

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710142395.9

G01D 5/245 (2006.01)

B62D 5/04 (2006.01)

B62D 5/30 (2006.01)

B62D 6/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年10月14日

[11] 授权公告号 CN 100549626C

[22] 申请日 2007.8.22

[21] 申请号 200710142395.9

[30] 优先权

[32] 2006.8.22 [33] JP [31] 2006-225795

[73] 专利权人 株式会社电装

地址 日本爱知县刈谷市

[72] 发明人 龟谷尚志 日高研一郎

[56] 参考文献

JP9-72758A 1997.3.18

JP2000-16312A 2000.1.18

CN1727241A 2006.2.1

JP2003-291842A 2003.10.15

JP3-99978A 1991.4.25

JP2006-177750A 2006.7.6

审查员 苏爱华

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
代理人 温大鹏 廖凌玲

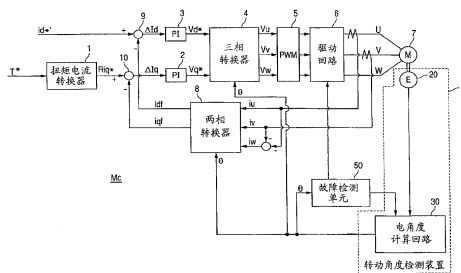
权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 7 页

## [54] 发明名称

用于转动角度检测装置的故障检测单元

## [57] 摘要

故障检测单元检测检测装置内出现的故障，检测装置从具有在转子的转动周期内幅值调制成正弦波形的正弦和余弦波信号检测转子相对于定子的转动角度。该单元从这些信号产生判断数值，从不在正常范围内的数值判断出现故障，并且在判断继续时判断装置处于假设故障状态。在判断之后，在转动角度在整个范围上变化同时该数值位于正常范围时，单元判断装置返回到正常状态。相比之下，在判断始终继续时，单元判断装置处于最终故障状态并决定出现了故障。



1. 一种用于在检测装置中检测出现的故障的故障检测单元，该检测装置从其幅值调制成正弦波的形状以便在转子转动的周期中变化的正弦波相位信号和余弦波相位信号来检测转子相对于定子的转动角度，故障检测单元包括：

第一区段，产生由从检测装置接收的正弦波相位信号和/或余弦波相位信号确定的故障判断数值；

第二区段，根据不在正常范围内的故障判断数值判断在检测装置中已经出现故障；

第三区段，判断检测装置处于假设故障状态，以响应第二区段的连续判断长达第一预定时间周期；

第四区段，检查转动角度是否在其整个范围上变化，并且判断由第三区段判断为处于假设故障状态的检测装置返回到正常状态，以便在转动角度在整个范围内的变化过程中，以响应在整个范围变化的转动角度以及总是位于正常范围内的故障判断数值；

第五区段，判断检测装置处于确定的故障状态，以响应第二区段的连续判断长达长于第一预定时间周期的第二预定时间周期，并且确定在检测装置中出现故障。

2. 如权利要求1所述的故障检测单元，其特征在于，检测装置具有：分解器，该分解器产生正弦波相位信号和余弦波相位信号以响应激励信号，使得指示正弦波相位信号幅值变化的正弦波形相对于余弦波相位信号位移 $\pi/2$ 弧度的转动角度；提取单元，该提取单元从正弦波相位信号提取指示以正弦波形变化的正弦波相位信号的幅值的正弦波相位幅值信号，并且从余弦波相位信号提取指示以正弦波形变化的余弦波相位信号的幅值的余弦波相位幅值信号；以及计算单元，计算单元从正弦波相位信号和余弦波相位信号计算转动角度，并且由第一区段产生的故障判断数值选自包括正弦波相位幅值信号平方和余弦波相位幅值信号平方的总和或者该总和的平方根、正弦波相位信号的幅值的平均值、余弦波相位信号的幅值的平均值以及转动角度变化率的组。

3. 如权利要求1所述的故障检测单元，其特征在于，还包括控制区段，控制区段控制由第三区段判断为处于假设故障状态的检测装置，

以便停止输出转动角度，并且控制由第四区段判断为已经返回到正常状态的检测装置，使得检测装置重新开始输出转动角度，从而按照转动角度调节转子的转动。

4. 如权利要求 1 所述的故障检测单元，其特征在于，第二区段每隔第三预定时间周期便计算故障判断数值，并且每次故障判断数值不在正常范围时将故障计数数值增量，第三区段的判断根据高于第一预定数值的故障计数数值来进行，并且第五区段的判断根据高于第二预定数值的故障计数数值来进行，其中第二预定数值高于第一预定数值。

5. 如权利要求 1 所述的故障检测单元，其特征在于，第四区段将转动角度的整个范围分成多个角度区域，检查转动角度是否在每个角度区域内，并且在每次转动角度的角度区域变化时，检查故障判断数值是否在正常范围内，并且第四区段的判断根据位于每个角度区域内的转动角度以及总是位于正常范围内的故障判断数值来进行。

## 用于转动角度检测装置的故障检测单元

## 技术领域

本发明总体涉及一种用于检测转子相对于定子的转动角度的转动角度检测装置并且检测该装置中所出现故障的故障检测单元。

## 背景技术

公知的是，转动角度检测装置用来通过使用分解器检测转子相对于定子的转动角度。在此装置中，具有预定周期波形的激励信号供应到分解器，正弦波相位信号和余弦波相位信号从分解器输出以响应激励信号，并且每个相位信号调幅成正弦形状，以便分别从相位信号中提取正弦波相位幅值信号  $A_s(\theta)$  以及余弦波相位幅值信号  $A_c(\theta)$ 。每个幅值信号具有随着转动角度变化的幅值，并且转子相对于定子的转动角度  $\theta$  从幅值信号中计算。

另外，用于检测用于转动角度检测装置的分解器的故障的单元是公知的。例如，公开的日本专利首次公开文本 NO. H09-72758 披露一种分解器故障检测单元。在此单元中，对于每个幅值信号计算幅值的平方。在检测到幅值平方的总和  $A_s(\theta)^2 + A_c(\theta)^2$  或者该总和的平方根不在预定范围内时，可以判断在分解器中出现了故障。

但是，在此单元内，即使实际上在分解器中出现了故障，也存在该总和或平方根在该范围内的情况。因此，在这种情况下，会错误地判断在分解器中没有出现故障。相比之下，即使实际上在分解器中没有出现故障，还存在虽然该单元可以检测转动角度  $\theta$ ，但该单元不能正确地临时检测幅值信号。因此，在这种情况下，错误地判断在分解器中出现了故障。

为了解决这种问题，公开的日本专利首次公开文本 NO. 2006-177750 披露另一种用于转动角度检测装置的分解器故障检测单元。在此公开物中，该单元从幅值信号  $A_s(\theta)$  和  $A_c(\theta)$  计算转动角度  $\theta$  以及幅值平方的总和  $A_s(\theta)^2 + A_c(\theta)^2$  的平方根。在该单元检测到平方根不在预定范围内时，该单元判断分解器在假设故障状态。即，该单元假设地判断在分解器中出现了故障。在继续检测该平方根不在该范围内长达预定时间周期时，该单元判断分解器处于最终确定的故

障状态。即，该单元最终判断在分解器中出现了故障。相比之下，在该单元检测到已经判断处于假设故障状态之后重复计算的转动角度 $\theta$ 在整个范围上从0变化到 $2\pi$ 弧度，取消假设判断，并且该单元判断分解器返回到正常状态。即，该单元判断在分解器中没有出现故障。因此，由于假设故障状态被认为是从正常状态到最终确定的故障状态的过渡状态，不太可能错误判断分解器的故障。

假定从假设故障状态返回到正常状态的条件类型设置成与判断分解器处于假设故障状态的条件类型相同，公开文本 NO.2006-177750 中披露的单元具有与公开文本 NO.H09-72758 披露的单元相同的问题。即，假定位于预定范围内的平方根设置成返回条件，在该单元内交替进行判断为处于正常状态以及判断为处于假设故障状态。但是，在公开文本 NO.2006-177750 披露的单元中，在假设故障状态下从 $0-2\pi$ 的整个范围内变化的转动角度 $\theta$ 设置成返回条件。因此，返回调节类型不同于判断分解器处于假设故障状态的条件类型。因此，可以防止在正常状态和假设故障状态之间重复交替的判断。

但是，在公开文件 NO.2006-177750 披露的单元中，即使在分解器中实际上已经出现故障，也存在该单元错误地判断已经被判断为处于假设故障状态的分解器返回正常状态的情况。在该单元将实际上设置在故障状态下的分解器错误地判断为处于正常状态时，使用转动角度检测装置的检测结果的例如马达控制器的控制器将错误地操作。

#### 发明内容

考虑到传统分解器故障检测装置的缺陷，本发明的目的在于提供一种故障检测单元，通过适当判断检测装置从假设故障状态返回到正常状态，该检测单元正确检测在转动角度检测装置中出现故障。

按照本发明的一个方面，此目的通过提供一种用于在检测装置中检测出现的故障的故障检测单元，该检测装置从其幅值调制成正弦波的形状以便在转子转动的周期中变化的正弦波相位信号和余弦波相位信号来检测转子相对于定子的转动角度。故障检测单元具有第一到第五区段。第一区段产生由从检测装置接收的正弦波相位信号和/或余弦波相位信号确定的故障判断数值。第二区段根据不在正常范围内的故障判断数值判断在检测装置中已经出现故障。第三区段判断检测装置处于假设故障状态，以响应第二区段的连续判断长达第一预定时间周

期。第四区段检查转动角度是否在其整个范围上变化，并且判断由第三区段判断为处于假设故障状态的检测装置返回到正常状态，以便在转动角度在整个范围内的变化过程中，响应在整个范围变化的转动角度以及总是位于正常范围内的故障判断数值。第五区段判断检测装置处于确定的故障状态，以响应第二区段的连续判断长达长于第一预定时间周期的第二预定时间周期，并且确定在检测装置中出现故障。

