



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103534767 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201280023761. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 08. 02

H01F 7/18(2006. 01)

(30) 优先权数据

(56) 对比文件

2011-179771 2011. 08. 19 JP

US 4503480 A, 1985. 03. 05,

US 4503480 A, 1985. 03. 05,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

US 6317248 B1, 2001. 11. 13,

2013. 11. 13

JP 昭 61-256608 A, 1986. 11. 14,

(86) PCT国际申请的申请数据

JP 特开平 9-171924 A, 1997. 06. 30,

PCT/JP2012/004921 2012. 08. 02

JP 特开 2002-193394 A, 2002. 07. 10,

(87) PCT国际申请的公布数据

审查员 王光军

W02013/027342 JA 2013. 02. 28

(73) 专利权人 富士电机机器制御株式会社

地址 日本东京都

专利权人 富士电机株式会社

(72) 发明人 森田晃 田口贵裕

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322

代理人 龙淳

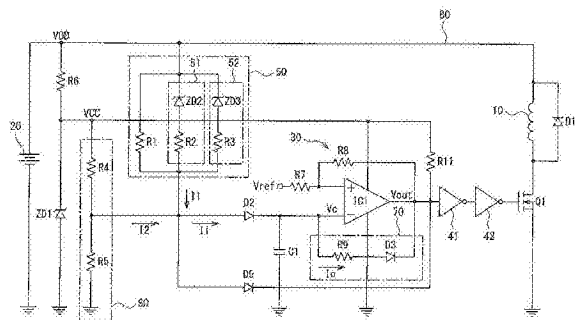
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

电磁铁线圈的驱动装置

(57) 摘要

本发明提供一种电磁铁线圈的驱动装置,其抑制电磁铁的线圈中流过的电流的变化,实现线圈电流的稳压化。本发明具备:与电磁铁的线圈(10)串联连接,控制对线圈(10)供给的电流的半导体开关(Q1);电容器(C1);将电容器(C1)的充放电的电压与2个不同的电压进行比较,根据比较结果生成使半导体开关(Q1)进行开关动作的信号的比较器(30);基于线圈(10)的施加电压对电容器(C1)充电的充电电路(50);基于稳压后的电压对电容器(C1)充电的充电电路(60);和进行电容器(C1)的放电的放电电路(70)。充电电路(50)具备电阻(R1)和与电阻(R1)并联连接的补偿电路(51、52)。各补偿电路(51、52)中,电阻与齐纳二极管串联连接。



1. 一种电磁铁线圈的驱动装置,其特征在于,具备:
半导体开关,其与电磁铁的线圈串联连接,控制对所述线圈供给的电流;
电容器;
比较器,其将所述电容器的充放电的电压与 2 个不同的电压进行比较,并根据比较结果生成使所述半导体开关进行开关动作的信号;
第一充电电路,其基于所述线圈的施加电压对所述电容器充电;和
放电电路,其进行所述电容器的放电,
所述第一充电电路具备第一电阻和与所述第一电阻并联连接的至少一个补偿电路,
所述补偿电路具备:
由第二电阻与第一齐纳二极管串联连接而成的第一补偿电路;和
由第三电阻与第二齐纳二极管串联连接而成的第二补偿电路,
所述第一齐纳二极管和所述第二齐纳二极管彼此的齐纳电压不同。
2. 如权利要求 1 所述的电磁铁线圈的驱动装置,其特征在于:
还具备基于稳压后的电压来对所述电容器充电的第二充电电路。
3. 如权利要求 1 或 2 所述的电磁铁线圈的驱动装置,其特征在于:
所述第一充电电路还具备与所述第一电阻串联连接的热敏电阻元件。
4. 如权利要求 3 所述的电磁铁线圈的驱动装置,其特征在于:
所述热敏电阻元件具有正的温度系数。

电磁铁线圈的驱动装置

技术领域

[0001] 本发明涉及使电流在电磁铁的线圈中流过来驱动该线圈的电磁铁线圈的驱动装置。

背景技术

[0002] 以往,这种驱动装置已知记载在例如专利文献 1 中。

[0003] 该现有的驱动装置具备:与电磁铁的线圈串联连接、控制对该线圈供给的电流的半导体开关;电容器;将电容器的电压与 2 个电压进行比较,根据比较结果生成使半导体开关进行开关动作的信号的带有磁滞功能的比较器;和进行该电容器的充电和放电的充放电电路。

[0004] 这样结构的驱动装置中,半导体开关根据从比较器输出的信号进行开关动作,由此对电磁铁的线圈供给规定的电流,对线圈进行励磁。

[0005] 电磁铁的线圈中励磁力由供给的电流决定,所以优选测量流过线圈的电流并使其为恒定值。因此,以往,使用霍尔元件或电流检测电阻等测量流过线圈的电流,进行使该测量电流恒定的控制。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献 1:日本专利第 3365181 号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的技术问题

