

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95190069.2

[45] 授权公告日 2001 年 3 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1063597C

[22] 申请日 1995.2.2 [24] 颁证日 2000.12.1

[21] 申请号 95190069.2

[30] 优先权

[32] 1994.2.9 [33] EP [31] 94200318.7

[86] 国际申请 PCT/IB95/00072 1995.2.2

[87] 国际公布 WO95/22195 英 1995.8.17

[85] 进入国家阶段日期 1995.10.6

[73] 专利权人 皇家飞利浦电子有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

共同专利权人 飞利浦诺登有限公司

[72] 发明人 M·索尼克

[56] 参考文献

US 5285135 1994.2.8 _

审查员 张志杰

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

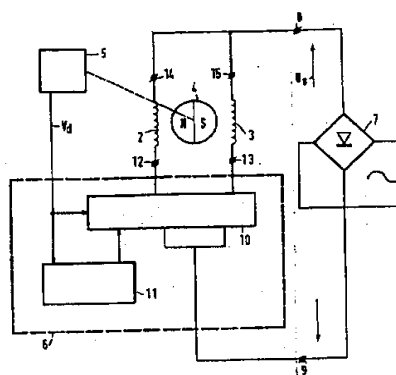
代理人 傅 康 马铁良

权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图页数 10 页

[54] 发明名称 无刷直流电动机

[57] 摘要

本发明涉及一种直流电动机(1),包括至少带有两个定子线圈(2,3)的定子(60)、可相对于定子作旋转的转子(4)、检测预定的转子位置的位 置检测器(5)、用于按预定的循环顺序把定子线圈分别接通电源(7)或从 电源断开的电子换向回路(6)。为了限制空载速度,换向装置(6)含有一个 电路(11),用于根据新检测到下一个预定的转子位置来延迟下一个定子线 圈(2)或(3)的连接,直到在检测到距新检测到的转子位置有一预定距离 的转子位置之后的一个预定的延迟时间(t),已经消逝为止。



权 利 要 求 书

1. 无刷直流电动机, 包括:

- 带有至少两个定子线圈的一个定子,
- 以旋转方式相对于定子而安装的一个转子,
- 用于检测预定的转子位置的位置检测装置,

—用于按预定的循环顺序分别将定子线圈接到一个电源或从电源断开的电子换向装置, 其特征在于该换向装置包含至少两个延迟装置, 每个延迟装置用于根据新检测到预定转子位置的下一转子位置来延迟连接下一个定子线圈, 直到在检测到距新检测到转子位置之前一预定距离的转子位置之后的一预定延迟时间消逝为止。

2. 权利要求 1 所述的无刷直流电动机, 其特征在于延迟时间开始于检测到位于新检测到的转子位置之前一个预定距离处的转子位置的时刻。

3. 权利要求 1 所述的无刷直流电动机, 其特征在于延迟时间的开始时刻要根据检测到位于新检测到的转子位置之前一个预定距离处的转子位置, 而这时另一个延迟装置的延迟时间已经消逝。

4. 前面任何一个权利要求所述的无刷直流电动机, 其特征在于定子线圈是磁耦合的并在于换向回路含有能使已连接的线圈的断开和下一个定子线圈的连接基本上同时发生的装置。

5. 权利要求 4 所述的无刷直流电动机, 其特征在于实现同时连接和断开的装置包括一个状态存储器。它可以处于各种状态, 每个状态对应一种激励状态, 其中的换向装置包括用于连接和断开定子绕组的可控开关和用于根据状态存储器的状态把开关相应地变成阻断或导通状态的装置, 和使状态存储器根据检测到的预

定的转子位置而改变状态的装置，和其中的延迟装置被安排成通过延迟存储器的状态的改变而延迟连接操作。

6. 权利要求 5 所述的无刷直流电动机，其特征在于，存储器改变装置包括用于根据检测到转子位置而导出修改信号以实现修改状态存储器的状态的装置和在于延迟装置是这样安排的，使得它们在检测到位于新检测到的转子位置之前的一预定距离处的转子位置之后的一段预定延迟时间内抑制该修改信号。

7. 权利要求 6 所述的无刷直流电动机，其特征在于该信号抑制装置包括能响应对预定的转子位置所作检测的单稳态触发器，触发器的输出通过二极管而接到状态存储器的控制输入端以接收修改信号。

8. 权利要求 7 所述的无刷直流电动机，其特征在于延迟时间的开始时刻要根据检测到位于新检测到的转子位置之前一个预定距离处的转子位置，而这时另一个延迟装置的延迟时间已经消逝，一个延迟装置的触发器的输出通过二极管而连接到另一个延迟装置的触发器的输入端。

9. 上述权利要求之一中所述的无刷直流电动机，其特征在于提供了设置装置用于设置预定的延迟时间。

说明书

无刷直流电动机

本发明涉及一种无刷直流电动机,它包括

- 带有至少两个定子线圈的定子,
- 相对于定子作旋转设置的转子,
- 用于检测预定的转子位置的位置检测装置,
- 电子换向装置,用于以预先规定的循环次序使定子线圈分别接到电源或从电源断开。

这样的无刷直流电动机可以从例如 EP - A - 0 425479 而了解到。

此外,从本质上已经了解,通过向旋转方向的相反方向移动换向位置,直流电动机的功率可以在更高的速度下得到增加。上述的换向位置的偏移也称作预换向。

使用具有预换向的电动机在电动机运行于高速且其负载很重的环境下是令人感兴趣的,例如,在诸如冰淇淋制造机和搅拌器等厨房用具的情况下就是如此。这种使用的一个缺点是在卸载(空载)的情况下电动机的速度可以变得非常高。在卸载情况下的极高速度对电动机的机械结构提出了很严格的要求。

本发明的目的之一是提供一种无刷电动机,它能够在高速下提供更大的功率,并且它在卸载情况下的速度受到限制。

按照本发明,这个目的是由无刷直流电动机达到的,这种电动机的特点在于它的换向装置至少含有两个延迟装置,每个延迟

装置都用于根据新近检测到的转子多个预定位置中的下一个位置而延迟对下一个定子线圈的连接,直到在新检测到的转子位置之前一个预定距离的转子位置被检测到之后的一个预定时间已消逝之时为止。由于这些措施,当电动机的速度升高到某个值时它的功率就减小,在这个速度值时,在检测到相继的预定转子位置之间的时间间隔对应于由延迟装置引起的时间延迟。电动机的功率减小是因为,由于延迟装置,下一个定子线圈的连接被移到后面的某一时间,因而速度的进一步增加受到了限制。

无刷直流电动机的一个实施例的特点在于延迟开始于检测到一个转子位置,这个位置位于新检测到的转子位置之前的一个预定距离。在卸载情况下,电动机的速度会增加到某个值,在这个值时,检测到相继的转子各预定位置之间的时间间隔相当于由预先规定的延迟时间所确定的值。速度的进一步增加受到了限制,因为下一个定子线圈的连接被推迟到稍后的时间,这将导致电动机的功率减小这一事实。

无刷直流电动机的一个实施例的特点在于延迟时间的开始是根据检测到一个位于新近检测到的转子位置之前一个预定距离的转子位置而定的,这时另一个延迟装置的延迟时间已经过去。在卸载情况下,电动机的速度将会增加到某个值,在这个速度值时检测到相继的预定转子位置之间的时间间隔相当于由预定的延迟时间所确定的值。速度的进一步增加将比前面的实施例受到更好的限制,因为现在的延迟是积累性的。只要电动机速度超过上述值,延迟就以积累的方式增加。这将导致在电动机速度超过上述值时它的功率急剧下降,从而使电动机的速度实际上限制