采用故障检测单元的这种构造，第四区段产生判断检测装置返回正常状态的两种条件。第一种条件是转动角度在整个范围上变化，并且第二种条件是故障判断数值位于正常范围内。在这些条件同时满足时，第四区段判断检测装置返回到正常状态。

因此，在检测装置中实际上出现故障时，有可能故障检测装置错误地判断检测装置返回到正常状态。因此，故障检测单元可适当判断检测装置的实际状态。

另外，第三区段内的判断条件是根据不在正常范围内的故障判断数值判断出现故障通过第二区段持续长达第一预定时间周期。因此，第四区段内的判断条件包括在整个范围上变化的转动角度，这不同于第三区段内的判断条件。因此，第三区段的判断和第四区段的判断有可能交替进行。

此外，在第四区段内同时满足两个条件时，由第三区段判断为处于假设故障状态的检测装置被判断为返回到正常状态。因此，有可能故障检测单元不需要检测检测装置的故障。

#### 附图说明

图 1 是按照本发明的实施例的马达控制器的方框图；

图 2 是图 1 所示的电角度计算回路和故障检测单元的方框图，并且示意表示分解器的结构；

图 3 表示输入图 2 所示的分解器和/或从中输出的信号的波形；

图 4 是表示与分解器输出的每个信号的一个周期相对应地等间距放置在正弦波形上的采样点的视图；

图 5 是按照此实施例的图 2 所示状态确定单元的方框图；

图 6 是用于表示确定图 1 所示检测装置状态的过程的流程图；

图 7 是在直角坐标系统中表示图 3 所示的幅值信号限定的坐标位置的正常区域的视图；以及

图 8 是表示正常状态返回判断过程的流程图。

### 具体实施方式

现在参考附图描述本发明的实施例及其变型。

图 1 是按照此实施例的马达控制器的方框图。车辆的电操作动力转向单元例如通过在马达控制器 Mc 的控制下的马达驱动。如随后详细描述那样, 控制器 Mc 具有转动角度检测装置和故障检测单元以便检测装置中出现的故障。控制器 Mc 从车辆的例如电池(未示出)的电源接收电能。

如图 1 所示, 控制器 Mc 调节三相交流电以响应扭矩指令  $\tau^*$  和磁化电流  $id^*$ , 并且无刷马达 7 从控制器 Mc 接收交流电。马达 7 具有筒形定子和布置成通过定子围绕的柱形转子。转子具有沿着定子的周向对准的多个磁极。转子在其中心轴线上转动以响应定子内接收的交流电, 转子的转动力传递到转向单元, 并且转向单元被驱动。

与马达 7 连接的分解器 20 检测转子的转动, 并且分别产生正弦波相位信号  $S_s(\theta)$  和余弦波相位信号  $S_c(\theta)$ , 这些信号具有与马达 7 的电角度  $\theta$  (即转子相对于定子的转动角度  $\theta$ ) 相对应的相位。电角度计算回路 30 从信号  $S_s(\theta)$  和  $S_c(\theta)$  计算电角度  $\theta$ 。按照此实施例的转动角度检测装置 12 包括分解器 12 和计算回路 30。

在控制器 Mc 中, 扭矩电流转换器 1 从车辆的扭矩传感器(未示出)接收扭矩指令信号  $\tau^*$ , 并且将扭矩指令信号转换成目标 q 轴电流  $Riq^*$ 。此电流  $Riq^*$  经过比较器 10 和比例积分 (PI) 控制器 2, 并且作为 q 轴电压的指令数值  $Vq^*$  输出。

控制器 Mc 还接收作为另一指令数值的磁化电流  $id^*$ 。此电流  $id^*$  经过比较器 9 和比例积分 (PI) 控制器 3 并作为 d 轴电压的指令数值  $Vd^*$  输出。d 轴和 q 轴在转动直角坐标系中限定。d 轴设置为在转子中从 S 磁极指向的 N 磁极。q 轴设置为在垂直于转子的转动轴线的平面上垂直于 d 轴。坐标系统的原点放置在转子的转动轴线上。

三相转换器 4 根据从回路 30 接收的电角度  $\theta$  将 q 轴电压  $Vq^*$  和 d 轴电压  $Vd^*$  转换成 U 相电压  $Vu$ 、V 相电压  $Vv$  以及 W 相电压  $Vw$ 。脉冲宽度调制器 (PWM) 5 调制 U 相、V 相和 W 相电压  $Vu$ 、 $Vv$ 、 $Vw$  的脉冲宽度以便产生 U 相、V 相和 W 相脉冲电流。驱动回路 6 从 U 相、V 相和 W 相脉冲电流产生 U 相、V 相和 W 相电流, 并且这些产生的电流经由 U 相、

V相和W相导线供应到马达7。因此，马达7被驱动以便在控制器Mc的控制下响应接收的电流。

U相辅助电流 $i_u$ 和V相辅助电流 $i_v$ 从U相和V相导线传递到两相转换器8。另外，W相辅助电流 $i_w$ 从辅助电流 $i_u$ 和 $i_v$ 产生，并且传递到转换器8。转换器8根据从回路30接收的电角度 $\theta$ 将辅助电流 $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ 转换成d轴辅助电流 $i_{df}$ 和q轴辅助电流 $i_{qf}$ 。

辅助电流 $i_{df}$ 反馈到比较器9和10，并且与电流 $i_{d^*}$ 和 $R_{iq^*}$ 比较。在电流 $i_{df}$ 和 $i_{d^*}$ 之间具有差别 $\Delta I_d = |i_{df} - i_{d^*}|$ 时，控制器3根据差别 $\Delta I_d$ 调节d轴电压 $V_{d^*}$ ，以便将差别 $\Delta I_d$ 接近零。在电流 $i_{qf}$ 和 $R_{iq^*}$ 之间具有差别 $\Delta I_q = |i_{qf} - R_{iq^*}|$ 时，控制器2根据差别 $\Delta I_q$ 调节q轴电压 $V_{q^*}$ ，以便将差别 $\Delta I_q$ 接近零。电压 $V_{d^*}$ 和 $V_{q^*}$ 的这种反馈和调节重复进行，直到差别 $\Delta I_d$ 和 $\Delta i_q$ 收敛于零为止。

控制器Mc还具有用于根据电角度 $\theta$ 、信号 $S_s(\theta)$ 和 $S_c(\theta)$ 以及从计算回路30接收的其它信号来检测转动角度检测装置12故障、紧急情况或失效的故障检测单元50。

图2是回路30和检测单元50的方框图，并且示意表示分解器20的结构，并且图3表示输入分解器20/从中输出的每个信号的波形。

如图2所示，分解器20具有与马达7的转子固定连接的柱形转子21以及与马达7的定子固定连接的筒形定子22。定子22布置成围绕转子21，并且转子21和定子22具有公共转动轴线。转子21相对于定子22的转动角度于马达7的转动角度一致。转子21的截面形成椭圆形形状。分解器20具有沿着定子22的周向以等间距布置的多个线圈。分解器20的每个线圈用作激励线圈、正弦波相位线圈或余弦波相位线圈。激励线圈22a、正弦波相位线圈22b和余弦波相位线圈22c分别表示在图2中。电流流过每个线圈22b和22c以响应施加到线圈22a上的电流。

回路30具有激励信号产生区段40以便产生激励信号 $S_r$ 。此区段40具有参考时钟发生器41、定时信号发生器42、正弦波信号发生器43以及数字-模拟(D/A)转换器44。发生器41产生作为测量参考的时钟信号。发生器42产生多种定时控制信号，以响应时钟信号从而为多种计算设置定时。发生器43具有正弦波表格。在此表格中，指示正弦波幅值的采样数据的片断被存储，使得正弦波的相位角逐渐增加。



正弦波的相位角的范围是从  $0-2\pi$  弧度, 并且正弦波的相位角数值与多个地址相关。发生器 43 通过从表格逐一读取采样数据而与发生器 42 的一个定时控制信号同步地产生数字正弦波信号。转换器 44 将发生器 43 的波信号转换成模拟激励信号  $S_r$  ( $S_r(t) = A_r \times \sin \omega_0 t$ )。如图 3 所示, 激励信号  $S_r$  随着时间在足够短于转子 21 的转动的周期  $T_2$  的预定周期  $T_1 (= 2\pi / \omega_0)$  内以正弦波形状周期性变化。

激励线圈 22a 接收激励信号  $S_r$ , 使得每个相位线圈 22b 和 22c 产生电流。更特别是, 在转子 21 转动以响应马达 7 转动从而改变转子 21 相对于定子 22 的转动角度  $\theta$  时, 模拟正弦波相位信号  $S_s$  和模拟余弦波相位信号  $S_c$  从相位线圈 22b 和 22c 输出, 以分别响应激励信号  $S_r$ 。如图 3 所示, 每个相位信号与激励信号同步地周期性变化。由于转子 21 的截面形成椭圆形状, 每个相位信号  $S_s$  和  $S_c$  的幅值调制成正弦波形, 并且以  $2\pi$  弧度的周期 (即转子 21 的转动周期  $T_2$ ) 随着转动角度  $\theta$  变化。另外, 在转动角度  $\theta$  从  $\pi$  到  $2\pi$  弧度的区域内, 相位信号  $S_s$  的相位与激励信号  $S_r$  的相位相反, 而在转动角度  $\theta$  从  $0$  到  $\pi$  弧度的其它区域内, 相位信号  $S_s$  具有与激励信号  $S_r$  相同的相位。相比之下, 在转动角度  $\theta$  从  $\pi/2$  到  $3\pi/2$  弧度的区域内, 相位信号  $S_c$  的相位与激励信号  $S_r$  的相位相反, 而在转动角度  $\theta$  从  $3/2\pi$  到  $\pi/2$  弧度的其它区域内, 相位信号  $S_c$  具有与激励信号  $S_r$  相同的相位。因此, 指示正弦波相位信号的幅值变化的正弦波形相对于余弦波相位信号偏移转动角度的  $\pi/2$  弧度。

