角频率运算装置之间，把滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值限制在预定范围内。

此外，进一步包括第一修正装置，设置在滑差角频率修正值运算装置与变换器角频率运算装置之间，根据转矩指令值 T^* 来修正滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值。

此外，进一步包括第二修正装置，设置在滑差角频率修正值运算装置与变换器角频率运算装置之间，根据 q 轴电流指令值 IQR 来修正滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值。

此外，进一步包括第二切换器，设置在滑差角频率修正值运算装置与变换器角频率运算装置之间，根据电压指令值 $E1R$ 的值，切

图14是表示现有的矢量控制装置的动作的模拟波形的曲线图。

下面说明本发明的各个实施例。

实施例 1

图 1 是表示本发明的实施例 1 所涉及的感应电动机的矢量控制装置的构成的方框图。在图 1 中，1 是矢量控制指令运算部，根据转矩指令值 T^* 、二次磁通指令值 $\Phi 2^*$ 、二次电阻修正值 $\Delta R2$ 以及作为控制对象的感应电动机的感应电动机常数，来算出转矩电流指令值（q 轴电流指令值） IQR 、磁通电流指令值（d 轴电流指令值） IDR 以及滑差角频率指令值 ωs^* 。2 是前馈（以下称为 F.F.）电压运算部，通过上述转矩电流指令值 IQR 、上述磁通电流指令值 IDR 以及下述的变换器角频率 ωinv ，来算出 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 和 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ 。

3 是第一减法器，求出转矩电流指令值 IQR 和下述的转矩反馈电流 IQF 的偏差 ΔIQ ，4 是第二减法器，求出磁通电流指令值 IDR 和下述的磁通反馈电流 IDF 的偏差 ΔID ，5 是第一加法器，把感应电动机旋转角频率 ωr 与滑差角频率指令值 ωs^* 相加，并输出变换器角频率 ωinv 。

6 是第一恒流补偿部，输入偏差 ΔIQ ，输出补偿电压 $E1QFB$ 。7 是第二恒流补偿部，输入偏差 ΔID ，输出补偿电压 $E1DFB$ 。8 是积分器，积分变换器角频率 ωinv ，来决定 d-q 坐标上的相位 θ 。9 是角频率运算部，把下述的脉冲发生器 20 的输出脉冲信号变换为感应电动机旋转角频率 ωr 。

10 是二次电阻修正值运算部，根据 d 轴 F.F. 电压指令值 $E1DFF$ 、q 轴 F.F. 电压指令值 $E1QFF$ 、转矩电流指令值 IQR 、磁通电流指令值 IDR 以及下述的电压指令值 $E1QR$ 、 $E1DR$ ，来算出二次电阻修正值 $\Delta R2$ 。11 是第二加法器，把 q 轴 F.F. 电压指令值 $E1QFF$ 与补偿电压 $E1QFB$ 相加，并输出电压指令值 $E1QR$ 。12 是第三加法器，把 q 轴 F.F. 电压指令值 $E1QFF$ 与补偿电压 $E1DFB$ 相加，并输出电压

指令值 E1DR。

13 是第一坐标变换部，从用 d-q 坐标系所表示的 d, q 轴电压指令值 E1DR, E1QR 和 d-q 坐标系的相位 θ 变换为三相的电压指令值 Vu, Vv, Vw。14 是脉宽调制变换器，根据三相的电压指令值 Vu, Vv, Vw 向感应电动机 19 施加按照指令的电压。15 是第二坐标变换部，从三相电流 Iu, Iv, Iw 和相位 θ 变换为 d-q 坐标上的 q 轴反馈电流 IQF 和 d 轴反馈电流 IDF。16, 17, 18 分别是检测 U 相, V 相, W 相的电流的第一, 第二, 第三电流检测器。19 是作为矢量控制对象的感应电动机, 20 是检测感应电动机 19 的转数的脉冲发生器。

下面对其动作进行说明。在矢量控制指令运算部 1 中，使用转矩指令值 T^* 、二次磁通指令值 $\Phi 2^*$ 、感应电动机 19 的电路常数和二次电阻修正值运算部 10 的输出 $\Delta R2$ ，来按照以下表示的 (9) ~ (11) 式来运算转矩电流指令值 IQR、磁通电流指令值 IDR 以及滑差角频率指令值 ωs^* 。

$$IQR = \frac{T^*}{\Phi 2^*} \times \frac{1}{P} \times \frac{L2^*}{M^*} \quad \dots (9)$$

$$IDR = \frac{\Phi 2^*}{M^*} \quad \dots (10)$$

$$\omega s^* = \frac{IQR}{IDR} \times \frac{(R2^* + \Delta R2)}{L2^*} \quad \dots (11)$$

其中，

P: 电动机的极对数

M*: 电动机的互感设定值 (H)

L2*: 电动机的二次自感设定值 (H)

R2*: 电动机的二次电阻设定值 (Ω)。

在上述 (9) ~ (11) 式中，加在感应电动机的电路常数 M、L2、R2 上的 * 表示是公称值或者设定值。

由矢量控制指令运算部 1 所求出的滑差角频率指令值 ωs^* ，在第

一加法器 5 中，与感应电动机旋转角频率 ω_r 相加，而算出变换器角频率 ω_{inv} 。

在前馈电压运算部 2 中，输入转矩电流指令值 I_{QR} 、磁通电流指令值 I_{DR} 和变换器角频率 ω_{inv} ，使用以下 (12) 和 (13) 式来算出 q 轴 F.F. 电压指令值 $E1QFF$ 和 d 轴 F.F. 电压指令值 $E1DFF$ 。

$$E1QFF = R1^* \times I_{QR} + \omega_{inv} \times L1^* \times I_{DR} \quad \dots (12)$$

$$E1DFF = R1^* \times I_{DR} - \omega_{inv} \times L1^* \times \sigma \times I_{DR} \quad \dots (13)$$

其中，

$R1^*$: 电动机的一次电阻设定值 (Ω)

$L1^*$: 电动机的一次自感设定值 (H)

σ : 漏抗系数 ($= 1 - M^{*2} / (R1^* \times L2^*)$)。

第一恒流补偿部 6 根据作为第一减法器 3 的输出的偏差 ΔI_Q ，而输出使 q 轴反馈电流 I_{QF} 与转矩电流指令值 I_{QR} 相一致的补偿电压 $E1QFB$ 。第二恒流补偿部 7 同样根据作为第二减法器 4 的输出的偏差 ΔI_D ，而输出使 d 轴反馈电流 I_{DF} 与磁通电流指令值 I_{DR} 相一致的补偿电压 $E1DFB$ 。

第二加法器 11 把 q 轴 F.F. 电压指令值 $E1QFF$ 与补偿电压 $E1QFB$ 相加，来算出电压指令值 $E1QR$ 。同样，第三加法器 12 把 d 轴 F.F. 电压指令值 $E1DFF$ 与补偿电压 $E1DFB$ 相加，来算出电压指令值 $E1DR$ 。

第一坐标变换部 13 是把电压指令值 $E1QR$ 、 $E1DR$ 变换为三相的电压指令值 V_u 、 V_v 、 V_w 的坐标变换部，进行以下 (14) 式的运算。其中， θ 是按上述那样在积分器 8 中所运算的 d-q 坐标系的相位。



$$\begin{pmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \cos (\theta - \frac{2}{3}\pi) & \sin (\theta - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos (\theta - \frac{4}{3}\pi) & \sin (\theta - \frac{4}{3}\pi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E1QR \\ E1DR \end{pmatrix} \quad (14)$$

脉宽调制变换器 14 根据三相的电压指令值 V_u , V_v , V_w 进行脉宽调制控制, 施加按照指令的电压, 来驱动感应电动机 19。

另一方面, 第二坐标变换部 15 是使用 $d-q$ 坐标系的相位 θ 把在电流检测器 16、17、18 中所检测出的三相电流 I_u , I_v , I_w 变换为 $d-q$ 坐标系上的电流 I_{QF} , I_{DF} 的坐标变换部, 进行以下 (15) 式的运算。

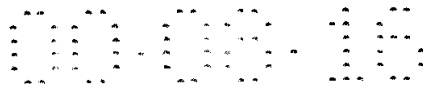
$$\begin{pmatrix} I_{QF} \\ I_{DF} \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos \theta & \cos (\theta - \frac{2}{3}\pi) & \cos (\theta - \frac{4}{3}\pi) \\ \sin \theta & \sin (\theta - \frac{2}{3}\pi) & \sin (\theta - \frac{4}{3}\pi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_u \\ I_v \\ I_w \end{pmatrix} \quad (15)$$

以上对全体的动作进行了说明, 下面对二次电阻修正值运算部 10 的动作原理进行说明。

在由矢量控制设定的感应电动机常数与实际的感应电动机常数完全一致的理想状态下, 作为恒流补偿部 6、7 的输出的补偿电压 $E1QFB$ 、 $E1DFB$ 为零。换句话说, 当感应电动机常数不一致时, $E1QFB$ 、 $E1DFB$ 不为零。即, 监视该 d 、 q 的补偿电压 $E1QFB$ 、 $E1DFB$ 的大小, 如果调整由矢量控制指令运算部 1 设定的感应电动机常数以使其值为零, 就能维持理想的矢量控制状态。

下面, 考虑感应电动机常数与矢量控制性能的关系。在矢量控制中, 作为感应电动机常数, 分别设定一次、二次侧的电阻值和自感及互感。由于一次、二次侧的自感及互感相对于温度变化几乎没有变化, 可以认为在感应电动机的运转状态中变化的因素是电阻值。

而且, 电阻值中, 一次电阻值的设定误差在感应电动机的输出电压大的区域中几乎对上述补偿电压 $E1QFB$ 、 $E1DFB$ 没有影响, 并且, 对输出转矩影响大的是二次电阻值的设定误差, 而不是一次电阻值, 考虑到上述因素, 可以认为上述补偿电压输出相当于控制侧