在上述值。

无刷直流电动机的一个实施例的特点在于定子线圈是磁性耦合的，并且换向回路包括这样的装置，它能使已连接的定子线圈断开和下一个定子线圈的连接几乎同时发生。

在这个实施例中，同时断开和连接与磁耦合组合在一起使得磁能从一个定子线圈转移到另一个定子线圈。对于换向来说，在换向期间在断开一个定子线圈并接通下一个定子线圈之间有一个无激励的时间间隔，本实施例的一个优点是电动机的功耗显著地减小。在无激励的时间间隔内，通常在切断每个激励时都要把定子线圈短路。由于把能量储存在定子线圈内的结果，将会有一个短路电流流经定子线圈，它将引起在定子线圈中产生相当大的热损耗。这和那种换向正好相反，在那种换向时磁能在换向期间会从一个定子线圈转移到另一个定子线圈。

一种以其简单性而使人感兴趣的实施例的特点在于实现同时接通和断开的装置包括一个状态存储器，它可以产生各种状态，每个状态相当于一个激励状态，其中的换向装置包括用于连接和断开定子绕组的可控开关和使开关根据状态存储器的状态分别处于阻断或导通状态的装置，和根据检测到的预定的转子位置改变存储器的状态的装置，并且其中的延迟装置安排成能够通过延迟对存储器状态的改变而延迟其连接操作。

无刷电动机的一种实施例的特点在于信号抑制装置包括单稳触发器，它响应对预定的转子位置的检测，触发器的输出通过二极管而接到状态寄存器的控制输入端以接收修改信号。

无刷直流电动机的一种实施例的特点在于一个延迟装置的

触发器的输出通过二极管而接到另一个延迟装置的触发器的输入端。利用简单的装置上述实施例可以得到改进以得到已经说明过的积累延迟,使得电动机的速度限制能够规定得更加精确。

无刷电动机的一个实施例的特点在于提供了设置装置以便设置预定的延迟时间。在这个实施例中需要加以限制的速度值可以很简单地加以设置。

本发明的实施例由附图所表示,并将在以后详细说明,这些图是:

图 1 表示按照本发明的电动机的实施例;

图 2 和 10 表示按相对于转子位置的关系而绘制的检测信号,这些检测信号是按照本发明对电动机两种不同实施例中的转子位置检测器所提供的;

图 3、7、9、11 和 12 是用于按照本发明的电动机中的线路结构的实施例;

图 4、5、8 和 13 表示按时间绘制的按照本发明的电动机实施例中所产生的多种信号;

图 6 表示按照本发明的电动机中所用的一种磁路;和

图 14 表示按照本发明的电动机的速度对机械负载的曲线图。

图 1 表示按照本发明的一种无刷直流电动机 1 的一种实施例。无刷直流电动机 1 含有一个带两个定子线圈 2 和 3 的定子。由于对定子线圈 2 和 3 按照预定的循环方式进行激励,就产生了一个交变的磁场,它在相对于定子而转动的永磁转子 4 上施加一个力矩。为了使磁场所引起的力矩总是以同一个方向施加于转

子,就需要在预定的转子位置(此后也称为换向位置)上把激励从一个已激励的定子线圈切换到下一个定子线圈上(即换向)。为了检测这个换向位置,无刷直流电动机1含有一个位置检测器5。这个位置检测器5可以是一种常规的类型,例如,可以有一个所谓的霍尔传感器,它被安排成使这个传感器受到永磁转子4所产生的磁场的影响。位置传感器5产生一个检测信号 V_d ,它表示换向位置被检测到的那个时刻。此外,无刷直流电动机包括一个换向回路6,它根据由检测信号 V_d 所表明的检测到换向位置而以预定的循环顺序把定子线圈2和3连接到一个电源或从电源断开,这个电源是连接到接线端8和9上的。

电源最好包括直流电源7,它产生基本上是恒定的电压。这样的直流电源可以包括例如一个常规的直流整流回路以便对交流电压网来的主电压整流。基本上,这种电源也可以是直流电流源,它产生一个基本上与负载无关的恒定直流电流。

图2作为一个实例,表明了相对于转子位置 $\Phi(\varnothing)$ 而绘制的检测信号 V_d 。 $\varnothing$ 的值=0.180度相对于转子的一个位置,在这个位置上由定子线圈2中的永磁体转子4产生了转子位置对于磁场(这个磁场被减至最小)的相互关系的改变。这些位置今后被称作中性转子位置。在电动机低速运行时换向最好在这些中性转子位置上发生。在高速情况下当换向发生于中性转子位置时直流电动机的功率将急剧下降。在这些速度下电动机的功率(=产生的功率)因为换向位置相对于中性转子位置提前而增加。在图2中,中性转子位置位于 $\varnothing = 0^\circ$ 和 $\varnothing = 180^\circ$ 。换向位置则相对于中性位置提前一个距离 θ 。在信号 V_d 中的信号电平转折表示换向位置

$\Phi = -\theta$ 和 $\Phi = 180 - \theta$ 。

换向回路 6 包括一个开关单元 10, 通过它接线端 9 接到定子线圈 2 的连接点 12 和定子线圈 3 的连接点 13。定子线圈 2 的连接点 14 和定子线圈 3 的连接点 15 一起接到接线端 8。开关单元 10 是这样一种类型, 它在正常工作时把定子线圈 2 的连接点 12 或定子线圈 3 的连接点 13 根据检测信号 V_d 的信号电平而接到接线端 9。图 2 作为实例表示作为转子位置的函数由回路 10 所造成的在定子线圈 2 和 3 上的电压 V_1 和 V_2 。

上面所说的这种换向类型今后将称之为预换向, 这种换向并不发生在中性转子位置, 而是在相对于中性转子位置 (对应于电机旋转方向) 之前的换向位置上。如前所看到的, 预换向增加了电机在高速下的功率。这意味着在卸载 (空载) 情况下电动机的速度可以达到比没有预换向的电动机高得多的值。这种特别高的空载转速对电动机的机械结构提出了严格的要求。

在诸如厨房用具、冰淇淋机和搅拌机等的应用场合中, 直流电机在高速时应产生更多的功率, 但是, 这时也会发生电动机运行于空载的情况下, 因此, 就希望采取一些预防措施以便使空载速度能受到限制。

为了限制空载速度, 按照本发明的直流电动机包括一种线路结构 11, 用于根据新检测到的下一个换向位置来延迟下一个定子线圈的连接, 直到从检测到一个换向位置 (这个位置位于新检测到的换向位置之前的一个预先确定的距离处) 以后一个预定的延迟时间已经过去为止。

图 3 详细地表明了线路结构 11 和开关单元 10 的一种可能

的实施例。在所示的开关单元 10 的实施例中, 检测信号 V_d 作为控制信号加到电压控制的开关 21 的控制输入端, 开关 21 位于接线端 9 和定子线圈 2 的接线点 12 之间。检测信号 V_d 在反相回路 22 中被反相。以这种方式所得到的反相后的检测信号 V_d' 作为控制信号通过电阻 23 加到电压控制的开关 24 的控制输入端。然而, 电压控制的开关可以用所谓的 FET (场效应晶体管) 型的晶体管构成。当然, 别的类型的开关也是可用的。