回路 30 还具有模拟-数字 (A/D) 转换器 31 以及 A/D 转换器 32、正弦波幅值计算器 33 以及余弦波幅值计算器 34。A/D 转换器 31 和 32 从线圈 22b 和 22c 分别在预定采样速度下与发生器 42 的定时控制信号同步地采样模拟相位信号  $S_s$  和  $S_c$ 。此采样速度设置在相对高的速度下, 使得激励信号  $S_r$  的正弦波可以复制。换言之, 采样速度设置成使得与激励信号  $S_r$  的一个周期  $T_1 (= 2\pi / \omega_0)$  相对应的每个相位信号的幅值调制正弦波可以复制。接着, A/D 转换器 31 和 32 将采样的模拟信号分别转换成数字正弦波相位信号  $S_s$  和数字余弦波相位信号  $S_c$ 。

幅值计算器 33 与发生器 42 的一个定时控制信号同步地从转换器 31 接收相位信号  $S_s$  的采样数值 (即幅值), 并且通过由具有与激励信号  $S_r (= A_r \times \sin \omega_0 t)$  相同的频率和相位的正弦波函数来大致表示与

激励信号  $S_r$  的一个周期  $T_1 (= 2\pi / \omega_0)$  相对应的相位信号  $S_s$  的每组采样数值, 确定大致曲线函数  $P_s(t)$ 。接着, 计算器 33 计算函数  $P_s(t)$  的幅值数值  $A_s(\theta)$  以及位移数值  $A_{s0}$ 。该函数  $P_s(t)$  按照第一等式 (1) 来表示:

$$P_s(t) = A_s(\theta) \times \sin \omega_0 t + A_{s0} \quad \text{-- (1)}$$

幅值  $A_s(\theta)$  随着转动角度  $\theta$  而变化, 并且称为正弦波相位幅值信号。位移数值  $A_{s0}$  等同于相位信号  $S_s$  的偏压电压数值。为了确定函数  $P_s(t)$ , 可以使用至少平方近似值。

以相同方式, 幅值计算器 34 与发生器 42 的一个定时控制信号同步地从转换器 32 接收余弦波相位信号  $S_c$  的采样数值 (即幅值), 并且通过由具有与激励信号  $S_r (= A_r \times \sin \omega_0 t)$  相同的频率和相位的另一正弦波函数来大致表示与激励信号  $S_r$  的一个周期相对应的相位信号  $S_c$  的每组采样数值, 确定大致曲线函数  $P_c(t)$ 。接着, 计算器 34 计算函数  $P_c(t)$  的幅值数值  $A_c(\theta)$  以及位移数值  $A_{c0}$ 。该函数  $P_c(t)$  按照第二等式 (2) 来表示:

$$P_c(t) = A_c(\theta) \times \sin \omega_0 t + A_{c0} \quad \text{-- (2)}$$

幅值  $A_c(\theta)$  随着转动角度  $\theta$  而变化, 并且称为余弦波相位幅值信号。位移数值  $A_{c0}$  等同于相位信号  $S_c$  的偏压电压数值。

如图 3 所示, 幅值信号  $A_s(\theta)$  和  $A_c(\theta)$  的相位相差  $\pi/2$  弧度的一个电角度, 并且每个幅值信号  $A_s(\theta)$  和  $A_c(\theta)$  在转动角度  $\theta$  的  $2\pi$  弧度的周期内具有正弦波形组。另外, 在幅值信号  $A_s(\theta)$  和  $A_c(\theta)$  在回路 30 内从由正常条件下操作的分解器输出的相位信号  $S_s$  和  $S_c$  以高精度确定时, 幅值信号  $A_s(\theta)$  的幅值变得与幅值信号  $A_c(\theta)$  的幅值相同。因此, 各自具有幅值  $A$  的幅值信号  $A_s(\theta)$  和  $A_c(\theta)$  可以按照等式 (3) 和 (4) 来表示:

$$A_s(\theta) = A \times \sin \theta \quad \text{-- (3)}$$

$$A_c(\theta) = A \times \cos \theta \quad \text{-- (4)}$$

幅值  $A$  根据分解器 20 的线圈 22b 和 22c 内产生的电流数值来确定, 并且该电流数值取决于分解器 20 和从代表分解器 20 的外围回路的发生区段 40 施加在线圈 22a 上的电压。

如图 2 所示, 回路 30 还具有转动角度计算器 35 和输出单元 36。该角度计算器 35 按照第五等式 (5) 从计算器 33 和 34 的幅值信号  $A_s$

( $\theta$ ) 和  $A_c(\theta)$  计算转子 21 相对于定子 22 的转动角度  $\theta$ 。

$$\theta = \tan^{-1} (A_s(\theta) / A_c(\theta)) \quad \text{-- (5)}$$

输出单元 36 将转动角度  $\theta$  输出到转换器 4 和 8。

故障检测单元 50 具有正弦波相位信号电平计算器 51、余弦波信号电平计算器 52 以及状态决定单元 53。计算器 51 与发生器 42 的一个定时控制信号同步地从转换器 31 接收正弦波相位信号  $S_s$  的当前周期  $T_1 (= 2\pi/\omega_0)$  的采样数值，并且从沿着时间轴以等间距布置的预定数量的采样数值计算相位信号  $S_s$  的平均电平。图 4 是表示与每个相位信号  $S_s$  和  $S_c$  的一个周期相对应地等间距布置在正弦波形上的采样点的视图。如图 4 所示，在以  $\pi/2\omega_0$  的等间距布置在点 P1、P2、P3 和 P4 处的四个采样数值例如选自相位信号  $S_s$  的一个周期内的采样数值，并且计算所选采样数值的平均值以便获得正弦波相位信号电平 LVs。在转动角度检测装置 12 (即分解器 20 和回路 30) 中没有出现故障或失效时，相位信号  $S_s$  正常产生，并且电平 LVs 变得等于位移数值  $A_{s0}$ 。

以相同方式，计算器 52 与发生器 42 的一个定时控制信号同步地从转换器 32 接收余弦波相位信号  $S_c$  的当前周期  $T_1 (= 2\pi/\omega_0)$  的采样数值，并且从沿着时间轴以等间距布置的预定数量的采样数值计算相位信号  $S_c$  的平均电平。例如，如图 4 所示，在以  $\pi/2\omega_0$  的等间距布置在点 P1'、P2'、P3' 和 P4' 处的四个采样数值选自相位信号  $S_c$  的一个周期内的采样数值，并且计算所选采样数值的平均值以便获得余弦波相位信号电平 LVc。在转动角度检测装置 12 (即分解器 20 和回路 30) 中没有出现故障或失效时，相位信号  $S_c$  正常产生，并且电平 LVc 变得等于位移数值  $A_{c0}$ 。

图 5 是按照此实施例的状态决定单元 53 的方框图。如图 5 所示，单元 53 具有用于存储状态确定程式的存储区段 531、用于从区段 531 读取程式并每隔预定时间重复周期重复执行此程式以便控制单元 53 的其它区段的控制区段 532、用于接收数据的接收区段 533、用于从数据产生故障判断数值的产生区段 534、用于根据故障判断数值来判断在检测装置 12 内可能已经出现故障的故障判断区段 535、用于假设判断检测装置 12 处于故障状态的假设故障判断区段 536、用于判断检测装置 12 返回到正常状态的返回状态判断区段 537 以及用于最终判断检测装

置 12 处于故障状态的确定故障判断区段 538。

更特别是，在控制区段 532 内每次执行程式时，接收区段 533 从计算器 33、34、35、51 和 52 接收幅值信号  $A_s(\theta)$  和  $A_c(\theta)$ 、转动角度  $\theta$  以及信号电平  $LV_s$  和  $LV_c$ 。另外，接收区段 533 从外围回路（未示出）接收电源电压  $V_{ig}$  和激励电压数值  $V_{mt}$ 。电压数值  $V_{mt}$  指的是施加在线圈 22a 上的电压，并且激励信号  $S_r$  的幅值  $A_r$  根据电压数值  $V_{mt}$  来确定。使用这些数值  $V_{ig}$  和  $V_{mt}$  是公知的，从而省略数值  $V_{ig}$  和  $V_{mt}$  的详细描述。

产生区段 534 产生从至少一个正弦波相位信号  $S_s$  和余弦波相位信号  $S_c$  确定的故障判断数值。在检测故障判断数值不在正常范围时，判断区段 535 判断在检测装置 12 内可能已经出现故障。假设故障判断区段 536 判断检测装置 12 处于假设故障状态，以响应连续判断长达第一预定时间周期。

状态返回判断区段 537 检查转动角度  $\theta$  是否在其整个范围上变化，并且判断已被判断处于假设故障状态的检测装置 12 返回到正常状态，以便在转动角度在整个范围上变化的过程中，响应在整个范围上变化的转动角度  $\theta$  以及总是位于正常范围内的故障判断数值。确定故障判断区段 538 判断检测装置 12 处于确定故障状态，并且确定在检测装置 12 中出现了故障，以响应判断区段 535 的连续判断长达长于第一预定时间周期的第二预定时间周期。

为了响应判断区段 536 的判断，控制区段 532 控制输出单元 36 以便停止输出转动角度  $\theta$ 。另外，为了响应判断区段 537 的判断，控制区段 532 控制输出单元 36，以便重新开始输出转动角度  $\theta$ 。此外，为了响应判断区段 538 的判断，控制区段 532 控制报警器（未示出）和/或分析记录器（未示出），以便输出指示出现故障或失效的报警声和/或将判断状态作为诊断数据记录。

图 6 是表示按照状态确定程式来确定检测装置 12 的状态的过程的流程图。将参考图 6 详细描述单元 53 内进行的过程的实例。

在点火开关（未示出）接通时，检测装置 12 开始检测转动角度，并且故障检测单元 50 在控制区段 532 的控制下每隔预定重复时间周期根据状态确定程式执行状态确定程序来开始检测检测装置 12 出现故障（步骤 S10）。