设定的二次电阻设定值和实际的二次电阻值的偏差。

在图 2 中表示了：用矢量表示控制侧设定的二次电阻与实际的感应电动机的二次电阻存在偏差时的 d, q 轴电压指令 E1DR, E1QR 时的电压矢量的变化。其中，用以下 (16) 式来定义比率 K。

$$K=R2/R2^* \quad \dots (16)$$

其中，

R2: 电动机的二次电阻值 (实际值) (Ω)

R2*: 控制侧二次电阻设定值 (Ω)

当 K=1.0 时，即，感应电动机侧的二次电阻值 R2 与控制侧设定的二次电阻值 R2* 相一致时，电压为用图 2 中的粗线箭头表示的电压矢量。在此状态下，如上述那样，补偿电压 E1QFB, E1DFB 为零。这样，此时的电压指令仅由前馈电压指令值 E1QFF, E1DFF 决定，当把其大小定义为 VPF 时，用以下 (17) 式求出 VPF:

$$VPF = \sqrt{E1DFF^2 + E1QFF^2} \quad \dots (17)$$

下面考虑感应电动机的二次电阻值小于控制侧的二次电阻设定值的情况，例如，K=0.7 时。在此情况下，由于滑差频率被设定得较大，反馈电流相对于电流指令值变大，恒流补偿部 6、7 的动作的结果是：向使电压指令 E1QR, E1DR 减小的方向进行修正。该电压矢量变为图 2 的 A，当把电压的大小定义为 VPA 时，用以下 (18) 式求出 VPA:

$$\begin{aligned} VPA &= \sqrt{(E1DFF + E1DFB)^2 + (E1QFF + E1QFB)^2} \\ &= \sqrt{E1DR^2 + E1QR^2} \end{aligned} \quad \dots (18)$$

在此状态下的电压矢量的大小，如图 2 所示的那样，成为以下 (19) 式的关系。

$$VPF > VPA \quad \dots (19)$$

另一方面，当感应电动机的二次电阻值大于控制侧的二次电阻设定值时，例如，K=1.3 时，按照与 K=0.7 时相反的想法，电压矢



量变为图 2 的 B, 当把此时的电压矢量的大小定义为 VPB 时, VPB 与 VPF 的关系可以与上述相同进行考虑, 而用以下 (20) 式表示:

$$VPF < VPB \quad \dots (20)$$

若归纳上述关系, 为以下这样:

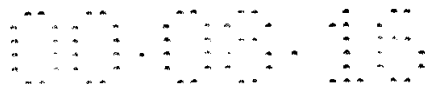
当 $R2 < R2^*$ 时, $VPA < VPF$

当 $R2 > R2^*$ 时, $VPB > VPF$

在二次电阻修正值运算部 10 中, 按照上述动作原理, 来运算二次电阻修正值 $\Delta R2$ 。在图 3 中表示了二次电阻修正值运算部 10 的内部构成图。

在图 3 中, 101 ~ 104 分别是第一 ~ 第四乘法器, 分别算出 d, q 轴电压指令值 $E1DR, E1QR$ 和 d, q 轴 F.F. 电压指令值 $E1QFF, E1DFF$ 的平方值。105 是第四加法器, 把 d, q 轴电压指令值 $E1DR, E1QR$ 的各自的平方值相加。106 是第五加法器, 把 d, q 轴 F.F. 电压指令值 $E1QFF, E1DFF$ 的各自的平方值相加。107 是第一运算器, 运算 d, q 轴电压指令值 $E1DR, E1QR$ 的平方和的平方根 $E1R$ 。108 是第二运算器, 运算 d, q 轴 F.F. 电压指令值 $E1QFF, E1DFF$ 的平方和的平方根 $E1F$ 。109 是第三减法器, 从 $E1R$ 减去 $E1F$, 来算出电压偏差 $\Delta E1$ 。110 是控制器, 运算使电压偏差 $\Delta E1$ 为零的修正值 dsr 。111 是第五乘法器, 把磁通电流指令值 IDR 乘以修正值 dsr 。112 是第一除法器, 用转矩电流指令值 IQR 除第五乘法器 111 的运算结果。113 是第六乘法器, 通过把感应电动机常数 $L1^*$ 乘以第一除法器 112 的运算结果, 来算出二次电阻修正值 $\Delta R2$ 。

下面对二次电阻修正值运算部 10 的动作进行说明。在二次电阻修正值运算部 10 中, 输入 d, q 轴 F.F. 电压指令值 $E1QFF, E1DFF$ 和 d, q 轴电压指令值 $E1DR, E1QR$ 以及转矩电流指令值 IQR 、磁通电流指令值 IDR 。接着, 如图 3 所示的那样, 算出作为 $E1QFF$ 和 $E1DFF$ 的各自的平方和的平方根值的 $E1F$ 。同样, 算出作为 $E1DR$ 和 $E1QR$ 的各自的平方和的平方根值的 $E1R$ 。第三减法器 109 通过



从 $E1R$ 减去 $E1F$ ，来算出电压偏差 $\Delta E1$ ，并输入第一控制器 110。第一控制器 110 算出使电压偏差 $\Delta E1$ 为零的修正值 dsr 。接着，使用此时在矢量控制指令运算部 1 中由 (9)、(10) 式所算出的转矩电流指令值 IQR 、磁通电流指令值 IDR 和感应电动机一次自感设定值 $L1^*$ 来算出二次电阻修正值 $\Delta R2$ ，把其结果输出给矢量控制指令运算部 1。

在矢量控制指令运算部 1 中，使用二次电阻修正值 $\Delta R2$ 来通过 (11) 来算出滑差角频率指令值 ωs^* 。

控制器 110 可以使用通常的比例积分器，但由于随着温度变化的二次电阻的变化比较缓慢，故用积分运算器就足够了。

这样，采用图 1 所示的本实施例中的感应电动机的矢量控制装置，在二次电阻修正值运算部 10 中，算出二次电阻修正值 $\Delta R2$ ，在矢量控制指令运算部 1 中，通过 (11) 式来算出滑差角频率指令值 ωs^* ，由此，即使在成为控制对象的感应电动机 19 存在伴随着温度变化的二次电阻的变化的情况下，用于能够自动地调整由矢量控制设定的二次电阻，即使是没有速度指令的矢量控制装置和具有速度指令的矢量控制装置，并且，即使在运转中不使速度指令分步变化的用途中，不需要用于二次电阻的调整的特别的信号，使用内部的控制信号，就能以简单的方式来进行二次电阻修正，而能够与感应电动机的温度无关来维持矢量控制状态。这样，通过补偿伴随着温度变化的二次电阻，在使电动机输出转矩与指令值相一致的同时，能够维持高速转矩响应性能。

实施例 2

图 4 是表示本发明的实施例 2 所涉及的感应电动机的矢量控制装置的构成的部分方框图。在图 4 中，仅记载与上述图 1 不同的构成的部分，对于其他相同构成的部分则省略图示。在上述图 1 所示的矢量控制装置中，把由二次电阻修正值运算部 10 算出的二次电阻修正值 $\Delta R2$ 输入矢量控制指令运算部 1，但在图 4 所示的本实施例

中的矢量控制装置中，设置限制二次电阻修正值 $\Delta R2$ 的大小的限制器，把由限制器所限制的第二二次电阻修正值 $\Delta R2A$ 输出给矢量控制指令运算部 1。

在图 4 中，21 是第一限制器，限制二次电阻修正值 $\Delta R2$ 并输出第二二次电阻修正值 $\Delta R2A$ 。即，图 4 所示的矢量控制装置的构成是在图 1 所示的矢量控制装置的二次电阻修正值运算部 10 与矢量控制指令运算部 1 之间追加了第一限制器 21。

下面对该实施例 2 的动作进行说明。向第一限制器 21 输入二次电阻修正值 $\Delta R2$ 。在第一限制器 21 中，预先设定矢量控制指令运算部 1 所使用的二次电阻修正值的最大值 $\Delta R2max$ 和最小值 $\Delta R2min$ 。

当所输入的二次电阻修正值 $\Delta R2$ 大于二次电阻修正值的最大值 $\Delta R2max$ 时，作为第二二次电阻修正值 $\Delta R2A$ 而输出二次电阻修正值的最大值 $\Delta R2max$ 。

并且，当所输入的二次电阻修正值 $\Delta R2$ 小于二次电阻修正值的最小值 $\Delta R2min$ 时，作为第二二次电阻修正值 $\Delta R2A$ 而输出二次电阻修正值的最小值 $\Delta R2min$ 。

当所输入的二次电阻修正值 $\Delta R2$ 小于二次电阻修正值的最大值 $\Delta R2max$ 并大于二次电阻修正值的最小值 $\Delta R2min$ 时，作为第二二次电阻修正值 $\Delta R2A$ 而原封不动地输出所输入的二次电阻修正值 $\Delta R2$ 。

在矢量控制指令运算部 1 中，使用第二二次电阻修正值 $\Delta R2A$ 代替二次电阻修正值 $\Delta R2$ ，来进行上述 (11) 的运算，而算出滑差角频率指令值 ωs^* 。对于其他的动作，由于与上述实施例 1 相同，在此省略其说明。

如以上那样，在图 4 所示的该实施例中的矢量控制装置中，由于输入矢量控制指令运算部 1 的第二二次电阻修正值 $\Delta R2A$ 被第一限制器 21 限制在 $\Delta R2max \sim \Delta R2min$ 之间，因此，能够避免二次电阻修正值 $\Delta R2$ 由于例如运算误差等成为在使用范围内没有的值，而



能够防止这样引起的误动作。

实施例 3

图 5 是表示本发明的实施例 3 所涉及的感应电动机的矢量控制装置的构成的部分方框图。在上述图 1 和图 4 的矢量控制装置中，在二次电阻修正值运算部 10 中运算二次电阻修正值 $\Delta R2$ ，而在图 5 所示的实施例的矢量控制装置中，根据电压指令值 $E1R$ 的大小来设定二次电阻修正值 $\Delta R2$ 。