线路结构 11 包括这样一种类型的第一单稳态触发器 25 和第二单稳态触发器 26, 它们能在其长度等于延迟时间 t_d 的时间段内由于输入信号从低电压电平改变成高电压电平的变化而输出一个低电压电平。在经过延迟时间段 t_d 之后输出信号就变为高电压电平。检测信号 V_d 作为输入信号而加到单稳态触发器 25 上。单稳态触发器 25 的输出信号则经过整流管 27 而加到电阻 23 和开关 24 的控制输入端之间的接点 28 上。二极管 27 的阴极则接到单稳态触发器 25 上, 而二极管 27 的阳极接到接点 28 上。反相后的检测信号 V_d' 作为输入信号加到单稳态触发器 26 上。单稳态触发器 26 的输出信号经过二极管 29 加到电阻 20 和开关 21 的控制输入端之间的接点 30 上。这样, 二极管 29 的阴极接到单稳态触发器 26 而二极管 29 的阳极则接到接点 30 上。

示于图 3 的线路结构的工作将参考图 4 和 5 而在下面作进一步的解释。

图 4 表示在速度低于某个限制速度的情况下, 作为对时间 t 的函数的检测信号 V_d 、单稳态触发器 25 的输出信号 V_{m1} 、单稳

态触发器 26 的输出信号 V_{m2} 、开关 21 的控制输入端的电压 V_{s1} 、和开关 24 的控制输入端的电压 V_{s2} 。在 t_1 这个瞬间, 检测信号 V_d 的信号电平从低变到高, 导致单稳态触发器 25 的输出信号 V_{m1} 在时间段的长度为延迟时间 t_d 这段时间内取低信号电平。在信号 V_{m1} 的信号电平再次成为高时, 检测信号 V_d 的信号电平在 t_2 时从高变到低, 从而使反相的检测信号 V_d' 从低变到高。其结果是控制信号 V_{s1} 的电压电平从高变到低并使开关 21 处于阻断状态。换句话说, 定子线圈 2 被从直流电压源 7 上断开。由于信号 V_{m1} 的电压电平已变成为高, 控制信号 V_{s2} 的信号电平将根据反相的检测电压 V_d' 的信号电平的变化而从低变到高, 这导致这样的事实, 即开关 24 被改变成导通状态。换句话说, 根据反相的检测信号 V_d' 的信号电平由低变到高, 定子线圈 3 被接到了直流电压源 7。

与此类似, 在瞬间 t_3 , 根据检测信号 V_d 的信号电平从低变到高, 定子线圈 3 从直流电压源被断开, 与此同时, 定子线圈 2 则再次接到电压源 7。

从图 4 可以看到, 只要检测信号的信号电平相继各次变化之间的时间差超过延迟时间 t_d , 则单稳态触发器 25 和 26 的输出信号 V_{m1} 和 V_{m2} 就不会对换向有任何影响。

图 5 表示和图 4 相同的信号, 但这是在检测信号的信号电平的相继各个变化之间的时间差小于延迟时间 t_d 的情况下的信号。在图 5 所示的检测信号 V_d 中, 在 t_1 瞬间有一个信号电平从低到高的变化。如果在 t_2 瞬间检测信号 V_d 的信号电平再次变低, 而单稳态触发器 25 的输出信号 V_{m1} 的信号电平还没有返回到高信号

电平, 因此开关 24 的控制信号 V_{s2} 的信号电平仍由二极管 27 保持在单稳态触发器 25 的输出信号 V_{m1} 的低信号电平上, 一直要到 V_{m1} 的信号电平再次变高为止。这发生在瞬间 t_3 , 这个瞬间相对于瞬间 t_1 要偏移一段相应于延迟时间 t_d 的时间段。换句话说, 控制信号 V_{s2} 的信号电平的改变被延迟了, 一直要到从 t_1 瞬间开始的那段具有时间长度为延迟时间 t_d 的时间段消逝为止。瞬间 t_1 表示检测到换向位置的那个瞬间, 这个换向位置位于在瞬间 t_2 检测到的换向位置之前的一个预定距离(在目前情况下为 180°)。

与此类似, 在瞬间 t_4 之后发生的检测信号的信号电平改变以后, 控制信号 V_{s1} 的信号电平的改变也要被延迟直到从瞬间 t_2 开始的相当于延迟时间 t_d 的时间段消逝为止。定子线圈的断开并不受单稳态触发器的输出信号 V_{m1} 和 V_{m2} 的影响。控制信号 V_{s1} 和 V_{s2} 的电平的增加则有两方面的影响。

首先, 作为控制信号电平上升延迟的后果, 需要激励的下一个定子线圈的连接发生在被移后(相对于旋转方向而言)的换向位置处, 这个移后是相对于属于预换向的换向位置而言的。这一移后导致电动机功率的减小。

其次, 在相继的定子线圈激励之间始终存在着一个无激励的时间间隔, 这也导致电动机功率的减小。上述的这两种效应导致这一事实, 即在某一限定速度之上, 在这一速度下检测信号的信号电平的相继改变之间的时间间隔变得小于延迟时间 t_d , 这时电动机的功率被减小因而速度受到限制。

在上面所说的电动机的实施例中, 在已激励的定子线圈被断

开和下一个定子线圈被接通之间存在着一定的无激励时间段，这时有一个有效的速度限制。在被激励的定子线圈被断开之后，被激励定子线圈中所储存的磁能需要被减少。通常，断开的定子线圈被短路，例如通过一个所谓的惯性（或续流）二极管来短路。但是，这是不利的，因为定子线圈由于伴随的短路电流而被明显地加热。

一种能使定子线圈中热损耗明显减少的换向方法是这样一种方法，其中的定子线圈被磁耦合且其中在一个已激励的定子线圈断开和下一个定子线圈连接之间不会发生无激励的时间间隔。在这种情况下，在换向时在断开的定子线圈中的磁能被传送到和该断开的定子线圈有磁耦合的定子线圈中。但是，这时有一个要求，即下一个定子线圈连接到直流电压源要和已激励线圈的断开基本上同时发生。

在按照本发明的直流电动机的实施例被说明之前（在这个实施例中采取了预防措施以便即使在空载速度被限制的情况下断开和接通仍是同时发生的），首先要参考图6来说明直流电动机的磁回路的一个实施例，这个电动机的各定子线圈之间存在着基本上完全的磁耦合。磁回路包括一个大体上为U形的导磁材料的定子。定子60的两个凸极61和62的端部围绕着一个基本上是圆柱形的空间，转子4就以旋转方式安装在其中。双线绕组围绕定子60的凸极61和62。双线绕组的第一根线63的绕组形成定子线圈2，而双线绕组的第二根线64的绕组形成定子线圈3。由线63形成的定子线圈2位于开关24和接线端8之间。由线64形成的定子线圈3位于开关21和接线端9之间。定子线圈的连接是这

样的,即在开关闭合(激励状态)时由线圈2和3在定子中所产生的磁通的方向是相反的。图6所示的磁路的实施例提供这样的优点,即在定子线圈2和3之间有充分的磁耦合。尽管由于在定子线圈之间有足够完整的磁耦合而使图6所示的实施例是优选的,但应该看到,其它的在定子线圈间能产生磁耦合的磁回路同样是可能的。

图7表示另一种把开关单元10和线路结构11结合起来的实施例,这种实施例非常适合用于那种在定子线圈之间有磁耦合的无刷直流电动机。在图7中,和图3所示的回路中各元件相当的元件具有相同的参考数字。

