

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510052130.0

[51] Int. Cl.

H02P 6/08 (2006.01)

H02P 6/16 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 11 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100438309C

[22] 申请日 2005.2.25

[21] 申请号 200510052130.0

[30] 优先权

[32] 2004.2.25 [33] JP [31] 2004-048959

[73] 专利权人 罗姆股份有限公司

地址 日本京都府

[72] 发明人 藤村高志

[56] 参考文献

JP2003-111481A 2003.4.11

US6091216 2000.7.18

US4629959 1986.12.16

JP2002-84772A 2002.3.22

US5723957 1998.3.3

审查员 杨 彬

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 朱进桂

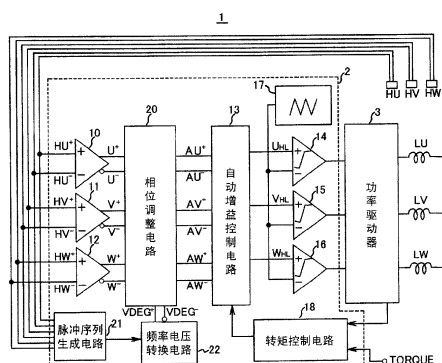
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 4 页

[54] 发明名称

相位调整电路、电动机驱动控制电路和电动机设备

[57] 摘要

一种相位调整电路、电动机驱动控制电路和电动机设备，被构造为补偿此电动机设备工作中的延迟，从而，在宽的电动机转速范围内通过在最佳定时驱动提高效率和降低噪声。该电动机设备的电动机驱动控制电路包括：相位调整电路，其输入由旋转位置信号放大器输出的 U 相位信号、V 相位信号和 W 相位信号，它对各个信号进行调整，从而使得相位以与相位调整电压对应的比值任意超前；自动增益控制电路，其输入此电路的输出信号，其增益与电动机的电枢线圈的驱动电流的反馈控制一致；从旋转位置信号产生周期性的脉冲序列的 FG 电路；以及频率电压转换电路，其实现与脉冲序列的频率相对应的电压的转换，并将转换电压输出为相位调整电压。



1、一种相位调整电路，所述相位调整电路输入第一、第二和第三相位的正弦波信号，各个第一、第二和第三相位之间的相位差值为 120° ，并且所述相位调整电路通过相位调整电压调整正弦波信号的相位，并输出第一相位、第二相位和第三相位的正弦波信号；其中，通过对第一相位的输入正弦波信号和乘以与相位调整电压相对应的比值后的第二相位或第三相位的输入正弦波信号进行运算所获得的信号，被作为第一、第二和第三相位之一的正弦波信号输出；通过对第二相位的输入正弦波信号和乘以所述比值后的第三相位或第一相位的输入正弦波信号进行运算所获得的信号，被作为第一、第二和第三相位之一的正弦波信号输出；通过对第三相位的输入正弦波信号和乘以所述比值后的第一相位或第二相位的输入正弦波信号进行运算所获得的信号，被作为第一、第二和第三相位之一的正弦波信号输出。

2、如权利要求1所述的相位调整电路，其中所述相位调整电路：输出从第一相位的输入正弦波信号的反相信号减去乘以所述比值后的第二相位的输入正弦波信号的反相信号所获得的信号，作为第二相位的正弦波信号；输出从第二相位的输入正弦波信号的反相信号减去乘以所述比值后的第三相位的输入正弦波信号的反相信号所获得的信号，作为第三相位的正弦波信号；以及输出从第三相位的输入正弦波信号的反相信号减去乘以所述比值后的第一相位的输入正弦波信号的反相信号所获得的信号，作为第一相位的正弦波信号。

3、如权利要求1或权利要求2所述的相位调整电路，其中所述相位调整电路：输出通过合成与第一相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的第一电流、与第一电流的流动方向相反并与乘以所述比值后的第二相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的第二电流、以及校正第一和第二电流的直流电平差值的直流电流所获得的第一信号，作为第二相位的正弦波信号；输出通过合成与第二相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的第三电流、与第三电流的流动方向相反并与乘

以所述比值后的第三相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的第四电流、以及校正第三和第四电流的直流电平差值的直流电流所获得的第二信号，作为第三相位的正弦波信号；输出通过合成与第三相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的第五电流、与第五电流的流动方向相反并与乘以所述比值后的第一相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的第六电流、以及校正第五和第六电流的直流电平差值的直流电流所获得的第三信号，作为第一相位的正弦波信号。

4、如权利要求1所述的相位调整电路，其中所述相位调整电压是恒定值。

5、如权利要求1所述的相位调整电路，其中所述相位调整电压是变化值。

6、如权利要求1所述的相位调整电路，其中第一、第二和第三相位的输入正弦波信号的相位任意地超前根据所述比值所确定的相位超前角；其中所述的相位超前角的范围从 19.1° 到 60° 。

7、如权利要求6所述的相位调整电路，其中如果所述比值等于0，所述相位超前角为 60° ；如果所述比值等于1，所述相位超前角为 30° ；如果所述比值等于2，所述相位超前角为 19.1° 。

8、如权利要求6所述的相位调整电路，其中第一、第二和第三相位的输入正弦波信号的振幅随相位超前角增大。

9、如权利要求8所述的相位调整电路，其中如果所述比值等于0，振幅增加1倍；如果所述比值等于1，振幅增加1.73倍；如果所述比值等于2，振幅增加2.65倍。

10、如权利要求1所述的相位调整电路，包括：相位调整电压输入电路、U相位处理电路、V相位处理电路、以及W相位处理电路。

11、如权利要求10所述的相位调整电路，还包括直流电平校正电路和电压转换电路。

12、如权利要求10所述的相位调整电路，其中相位调整电压输入电路包括：多个NPN型晶体管、多个PNP型晶体管和至少一个电阻器。

13、如权利要求10所述的相位调整电路，其中U相位处理电路、

V 相位处理电路和 W 相位处理电路的每一个包括：多个 NPN 型晶体管、多个 PNP 型晶体管和至少一个电阻器。

14、如权利要求 11 所述的相位调整电路，其中直流电平校正电路包括：恒流源、多个 PNP 型晶体管和多个 NPN 型晶体管。

15、如权利要求 11 所述的相位调整电路，其中电压转换电路包括多个电阻器。

16、如权利要求 1 所述的相位调整电路，其中所述比值根据至少两个相位调整电压进行调整。

17、一种用于电动机设备的电动机驱动控制电路，包括：

旋转位置信号放大器，所述旋转位置信号放大器输入并且放大 U 相位、V 相位和 W 相位的旋转位置信号；

如权利要求 1 所述的相位调整电路，所述相位调整电路输入由旋转位置信号放大器输出的 U 相位、V 相位和 W 相位信号作为第一相位、第二相位和第三相位的正弦波信号；