在图 5 中，22 是第一指令切换部，把电压指令值 $E1R$ 、二次电阻修正开始电压 $E1RS$ 和二次电阻修正结束电压 $E1RE$ 作为输入，而输出切换信号 $cs1$ 。23 是第一选择开关，根据来自第一指令切换部 22 的切换信号 $cs1$ 来选择二次电阻修正值 $\Delta R2$ 或者零。其中，二次电阻修正开始电压 $E1RS$ 和二次电阻修正结束电压 $E1RE$ 可以预选先定适当的值，并且，也可以通过用户等适当地输入预定的值。图 5 所示的矢量控制装置的构成可以用于上述图 1 或图 4 所示的矢量控制装置。

下面对图 5 所示的矢量控制装置的动作进行说明。第一指令切换部 22 把在二次电阻修正值运算部 10 中所运算的电压 $E1R$ 与二次电阻修正开始电压 $E1RS$ 和二次电阻修正结束电压 $E1RE$ 进行比较，按以下所示的逻辑作为低电平 (L) 或高电平 (H) 输出切换信号 $cs1$ 。

$E1RS \leq E1R \leq E1RE$: $cs1 = H$

除此之外: $cs1 = L$

第一选择开关 23 输入来自第一指令切换部 22 的切换信号 $cs1$ ，当切换信号 $cs1$ 为低电平 (L) 时，把第二二次电阻修正值 $\Delta R2B$ 设定为零，另一方面，当切换信号 $cs1$ 为高电平 (H) 时，设定在二次电阻修正值运算部 10 中所运算的二次电阻修正值 $\Delta R2$ 作为第二二次电阻修正值 $\Delta R2B$ 。并且，第二二次电阻修正值 $\Delta R2B$ 的输出目的地，在把本实施例用于图 1 的构成的情况下，为矢量控制指令运

算部 1 (图 1); 在用于图 4 的构成的情况下, 为限制器 21 (图 4)。由于其他的动作与图 1 所示的矢量控制装置相同, 在此省略其说明。

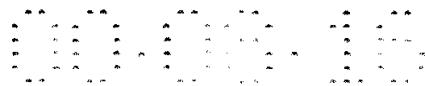
如以上那样, 在图 5 所示的本实施例的矢量控制装置中, 能够依照电压指令值 $E1R$ 的大小, 把输入矢量控制指令运算部 1 的二次电阻修正值 $\Delta R2B$ 设定为由二次电阻修正值运算部 10 所运算的二次电阻修正值 $\Delta R2$ 或者零中的一方, 因此, 能够设定是否进行二次电阻的修正的动作范围, 例如, 在由于一次电阻设定误差等二次电阻修正值 $\Delta R2$ 的误差容易变大的电压指令 $E1R$ 的值较小的区域中 (即, 电压指令 $E1R$ 小于 $E1RS$ 的值的条件下), 能够回避二次电阻修正运算。

实施例 4

图 6 是表示本发明的实施例 4 所涉及的感应电动机的矢量控制装置的构成。在上述图 1、图 4、图 5 所示的矢量控制装置中, 在二次电阻修正值运算部 10 中运算二次电阻修正值 $\Delta R2$, 由矢量控制指令运算部 1 使用 (11) 式来运算滑差角频率指令值 ωs^* , 而在图 6 所示的实施例的矢量控制装置中, 取代二次电阻修正值运算部 10, 而设置滑差角频率指令修正值运算部 30, 在滑差角频率指令修正值运算部 30 中运算滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$, 把滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 与滑差角频率指令值 ωs^* 相加。

在图 6 中, 30 是滑差角频率指令修正值运算部, 分别根据 F.F. 电压指令值 $E1QFF$ 和 $E1DFF$ 、电压指令值 $E1QR$ 和 $E1DR$ 来运算滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 。24 是第六加法器, 把滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 与由矢量控制指令运算部 1 所运算的滑差角频率指令值 ωs^* 相加, 来算出第二滑差角频率指令值 $\omega s2^*$ 。其他的构成与图 1 所示的矢量控制装置的构成相同。

图 7 表示滑差角频率指令修正值运算部 30 的构成。滑差角频率指令修正值运算部 30 按照图 7 所示的那样具有与到图 3 所示的二次电阻修正值运算部 10 的控制器 110 之前的前级部分相同的构成, 把



由二次电阻修正值运算部 10 所运算的修正值 dsr 原封不动地作为滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 而输出。

下面，以与图 1 所示的矢量控制装置不同的部分为中心，对图 6 所示的矢量控制装置的动作进行说明。滑差角频率指令修正值运算部 30，用与图 3 所示的二次电阻修正值运算部 10 相同的处理，来运算 $E1R$ 和 $E1F$ ，算出其偏差 $\Delta E1$ 为零的修正值。由滑差角频率指令修正值运算部 30 输出该修正值作为滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 。

第六加法器 24 把滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 与由矢量控制指令运算部 1 所运算的滑差角频率指令值 ωs^* 相加，来算出第二滑差角频率指令值 $\omega s2^*$ 。图 6 所示的矢量控制装置根据第二滑差角频率指令值 $\omega s2^*$ 来对感应电动机 19 进行矢量控制。

在矢量控制指令运算部 1 中，按上述 (11) 式使 $\Delta R2$ 成为零来实施滑差角频率指令值 ωs^* 的运算。

如以上那样，在图 6 所示的本实施例的矢量控制装置中，把运算二次电阻 $R2$ 的变动作为滑差角频率修正值，来修正滑差角频率指令值，因此，不直接运算二次电阻修正值，而能够以更简单的方式得到与图 1 所示的矢量控制装置同等的性能。

实施例 5

图 8 是表示本发明的实施例 5 所涉及的感应电动机的矢量控制装置的构成。在上述图 6 所示的矢量控制装置中，把由滑差角频率指令修正值运算部 30 运算的滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 输入第六加法器 24，而在图 8 所示的矢量控制装置中，设置限制滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 的大小的限制器，把由限制器所限制的第二滑差角频率修正值 $\Delta \omega s2$ 输入第六加法器 24。

在图 8 中，25 是限制器，限制滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ ，输出第二滑差角频率修正值 $\Delta \omega s2$ 。图 8 所示的矢量控制装置构成是在图 6 所示的矢量控制装置的滑差角频率指令修正值运算部 30 与第六加法器 24 之间追加了限制器 25 的构成。



下面对该实施例 5 的动作进行说明。向限制器 25 输入滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 。限制器 25 设定滑差角频率的修正值的最大值 $\Delta \omega_{S_{max}}$ 和最小值 $\Delta \omega_{S_{min}}$ 。

当所输入的滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 大于滑差角频率的修正值的最大值 $\Delta \omega_{S_{max}}$ 时，输出滑差角频率的修正值的最大值 $\Delta \omega_{S_{max}}$ 作为第二滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s2}$ 。

当所输入的滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 小于滑差角频率的修正值的最小值 $\Delta \omega_{S_{min}}$ 时，输出滑差角频率的修正值的最小值 $\Delta \omega_{S_{min}}$ 作为第二滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s2}$ 。

当所输入的滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 小于滑差角频率的修正值的最大值 $\Delta \omega_{S_{max}}$ 并大于滑差角频率的修正值的最小值 $\Delta \omega_{S_{min}}$ 时，原封不动地输出所输入的滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 作为第二滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s2}$ 。

在第六加法器 24 中，取代滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ ，把第二滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s2}$ 与由矢量控制指令运算部 1 所运算的滑差角频率指令值 ω_{s^*} 相加，来运算第二滑差角频率指令值 ω_{s2^*} 。

如以上那样，在图 8 所示的本实施例的矢量控制装置中，由于由限制器 25 来限制滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值，故能够避免滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 由于例如运算误差等而成为在使用范围内不能得到的值。

实施例 6

图 9 是表示本发明的实施例 6 所涉及的感应电动机的矢量控制装置的构成的部分方框图。在上述图 6 和图 8 所示的矢量控制装置中，输入第六加法器 24 或者限制器 25 的滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 或者 $\Delta \omega_{s2}$ 不是依赖于转矩指令值 T^* 的，而在图 9 所示的本实施例的矢量控制装置中，是运算用转矩指令值修正的第三滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s3^*}$ ，将其值输入第六加法器 24（图 6）或者限制器 25（图 8）的。



在图 10 中，28 是第六乘法器，把滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 与修正系数 KI 相乘，而输出第四滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s4}^*$ 。29 是第三除法器，用 q 轴电流基准值 IQRS 除 q 轴电流指令值 IQR，而输出修正系数 KI。其中，q 轴电流基准值 IQRS 可以是预先设定的预定值，并且，可以由用户等适当地输入。图 10 所示的矢量控制装置的其他的构成与图 6 和图 8 所示的矢量控制装置的构成相同，图 10 所示的矢量控制装置的功能可以用于图 6 和图 8 所示的矢量控制装置。

下面对图 10 所示的实施例 7 的矢量控制装置的动作进行说明。由第三除法器 29 来运算 q 轴电流指令值 IQR 对 q 轴电流基准值 IQRS 的比率，作为修正系数 KI 输出给第六乘法器 28。在第六乘法器 28 中，把滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 与修正系数 KI 相乘，把相乘结果作为第四滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s4}^*$ 输出给第六加法器 24 或者限制器 25。

在第六加法器 24 中，取代滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ ，把第四滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s4}^*$ 与滑差角频率指令值 ω_{s2}^* 相加，来算出第二滑差角频率指令值 ω_{s2}^* 。在限制器 25 中，取代滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ ，输入第四滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s4}^*$ 。其他的动作与上述实施例 4 和 5 相同。