图7所示的开关单元包括能基本上实现对连接的定子线圈和下一个定子线圈相应的同时断开和连接。这种装置含有一个状态存储器,它可以产生多种不同的状态,其中每个状态相应于一种激励状态。在图7所示的实施例中这个状态存储器是由一个RS触发器回路70形成的。RS触发器回路70是一个常规类型,它根据信号电平另外的变化而当在置位输入端由低变高时它就置位而当复位输入端由低变高时它就复位。触发器回路70的置位输入端(S)接到交叉点28。复位输入端(R)则接到交叉点30。触发器回路70有两个输出,分别提供两个输出信号,它们是互为反相的并表明触发器回路为置位或复位。触发器回路70的输出信号对开关21和24来说其有效性和控制信号 V_{s1} 和 V_{s2} 是一样的,所以开关21和24可以根据触发器回路70的状态(置位或复位)而变成阻断和导通状态。由于开关21和24的控制信号总是互为反相的,所以一个定子线圈从直流电流源7的断开总是和另一个

定子线圈和直流电流源 7 的接通同时发生。

作为实例, 图 8 表示在图 7 所示的实施例中所发生的按时间而绘制的信号 V_a 、 V_{m1} 、 V_{m2} 、 V_{s1} 和 V_{s2} 。这是在速度限制起作用时的情况。在这种情况下延迟时间 t_1 超过了检测信号 V_a 信号电平的两级相继变化之间的时间, 使得换向的瞬间被延迟, 这导致这样一个事实, 即电动机的功率被减小, 因而避免了速度进一步增加。

上面所说明的发明是针对两组电动机的。很明显, 对于本领域普通技术人员而言, 本发明无疑也可用于具有三相或更多定子线圈的直流电动机。图 9 作为例子表示了一个含有三个定子线圈 80a、80b、80c 的无刷电动机的实施例。位置检测器 81 检测三个相互间偏移 120° 的相继的换向位置。这些换向位置是转子位置, 在正常运行时在这些位置上每次就有下一个定子线圈 80 要连接到直流电压源 82 上。位置检测器 81 是一种常规类型, 它产生三个检测电压 V_{d1} 、 V_{d2} 和 V_{d3} , 其中从低信号电平转变到高电平就表示位置检测器 81 检测到了该换向位置的时刻。图 10 表示作为实例的相对转子位置而绘制的检测信号 V_{d1} 、 V_{d2} 和 V_{d3} 。检测信号 V_{d1} 、 V_{d2} 和 V_{d3} 分别通过电阻 83a、83b 和 83c 而加到相应的电压控制的开关 84a、84b 和 84c 的控制输入端上。为了延迟定子线圈 80a 对直流电压源 82 的连接, 电动机含有一个单稳态触发器 85a, 它的输入由检测信号 V_{d3} 提供而它的输出信号则通过二极管 86a 而加到电阻 83a 和开关 84a 的控制输入端的交叉点。检测信号 V_{d3} 表示检测到一个换向位置, 该位置位于另一个由检测信号 V_{d1} 表示的所检测到换向位置之前 120° 的地方。和参考

图 3 和图 5 所作的说明相似, 定子线圈 80a 的连接被延迟, 直到检测电压 V_{d3} 的信号电平从上次的由低变高之后相当于延迟时间 t_1 的时间段已经过去为止。与此相似, 借助于单稳态触发器 85b 和 85c 以及二极管 86b 和 86c 定子线圈 80b 和 80c 也被延迟。

图 11 表示图 10 所示的实施例的一个修正, 这个修正包括由三个 RS 触发器回路 90a、90b 和 90c 所形成的状态存储器, 它们的置位输入端 (S) 和复位输入端 (R) 连接到电阻 83 和二极管 86 之间的交叉点上。作为使用状态存储器的结果, 就可以和图 7 所示的情况相似, 实现已接通的定子线圈的断开和下一个定子线圈的连接基本上同时发生。

图 12 详细表示线路结构 11 的另外一种可能的实施例。检测信号 V_d 通过电阻 101 作为输入信号而加到单稳态触发器 25。单稳态触发器 25 的输出信号通过二极管 103 加到单稳态触发器 26 的输入端。反相后的检测信号 V_d' 通过电阻 102 而作为输入信号加到单稳态触发器 26。单稳态触发器 26 的输出信号则通过二极管 104 加到单稳态触发器 25 的输入端。利用二极管 103 和 104 使得触发器 25 和 26 相互耦合。电阻 101 和 102 用来防止 V_d 和 V_d' 的直接短路。示于图 3 中的线路结构的工作过程将在下面参考图 4 和 13 而作进一步说明。

图 4 表示速度低于限制速度的情况下, 作为时间 t 的函数的检测电压 V_d 、单稳态触发器 25 的输出信号 V_{m1} 、单稳态触发器 26 的输出信号 V_{m2} 、开关 21 的控制输入端上的电压 V_{s1} 和开关 24 的控制输入端上的电压 V_{s2} 。从这里可见当电动机速度低于限制速度时, 图 3 和图 12 的线路的工作没有什么差别。

图 13 表示和图 4 相同的信号, 但这是在检测信号的信号电平各相继变化之间的时间差围绕着延迟时间 t_d 而有所变动的情况下的信号。在图 13 所示的检测信号 V_d 中在瞬间 t_1 信号电平有一个从低到高的变化, 然后在瞬间 t_2 有一个从高到低的信号电平的变化。在 t_2 这一瞬间单稳态触发器 25 的输出信号 V_{m1} 的信号电平还没有回到高信号电平, 所以开关 24 的控制信号 V_{s2} 的信号电平仍由于二极管 27 的作用而保持在输出信号 V_{m1} 的低信号电平上直到 V_{m1} 的信号电平再次变高为止。这发生在瞬间 t_3 , 相对于瞬间 t_1 这个瞬间被偏移了一个相当于延迟时间 t_d 的长度的时间段。换句话说, 控制信号 V_{s2} 的信号电平的改变被延迟一个时间段 $t_3 - t_1$ (这里 $td1 = t_3 - t_1$) 直到从瞬间 t_1 起长度为延迟时间 t_d 的时间段已过去为止。这个瞬间 t_3 表示检测到换向位置的时刻, 这个位置位于在时间 t_2 检测到的换向位置之前的一个预定距离 (在目前情况下为 180°) 的地方。

在检测信号 V_d 的信号电平在瞬间 t_4 发生改变之后, 控制信号 V_{s1} 的信号电平的改变被延迟到 t_5 , 这时从瞬间 t_3 (按照图 3 的实施例这是 t_2) 开始相当于延迟时间 t_d 的时间段已消逝。这是因为触发器 26 只能在触发器 25 的输出已回到高信号电平时才可被触发。换句话说, 控制信号 V_{s1} 的信号电平的改变从瞬间 t_1 开始被延迟了 $t_5 - t_1 + t_3 - t_2$ (这里 $td1 = t_4 - t_2$) 这段时间。因此, 由于触发器的耦合而具有累积效果。由于现在的延迟是积累性的, 所以速度的进一步增大得以避免。这将导致一种延迟, 只要 $td1$ 、 $td2$

等大于 t_d , 这种延迟就以累积方式增加。这会使发动机的功率在电动机速度超过规定值时非常急剧下降, 因而使电动机速度实际上限制在上述速度。

作为一种说明图 14 表示作为电动机机械负载 P_{me} 的函数的按照本发明的电动机的速度 n 的模式。带有参考数字 111 的速度模式所表示的是按图 3 的实施例。随着负载 P_{me} 的减小速度 n 增加直到达到限制速度 n_b 为止。随着负载的减小, 速度限制开始起作用, 由于连接下一个定子线圈的时刻的偏移, 电动机功率减少因而使速度限制在 n_b 和 $2n_b$ 之间。