自动增益控制电路，所述自动增益控制电路输入由相位调整电路输出的 U 相位、V 相位和 W 相位信号，其增益根据电动机的电枢线圈的驱动电流被反馈控制。

18、如权利要求 17 所述的电动机驱动控制电路，还包括：

脉冲序列生成电路，所述脉冲序列生成电路根据 U 相位、V 相位和 W 相位的旋转位置信号的至少之一产生周期性的脉冲序列；

频率电压转换电路，所述频率电压转换电路将脉冲序列的频率转换为相应电压，并输出此电压作为所述相位调整电压。

19、一种电动机设备，包括：

如权利要求 17 或权利要求 18 所述的电动机驱动控制电路；

功率驱动器，所述功率驱动器由电动机驱动控制电路所控制，并驱动电动机的电枢线圈；以及，

旋转位置检测单元，所述旋转位置检测单元检测电动机的转子位置，并输出旋转位置信号。

相位调整电路、电动机驱动控制电路和电动机设备

技术领域

本发明涉及一种能够调整具有第一相位、第二相位和第三相位的正弦波信号的相位的相位调整电路，其中各个相位之间的相位差为 120° ；一种包括此相位调整电路的电动机驱动控制电路，其控制一个诸如使光盘旋转的主轴电动机或者此类的三相无刷电动机的驱动的相位调整电路；一个具有此电动机驱动控制电路的电动机设备。

背景技术

通常，如日本专利申请公开号 NO.2002-84772 和日本专利申请公开号 NO.2003-111481 所公开的电动机设备就是此类型的电动机设备。附图 4 示出了该电动机设备。该电动机设备 101 包括：旋转位置检测单元 HU、HV 和 HW，它们是检测电动机的转子的位置并输出旋转位置信号的霍尔单元；电动机驱动控制电路 102，其根据旋转位置信号和电动机控制命令部分（附图中没有显示）发出的一条命令输出 PWM 信号；功率驱动器 103，其使与 PWM 信号相对应的驱动电流流向电动机的电枢线圈 LU、LV 和 LW。旋转位置信号是具有由旋转位置检测单元 HU 输出的差分 U 相位信号 HU^+ 和 HU^- 、旋转位置检测单元 HV 输出的差分 V 相位信号 HV^+ 和 HV^- 、旋转位置检测单元 HW 输出的差分 W 相位信号 HW^+ 和 HW^- 组成，且各个相位之间的相位差为 120° 的三相正弦波信号。

电动机驱动控制电路 102 包括旋转位置信号放大器 110 到 112，它们是以固定放大率放大旋转位置信号 HU^+ 和 HU^- 、 HV^+ 和 HV^- 以及 HW^+ 和 HW^- 并输出正弦波信号 U^+ 、 U^- 、 V^+ 、 V^- 、 W^+ 和 W^- 的三个霍尔放大器；自动增益控制（AGC）电路 113，其使每个正弦波信号 U^+ 、 U^- 、 V^+ 、 V^- 、 W^+ 和 W^- 超前 30° 相位，并以与转矩控制电路

118 输出的控制电压相对应的增益对信号进行放大，输出信号 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} ；以及三个 PWM 输出比较器 114、115 和 116，它们分别把 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} 信号输入到同相端子，把来自三角波发生器 117 的三角波输入到反相端子（共同的），并输出比较结果的 PWM 信号。这里将正弦波信号 U^+ 、 U^- 、 V^+ 、 V^- 、 W^+ 和 W^- 的相位超前 30° 的目的是为了施加具有使电动机转子以最大效率旋转的定时的磁场。此外，转矩控制电路 118 根据电枢线圈 LU、LV 和 LW 的驱动电流输出一个控制自动增益控制电路 113 的控制电压，以及一个用于控制电动机转速的转矩控制电压 TORQUE，它是来自电动机控制命令部分的一条命令。

然而，线路中会产生延迟，由组成电动机设备的元件和电路的工作会引起（元件延迟或电路延迟）延迟，从旋转位置检测单元 HU、HV 和 HW 输出旋转位置信号 HU^+ 、 HU^- 、 HV^+ 、 HV^- 、 HW^+ 和 HW^- 开始，直到相应的驱动电流流到各自电枢线圈 LU、LV 和 LW 为止。该延迟导致了相位的偏移，所以即使自动增益控制电路 113 被设定在 30° 的最佳超前相位角，磁场也无法在最佳的时刻被施加于转子上。

通常，使光盘旋转的主轴电动机的电动机转速会根据光盘的读取速度和写入速度改变。例如，对于 CD-R/RW 电动机设备，执行读取的电动机转速大约是 4000 到 10000 rpm，执行写入的电动机转速大约是 1000 到 2000 rpm。同时，上文所述的电动机设备的延迟是基本上恒定的量，与电动机转速无关，并且与此延迟对应的角度随电动机转速的增加而增加。例如，若转速是 1000 rpm 时角度是 1.5° ，转速是 6000 rpm 时角度大约是 9° 。这样，如果电动机转速增加，就会从最佳相位超前角（ 30° ）产生很大偏移，结果电动机的效率下降。此外，如果最佳相位角的偏移很大，旋转位置信号 HU^+ 、 HU^- 、 HV^+ 、 HV^- 、 HW^+ 和 HW^- 的波形就会失真，电枢线圈 LU、LV 和 LW 的相应的驱动电流的波形也会失真，因此电动机产生的噪声就会增加。

发明内容

为了解决上述问题，本发明的优选实施例提供了：一种能够对三

相正弦波信号进行精细相位调整 (fine phase adjustment) 的相位调整电路、一种能够通过宽的电动机转速范围提高效率和降低噪声并包括上述新颖的相位调整电路的电动机驱动控制电路、以及一种包括该新颖的电动机驱动控制电路的电动机设备。

为了解决上述问题, 本发明优选实施例的相位调整电路是这样的相位调整电路: 输入第一相位、第二相位和第三相位正弦波信号, 且各个相位之间的相位差为 120° , 并通过相位调整电压调整这些信号的相位, 输出第一相位、第二相位和第三相位的正弦波信号, 其中通过对第一相位的输入正弦波信号和乘以与相位调整电压相对应的比值后的第二相位或第三相位输入正弦波信号进行运算所获得的信号, 被作为两个相位之一的正弦波信号输出; 通过对第二相位的输入正弦波信号和乘以所述比值后的第三相位或第一相位的输入正弦波信号进行运算所获得的信号, 被作为两个相位之一的正弦波信号输出; 通过对第三相位的输入正弦波信号和乘以所述比值后的第一相位或第二相位的输入正弦波信号进行运算所获得的信号, 被作为两个相位之一的正弦波信号输出。

优选地, 此相位调整电路: 输出从第一相位的输入正弦波信号的反相信号减去乘以所述比值后的第二相位的输入正弦波信号的反相信号所获得的信号, 作为第二相位的正弦波信号; 输出从第二相位的输入正弦波信号的反相信号减去乘以所述比值后的第三相位的输入正弦波的反相信号所获得的信号, 作为第三相位的正弦波信号; 输出从第三相位的输入正弦波信号的反相信号减去乘以所述比值后的第一相位的输入正弦波信号的反相信号所获得的信号, 作为第一相位的正弦波信号。

优选地, 此相位调整电路: 输出通过合成与第一相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的电流、与所述电流反向流动并与乘以所述比值后的第二相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的电流、校正这些电流的直流电平差值的直流电流所获得的信号, 作为第二相位的正弦波信号; 以及输出通过合成与第二相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的电流、与所述电流反向流动并与乘以所述比值后的第三