如以上那样，在图 10 所示的实施例的矢量控制装置中，考虑 q 轴电流指令值 IQR 来算出第四滑差角频率修正值 $\Delta \omega_{s4}^*$ ，因此，能够防止例如 q 轴电流指令值 IQR 在运转中发生变动的情况下的控制器 110（图 7）的响应滞后所引起的滑差角频率修正值的调整滞后。

实施例 8

图 11 是表示本发明的实施例 8 所涉及的感应电动机的矢量控制装置的构成的部分方框图。在上述图 6 和图 8~图 10 的矢量控制装置中，在滑差角频率指令修正值运算部 30 中运算滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ ，而在图 11 所示的本实施例的矢量控制装置中，是根据电

压指令值 $E1R$ 的大小来设定滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 。

在图 11 中, 41 是第二选择开关, 根据来自第二指令切换部 22A 的切换信号 $cs1$ 来选择滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 或者零。并且, 第二指令切换部 22A 的构成和动作与图 5 的第一指令切换部 22 相同。图 11 所示的矢量控制装置的构成可以用于图 6 和图 8~图 10 所示的矢量控制装置。

下面对图 11 所示的矢量控制装置的动作进行说明。第二选择开关 41 输入来自第二指令切换部 22A 的切换信号 $cs1$, 当切换信号 $cs1$ 为低电平 (L) 时, 把第五滑差角频率修正值 $\Delta \omega s5^*$ 设定为零, 当切换信号 $cs1$ 为高电平 (H) 时, 设定在滑差角频率指令修正值运算部 30 中所运算的滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 来作为第五滑差角频率修正值 $\Delta \omega s5^*$ 。

图 11 的构成可以用于上述图 6 和图 8~图 10 任一种构成, 因此, 在各个情况下, 第五滑差角频率修正值 $\Delta \omega s5^*$ 可以输出给第六加法器 24 (图 6)、限制器 25 (图 8)、第五乘法器 26 (图 9) 或者第六乘法器 28 (图 10) 之任一。由于图 11 所示的矢量控制装置的其他动作与图 6 和图 8~图 10 所示的矢量控制装置相同, 而省略其说明。

如以上那样, 在图 11 的矢量控制装置中, 可以根据电压指令值 $E1R$ 把第五滑差角频率修正值 $\Delta \omega s5^*$ 设定为由滑差角频率指令修正值运算部 30 所运算的滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 或者零, 因此, 能够设定是否进行滑差角频率的修正的动作范围, 例如, 在由于一次电阻设定误差等滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ 的误差容易变大的电压指令 $E1R$ 的值较小的区域中, 能够回避二次电阻修正运算。

发明的效果

本发明提供一种感应电动机的矢量控制装置, 其特征在于, 包括: 矢量控制指令运算装置, 根据转矩指令值 T^* 、二次磁通指令值 $\Phi 2^*$ 以及作为控制对象的感应电动机的感应电动机常数, 来算出 d

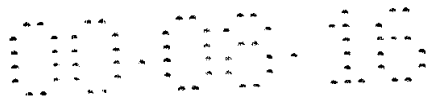
轴电流指令值 IDR 、 q 轴电流指令值 IQR 以及滑差角频率指令值 ωs^* ；旋转角频率运算装置，算出感应电动机旋转角频率 ωr ；变换器角频率运算装置，把滑差角频率 ωs^* 与旋转角频率 ωr 相加，来算出变换器角频率 ωinv ； dq 轴前馈电压运算装置，使用 d 轴电流指令值 IDR 、 q 轴电流指令值 IQR 、感应电动机常数以及变换器角频率 ωinv ，来算出 d 轴前馈电压指令值 $E1DFE$ 和 q 轴前馈电压指令值 $E1QFE$ ；前馈电压矢量运算装置，算出 d 轴前馈电压指令值 $E1DFE$ 和 q 轴前馈电压指令值 $E1QFE$ 各自的平方和的平方根值，来算出前馈电压指令值 $E1F$ ；反馈电流运算装置，从感应电动机的三相电流值来算出 d 轴反馈电流 IDF 和 q 轴反馈电流 IQF ；补偿电压运算装置，从 d 轴电流指令值 IDR 和 d 轴反馈电流 IDF 的偏差算出 d 轴补偿电压 $E1DFB$ ，同时，从 q 轴电流指令值 IQR 和 q 轴反馈电流 IQF 的偏差算出 q 轴补偿电压 $E1QFB$ ； dq 轴电压指令值运算装置，把 d 轴补偿电压 $E1DFB$ 与 d 轴前馈电压指令值 $E1DFE$ 相加来算出 d 轴电压指令值 $E1DR$ ，同时，把 q 轴补偿电压 $E1QFB$ 与 q 轴前馈电压指令值 $E1QFE$ 相加来算出 q 轴电压指令值 $E1QR$ ；电压矢量运算装置，算出 d 轴电压指令值 $E1DR$ 和 q 轴电压指令值 $E1QR$ 各自的平方和的平方根值，求出电压指令值 $E1R$ ；以及二次电阻修正值运算装置，调整二次电阻的修正值 $\Delta R2$ ，以使前馈电压指令值 $E1F$ 和电压指令值 $E1R$ 的偏差为零，并且矢量控制指令运算装置使用由二次电阻的修正值 $\Delta R2$ 所修正的感应电动机常数，来算出滑差角频率指令值 ωs^* ，由此，进行感应电动机的矢量控制。由此，具有这样的效果：与速度指令的有无无关，特别是不需要用于二次电阻的调整的特别信号，而能够实现用简单的方式自动调整二次电阻的设定值的感应电动机的矢量控制。

此外，进一步包括限制器，设置在二次电阻修正值运算装置与矢量控制指令运算装置之间，把二次电阻的修正值 $\Delta R2$ 限制在预定范围内。由此，具有这样的效果：能够避免二次电阻的修正值由于运算误差等而成为在使用范围内不能得到的某个值。



此外，进一步包括第一切换器，设置在二次电阻修正值运算装置与矢量控制指令运算装置之间，根据电压指令值 $E1R$ 的值，切换是否向矢量控制指令运算装置输入二次电阻的修正值 $\Delta R2$ 的值。由此，具有这样的效果：能够进行是否进行二次电阻的修正的动作范围的设定，例如，在由于一次电阻设定误差等而二次电阻的修正值 $\Delta R2$ 的误差容易变大的电压指令 $E1R$ 的值较小的区域中，能够回避进行修正。

此外，本发明提供一种感应电动机的矢量控制装置，其特征在于，包括：矢量控制指令运算装置，根据转矩指令值 T^* 、二次磁通指令值 $\Phi 2^*$ 以及作为控制对象的感应电动机的感应电动机常数，来算出 d 轴电流指令值 IDR 、q 轴电流指令值 IQR 以及滑差角频率指令值 ωs^* ；旋转角频率运算装置，算出感应电动机旋转角频率 ωr ；变换器角频率运算装置，把滑差角频率 ωs^* 与旋转角频率 ωr 相加，来算出变换器角频率 ωinv ；dq 轴前馈电压运算装置，使用 d 轴电流指令值 IDR 、q 轴电流指令值 IQR 、感应电动机常数以及变换器角频率 ωinv ，来算出 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 和 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ ；前馈电压矢量运算装置，算出 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 和 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ 各自的平方和的平方根值，来算出前馈电压指令值 $E1F$ ；反馈电流运算装置，从感应电动机的三相电流值来算出 d 轴反馈电流 IDF 和 q 轴反馈电流 IQF ；补偿电压运算装置，从 d 轴电流指令值 IDR 和 d 轴反馈电流 IDF 的偏差算出 d 轴补偿电压 $E1DFB$ ，同时，从 q 轴电流指令值 IQR 和 q 轴反馈电流 IQF 的偏差算出 q 轴补偿电压 $E1QFB$ ；dq 轴电压指令值运算装置，把 d 轴补偿电压 $E1DFB$ 与 d 轴前馈电压指令值 $E1DFF$ 相加来算出 d 轴电压指令值 $E1DR$ ，同时，把 q 轴补偿电压 $E1QFB$ 与 q 轴前馈电压指令值 $E1QFF$ 相加来算出 q 轴电压指令值 $E1QR$ ；电压矢量运算装置，算出 d 轴电压指令值 $E1DR$ 和 q 轴电压指令值 $E1QR$ 各自的平方和的平方根值，求出电压指令值 $E1R$ ；以及滑差角频率修正值运算装置，调整滑差角频率的修正值 $\Delta \omega s$ ，以使前馈电压指



令值 $E1F$ 和电压指令值 $E1R$ 的偏差为零，并且变换器角频率运算装置使用由滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 所修正的滑差角频率，来算出变换器角频率 ω_{inv} ，由此，进行感应电动机的矢量控制。由此，具有这样的效果：与速度指令的有无无关，特别是不需要用于二次电阻的调整的特别信号，而能够实现用更简单的方式自动调整二次电阻的设定值的感应电动机的矢量控制。

此外，进一步包括限制器，设置在滑差角频率修正值运算装置与变换器角频率运算装置之间，把滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值限制在预定范围内。由此，具有这样的效果：能够避免滑差角频率的修正值由于运算误差等而成为在使用范围内不能得到的某个值。

此外，进一步包括第一修正装置，设置在滑差角频率修正值运算装置与变换器角频率运算装置之间，根据转矩指令值 T^* 来修正滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值。由此，具有这样的效果：能够防止例如转矩指令值在运转中发生变动的情况下的控制器的响应滞后所引起的滑差角频率修正值的调整滞后。

此外，进一步包括第二修正装置，设置在滑差角频率修正值运算装置与变换器角频率运算装置之间，根据 q 轴电流指令值 IQR 来修正滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值。由此，具有这样的效果：能够防止例如 q 轴电流指令值在运转中发生变动的情况下的控制器的响应滞后所引起的滑差角频率修正值的调整滞后。