带有参考数字 112 的速度模式表示按照图 12 的实施例的情况。随着负载 P_{me} 的减小速度增加直到达到限制速度 n_b 为止。随着负载的减少速度限制开始起作用, 并且由于下一个定子线圈连接时刻的积累性偏移, 电动机功率减小直到达到相当于限制速度 n_b 时为止。

作为实施例 14 用虚线表示在没有采取速度限制的预防措施的情况下速度的模式。通过设置延迟时间 t_d , 限制速度 n_b 也可被设置。在使用单稳态触发器时, 例如在图 3 和 12 所示的实施例的情况下, 延迟时间 t_d 可以简单地用设定电阻的阻值来设置, 这个电阻控制输出信号的电平的前一次下降的时间, 而这前一次电平下降是由响应检测信号 V_d 的信号电平的变化而引起的。电位器 31 和 32 可以用来设置上述阻值, 这个电位器连接到单稳态触发器 25 和 26, 它们的滑臂是以机械方式连结在一起的。

在此以前参考各实施例而说明的本发明, 其中的换向回路都

是用所谓的硬接线回路而形成的。应该看到，按照本发明的电动机也可以制造成会有这样的换向回路，在这种换向回路中各个定子线圈的断开和连接是由所谓的程序控制的回路来确定的，这种回路的形式可以是例如装有合适的控制程序的微处理器。