[0010] 但是,使用霍尔元件的情况下存在外部磁场的影响和制造费用增加的课题,使用检测电阻的情况下存在检测电阻中的电力损失,不优选。

[0011] 在这样的背景下,要求在解决这些技术问题的同时,在电磁铁的线圈的施加电压上升、线圈的电流增加的情况,或者环境温度变化、线圈的电流减少的情况下,应对这些电流的变化,实现线圈电流的稳压化。

[0012] 于是,本发明使鉴于以上的问题点而完成的,其目的在于提供一种电磁铁线圈的驱动装置,其能够尽可能地抑制由电磁铁的线圈的施加电压上升等引起的线圈电流的变化,实现线圈电流的稳压化。

[0013] 解决技术问题的技术手段

[0014] 为了达成上述目的,本发明由以下结构构成。

[0015] 本发明的一个方式的电磁铁线圈的驱动装置,特征在于,具备:半导体开关,其与电磁铁的线圈串联连接,控制对上述线圈供给的电流;电容器;比较器,其将上述电容器的充放电的电压与 2 个不同的电压进行比较,并根据比较结果生成使上述半导体开关进行开关动作的信号;第一充电电路,其基于上述线圈的施加电压对上述电容器充电;和放电电路,其进行上述电容器的放电,上述第一充电电路具备第一电阻和与上述第一电阻并联连

接的至少一个补偿电路,上述补偿电路中,电阻与齐纳二极管(稳压二极管)串联连接。

[0016] 此外,上述电磁铁线圈的驱动装置还可以具备基于稳压后的电压来对上述电容器充电的第二充电电路。

[0017] 此外,上述补偿电路可以具备由第二电阻与第一齐纳二极管串联连接而成的第一补偿电路、和第三电阻与第二齐纳二极管串联连接而成的第二补偿电路,上述第一齐纳二极管与上述第二齐纳二极管彼此的齐纳电压(稳定电压)不同。

[0018] 此外,上述第一充电电路还可以具备与上述第一电阻串联连接的热敏电阻元件。

[0019] 此外,上述热敏电阻元件可以具有正的温度系数。

[0020] 此外,本发明的其他方式的电磁铁线圈的驱动装置,特征在于,具备:半导体开关,其与电磁铁的线圈串联连接,控制对上述线圈供给的电流;电容器;比较器,其将上述电容器的充放电的电压与2个不同的电压进行比较,并根据比较结果生成使上述半导体开关进行开关动作的信号;第一充电电路,其基于上述线圈的施加电压对上述电容器充电;和放电电路,其进行上述电容器的放电,上述第一充电电路具备第一电阻和热敏电阻元件;上述第一电阻与上述热敏电阻元件串联或并联连接。

[0021] 此外,上述电磁铁线圈的驱动装置,还可以具备基于稳压后的电压来对上述电容器充电的第二充电电路。

[0022] 此外,上述热敏电阻元件可以具有正的温度系数。

[0023] 发明的效果

[0024] 这样结构的本发明中,能够尽可能地抑制由电磁铁的线圈的施加电压的上升等引起的线圈电流的变化,实现线圈电流的稳压化。

附图说明

[0025] 图1是本发明的电磁铁线圈的驱动装置的第一实施方式的电路图。

[0026] 图2是表示第一实施方式的动作的波形例的图。

[0027] 图3是表示电磁铁的线圈的施加电压与电流的关系的图。

[0028] 图4是本发明的电磁铁线圈的驱动装置的第二实施方式的电路图。

[0029] 图5是本发明的电磁铁线圈的驱动装置的第三实施方式的电路图。

具体实施方式

[0030] 以下基于附图说明本发明的实施方式。

[0031] (第一实施方式的结构)

[0032] 图1是本发明的电磁铁线圈的驱动装置的第一实施方式的电路图。

[0033] 该第一实施方式中,从电源20对电磁铁的线圈10供给电流,并且即使电源20的电源电压VDD发生变化,也可使恒定的电流在线圈10中流过。

[0034] 为此,如图1所示,在第一实施方式中,具备:作为半导体开关的场效应晶体管Q1;带有磁滞功能的比较器30;反相器(inverter)41、42;电容器C1;对电容器C1充电的2个充电电路50、60;和使电容器C1的电荷放电的放电电路70。

[0035] 此外,该第一实施方式中,如图1所示,电阻R6与齐纳二极管ZD1在电源线80与地之间串联连接,从电阻R6与齐纳二极管(稳压二极管)ZD1的共同连接部得到稳压后的内

部电压 VCC。

[0036] 电磁铁的线圈 10 的一端与电源线 80 连接,直接被施加电源电压 VDD。这是为了提高电源的效率。此外,线圈 10 的另一端与场效应晶体管 Q1 的漏极连接。在线圈 10 的两端并联连接有续流用的二极管 D1。二极管 D1 起到在场效应晶体管 Q1 断开时,利用因线圈 10 中产生的逆电动势而产生的电压,使电流在线圈 10 中流过的作用。