此外，进一步包括第二切换器，设置在滑差角频率修正值运算装置与变换器角频率运算装置之间，根据电压指令值 $E1R$ 的值，切换是否向变换器角频率运算装置输入滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的值。由此，具有这样的效果：能够根据电压指令值 $E1R$ 来把滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 设定为原值或者零，因此，能够进行是否进行滑差角频率的修正的动作范围的设定，例如，在由于一次电阻设定误差等滑差角频率的修正值 $\Delta \omega_s$ 的误差容易变大的电压指令 $E1R$ 的值较小的区域中，能够回避二次电阻修正运算。

说明书附图

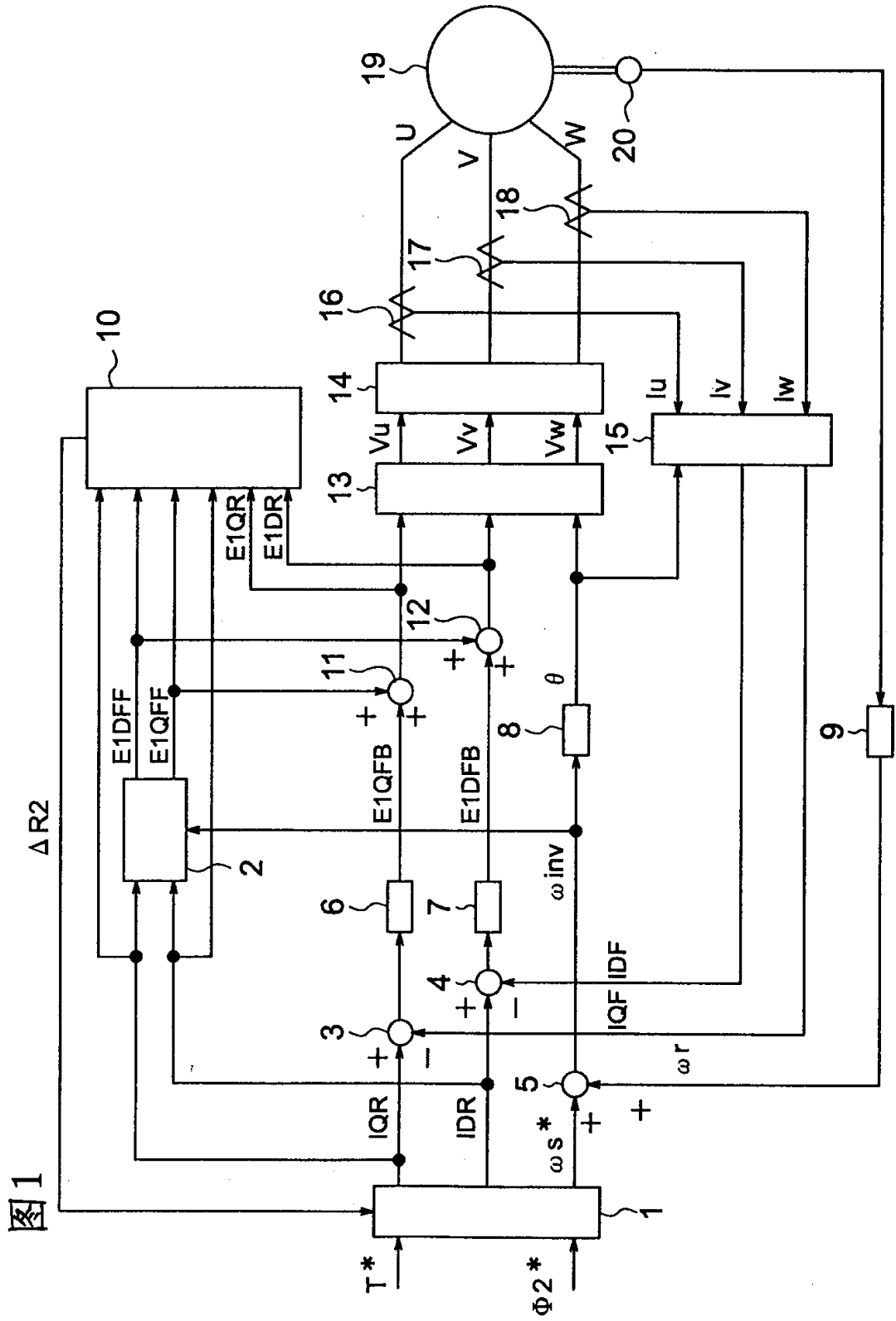


图1

图2

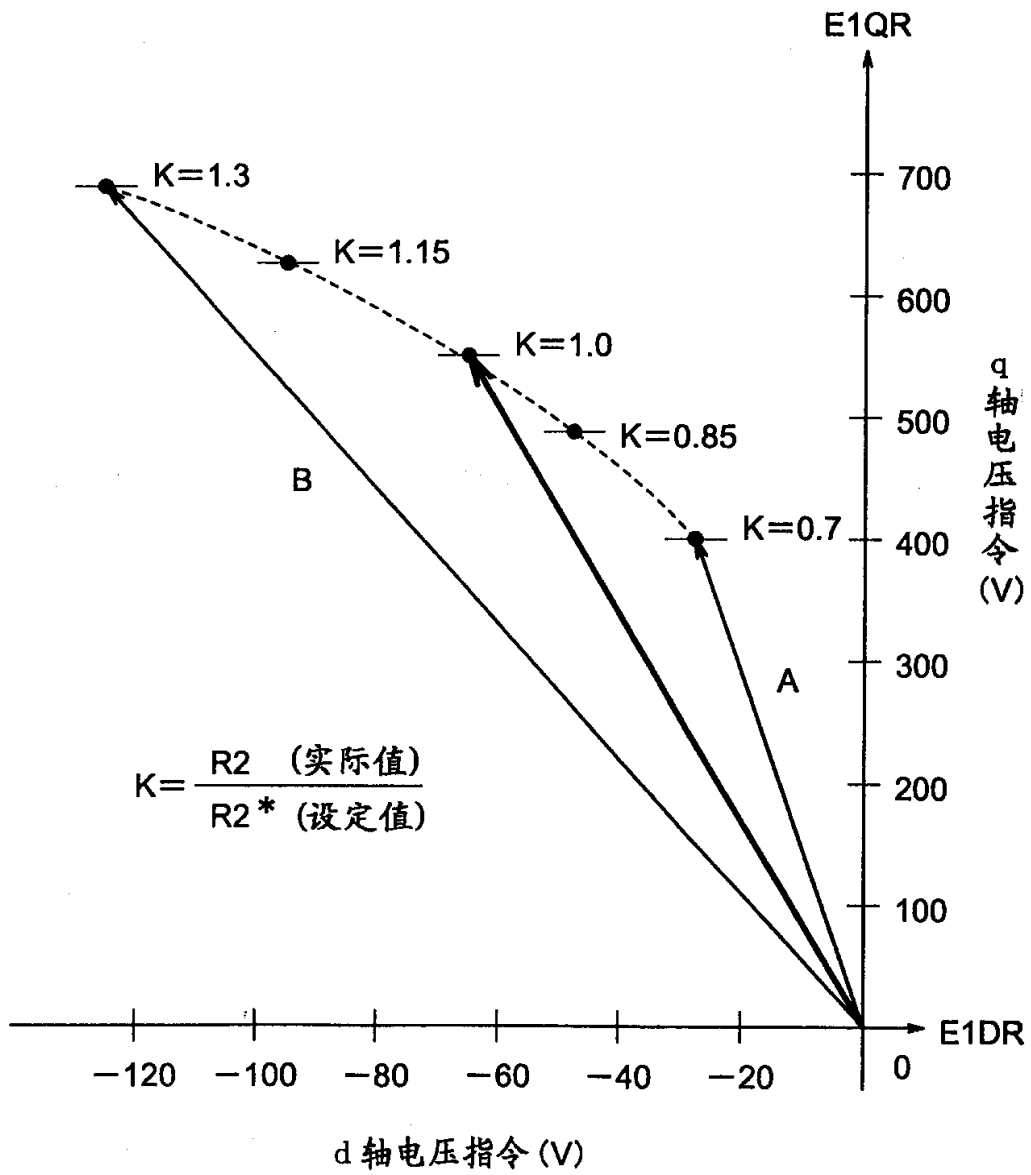


图 3

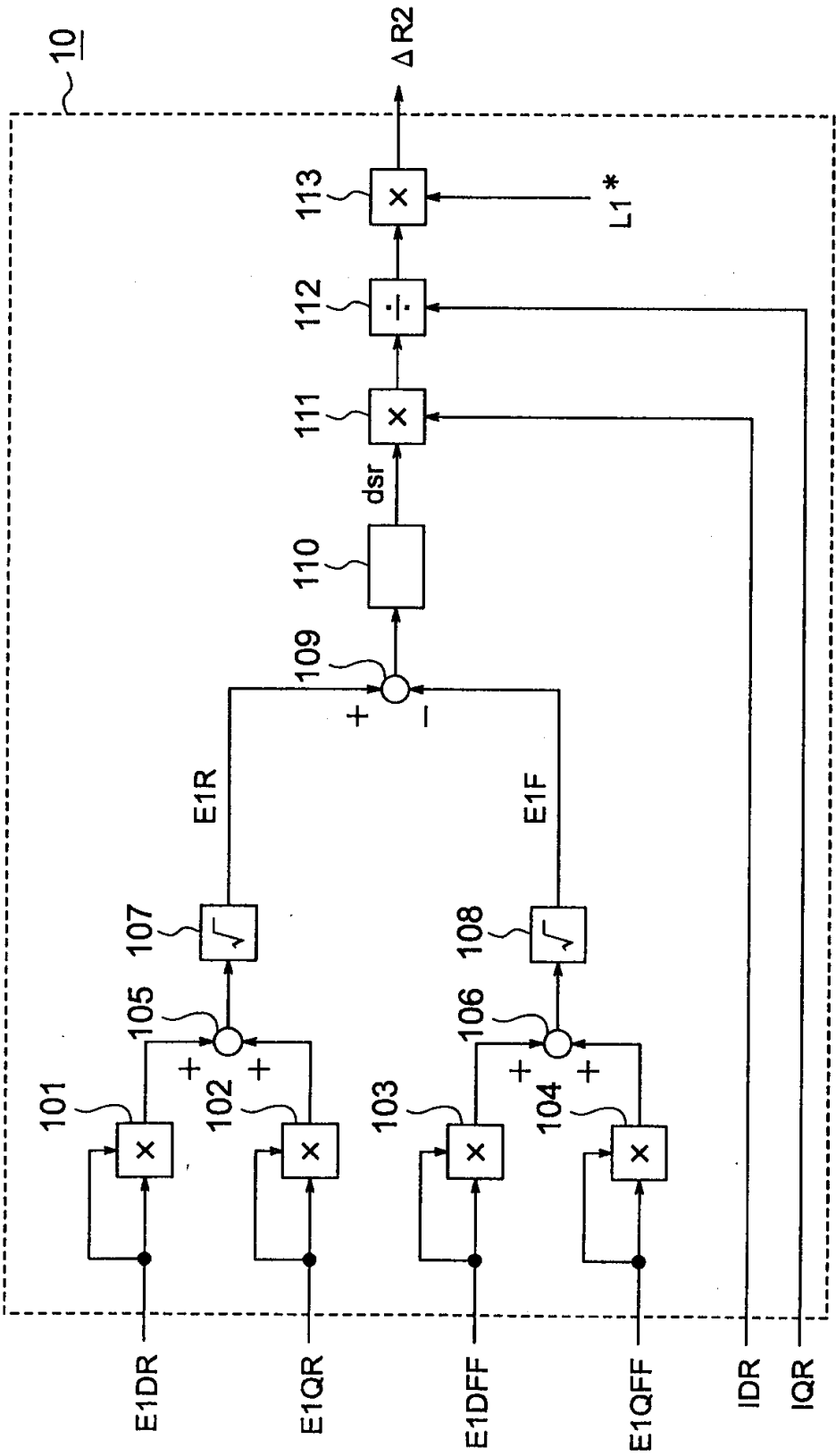


图4

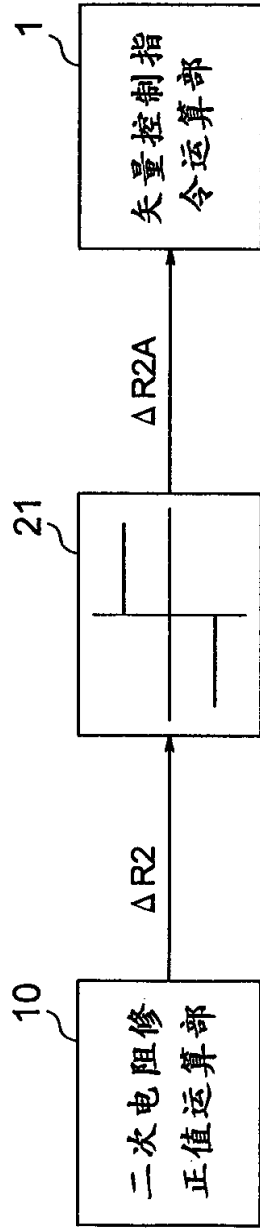
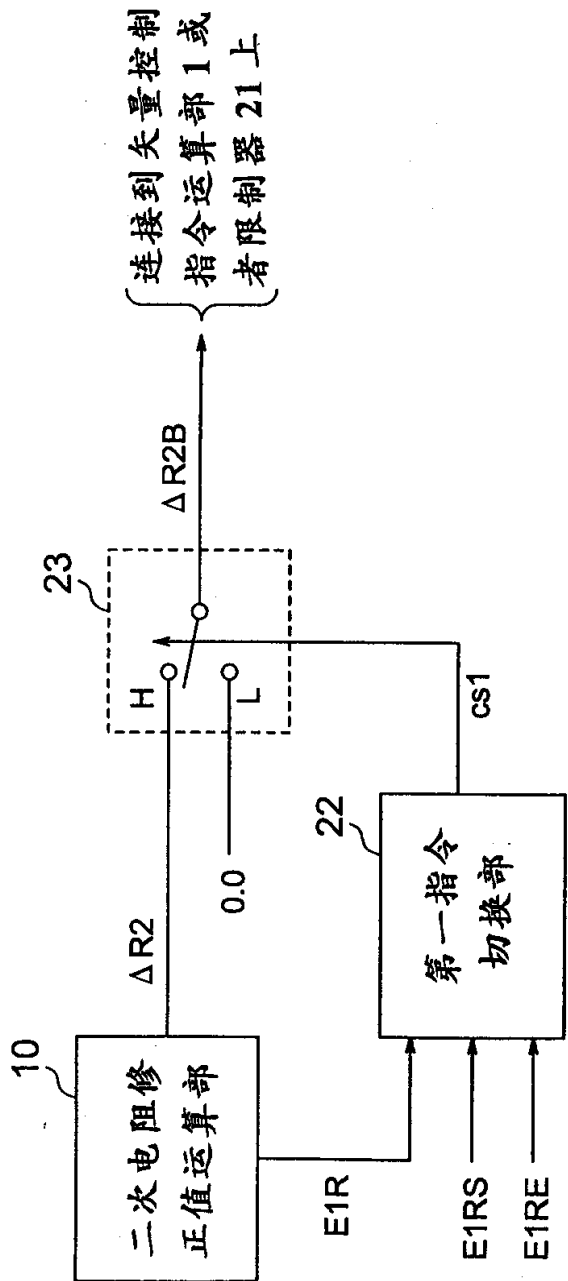