最后，应该看到，本发明确实适合于和预换向结合使用，因为对这种电动机空载速度可以取极高的值。但是，本发明同样适用于没有采用预换向的电动机。

说明书附图

图 1

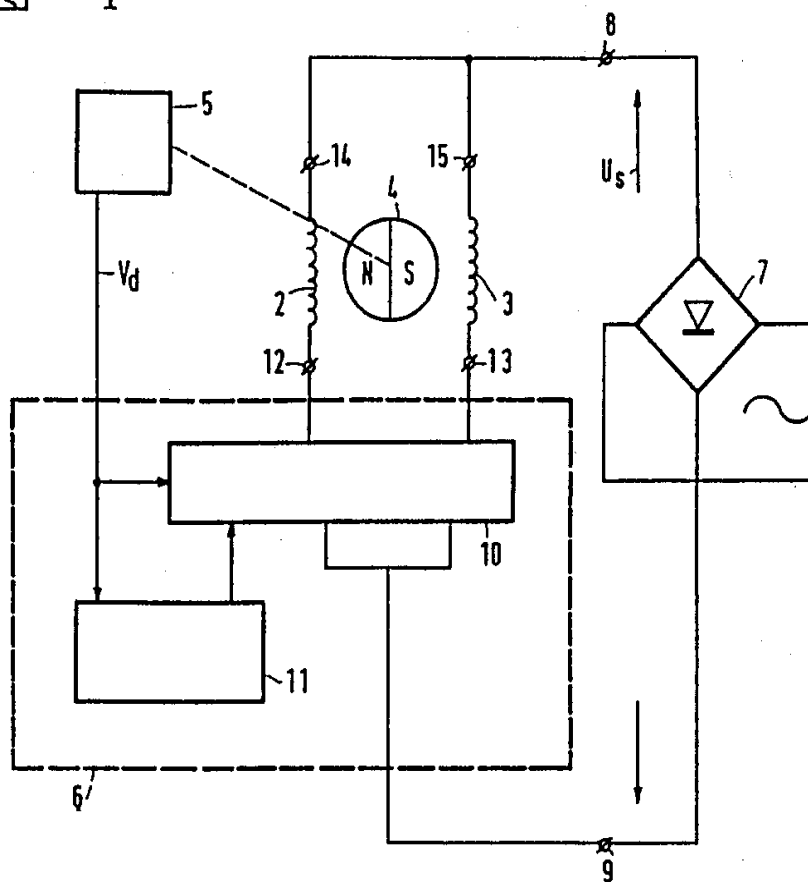


图 2

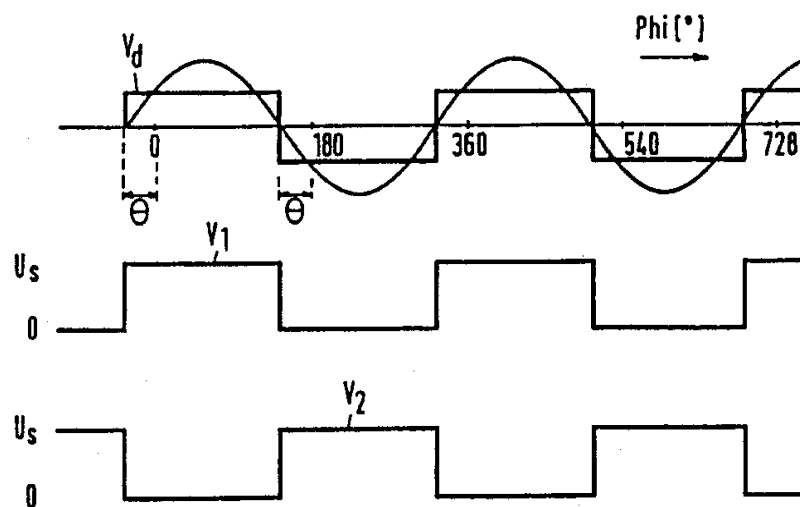


图 3

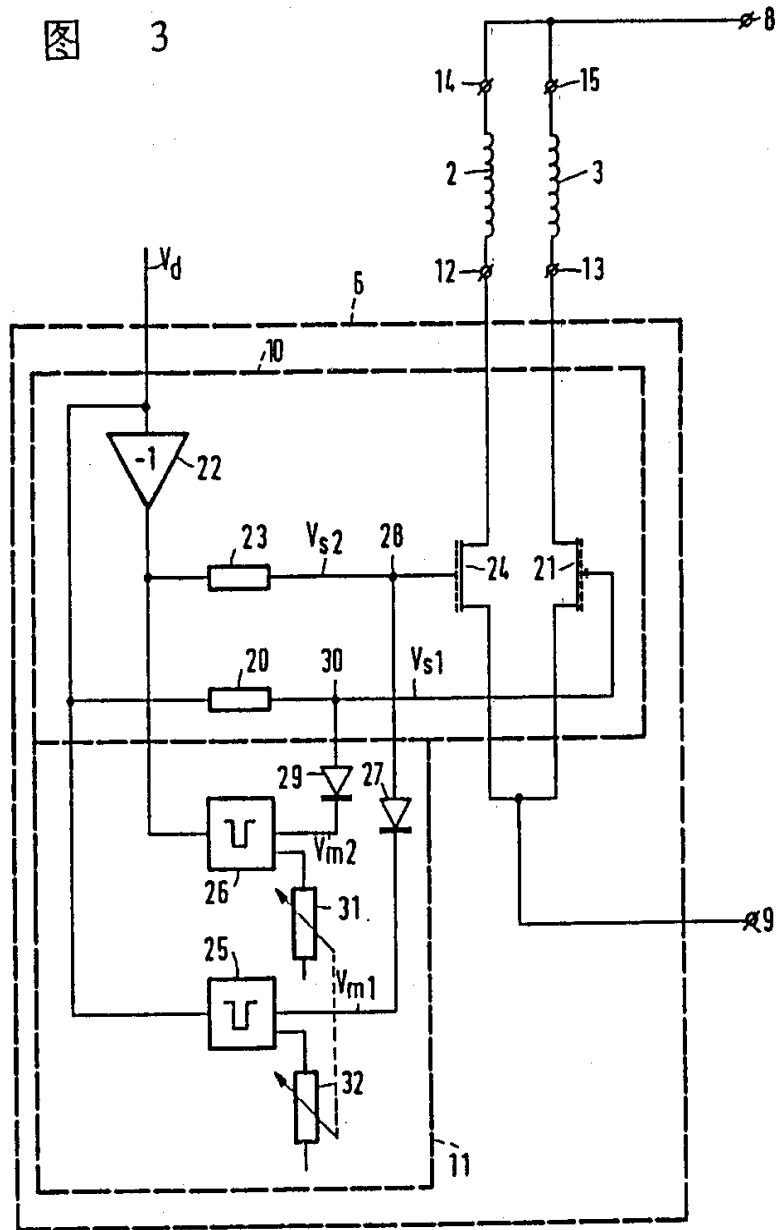


图 4

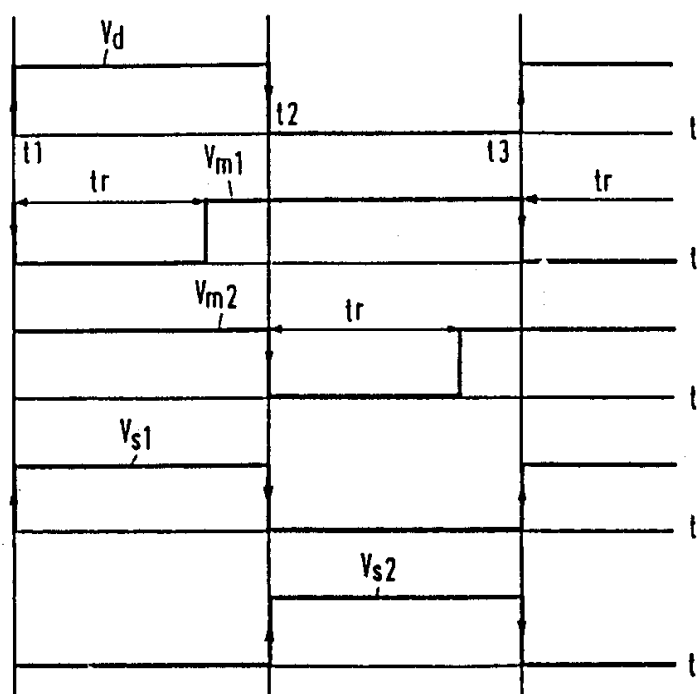