相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的电流、校正这些电流的直流电平差值的直流电流所获得的信号，作为第三相位的正弦波信号；输出通过合成与第三相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的电流、与所述电流反向流动并与乘以所述比值后的第一相位的输入正弦波信号的反相信号相对应的电流、校正这些电流的直流电平差值的直流电流所获得的信号，作为第一相位的正弦波信号。

本发明优选实施例的电动机驱动控制电路包括：旋转位置信号放大器，其输入并放大 U 相位、V 相位和 W 相位的旋转位置信号；上述的相位调整电路，其输入由旋转位置信号放大器输出的 U 相位、V 相位和 W 相位信号，作为第一相位，第二相位和第三相位正弦波信号；以及自动增益控制电路，其输入由相位调整电路输出的 U 相位、V 相位和 W 相位信号，其增益根据电动机电枢线圈的驱动电流被反馈控制。

优选地，电动机驱动控制电路还包括：脉冲序列生成电路，其根据 U 相位、V 相位和 W 相位的旋转位置信号中的至少一个生成周期性的脉冲序列；以及频率电压转换电路，其将脉冲序列的频率转换为相应电压，并将此电压作为相位调整电压输出。

本发明优选实施例的电动机设备包括：上述的电动机驱动控制电路；功率驱动器；其由电动机驱动控制电路控制并驱动电动机的电枢线圈；以及旋转位置检测单元，其检测电动机转子位置并输出旋转位置信号。

由于本发明优选实施例的相位调整电路使用与相位调整电压对应的比值计算两个输入正弦波信号，并且将得出的信号作为其中一个正弦波信号输出，所以该电路能够实现精细（fine）的相位调整。此外，由于本发明优选实施例的电动机驱动控制电路和电动机设备通过相位调整电路实现了 U 相位、V 相位和 W 相位的相位调整，由线路引起的延迟和由电路或元件的工作引起的延迟能够得到补偿，因此可以通过驱动电动机在宽的电动机转速范围内以最佳时间来提高电动机设备的效率并降低噪声。

本发明的其它特点、要素、特征和优点通过对下面参考附图的本

发明优选实施例的详细描述将变得更加明显。

附图说明

图 1 是本发明优选实施例的电动机设备的一个总体结构图。

图 2 是附图 1 所示本发明优选实施例的相位调整电路的操作原理。

图 3 是附图 1 所示本发明优选实施例的相位调整图的电路图。

图 4 是一个常规电动机设备的总体结构图。

具体实施方式

本发明优选实施例的相位调整电路、电动机驱动控制电路和电动机设备将在下面详细描述。如附图 1 所示，电动机设备 1 最好包括：旋转位置检测单元 HU、HV 和 HW，它们最好是检测电动机转子位置并输出旋转位置信号的霍尔单元；电动机驱动控制电路 2，其根据旋转位置信号和电动机控制命令部分（附图中没有示出）的命令输出 PWM 信号；以及功率驱动器 3，其使与 PWM 信号相对应的驱动电流流向电动机的电枢线圈 LU、LV 和 LW。旋转位置信号是由旋转位置检测单元 HU 输出的差分 U 相位信号 HU^+ 和 HU^- 、旋转位置检测单元 HV 输出的差分 V 相位信号 HV^+ 和 HV^- 和旋转位置检测单元 HW 输出的差分 W 相位信号 HW^+ 和 HW^- 组成的三相正弦波信号。各个相位之间的相位差为 120° 。

电动机驱动控制电路 2 最好包括：旋转位置信号放大器 10 到 12，它们最好是以固定放大率放大旋转位置信号 HU^+ 和 HU^- 、 HV^+ 和 HV^- 、 HW^+ 和 HW^- ，并输出正弦波信号 U^+ 、 U^- 、 V^+ 、 V^- 、 W^+ 和 W^- 的三个霍尔放大器；以及的相位调整电路 20，其通过使相位调整电压 $VDEG^+$ 和 $VDEG^-$ 操作正弦波信号 U^+ 、 U^- 、 V^+ 、 V^- 、 W^+ 和 W^- 来执行相位调整，并输出正弦波信号 AU^+ 、 AU^- 、 AV^+ 、 AV^- 、 AW^+ 和 AW^- ；自动增益控制（AGC）电路 13，其输入正弦波信号 AU^+ 、 AU^- 、 AV^+ 、 AV^- 、 AW^+ 和 AW^- ，并根据转矩控制电路 18 输出的控制电压的增益放大这些信号，并输出信号 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} ；以及三个 PWM 输出设备 14，15 和 16，它们分别输入 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} 信号和来自

三角波发生器 17 的三角波，并输出 PWM 信号。此电动机驱动控制电路 2 还包括：脉冲序列生成 (FG) 电路 21，其使用三相旋转位置信号 HU^+ 、 HU^- 、 HV^+ 、 HV^- 、 HW^+ 和 HW^- 中至少一个产生周期性的脉冲序列；以及频率电压 (F-V) 转换电路 22，其将脉冲序列的频率转换为电压，并输出相位调整电压 $VDEG^+$ 和 $VDEG^-$ 。

下面以更具体的术语来描述电动机驱动控制电路 2 的各个部分。旋转位置信号放大部分 10 最好是一个 U 相位差分放大器，其分别输入旋转位置检测单元 HU 的旋转位置信号 HU^+ 和 HU^- 到同相输入端子和反相输入端子，以固定的放大率放大这些信号，并输出放大的信号。旋转位置信号放大部分 11 最好是一个 V 相位差分放大器，其分别输入旋转位置检测单元 HV 的旋转位置信号 HV^+ 和 HV^- 到同相输入端子和反相输入端子，以固定的放大率放大这些信号，并输出放大的信号。旋转位置信号放大部分 12 最好是一个 W 相位差分放大器，其分别输入旋转位置检测单元 HW 的旋转位置信号 HW^+ 和 HW^- 到同相输入端子和反相输入端子，以固定放大率放大这些信号，并输出放大的信号。

相位调整电路 20 输入由旋转位置信号放大器 10 到 12 输出的正弦波信号，例如差分 U 相位（第一相位）信号 U^+ 和 U^- 、差分 V 相位（第二相位）信号 V^+ 和 V^- 和差分 W 相位（第三相位）信号 W^+ 和 W^- ，来实现各自信号的调整从而使得相位可以任意超前 α （后面介绍）比值，并输出 U 相位（第一相位）信号 AU^+ 和 AU^- 、V 相位（第二相位）信号 AV^+ 和 AV^- 和 W 相位（第三相位）信号 AW^+ 和 AW^- 。如下文即将说明的，如果 $\alpha = 0$ ，相位超前角是 60° ，如果 $\alpha = 1$ ，相位超前角是 30° ，如果 $\alpha = 2$ ，相位超前角大约是 19.1° 。振幅也会随相位超前角的增加而增加，如果 $\alpha = 0$ ，是 1 倍，如果 $\alpha = 1$ ，大约是 1.73 倍，如果 $\alpha = 2$ ，约是 2.65 倍。这里，比值 α 依据相位调整电压 $VDEG^+$ 和 $VDEG^-$ 来表示；如果这些电压的差值为 0，则 $\alpha = 1$ 。这个 30° 的超前角是一个基准角。如果差值是负数， $\alpha > 1$ ， α 的最大值是 2。如果差值是正数， $\alpha < 1$ ， α 的最小值是 0。