图5



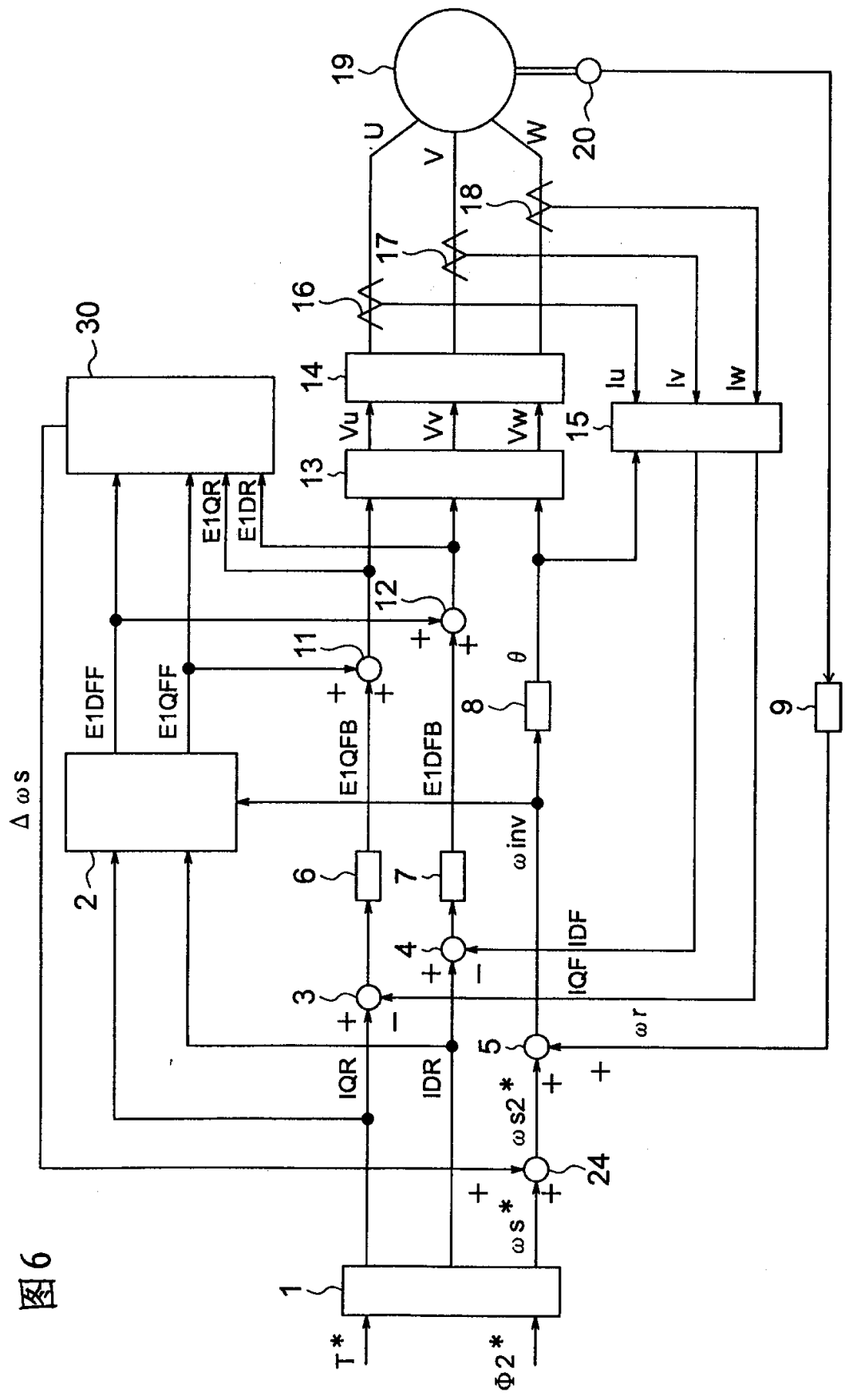


图6

图 7

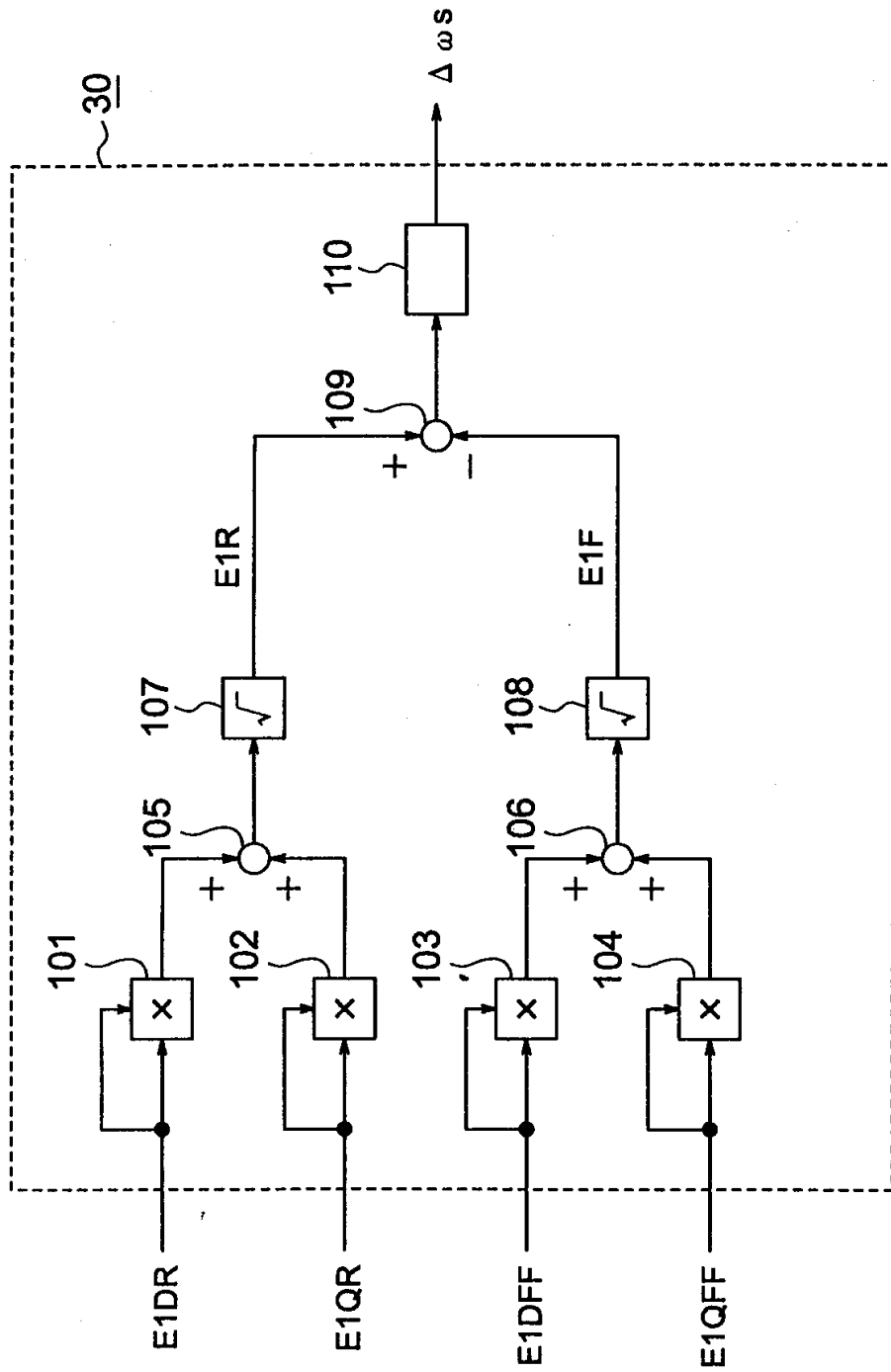


图8

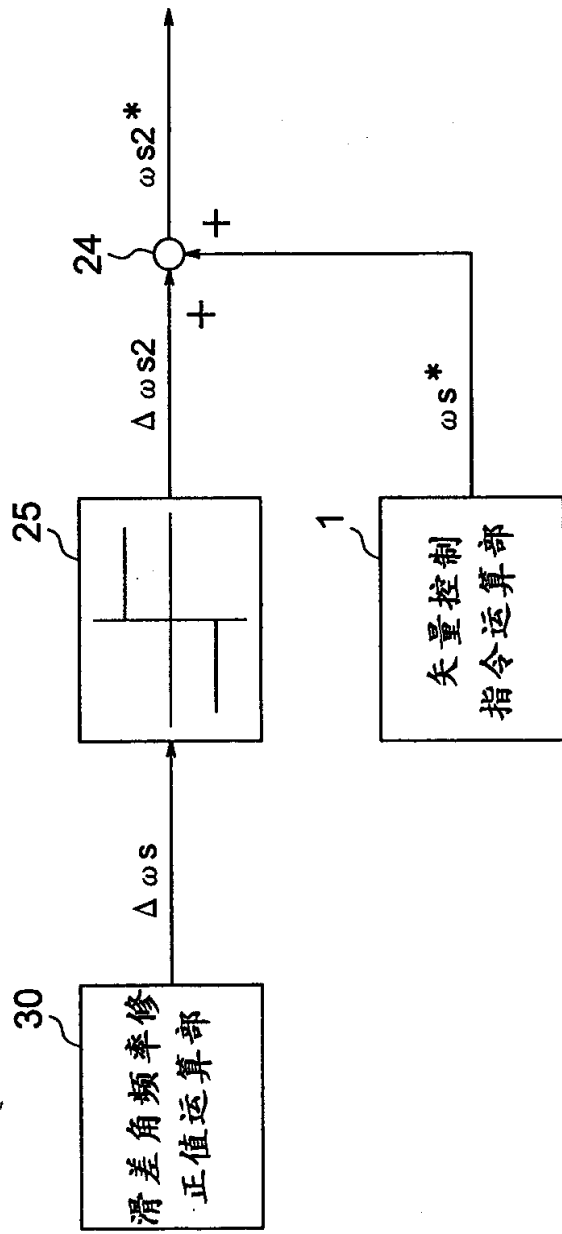


图9

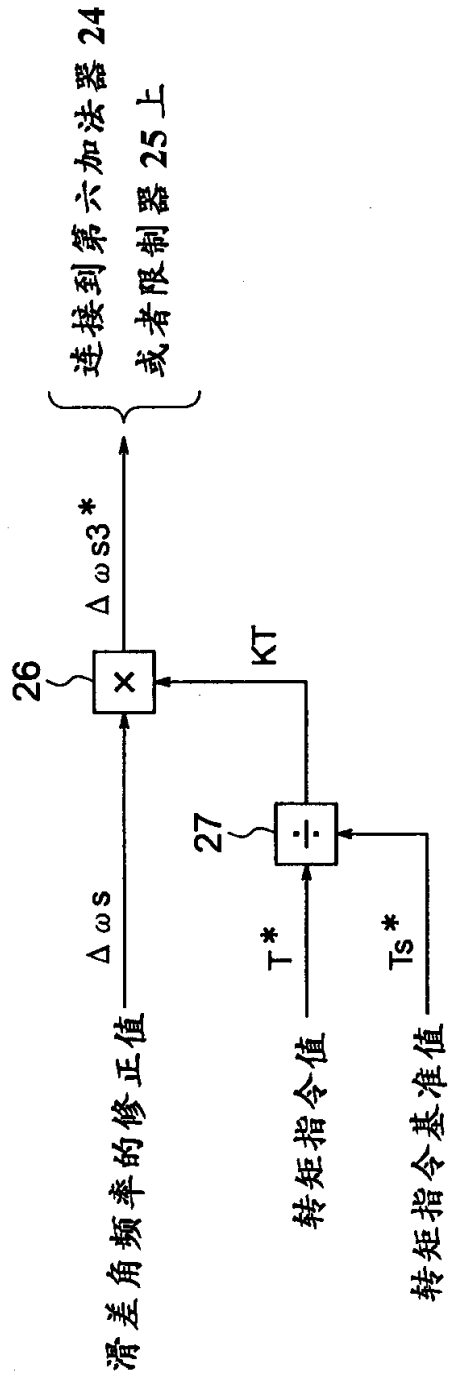


图10

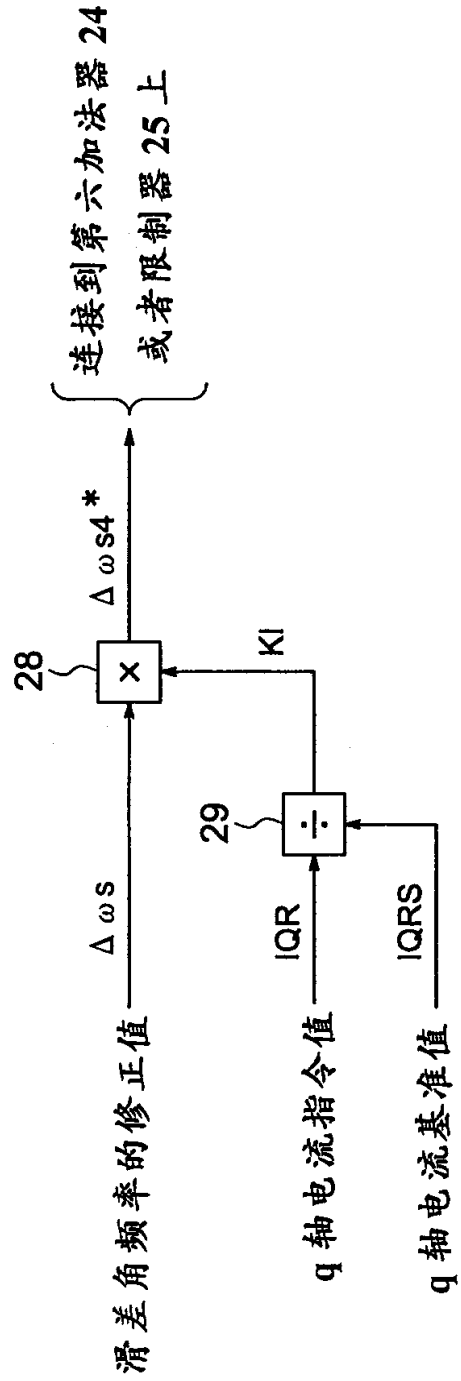
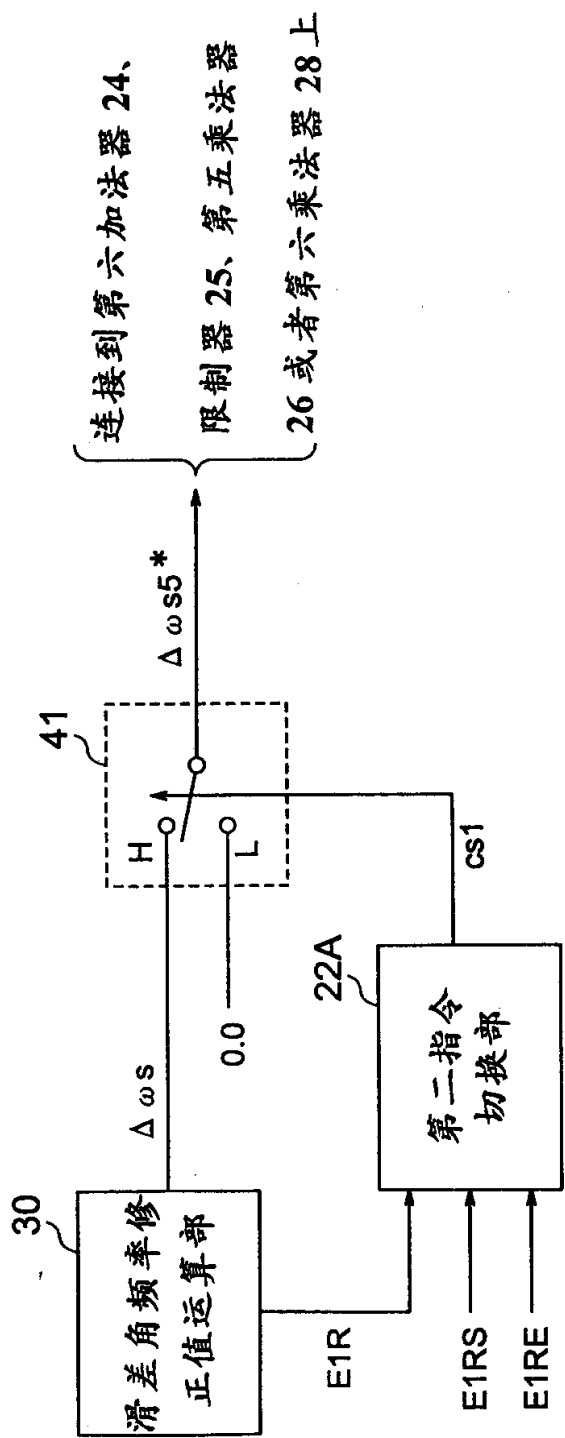