图 5

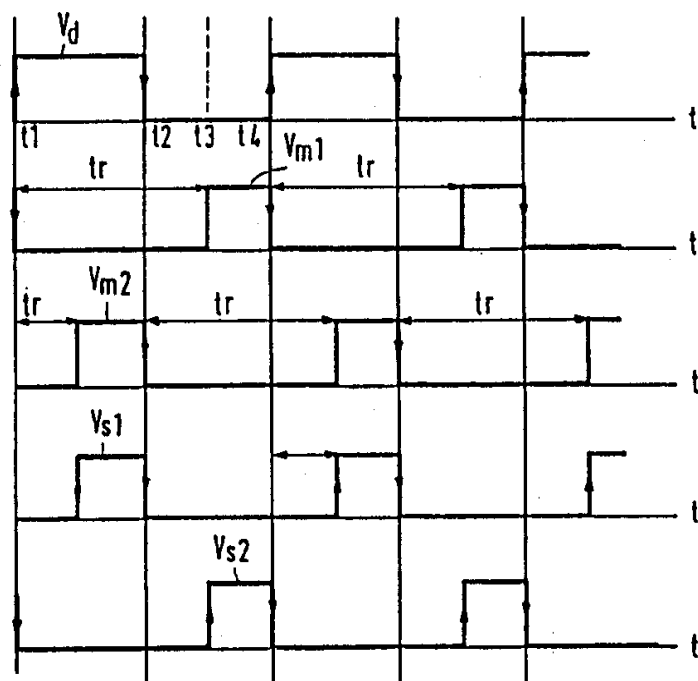


图 6

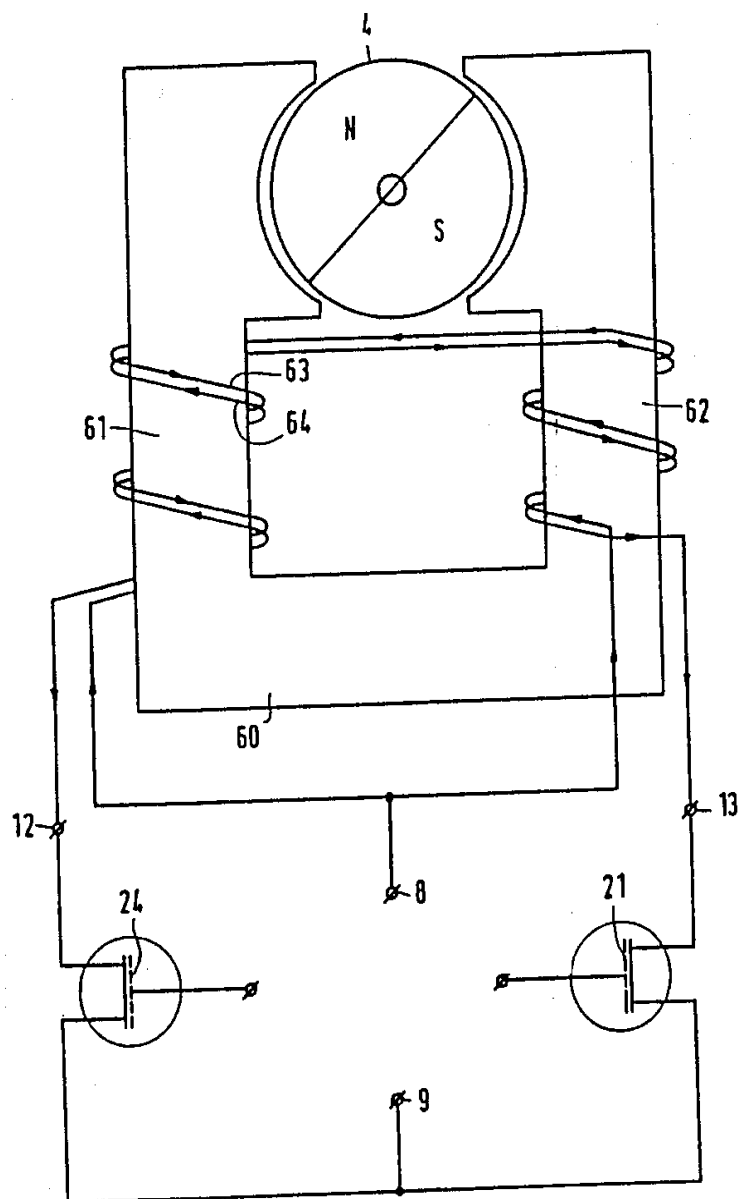


图 7

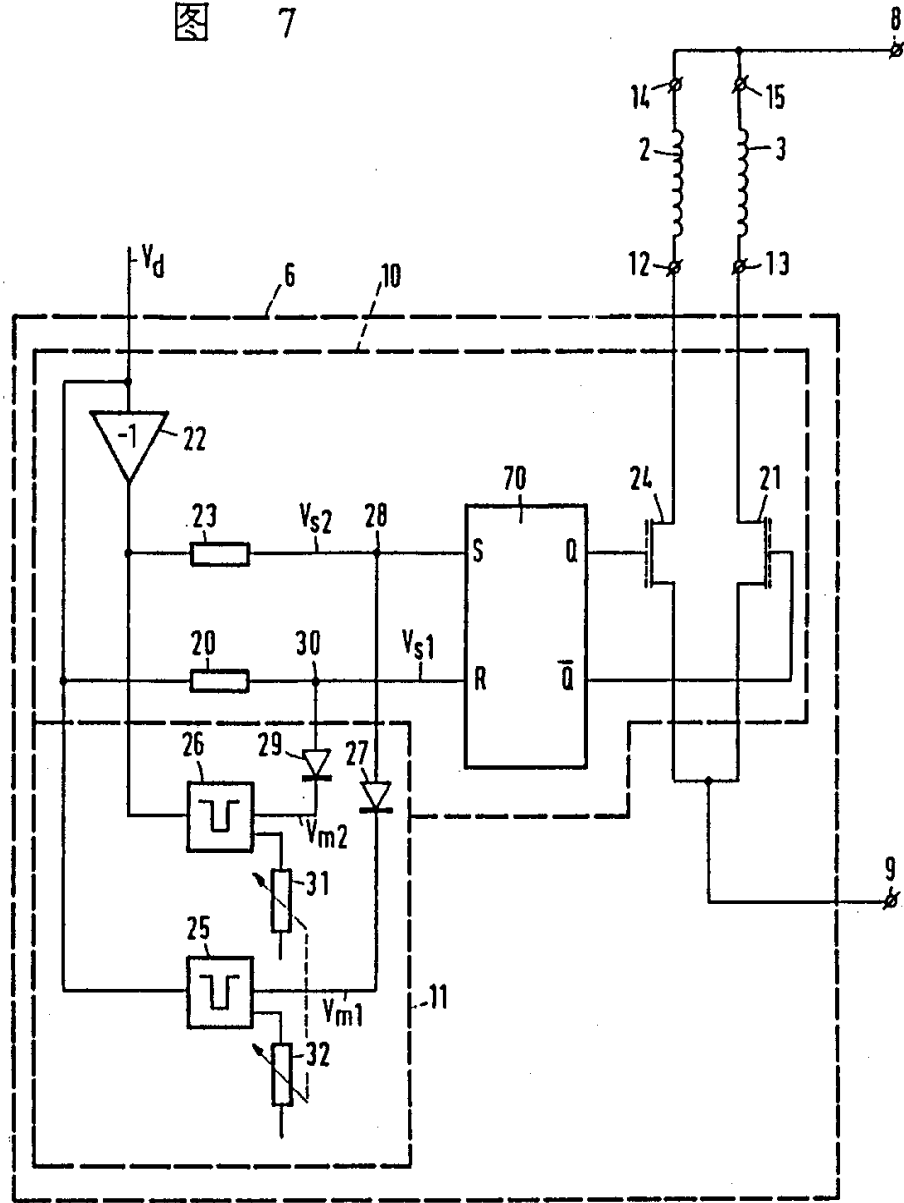


图 8

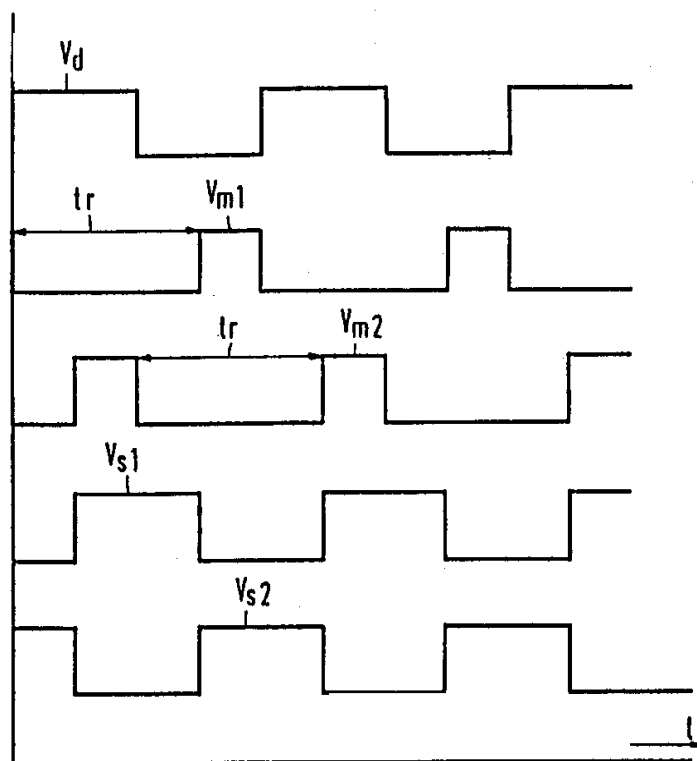
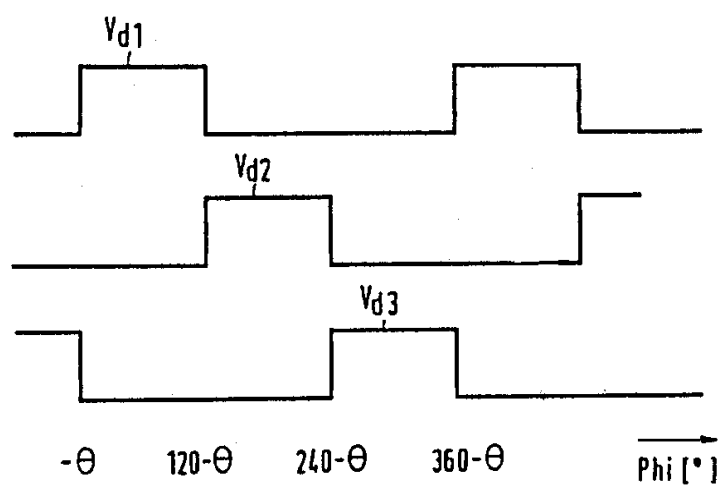