在步骤 S11, 区段 532 判断区段故障标示 EF 是否设置成“1”。在点火开关接通时, 标示 EF 最初设置成“0”。设置成“1”的标示 EF 指出检测装置 12 处于确定故障状态, 而设置成“0”的标示 EF 指出检测装置 12 不处于确定故障状态。在前面执行的状态确定程序中标示 EF 已经设置成“1”时, 此程序结束。相比之下, 在标示 EF 设置成“0”时, 过程继续到步骤 S12。

在步骤 S12, 区段 535 计算幅值信号  $A_s(\theta)$  的平方和幅值信号  $A_c(\theta)$  的平方的总和的平方根作为第一分解器信号判断数值  $A_{ss}$ , 将电平数值  $LV_s$  设置为第二分解器信号判断数值, 将电平数值  $LV_c$  设置为第三分解器信号判断数值, 并且计算第四分解器信号判断数值  $|\Delta\theta|$ 。这些判断数值标示故障判断数值。判断数值  $A_{ss}$  按照第六等式表示。

$$A_{ss}(\theta) = (A_s(\theta)^2 + A_c(\theta)^2)^{1/2} \quad \text{--- (6)}$$

但是, 总和  $A_{ss}^2$  可以设置为第一分解器信号判断数值。判断数值  $|\Delta\theta|$  从此当前程序中接收的转动角度  $\theta_{\text{新}}$  以及在当前程序之前程序内接收并存储在区段 531 内的转动角度  $\theta_{\text{旧}}$  来计算。判断数值  $|\Delta\theta|$  按照第七等式来表示。

$$|\Delta\theta| = |\theta_{\text{新}} - \theta_{\text{旧}}| \quad \text{--- (7)}$$

对于每个判断数值  $A_{ss}$ 、 $LV_s$ 、 $LV_c$  以及  $|\Delta\theta|$  来说预先确定正常范围。判断数值  $A_{ss}$  的正常范围设置在  $A_{\text{最小}}$  和  $A_{\text{最大}}$  之间。此正常范围设置在最小数值和最大数值之间的原因参考图 7 进行描述。

图 7 是表示在直角坐标系统中由幅值信号  $A_s(\theta)$  和  $A_c(\theta)$  限定的坐标位置的正常区域的视图。在图 7 的坐标系统中, X 轴指的是幅值信号  $A_c(\theta)$  的幅值, 并且 Y 轴指的是  $A_s(\theta)$  的幅值。在检测装置 12 中没有出现故障或失效时, 幅值信号  $A_s(\theta)$  和  $A_c(\theta)$  如上所述满足  $A_s(\theta) = A \times \sin\theta$  和  $A_c(\theta) = A \times \cos\theta$  的等式。系统中的坐标位置  $(A_s(\theta), A_c(\theta))$  在具有设置成  $A$  的半径的圆(通过图 7 的点划线表示)上理想地运动以响应转动角度  $\theta$  的变化。但是, 即使在检测装置 12 中没有出现故障或失效, 由于分解器 20 及其外围回路操作中的波动, 坐标系统略微偏离该圆。但是, 在检测装置 12 中出现故障或失效时, 坐标位置显著偏离该圆。在此实施例中, 具有半径  $A_{\text{最大}}$  的实线圆和具有半径  $A_{\text{最小}}$  的实线圆之间的环形区域(即阴影区

域) 设置成坐标位置的正常区域。由于判断数值  $A_{ss}$  等于坐标系统的原点和坐标位置之间的距离, 判断数值  $A_{ss}$  的正常范围可以设置在  $A_{\text{最小}}$  和  $A_{\text{最大}}$  之间。

描述判断数值  $LV_s$  的正常范围。在相位信号  $S_s$  正常产生时, 换言之, 在设置在正常状态下的检测装置 12 内获得相位信号  $S_s$  时, 数值  $LV_s$  等于位移数值  $A_{s0}$ 。判断数值的正常范围  $LV_s$  设置在第一数值  $A_{s0}$  - 略微高于数值  $A_{s0}$  的  $\Delta A$  和第二数值  $A_{s0}$  + 略微高于数值  $A_{s0}$  的  $\Delta A$  之间。

描述判断数值  $LV_c$  的正常范围。在相位信号  $S_c$  正常产生时, 电平数值  $LV_c$  等于位移数值  $A_{c0}$ 。判断数值的正常范围  $LV_c$  设置在第一数值  $A_{c0}$  - 略微高于数值  $A_{c0}$  的  $\Delta A$  和第二数值  $A_{c0}$  + 略微高于数值  $A_{c0}$  的  $\Delta A$  之间。

判断数值  $|\Delta\theta|$  的正常范围设置成等于或低于根据其中在控制器  $Mc$  的控制下转向单元通过马达 7 驱动的试验预先确定的上限  $\Delta\theta_{\text{最大}}$ 。此正常范围按照关系  $0 \leq |\Delta\theta| \leq \Delta\theta_{\text{最大}}$  来表示。

区段 535 判断每个判断数值是否位于其正常范围内。在每个判断数值位于正常范围内时, 区段 535 判断检测装置 12 处于正常状态 (肯定判断)。相比之下, 在至少一个判断数值不在正常范围内 (否定判断) 时, 区段 535 判断检测装置 12 中可能出现了故障或失效。在肯定判断的情况下, 过程跳到步骤 S17。在否定判断的情况下, 过程继续到步骤 S13。

在步骤 S13, 在分别与第一到第四分解器信号判断数值相关的第一、第二、第三和第四假设故障计数数值  $TCNT1$ 、 $TCNT2$ 、 $TCNT3$  和  $TCNT4$  中, 区段 536 将与判断为不在其正常范围内的每个判断数值相关的计数数值增加 1。在点火开关接通时, 每个计数数值  $TCNT1$  到  $TCNT4$  最初设置成 “0”。

在步骤 S14, 区段 538 判断激励电压数值  $V_{mt}$  是否等于或接近其正常数值  $V_{mt0}$ 。在步骤 S15, 区段 538 判断电源电压数值  $V_{ig}$  是否等于或接近其正常数值  $V_{ig0}$ 。在步骤 S14 和/或 S15 处否定判断的情况下, 区段 532 实现了由于异常产生的电压数值  $V_{mt}$  或  $V_{ig}$  而获得不在其正常范围内的每个判断数值, 并且确定在检测装置 12 内没有出现故障或失效。因此, 过程跳到步骤 S17。相比之下, 在步骤 S14 和 S15

中肯定判断的情况下，区段 532 实现电池的正常操作以及激励电压正常施加在线圈 22a 上。因此，区段 532 承认在检测装置 12 内出现故障或失效的可能性增加，并且过程继续到步骤 S16。在 S14 和 S15 处的判断用来慎重地确定检测装置 12 中出现故障。但是，步骤 S14 和 S15 可以从此状态确定程序中省略。

在步骤 S16，在分别与第一到第四分解器信号判断数值相关的第一、第二、第三和第四确定故障计数数值 CNT1、CNT2、CNT3 和 CNT4 中，区段 538 将与判断为不在其正常范围内的每个判断数值相关的计数数值增加 1。在点火开关接通时，每个计数数值 CNT1 到 CNT4 最初设置成“0”。接着过程继续到步骤 S17。

在步骤 S17，区段 536 判断检测装置 12 是否处于假设故障状态。更特别是，预先设置分别与计数数值 TCNT1 到 TCNT4 相关的第一、第二、第三和第四假设判断参考数值 TN1、TN2、TN3 和 TN4。区段 536 判断至少一个计数数据 TCNT1 到 TCNT4 是否高于相关参考数值。在程序重复执行的过程中步骤 S12 处多次获得否定判断时，至少一个计数数值可变得高于相关参考数值。在步骤 S17 处肯定判断的情况下，区段 536 假设确定在检测装置 12 内已经出现故障，并且判断检测装置 12 处于假设故障状态，并且过程继续到步骤 S18 和 S19。相比之下，在步骤 S17 的否定判断的情况下，区段 536 判断检测装置 12 还处于正常状态，并且过程跳到步骤 S20。

在步骤 S18，区段 532 命令输出单元 36 停止输出转动角度  $\theta$ 。因此，在每个转换器 4 和 8 内没有接收转动角度  $\theta$ ，使得单元 50 防止马达控制器 Mc 根据错误计算的转动角度  $\theta$  控制马达 7。例如，每个转换器 4 和 8 根据前面接收的转动角度  $\theta$  的变化速度来进行转换。

在步骤 S19，区段 532 对于假设故障进行标示处理。更特别是，假设故障标示 TEF 设置成“1”，第一到第八区域标示 FL(1)-FL(8) 的每个标示最初设置成“0”，并且假设故障取消标示 CRF 最初设置成“0”。由于进行此标示处理，每个计数数值 TCNT 重新设置成“0”，以便防止区段 536 在下一个程序的步骤 S17 再次判断检测装置 12 处于假设故障状态。在点火开关接通时，标示 TEF 最初设置成“0”。设置成“1”的标示 TEF 指的是检测装置 12 处于假设故障状态，而设置成“0”的标示 TEF 指的是检测装置 12 不处于假设故障状态。由于根据在步骤

S17 的计数数值 TCNT 确定了检测装置 12 的假设故障状态，标示 TEF 设置成“1”。设置成“0”的假设故障取消标示 CRF 指的是不取消假设故障状态，而设置成“1”的假设故障取消标示 CRF 指的是取消假设故障状态。

标示  $FL(i)$  ( $i = 1, 2, \dots, 8$ ) 用来判断转动角度  $\theta$  是否在从 0 到  $2\pi$  弧度的整个范围上变化。更特别是，整个角度范围分别均等地分成与标示  $FL(i)$  相关的八个角度区域。设置成“1”的每个标示  $FL(i)$  指的是转动角度  $\theta$  位于相应的角度区域，而设置成“0”的标示  $FL(i)$  指的是转动角度  $\theta$  不位于相应的角度区域。因此，可以估计设置成“1”的所有标示  $FL(i)$  指的是转动角度  $\theta$  在从 0 到  $2\pi$  弧度的整个范围上变化。例如，标示  $FL(i)$  可以与位于其正常区域内的坐标位置 ( $As(\theta)$ ,  $Ac(\theta)$ ) 结合使用。更特别是，如图 7 所示，坐标位置 ( $As(\theta)$ ,  $Ac(\theta)$ ) 的正常区域均等地分成各自占据  $\pi/4$  角度的八个区域  $R1$  到  $R8$ 。分割区域  $R_i$  占据通过  $(i-1) \cdot \pi/4 \leq \theta \leq i \cdot \pi/4$  指示的角度  $\theta$  的范围。设置成“1”的标示  $FL(i)$  指的是坐标位置位于区域  $R_i$  内，并且设置成“0”的标示  $FL(i)$  指的是坐标位置不在区域  $R_i$  内。