图11



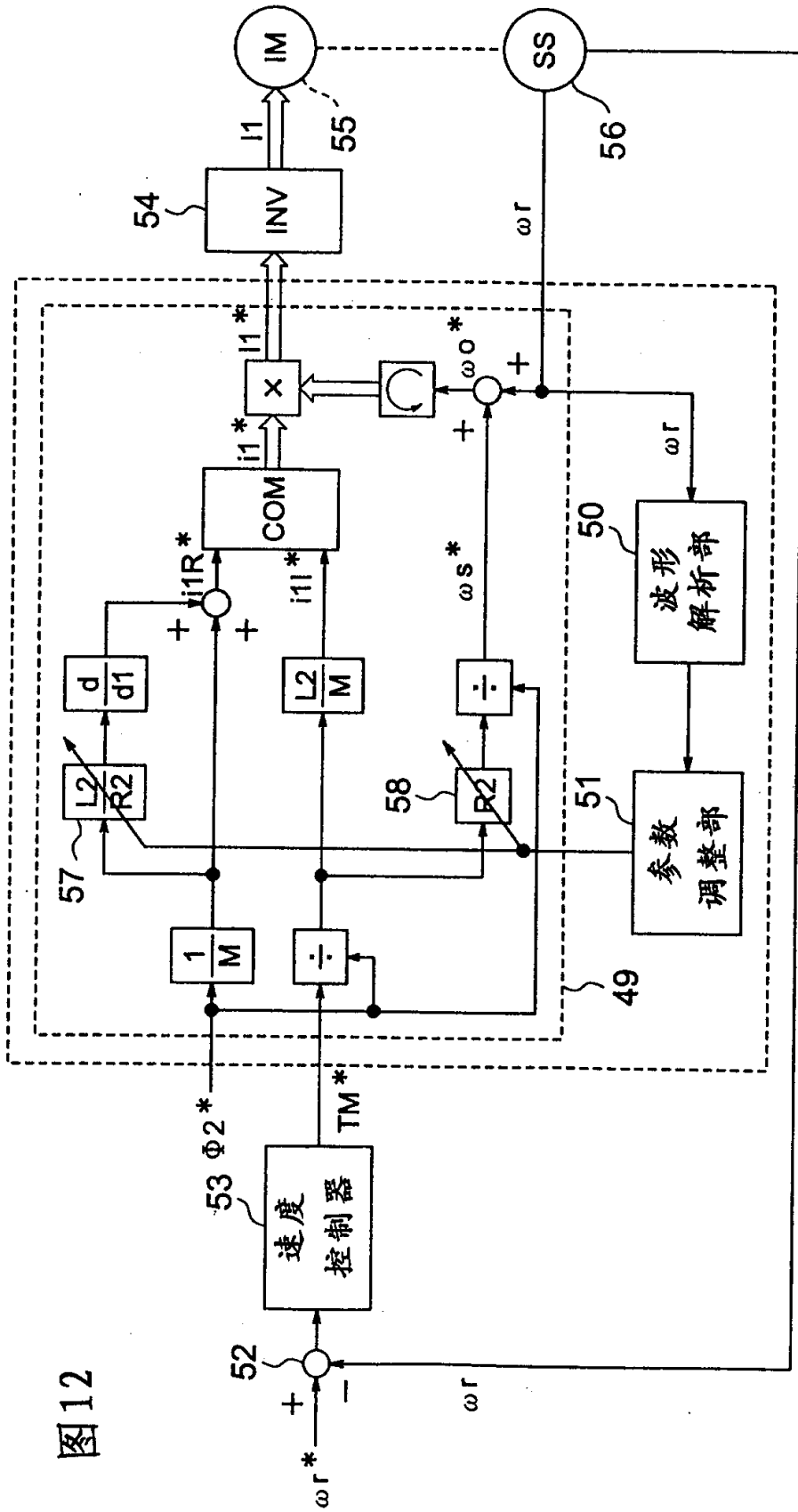


图12

图13

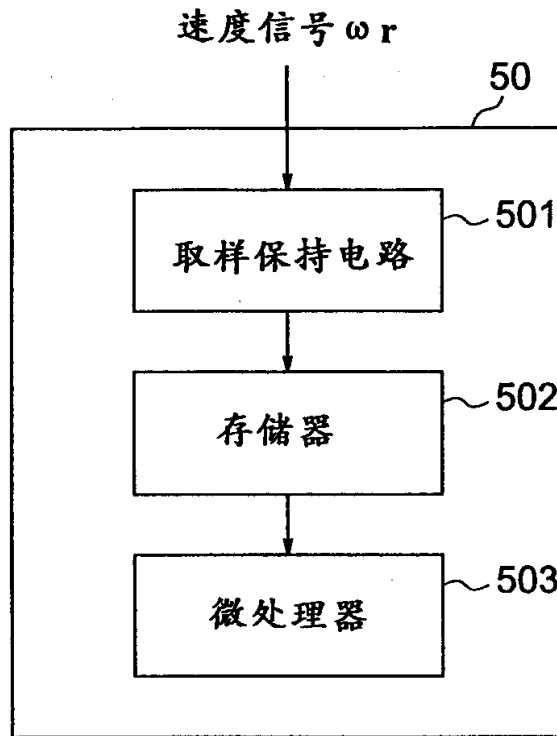
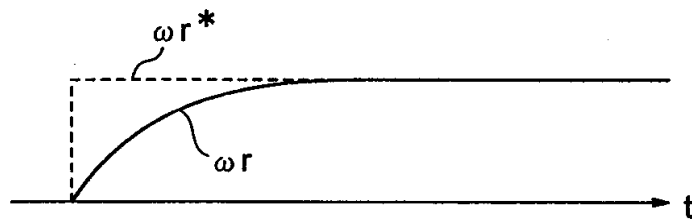
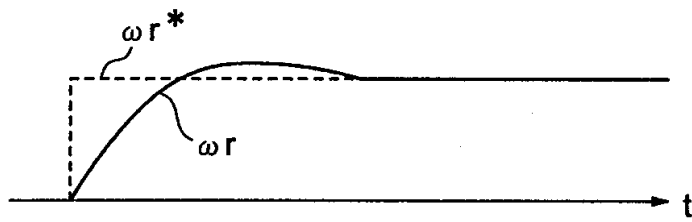
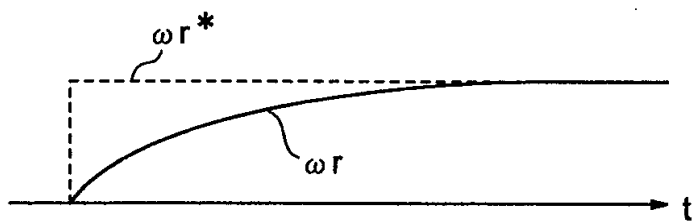


图 14

(a) $R_2 = R_2^*$ (b) $R_2 > R_2^*$ (c) $R_2 < R_2^*$