图 10





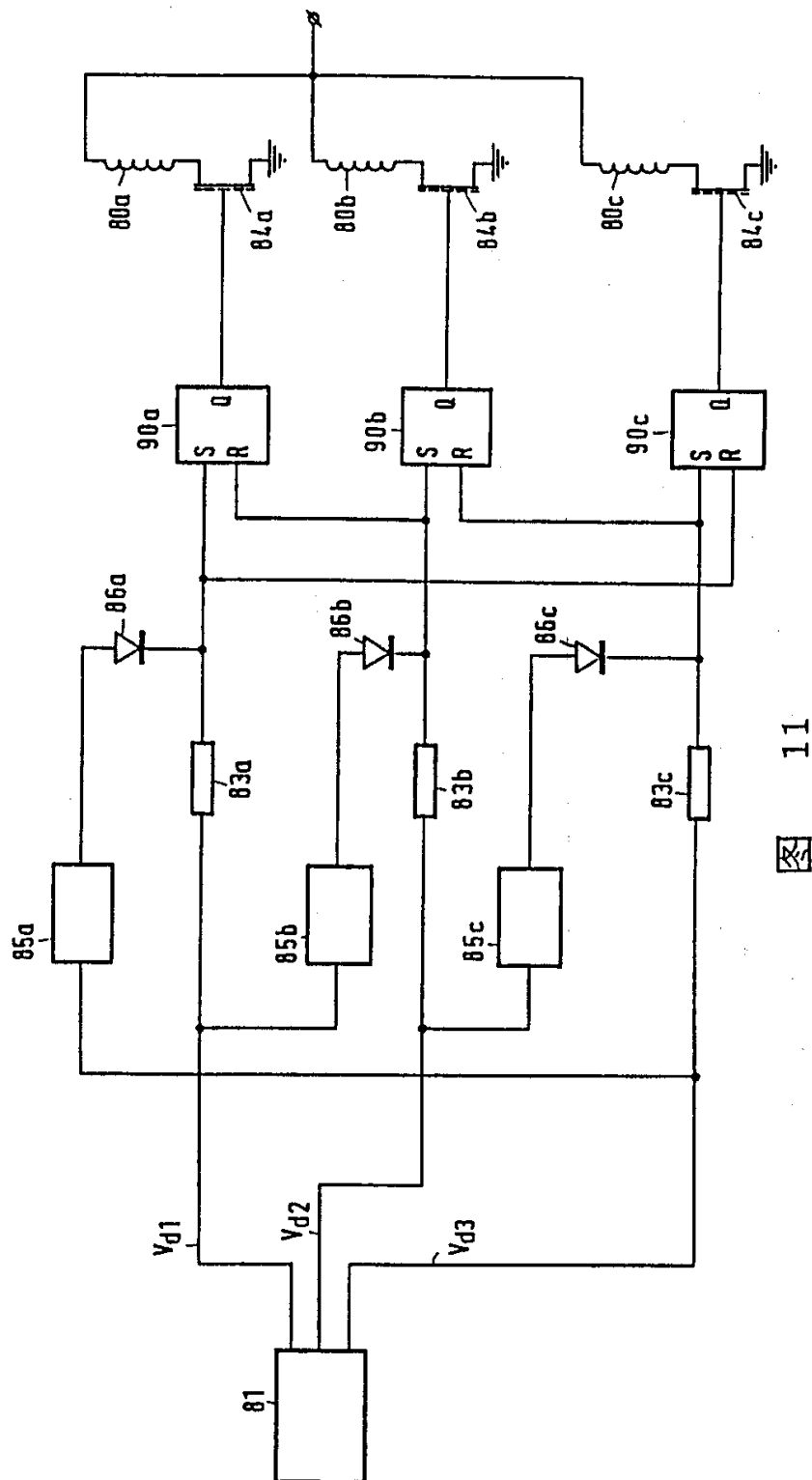


图 12

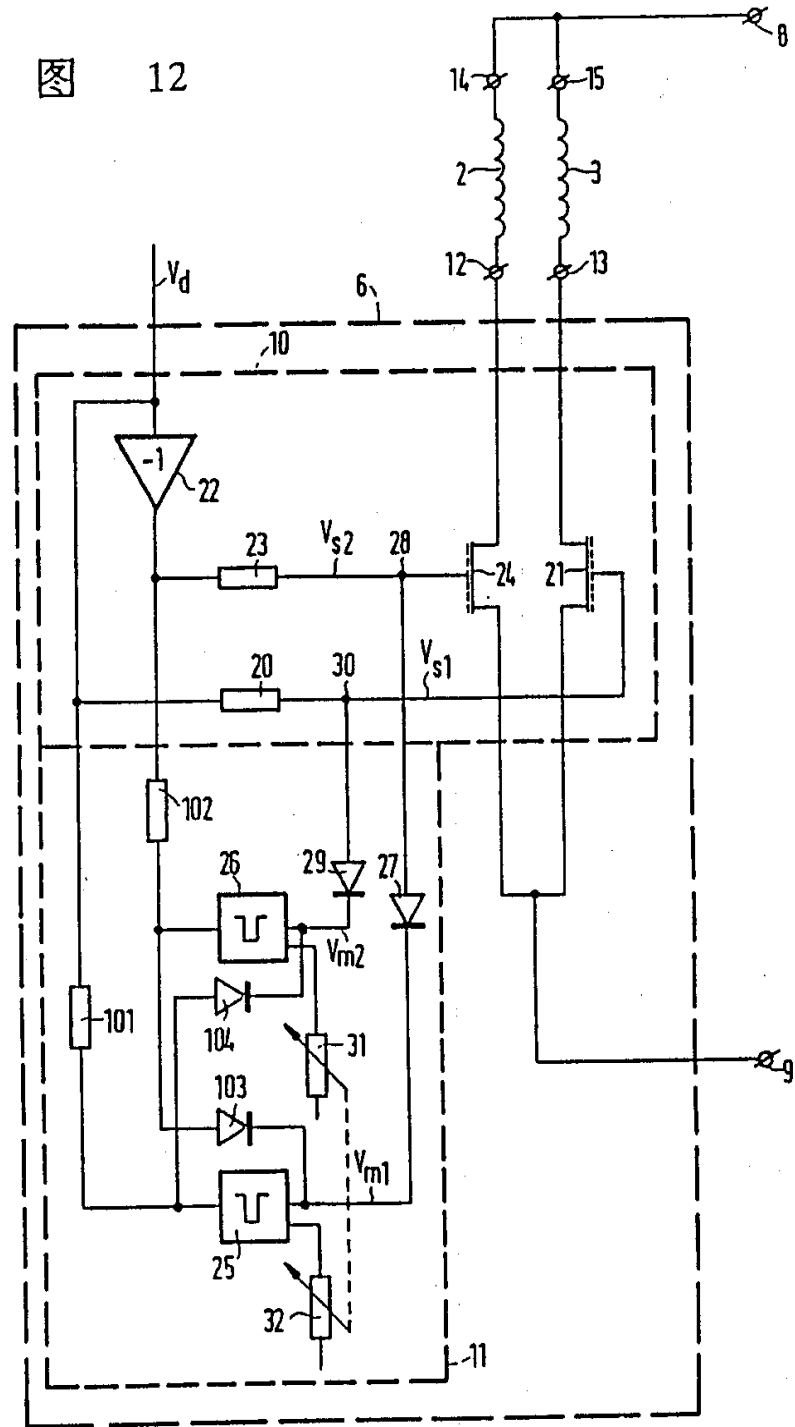


图 13

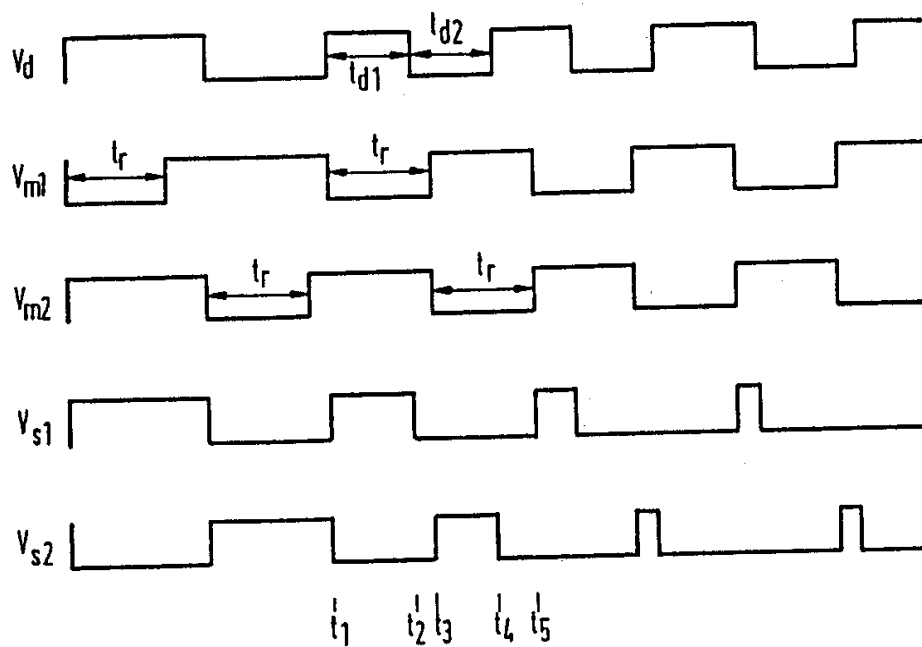


图 14