在步骤 S20，区段 532 判断是否满足设置成“0”的确定故障标示 EF 以及设置成“1”的假设故障标示 TEF。在肯定判断的情况下，区段 532 承认检测装置 12 被判断为处于假设故障状态，使得区段 537 在步骤 S21 执行分程序，以便判断检测装置 12 是否返回到正常状态。相比之下，在否定判断的情况下，由于检测装置 12 不处于假设故障状态，区段 532 承认不需要分程序。因此过程跳到步骤 S22。

由区段 537 在步骤 S21 作出的正常状态返回判断参考图 8 描述。图 8 是表示此判断过程的流程图。在此判断中，区段 537 给出判断检测装置 12 返回到正常状态的两种条件。第一条件是转动角度  $\theta$  在从 0 到  $2\pi$  弧度的整个范围上变化。第二种条件是每个判断数值位于其正常范围内。在这些条件同时满足时，区段 537 判断检测装置 12 已经返回到正常状态。

更特别是，如图 8 所示，在正常状态返回判断开始（步骤 S30）时，用于区域标示  $FL(i)$  的变量  $i$  最初设置成“1”（步骤 S31）。在步骤 S32，与步骤 S12 的方式相同，区段 537 判断每个判断数值是否



处于正常范围内。在肯定判断的情况下，区段 537 承认检测装置 12 临时返回到正常状态，使得过程继续到步骤 S34。

在步骤 S34，区段 537 判断区域标示  $FL(i)$  在前面正常状态返回判断中已经设置成“1”。在肯定判断的情况下，区段 537 承认转动角度  $\theta$  位于  $(i-1) \cdot \pi/4 \leq \theta \leq i \cdot \pi/4$  的范围内，换言之，坐标位置  $(As(\theta), Ac(\theta))$  位于区域  $R_i$  内。接着，区段 537 在步骤 S38 将变量  $i$  增加 1，并且在步骤 S32 再次进行判断。在步骤 S34 否定判断的情况下，区段 537 承认坐标位置没有位于区域  $R_i$ ，使得过程继续到步骤 S35。

在步骤 S35，区段 537 判断转动角度  $\theta$  是否位于  $(i-1) \cdot \pi/4 \leq \theta \leq i \cdot \pi/4$  的范围内。在肯定判断的情况下，区段 537 承认坐标位置位于区域  $R_i$ 。因此，区段 537 在步骤 S36 将区域标示  $FL(i)$  设置成“1”，并且过程继续到步骤 S37。相比之下，在步骤 S35 否定判断的情况下，区段 537 承认坐标位置不位于区域  $R_i$  内，使得过程跳到步骤 S37，而不改变区域标示  $FL(i)$ 。即，区域标示  $FL(i)$  保持在“0”。

在步骤 S37，区段 537 检查在步骤 S34 是否对于所有标示  $FL(i)$  进行判断。更特别是，区段 535 判断变量  $i$  是否等于 9。在变量  $i$  低于 8（否定判断）时，在步骤 38 将变量  $i$  增加 1，并且过程返回到步骤 S32。因此，在每个判断数值连续设置在其正常范围内的条件下，在坐标位置  $(As(\theta), Ac(\theta))$  位于与区域标示  $FL(i)$  相关的区域  $R_i$  内时，设置成“0”的每个区域标示  $FL(i)$  设置成“1”。在步骤 S37 肯定判断的情况下，过程继续到步骤 S39。

相比之下，在步骤 S32 的至少一个判断数值变得不在其正常范围内时（否定判断），区段 537 判断检测装置 12 没有返回到正常状态，因此，过程继续到步骤 S33。在步骤 S33，区段 537 将所有区域标示  $FL(1)$  到  $FL(8)$  重新设置成“0”，并且过程继续到步骤 S39。因此，即使区域标示  $FL(1)$  到  $FL(8)$  之一在当前分程序或前面分程序中改变成“1”，正常状态返回判断中的所有标示变化被清除。换言之，一旦至少一个判断数值不在其正常范围内，进行重新开始的正常状态返回判断，以便再次检查转动角度  $\theta$  是否在其整个范围上变化。

在步骤 S39，区段 537 判断所有的区域标示  $FL(1)$  到  $FL(8)$  是否都设置成“1”。在至少一个区域标示  $FL(1)$  到  $FL(8)$  设置成“0”

(否定判断)时, 区段 537 承认转动角度  $\theta$  没有在其整个范围上变化。因此, 此正常状态返回判断结束, 并且过程跳到步骤 S22。相比之下, 在所有区域标示 FL(1) 到 FL(8) 都设置成“1”(肯定判断)时, 区段 537 承认转动角度  $\theta$  在其整个范围上变化, 使得区段 537 确定在检测装置 12 中没有出现故障。因此, 在步骤 S40, 区段 537 将假设故障取消标示 CRF 设置成“1”, 并且过程继续到步骤 S22。

返回图 5, 在步骤 S22, 区段 537 判断标示 CRF 是否设置成“1”。在否定判断的情况下, 过程跳到步骤 S25, 而不进行返回到正常状态。相比之下, 在肯定判断的情况下, 在步骤 S23, 区段 537 对于返回正常状态进行标示处理。更特别是, 假设故障标示 TEF 和假设故障取消标示 CRF 一起改变成“0”。另外, 用于假设故障的计数数值 TCNT 以及用于确定故障的计数数值 CNT 一起复位成“0”。接着, 在步骤 S24, 区段 532 命令输出单元 36 重新开始输出转动角度  $\theta$ 。因此, 马达控制器 Mc 可控制马达 7, 同时使用计算的转动角度  $\theta$ 。

在步骤 S25, 区段 538 判断检测装置 12 是否处于确定故障状态。更特别是, 分别与计数数值 CNT1-CNT4 相关的第一、第二、第三和第四确定判断参考数值 N1、N2、N3 和 N4 预先设置, 以便分别高于参考数值 TN1、TN2、TN3 和 TN4。确定区段 538 判断至少一个计数数值 CNT1-CNT4 是否高于相关的参考数值。在步骤 S25 肯定判断的情况下, 区段 538 最终决定在检测装置 12 中出现了故障, 并且判断检测装置 12 处于确定故障状态。在步骤 S26, 确定区段 538 将确定故障标示 EF 设置成“1”。接着, 在步骤 S27, 区段 532 输出故障或失效报警声报警, 或者接通故障或失效报警灯, 并且区段 532 完成此状态确定程序。由于标示 EF 设置成“1”, 在此当前程序之后的每个状态确定程序中, 肯定判断在步骤 S11 得到, 使得不执行步骤 S12 到 S27。因此, 输出单元 36 继续停止输出转动角度  $\theta$ , 使得控制器 Mc 不使用当前计算的转动角度  $\theta$  来控制马达 7。

在步骤 25 否定判断的情况下, 过程跳到步骤 S28, 并且此状态确定程序结束。接着, 状态确定程序再次执行。在区段 536 在前面程序中已经判断检测装置 12 处于假设故障状态, 由于在前面程序的步骤 S19 中将标示 TCNT1-TCNT4 设置成“0”, 在再次执行的状态确定程序的步骤 S17 中得到否定判断。因此, 正常状态返回判断在此程序中再

次进行，同时使用前面程序中设置的标示 FL。在状态确定程序重复执行并且同时每个判断数值连续位于其正常范围内时，在步骤 S36 所有标示 FL 最后设置成“1”。因此，故障检测单元 30 可适当判断检测装置 12 已经返回到正常状态。

在此实施例中，状态返回判断区段 537 给出用于判断检测装置 12 返回到正常状态的两种条件。第一条件是转动角度  $\theta$  随着时间在从 0 到  $2\pi$  弧度的整个范围上变化，并且第二种条件是每个判断数值位于其正常范围内。在这些条件同时满足时，区段 537 判断检测装置 12 已经返回到正常状态。因此，即使转动角度  $\theta$  在整个范围上变化，除非每个判断数值位于正常范围，检测装置 12 也不能返回到正常状态。因此，在检测装置 12 中已经出现故障时，故障检测单元 50 不太可能错误判断检测装置 12 返回到正常状态，并且该单元 50 可适当判断检测装置 12 的实际状态。

另外，假设故障判断区段 536 的判断条件是不在正常范围内的一个判断数值的重复判断数量达到预定参考数值。换言之，区段 536 内的判断条件是根据不在正常范围内的一个判断数值来判断出现故障通过故障判断区段 535 持续长达第一预定时间周期。因此，状态返回判断区段 537 内的判断条件包括在整个范围上变化的转动角度  $\theta$ ，这不同于区段 536 内的判断条件。因此，区段 536 的判断和区段 537 的判断不太可能交替进行。

此外，在区段 537 内同时满足两种条件时，判断为处于假设故障状态的检测装置 12 返回到正常状态。因此，故障检测单元 50 不太可能在检测装置 12 内不需要地检测故障出现。

另外，对于在步骤 S11 的区段 535 的判断、步骤 S17 的区段 536 的判断、步骤 S32 的区段 537 的判断以及步骤 S25 的区段 538 的判断来说考虑四个判断数值。因此，与每个判断根据唯一一个判断数值进行的情况相比，这些判断可以正确进行。

另外，故障检测单元 50 可控制检测装置 12 以响应处于假设故障状态的判断，使得检测装置 12 停止输出转动角度  $\theta$ ，并且可控制检测装置 12 以响应返回到正常状态的判断，使得检测装置 12 重新开始输出转动角度  $\theta$ ，从而按照转动角度  $\theta$  调节马达 7 的转子的转动。