这里，要在 $\alpha < 1$ 的范围内进行调整以将相位超前角设定为 30° （这是最佳的相位超前角），这样，在从旋转位置检测单元 HU、HV

和 HW 输出旋转位置信号 HU^+ 、 HU^- 、 HV^+ 、 HV^- 、 HW^+ 和 HW^- 开始，到相应的驱动电流流到各自电枢线圈 LU、LV 和 LW 为止的全部的延迟期间实现补偿。然而，在旋转位置检测单元 HU、HV 和 HW 与 LU、LV 和 LW 分别配置而对相关的偏移进行了补偿的情况下可能需要在 $\alpha < 2$ 的范围内进行调整。

自动增益控制电路 13 输入由相位调整电路 20 输出的正弦波信号 AU^+ 、 AU^- 、 AV^+ 、 AV^- 、 AW^+ 和 AW^- ，以与转矩控制电路 18 输出的控制电压相对应的增益放大这些信号，并输出信号 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} 。此增益根据电枢线圈 LU、LV 和 LW 的驱动电流，通过转矩控制电路 18 被反馈控制。

作为自动增益控制电路 13 工作的结果，与相位调整电路 20 的相位超前角一起发生的振幅增加得到补偿。换句话说，由自动增益控制电路 13 输出的正弦波信号 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} 的振幅受到了上文提及的反馈控制。结果，即使输入的正弦波信号 AU^+ 、 AU^- 、 AV^+ 、 AV^- 、 AW^+ 和 AW^- 的振幅增加了比值 α ，上文提及的信号也不受此影响。

PWM 输出比较器 14 到 16 分别输入由自动增益控制电路 13 输出的信号 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} 到各自的同相输入端子，输入来自三角波发生器 17 产生的三角波到反相输入端子（共同的），并且输出这些信号的比较所产生的 PWM 信号，由此控制功率驱动器 3。对于每一个信号 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} ，U 相位、V 相位或 W 相位的 PWM 信号在电压高于三角波的高电平“on”期间被输出。

转矩控制电路 18 输入电枢线圈 LU、LV 和 LW 的驱动电流和用来控制电动机转速的转矩控制电压 TORQUR，并输出控制自动增益控制电路 13 的控制电压。转矩控制电压 TORQUE 由包括 CPU 或其它适合的控制器电动机控制命令部分（附图未示出）所控制。电枢线圈 LU、LV 和 LW 的驱动电流在 U 相位、V 相位和 W 相位的 PWM 信号各自的“on”期间流动，并根据各自的实际相位变化。转矩控制电路 18 通过检测的阻抗将这些驱动电流转换为电压，比较峰值电压或平均电压与转矩控制电压 TORQUE，并输出结果给自动增益控制电路 13。

如上所述，脉冲序列生成电路 21 使用三相旋转位置信号 HU^+ 、

HU^- 、 HV^+ 、 HV^- 、 HW^+ 和 HW^- 中至少一个来产生周期性的脉冲序列。例如，如果只使用了U相位的同相信号 HU^+ ，则产生与此信号的频率相等的脉冲序列。此外，如果三个相位的同相信号 HU^+ 、 HV^+ 和 HW^+ 都被使用，就会产生三倍于这些信号的频率的脉冲序列。

频率电压转换电路 22 将脉冲序列生成电路 21 输出的脉冲序列的频率转换为相应的电压，并将此电压作为相位调整电压 $VDEG^+$ 和 $VDEG^-$ 输出。如上所述，从旋转位置检测单元 HU、HV 和 HW 输出旋转位置信号 HU^+ 、 HU^- 、 HV^+ 、 HV^- 、 HW^+ 和 HW^- 开始，直到相应的驱动电流流到各自的电枢线圈 LU，LV 和 LW 为止的全部延迟实质上是常量，与电动机的 rpm 无关，与此延迟对应的角随着电动机转速的增加而增加。因此，在频率电压转换电路 22 中，当输入脉冲序列的频率增加时，差分电压 $VDEG^+$ 和 $VDEG^-$ 之间的差值向正的方向增加，从而比值 α 降低，而相位调整电路 20 的超前角增加。这样，电动机可以在最佳时刻以电动机转速的自动响应被驱动，从而使在宽的电动机转速范围内提高电动机设备的效率和降低噪声成为可能。

此外，例如，当电动机的 rpm 在 CD-R 电动机设备或此类设备中相对较小的情况下，脉冲生成电路 21 和频率电压转换电路 22 可省略，相位调整电压 $VDEG^+$ 和 $VDEG^-$ 可以设为固定电压。在这种情况下，固定电压取决于从旋转位置检测单元 HU、HV 和 HW 输出旋转位置信号 HU^+ 、 HU^- 、 HV^+ 、 HV^- 、 HW^+ 和 HW^- 开始，到相应的驱动电流流到各自被涉及的电枢线圈 LU、LV 和 LW 为止的全部延迟。

接下来，对电动机设备1的电动机转速控制操作进行说明。在转矩控制电路 18 的峰值电压或平均电压比转矩控制电压 TORQUE 低的情况下，转矩控制电路 18 输出控制电压从而使由自动增益控制电路 13 输出的正弦波信号 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} 的振幅增大。因此，在 PWM 输出设备 14 到 16 中生成一个具有长的“on”周期的 PWM 信号，并输出到功率驱动器 3。结果，功率驱动器 3 增大了流向电枢线圈 LU、LV 和 LW 的驱动电流，因而电动机转速就增加了。这些驱动电流在转矩控制电路 18 中被转换为电压，峰值电压或平均电压会与转矩控制电压再次进行比较。这个循环操作被重复，当峰值电压或平均电压与转

矩控制电压 TORQUE 相符时稳定运行。相反的，在转矩控制电路 18 的峰值电压或平均电压比转矩控制电压 TORQUE 高的情况下，输出一个电压以至于由自动增益控制电路 13 输出的正弦波信号 U_{HL} 、 V_{HL} 和 W_{HL} 的振幅被减小。因此，在 PWM 输出比较器 14 到 16 中生成具有短的“on”周期的 PWM 信号并输出到功率驱动器 3。其结果是，功率驱动器 3 使流向电枢线圈 LU、LV 和 LW 的驱动电流减小，所以电动机转速下降。这些驱动电流在转矩控制电路 18 被转换为电压，峰值电压或平均电压与转矩控制电压 TORQUE 再次比较。这个循环操作被重复，并且当峰值电压或平均电压与转矩控制电压 TORQUE 相符时稳定运行。

下面，参考附图 2 描述相位调整电路 20 的工作原理。在附图中，相位超前的方向选为顺时针方向。V 相位同相信号 V^+ 相对于 U 相位同相信号 U^+ 超前 120° ，W 相位同相信号 W^+ 相对于 V 相位同相信号 V^+ 超前 120° ，U 相位同相信号 U^+ 相对于 W 相位同相信号 W^+ 超前 120° 。此外，U 相位反相信号 U^- 位于与 U 相位同相信号 U^+ 相差 180° 的位置上，V 相位反相信号 V^- 位于与 V 相位同相信号 V^+ 相差 180° 的位置上，W 相位反相信号 W^- 位于与 W 相位同相信号 W^+ 相差 180° 的位置上。