另外，故障检测单元 50 将转动角度  $\theta$  的整个范围分成四个角度区

域  $R_i$ ，并且根据转动角度  $\theta$  位于每个角度区域  $R_i$  内并且每个判断数值总是位于正常范围内，判断已经被判断为处于假设故障状态的检测装置 12 返回到正常状态。因此，单元 50 可以可靠地承认转动角度  $\theta$  在整个范围上变化。

#### 变型

此实施例不应该认为将本发明局限于此实施例的结构，并且本发明的结构可以与基于现有技术的技术相结合。

例如，在每个步骤 S11 和 S32 处的判断针对四个判断数值进行。但是，判断可在每个步骤 S11 和 S32 处针对至少一个判断数值进行。另外，在步骤 S11 处判断的一个或多个判断数值可不同于步骤 S32 处判断的一个或多个判断数值。

另外，转动角度  $\theta$  的整个范围每隔  $\pi/4$  进行划分，以便检查转动角度  $\theta$  是否在整个范围上变化。此外，转动角度  $\theta$  的整个范围可以每隔小于或大于  $\pi/4$  的特定角度进行划分。另外，转动角度  $\theta$  的整个范围可以不规则地划分。

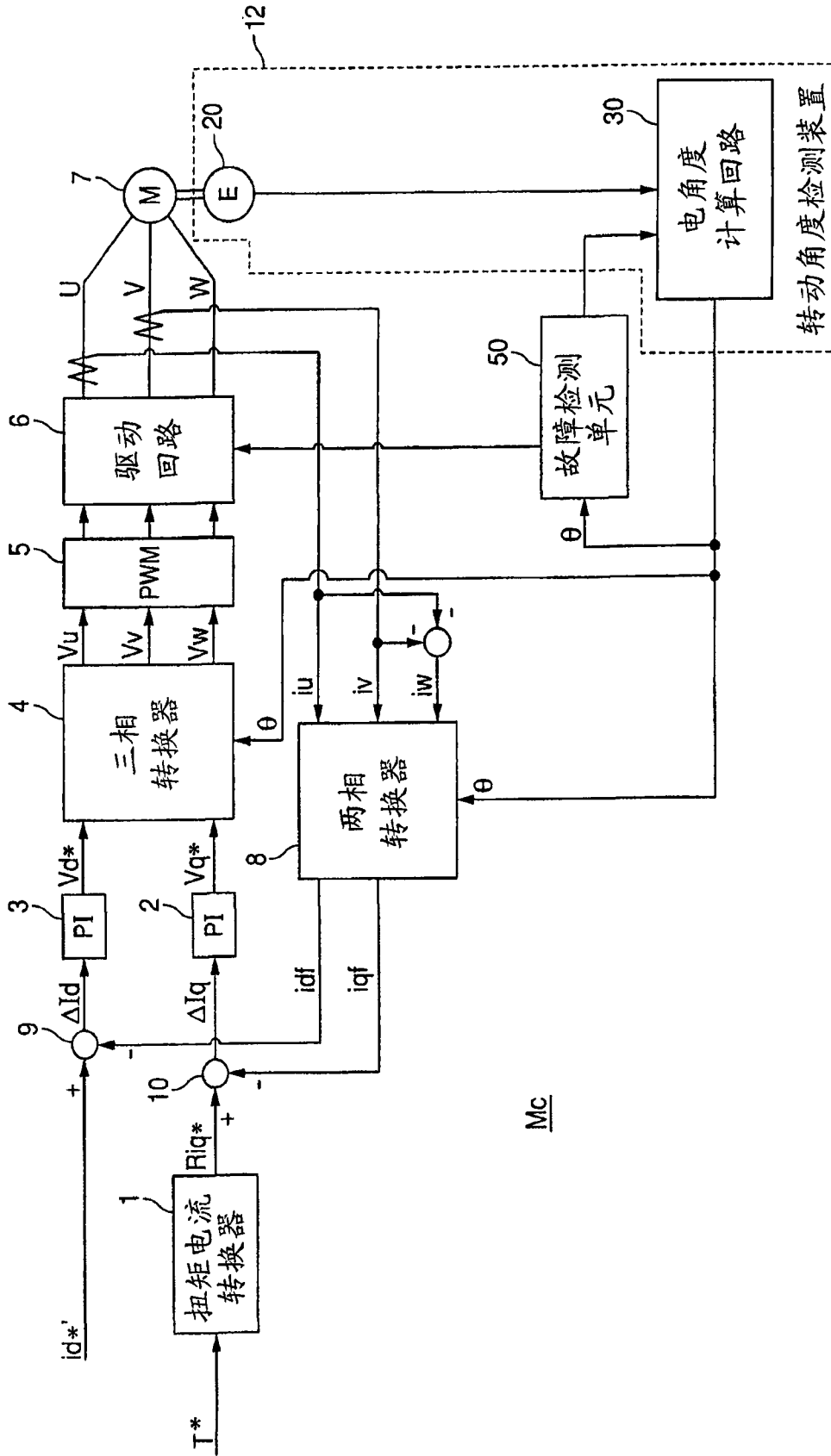


图 1

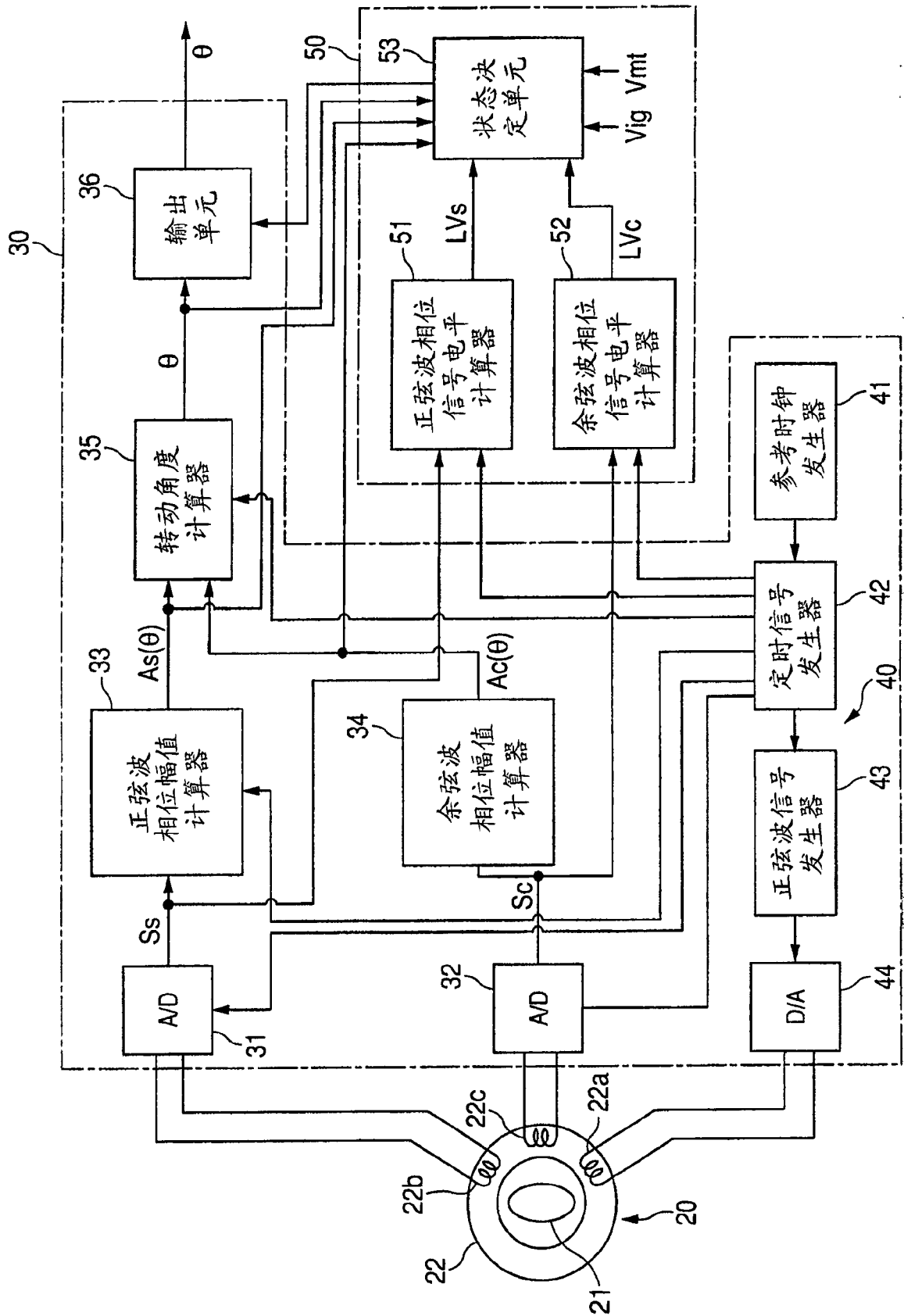