例如，为了实现调整而使 U 相位的同相信号 U^+ 超前 30° ，在信号 U^- 没有被放大或衰减的情况下（例如信号 U^- 被乘以一个 $\alpha=1$ 的比值），从 W 相位的反相信号 W^- 减去 U 相位的反相信号 U^- 。减去 U 相位反相信号 U^- 与加上 U 相位同相信号 U^+ 是一样的。为了将 U 相位同相信号 U^+ 超前多于 30° ，在将信号 U^- 衰减后（例如信号 U^- 被乘以一个 $\alpha < 1$ 的比值），再从 W 相位的反相信号 W^- 减去 U 相位的反相信号 U^- 。因此当 U 相位同相信号 U^+ 超前到 60° 的情况下（直到 W 相位反相信号 W^- ），减去逐渐衰减到 0 的 U 相位反相信号 U^- 。相反的，为了使 U 相位同相信号 U^+ 以小于 30° 超前，可将信号 U^- 放大后（例如信号 U^- 被乘以一个 $\alpha > 1$ 的比值），再从 W 相位的反相信号 W^- 减去 U 相位的反相信号 U^- 。在相位调整电路 20 中，由于 U 相位反相信号 U^- 的放大率被设置为 2 倍的最大值，最小的超前角大约是 19.1° 。

因此，相位调整电路 20 的 U 相位同相信号 U^+ 的调整范围扩展到了大约 19.1° 到大约 60° 。U 相位反相信号 U^- 和 V 相位，W 相位的同相和反相信号（然而，附图 2 中没有显示 U^- ， V^- 和 W^- 的调整）的调整也是一样。此外，随着相位超前角的增加，振幅也会增加。

下面将参考附图 3 描述用来实现此操作原理的相位调整电路 20 的特定电路。相位调整电路最好包括：相位调整电压输入电路 24、U 相位处理电路 25、V 相位处理电路 26、W 相位处理电路 27、DC 电平校正电路 28 和电压转换电路 29。在这些处理电路 25，26，27 中，与各个差分信号 U^+ 和 U^- 、 V^+ 和 V^- 或 W^+ 和 W^- 之间的差值相对应的电流被生成，然后，通过将上述电流值乘以 1 和比值 α 所获得的电流（1 倍电流和 α 倍电流）被生成。1 倍电流是供应方向的电流，例如源电流； α 倍电流是提取方向的电流，例如宿电流（sink current）。相减由通过连接线路的特定组合所合成的电流来进行。例如，由 W 相位处理电路 27 产生的与反相信号 W^- 相对应的 1 倍电流被提供给连接 AU^+ 端子的线路；由 U 相位处理电路 25 产生的与反相信号 U^- 相对应的 α 倍电流从此线路中提取。得到的合成电流的 DC 电平被 DC 电平校正电路 28 校正，并被电压转换电路 29 使用基准电位 V_{REF} 转换为电压作为基准。详细的电路配置和操作将在下面描述。

相位调整电压输入电路 24 最好包括：NPN 型晶体管 30，其输入相位调整电压的反相电压 V_{DEG}^- 到它的基极；NPN 型晶体管，其输入相位调整电压的同相电压 V_{DEG}^+ 到它的基极；连接晶体管 30 和 31 发射极的电阻 34；位于晶体管 30 和 31 各自发射极和地电势之间的恒流源 32 和 33；各自集电极和基极分别连接晶体管 30 和 31 的集电极的 PNP 型晶体管 35 和 36；以及发射极连接到晶体管 35 和 36 的相互连接的发射极的 NPN 型晶体管 37，它的基极和集电极连接到电源 V_{cc} 。反相电压 V_{deg}^- 和同相电压 V_{deg}^+ 分别从晶体管 30 的集电极和晶体管 35 的集电极之间的连接点、以及晶体管 31 的集电极和晶体管 36 的集电极之间的连接点输出。相位调整电压 V_{DEG}^+ 和 V_{DEG}^- 被相位调整电压输入电路 24 转换为具有由后继电路 25 到 28 操作的输入电平的电压 V_{deg}^+ 和 V_{deg}^- 。

U 相位处理电路 25 最好包括：输入 U 相位同相信号 U^+ 到它的基极的 NPN 型的晶体管 40u；输入 U 相位反相信号 U^- 到它的基极的 NPN 型的晶体管 41u；连接晶体管 40u 和 41u 的发射极之间的电阻 44u；位于晶体管 40u 和 41u 各自发射极和地电势之间的具有电流值 I_a 的恒流源 42u 和 43u；各自集电极和基极分别连接晶体管 40u 和 41u 的集电极的 PNP 型的晶体管 45u 和 55u，它们的发射极连接电源 V_{cc} ；与晶体管 45u 组成电流镜像电路的 PNP 型晶体管 46u；与晶体管 45u 组成电流镜像电路的 PNP 型晶体管 47u 和 48u，它们的集电极互相连接；输入反相电压 V_{deg}^- 到基极，发射极连接晶体管 47u 和 48u 的集电极的 PNP 型晶体管 50u；输入同相电压 V_{deg}^+ 到基极，发射极连接晶体管 47u 和 48u 的集电极，集电极接地的 PNP 型晶体管 51u；集电极和基极连接晶体管 50u 的集电极，发射极接地的 NPN 型晶体管 52u；与晶体管 52u 组成电流镜像电路的 NPN 型晶体管 53u；与晶体管 55u 组成电流镜像电路的 PNP 型晶体管 56u；与晶体管 55u 组成电流镜像电路的 PNP 型晶体管 57u 和 58u，它们的集电极互相连接；输入反相电压 V_{deg}^- 到基极，发射极连接晶体管 57u 和 58u 的集电极的 PNP 型晶体管 60u；输入同相电压 V_{deg}^+ 到基极，发射极连接晶体管 57u 和 58u 的集电极的 PNP 型晶体管 61u，它的集电极接地；集电极和基极连接晶体管 60u 的集电极，发射极接地的 NPN 型晶体管 62u；与晶体管 62u 组成电流镜像电路的 NPN 型晶体管 63u。晶体管 46u 的集电极连接 AV^- 的输出端子，晶体管 56u 的集电极连接 AV^+ 的输出端子。此外，晶体管 53u 的集电极连接 AV^- 的输出端子，晶体管 63u 的集电极连接 AV^+ 的输出端子。V 相位处理电路 26 和 W 相位处理电路 27 最好包括与 U 相位处理电路 25 完全同样的电路单元。因此，这些电路的内部构造的描述被省略。

下面描述输出端子 AU^+ 的输出电压。在 W 相位处理电路 27 中，流向晶体管 55w 的电流根据 W 相位信号 W^+ 和 W^- 变化。在特定条件下，如果 W 相位信号 W^+ 和 W^- 间的差别为零， I_a 的电流就会流向晶体管 55w。如果 W 相位信号 W^+ 和 W^- 间的差别为正，流向晶体管 55w 的电流会减少。相反的，如果 W 相位信号 W^+ 和 W^- 间的差别为负，

流向晶体管 55w 的电流会增加。换句话说，具有 DC 电平 I_a 的正弦波电流根据正弦波的 W 相位信号 W^+ 和 W^- 流向晶体管 55w。 I_a 的最大振幅可能是这些正弦波电流的最大振幅。与晶体管 55w 的电流值相同的电流也流向晶体管 56w，此电流在提供电流的方向流向连接输出端子 AU^+ 的线路。

同时，在 U 相位处理电路 25 中也一样，具有 DC 电平 I_a 的正弦波电流根据 U 相位正弦波信号 U^+ 和 U^- 流向晶体管 55u。与此晶体管 55u 的电流相等的电流也流向晶体管 57u 和 58u。如果同相电压 V_{deg}^+ 和反相电压 V_{deg}^- 的差值为零，流向晶体管 58u 的电流分量‘原样’流向晶体管 62u。如果同相电压 V_{deg}^+ 和反相电压 V_{deg}^- 的差值为负，流向晶体管 58u 的电流分量的一部分通过晶体管 61u 流向地电势。因此流向晶体管 62u 的电流被降低。相反的，如果同相电压 V_{deg}^+ 和反相电压 V_{deg}^- 的差值为正，流向晶体管 57u 的电流分量的一部分加到流向晶体管 58u 的电流分量上，从而流向晶体管 62u 的电流被增加。换句话说，通过将流向晶体管 55u 的电流乘以与同相电压 V_{deg}^+ 和反相电压 V_{deg}^- 的差值相应的比值 α 而产生的电流流向晶体管 62u。与晶体管 62u 的电流值相等的电流流向晶体管 63u，且此电流在提取方向从连接的线路流向输出端子 AU^+ 。

因此，如果提供给连接到输出端子 AU^+ 的线路的电流比提取电流的电流值大，则电压转换电路 29 就会输出正电压给输出端子 AU^+ （以基准电压 V_{REF} 为基准）。相反，如果提供给连接到输出端子 AU^+ 的线路的电流比提取电流的电流值小，电压转换电路 29 就会输出负电压给输出端子 AU^+ （以基准电压 V_{REF} 为基准）。这样电压 $W^- - \alpha U^-$ 从输出端子 AU^+ 输出（以基准电压 V_{REF} 为基准）。例如， $\alpha=0$ 的情况下，与 W 相位反相信号 W^- 相位相同，并且振幅乘以 1 倍的信号被输出。 $\alpha=1$ 的情况下，角度位于 W 相位反相信号 W^- 和 U 相位同相信号 U^+ （与 U 相位反相信号 U^- 反相的信号）中心的信号被输出，例如角度超前 30° 、振幅大约 1.73 倍的情况。在 $\alpha=2$ 的情况下，超前 U 相位同相信号 U^+ 大约 19.1° ，振幅大约 2.65 倍的信号被输出。

此外，当具有 DC 电平 I_a 的正弦波电流根据正弦波的 W 相位信

号 W^+ 和 W^- 流向晶体管 56w 时, 具有 DC 电平 $\alpha \times I_a$ 的正弦波电流根据正弦波的 U 相位信号 U^+ 和 U^- 流向晶体管 63u。因此, 连接到输出端子 AU^+ 的线路上的电流具有 DC 电平 $(1-\alpha) \times I_a$ 。校正此 DC 电平的 DC 电平校正电路 28 将在下面描述。

DC 电平校正电路 28 最好包括: 电流值为 I_a 的恒流源 70, 其一端接地; 集电极和基极连接恒定电流源 70 另一端、发射极连接电源 V_{cc} 的 PNP 型晶体管 71; 与晶体管 71 组成电流镜像电路、集电极互相连接的 PNP 型晶体管 72 和 73; 与晶体管 71 组成电流镜像电路的 PNP 型晶体管 74 和 79; 基极输入反相电压 V_{deg}^- 、发射极连接晶体管 72 和 73 的集电极、集电极接地的 PNP 型晶体管 81; 基极输入同相电压 V_{deg}^+ , 发射极连接晶体管 72 和 73 的集电极的 PNP 型晶体管 82; 集电极和基极连接晶体管 82 的集电极、发射极接地的 NPN 型的晶体管 83; 与晶体管 83 组成电流镜像电路、集电极分别连接晶体管 74 到 79 的集电极的 NPN 型晶体管 84 到 89。晶体管 74 到 79 和晶体管 84 到 89 之间的各个连接点与六个诸如输出端子 AU^+ 之类的输出端子连接。

在此 DC 电平校正电路 28 中, 电流 I_a 流向晶体管 71 到 79。流向晶体管 83 的电流会根据同相电压 V_{deg}^+ 和反相电压 V_{deg}^- 间的差值而变化, 并为 $(2-\alpha) \times I_a$ 。与晶体管 83 的电流值相等的电流会流向晶体管 84 到 89。由于此电流由晶体管 71 到 79 的电流 I_a 合成, DC 电平校正电路 28 输出 DC 电平 $(\alpha-1) \times I_a$ 。通过合成此 DC 电流和上述具有 DC 电平 $(1-\alpha) \times I_a$ 的电流产生具有 0 DC 电平的电流。这样, DC 电平被 DC 电平校正电路 28 校正。

下面描述电压转换电路 29。电压转换电路 29 最好包括电阻 90 到 95, 每一个的其中一端分别连接六个比如输出端子 AU^+ 之类的输出端子的其中之一, 每一个的另一端共同连接基准电势 V_{REF} 。输入电压转换电路 29 的电流乘以电阻 90 到 95 的阻值所产生的电压被输出。

这样, 由于相位调整电路 20 包括: 相位调整电压输入电路 24、U 相位处理电路 25、V 相位处理电路 26、W 相位处理电路 27、DC 电平校正电路 28 以及电压转换电路 29, 比值 α 依据相位调整电压 V_{DEG}

$^+$ 和 $VDEG^-$ 被调节, 然后, 从 W 相位同相信号 W^+ 的反相信号 (例如 W^-) 中减去乘以比值 α 后的 U 相位同相信号 U^+ 的反相信号 (例如 U^-) 所获得的信号作为 U 相位同相信号 AU^+ 被输出。从 U 相位同相信号 U^+ 的反相信号 (例如 U^-) 中减去乘以比值 α 后的 V 相位同相信号 V^+ 的反相信号 (例如 V^-) 所获得的信号作为 V 相位同相信号 AV^+ 被输出。从 V 相位同相信号 V^+ 的反相信号 (例如 V^-) 中减去乘以比值 α 后的 V 相位同相信号 W^+ 的反相信号 (例如 W^-) 所获得的信号作为 W 相位同相信号 AW^+ 被输出。此外, 从 W 相位反相信号 W^- 的反相信号 (例如 W^+) 中减去乘以比值 α 后的 U 相位反相信号 U^- 的反相信号 (例如 U^+) 所获得的信号作为 U 相位反相信号 AU^- 被输出。从 U 相位反相信号 U^- 的反相信号 (例如 U^+) 中减去乘以比值 α 后的 V 相位反相信号 V^- 的反相信号 (例如 V^+) 所得到的信号作为 V 相位反相信号 AV^- 被输出。从 V 相位反相信号 V^- 的反相信号 (例如 V^+) 中减去乘以比值 α 后的 W 相位反相信号 W^- 的反相信号 (例如 W^+) 所获得的信号作为 W 相位反相信号 AW^- 被输出。