图 2

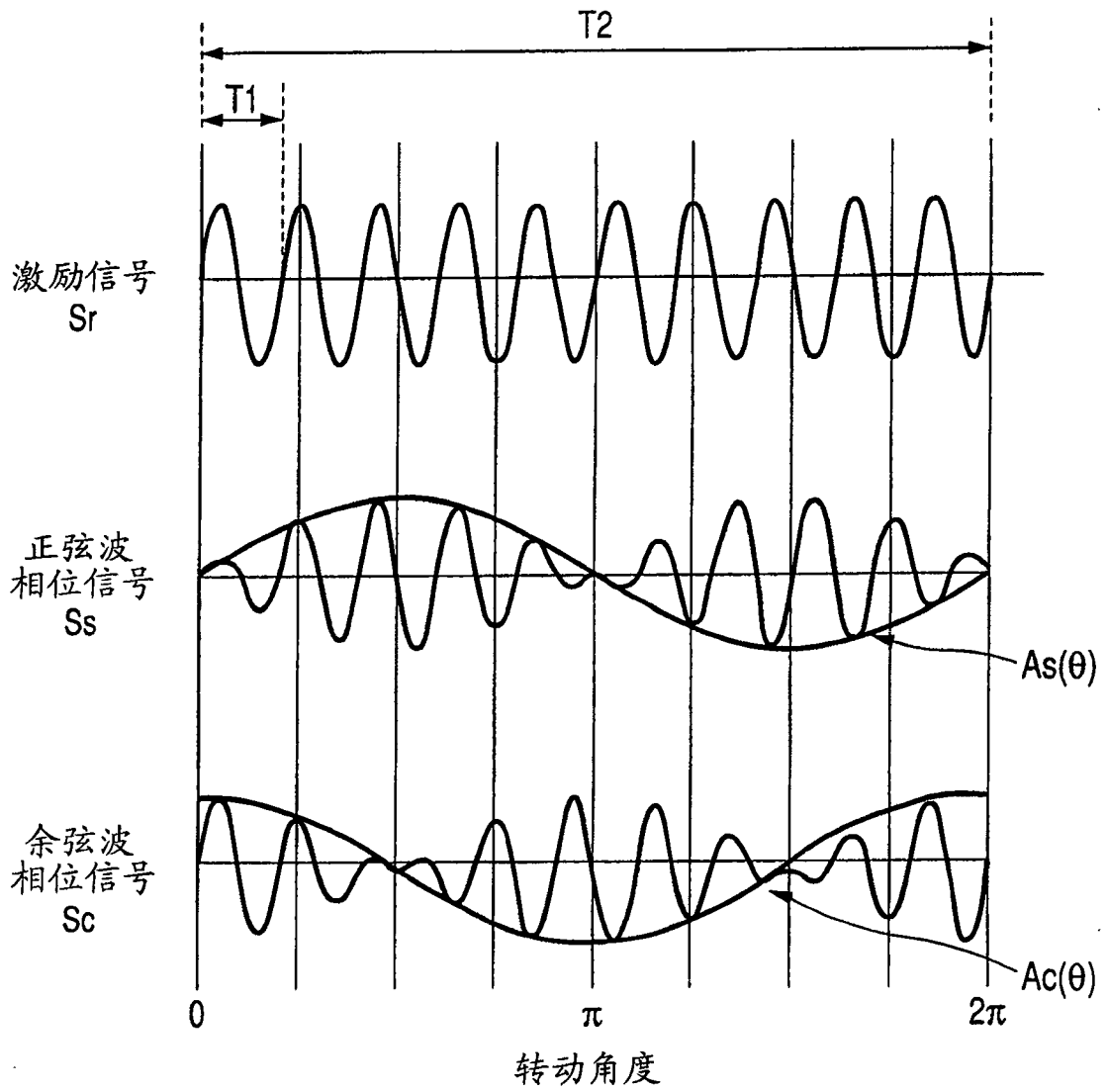


图 3

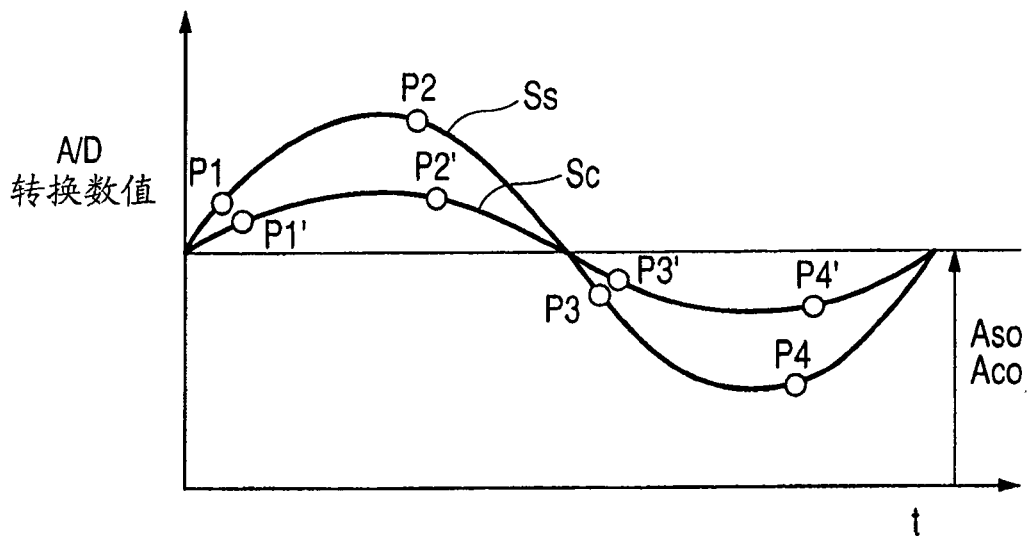


图 4

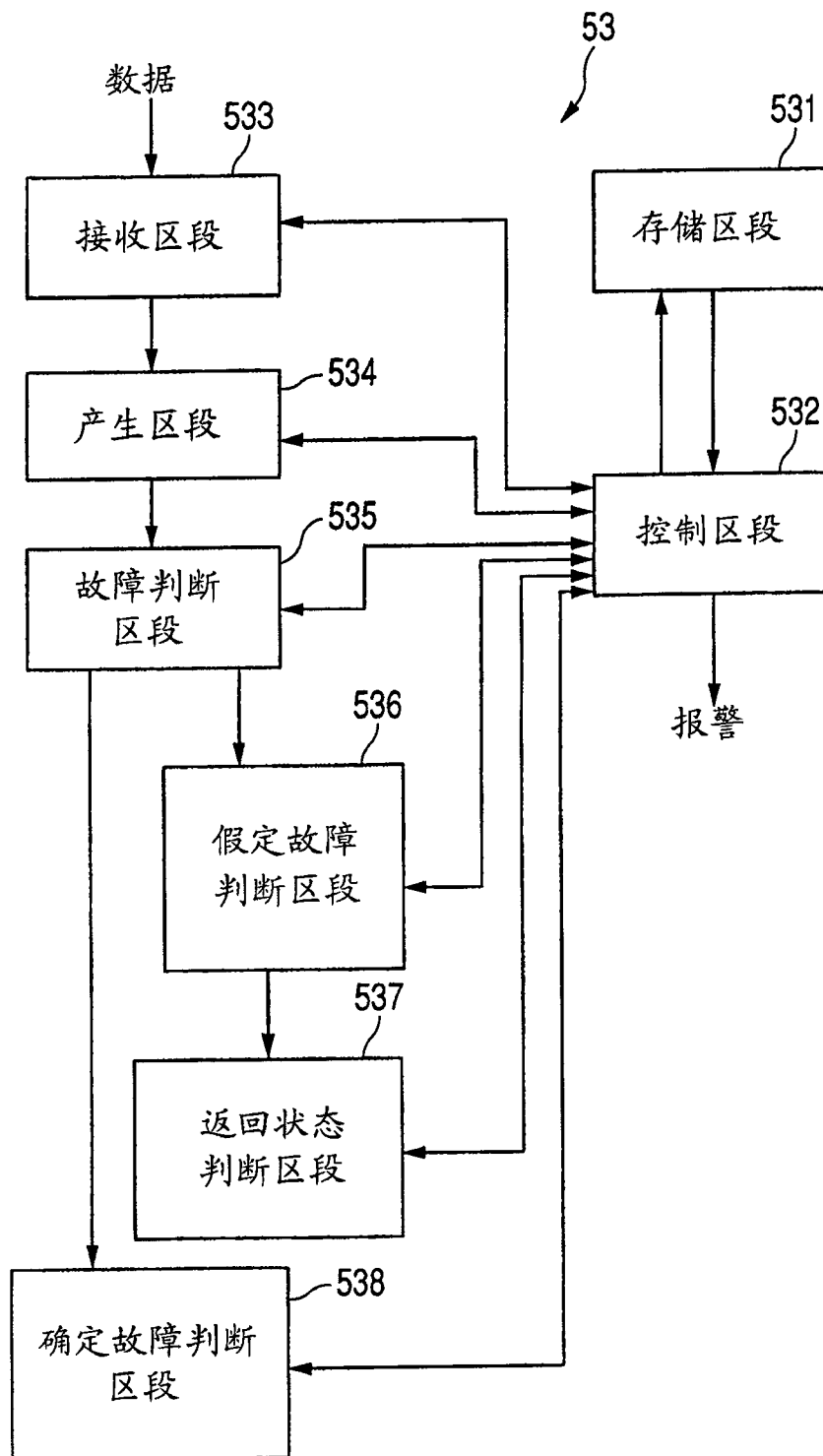


图 5



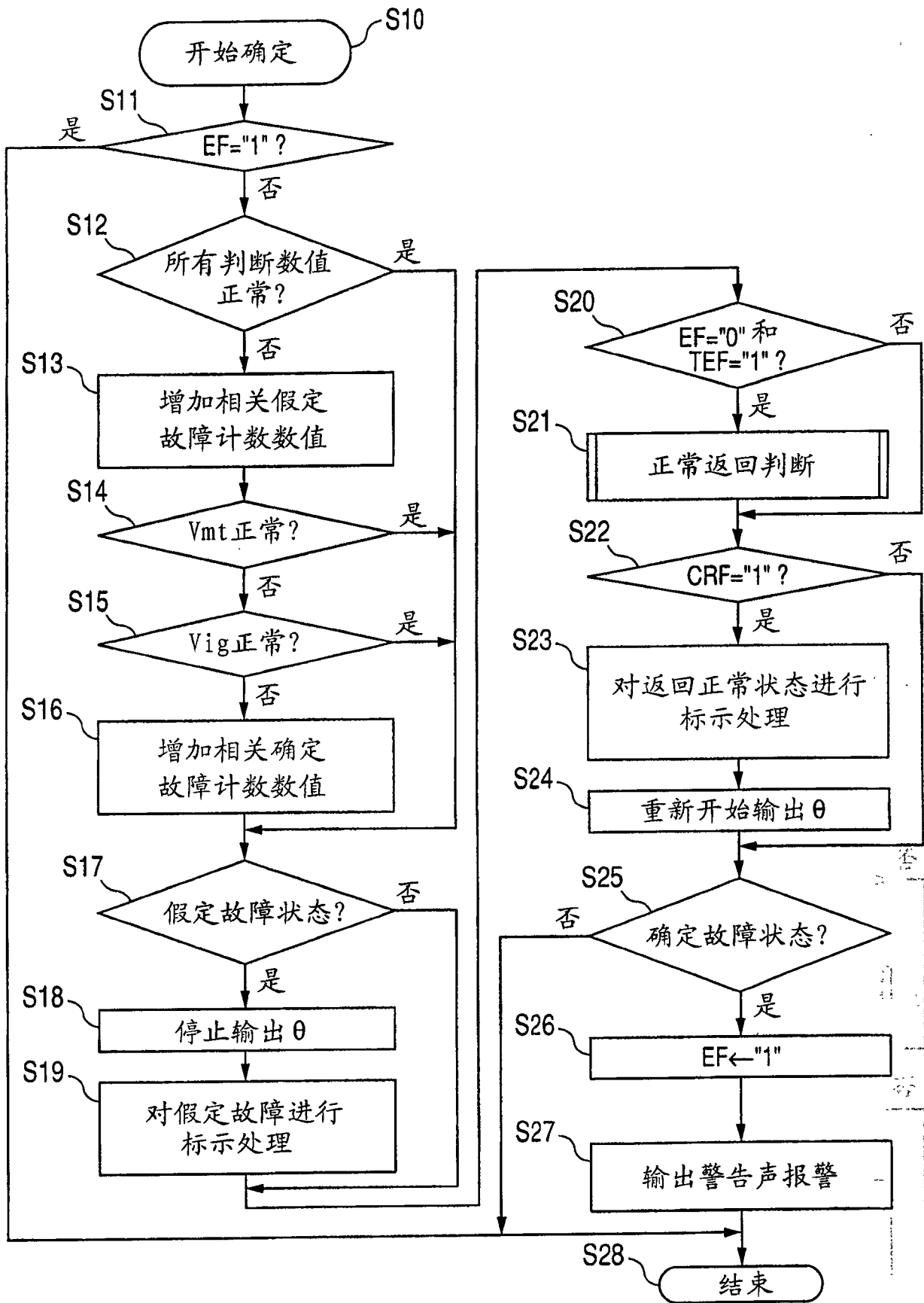


图 6

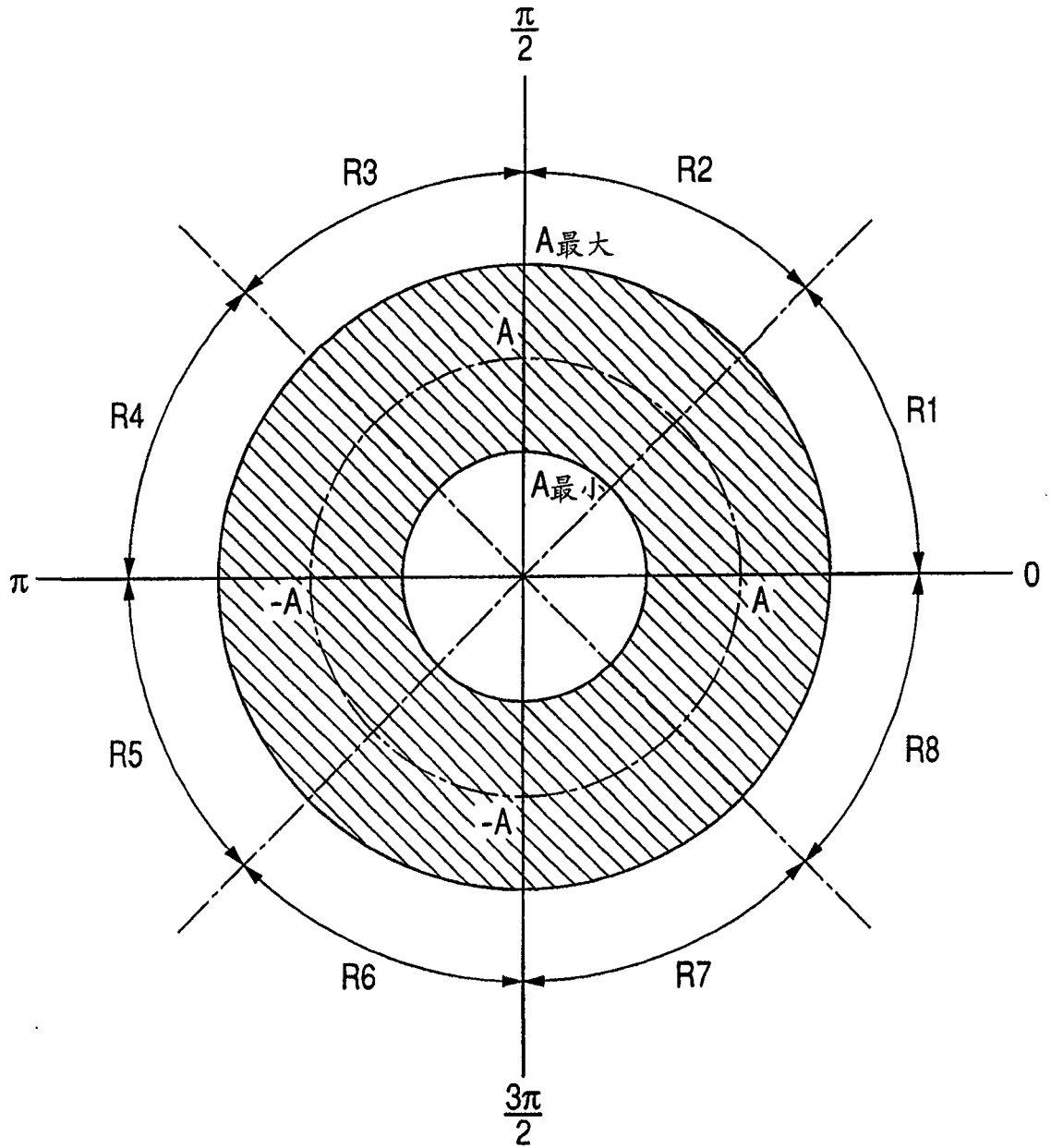


图 7

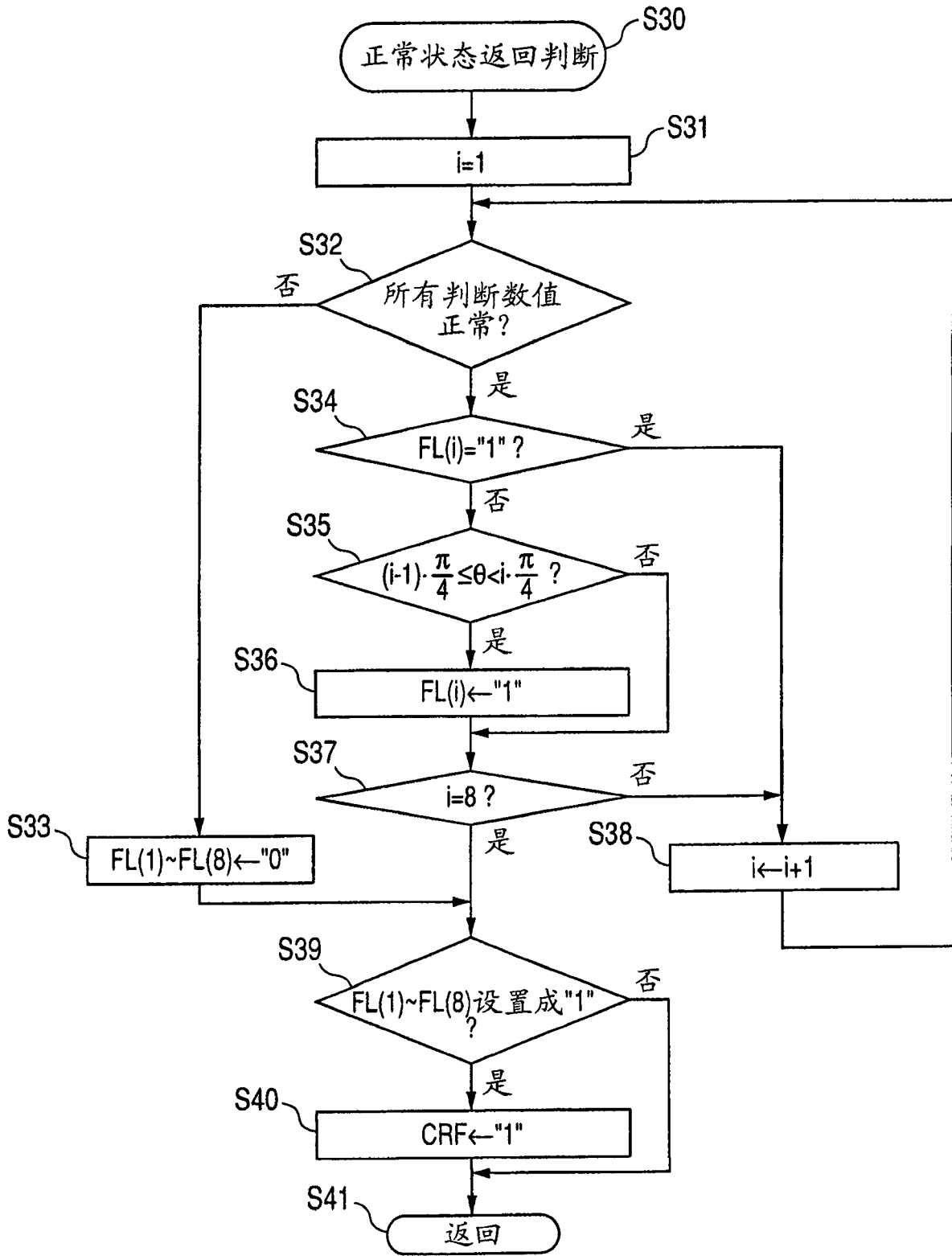


图 8