本发明并不限于上述优选实施例。在下面的权利要求的范围内, 各种设计的改进是可能的。例如, 优选实施例中描述的相位调整电路 20 最好是这样的电路: 输入用于调整相位的三相差分信号和差分电压, 这三个相位可调, 并输出三相差分信号 AU^+ 、 AU^- 、 AV^+ 、 AV^- 、 AW^+ 和 AW^- 。然而, 只输出三相同相信号 AU^+ 、 AV^+ 和 AW^+ 的电路也是可以的。在这种情况下, 与差分信号的输出相比, 由于电路的输入偏移, 输入信号经例如自动增益控制电路 13 之类的后继电路的正弦波精确处理可能会有下降。然而, 相位调整电路 20 的电路规模可以减小。此外, DC 电平校正电路 28 的排列方式被设置为简化自动增益控制电路 13 输入级的结构。然而, 也可以通过在自动增益控制电路 13 中设置一个类似的电路或设置一个通过大容量耦合电容输入 AC 的电路来省略相位调整电路 20 中的 DC 电平校正电路 28。此外, 可以通过在自动增益控制电路 13 的输入级设置一个类似电路或在自动增益控制电路 13 的后面设置一个输入瞬间电流的电路来省略电压转换电路 29。

此外，如上所述的相位调整电路20的操作原理可以由上述的相对简单的电路实现。然而，能够被一个复杂电路，如输出由U相位同相信号 U^+ 和V相位同相信号 V^+ 计算出的信号 AU^+ 的电路实现的另一个操作原理也可以被使用。

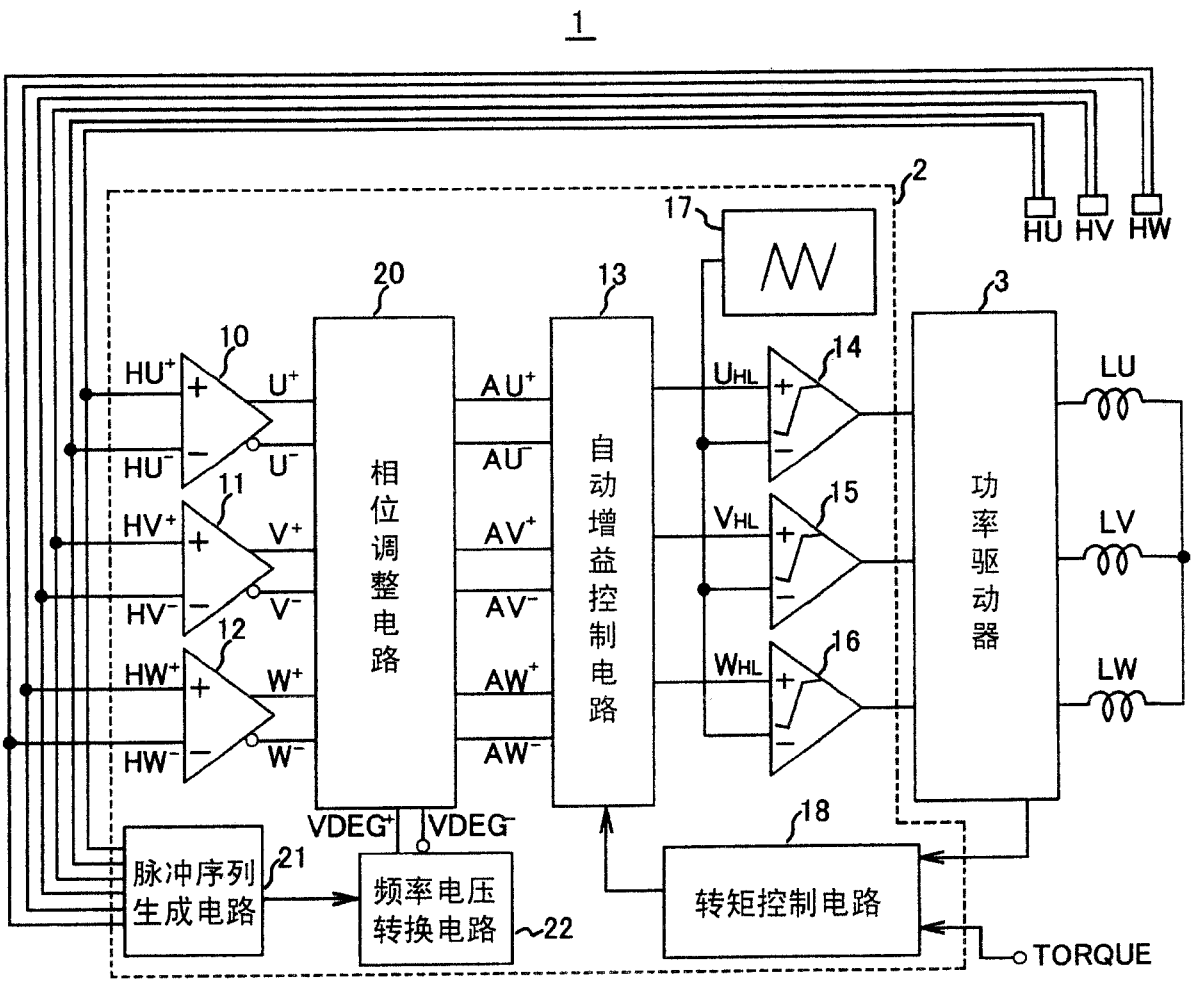


图 1

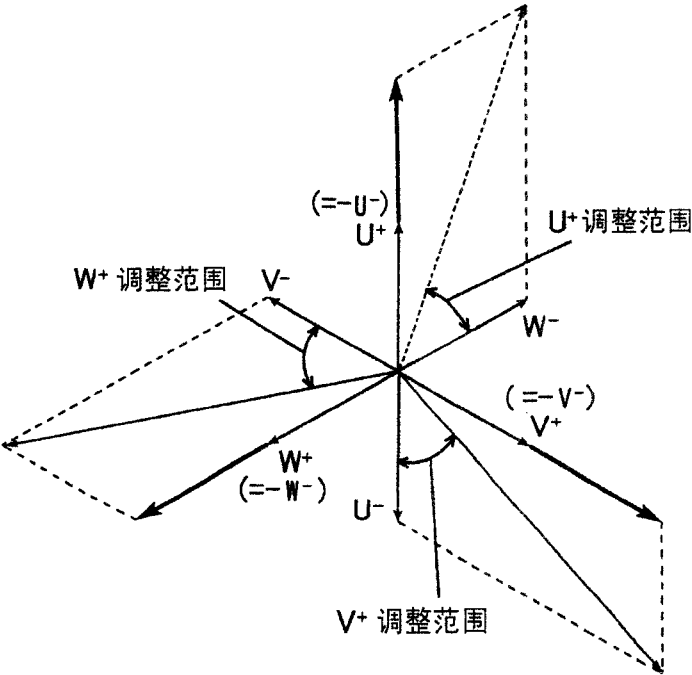


图 2

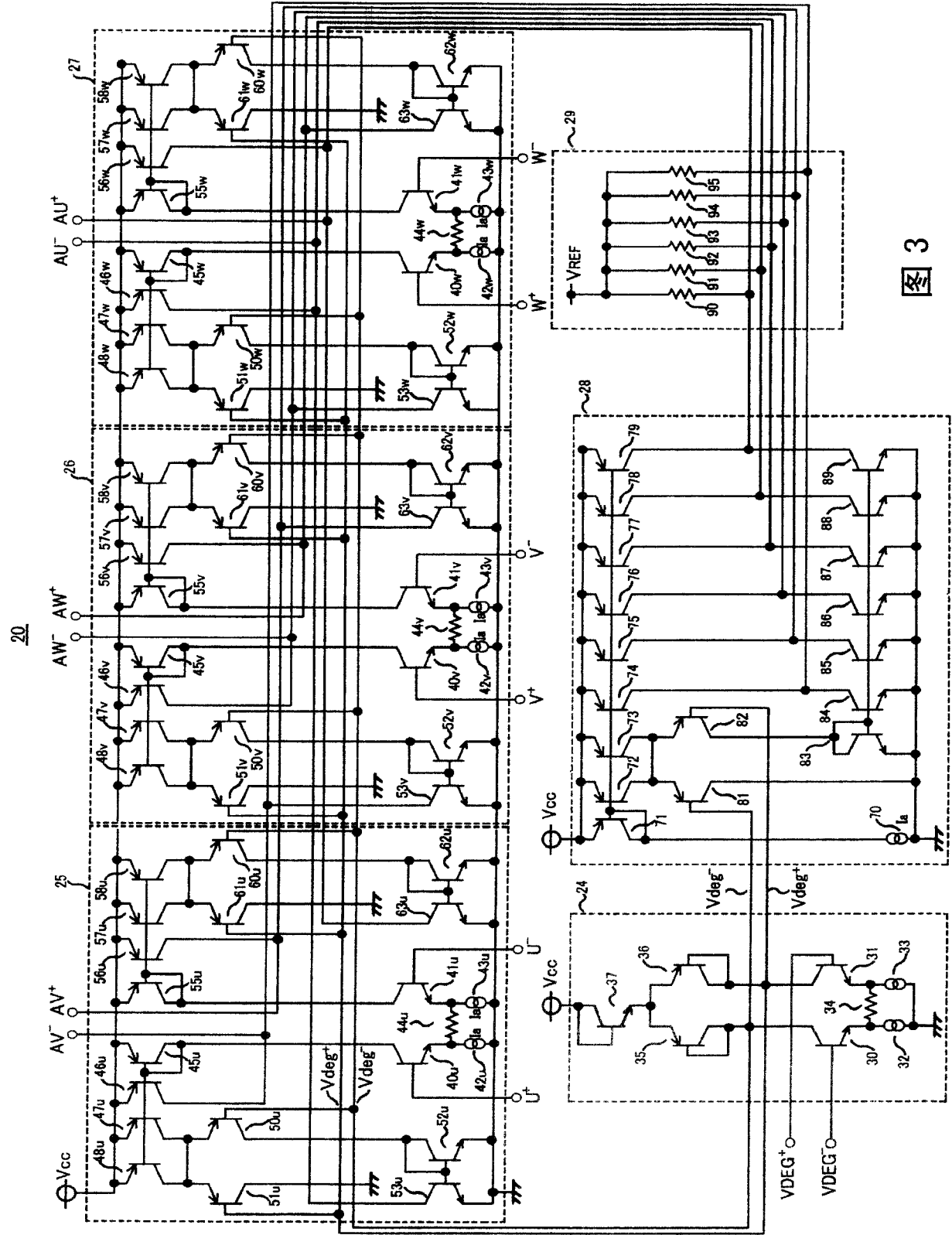


图 3

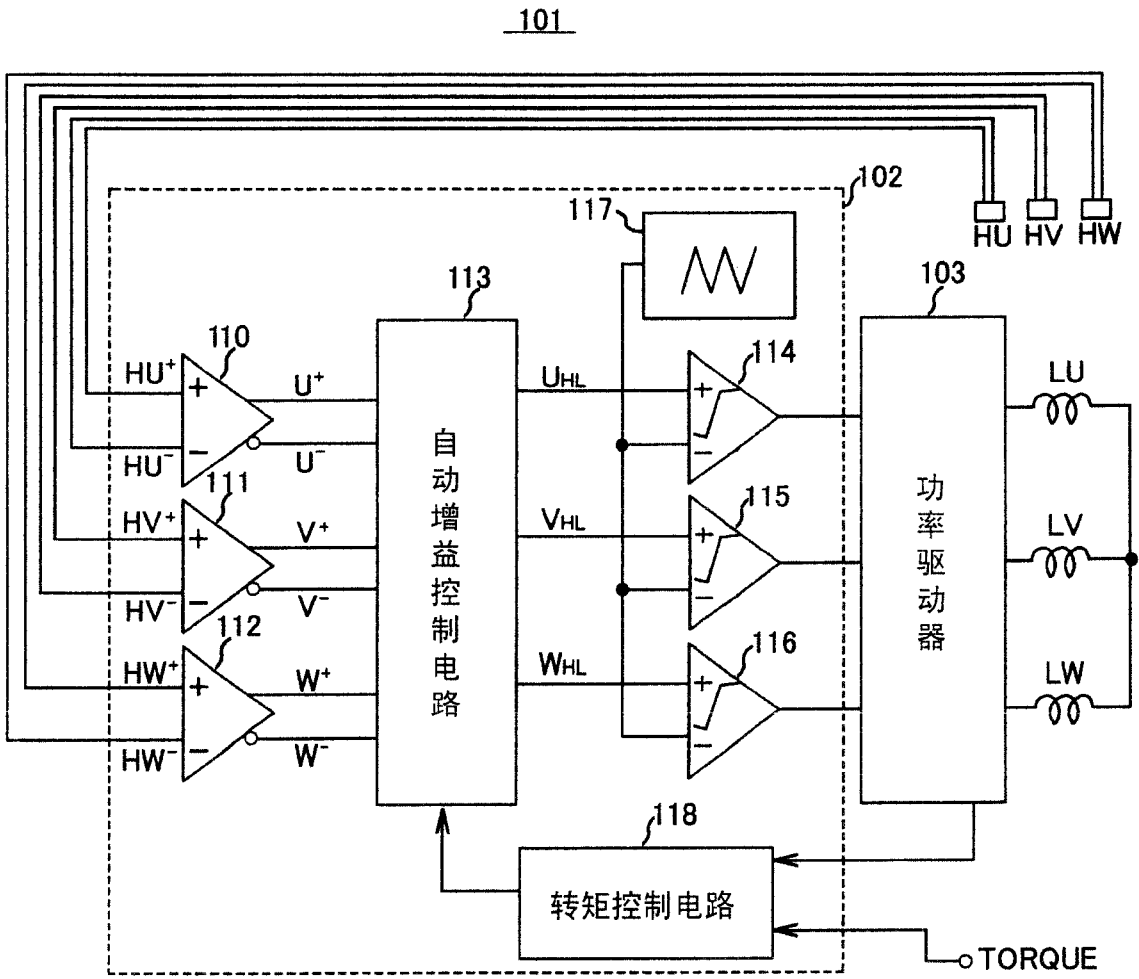


图 4