[0037] 场效应晶体管 Q1 与线圈 10 串联连接,控制从电源 20 对线圈 10 供给的电流。为此,场效应晶体管 Q1 的漏极与线圈 10 连接,场效应晶体管 Q1 的源极接地。此外,场效应晶体管 Q1 的栅极与反相器 42 的输出端子连接。

[0038] 比较器 30 将电容器 C1 的充放电电压(两端电压) V_c 与 2 个电压 V_H 、 V_L 进行比较(参照图 2),将与该比较结果对应的信号作为使场效应晶体管 Q1 进行开关动作的信号来输出。为此,比较器 30 如图 1 所示,具备运算放大器 IC1 和用于使其具有磁滞效果的电阻 R7 和电阻 R8。此外,运算放大器 IC1 为集电极开路型,如图 1 所示在输出端连接电阻 R11,能够输出电压。

[0039] 运算放大器 IC1 的反相输入端子(-)与电容器 C1 的一端连接,电容器 C1 的另一端接地。运算放大器 IC1 的非反相输入端子(+)通过电阻 R7 施加基准电压 V_{ref} 。在运算放大器 IC1 的非反相输入端子(+)与输出端子之间,连接电阻 R8。对运算放大器 IC1 的一个电源端子供给内部电压 VCC,运算放大器 IC1 的另一个电源端子接地。

[0040] 根据这样结构的比较器 30,通过使用对电阻 R7 的一端施加的基准电压 V_{ref} ,能够得到在比较电容器 C1 的两端电压 V_c 时使用的上限阈值电压 V_H 和下限阈值电压 V_L (参照图 2)。

[0041] 反相器 41 使比较器 30 的输出逻辑反转,将该逻辑反转后的二值信号对反相器 42 供给。反相器 42 使反相器 41 的输出逻辑反转,将该逻辑反转后的二值信号对场效应晶体管 Q1 的栅极供给。

[0042] 如图 1 所示,充电电路 50 是基于线圈 10 的施加电压对电容器 C1 充电的电路,一端侧与电源线 80 连接,另一端侧经二极管 D2 与电容器 C1 的一端连接。然后,充电电路 50 具备:反馈电阻 R1;和与反馈电阻 R1 并联连接的第一补偿电路 51 和第二补偿电路 52。

[0043] 反馈电阻 R1 的一端与电源线 80 连接,反馈电阻 R1 的另一端经二极管 D2 与电容器 C1 的一端连接。第一补偿电路 51 中,电阻 R2 与齐纳二极管 ZD2 串联连接,该串联电路与反馈电阻 R1 并联连接。第二补偿电路 52 中,电阻 R3 与齐纳二极管 ZD3 串联连接,该串联电路与反馈电阻 R1 并联连接。

[0044] 如图 1 所示,充电电路 60 是基于在齐纳二极管 ZD1 的两端产生的稳压后的内部电压 VCC 对电容器 C1 充电的电路。为此,充电电路 60 具备由电阻 R4 和电阻 R5 构成的将内部电压 VCC 分压的分压电路。然后,电阻 R4 与电阻 R5 的共同连接部经二极管 D2 与电容器 C1 的一端连接。此外,电阻 R4 与电阻 R5 的共同连接部经二极管 D5 与运算放大器 IC 的输出端子连接。

[0045] 如图 1 所示,放电电路 70 中,电阻 R9 与二极管 D3 串联连接,电阻 R9 的一端与电容器 C1 的一端连接,二极管 D3 的阴极与运算放大器 IC1 的输出端子连接。

[0046] (第一实施方式的动作)

[0047] 接着,参照图 1 和图 2 说明第一实施方式的动作的一例。

[0048] 在图 2 的时刻 t_1 , 图 1 所示的电容器 C1 的电压 V_c 成为比较器 30 的下限阈值电压 V_L 以下时, 比较器 30 的输出电压 V_{out} 从低电平变为高电平。

[0049] 伴随该变化, 电容器 C1 分别开始由充电电路 50 和充电电路 60 进行的充电。该充电时, 对电容器 C1 充电的充电电流 I_i , 如图 1 所示由电流 I1 和电流 I2 这 2 个成分组成。这 2 个电流 I1、I2 经过二极管 D2 对电容器 C1 充电。电流 I1 从作为线圈 10 的施加电压的电源电压 VDD 经充电电路 50 供给。此外, 电流 I2 基于利用充电电路 60 的电阻 R4、R5 将稳压后的内部电压 VCC 分压后的电压供给。

[0050] 之后, 充电器 C1 的充电进行, 在图 2 的时刻 t_2 , 电容器 C1 的电压 V_c 成为比较器 30 的上限阈值电压 V_H 以上时, 比较器 30 的输出电压 V_{out} 从高电平变为低电平。

[0051] 伴随该变化, 电容器 C1 的充电电荷开始由放电电路 70 进行的放电。来自电容器 C1 的放电电流 I_o , 经电阻 R9 和二极管 D3 流入运算放大器 IC1 的输出端子。

[0052] 之后, 电容器 C1 的放电进行, 在图 2 的时刻 t_3 , 电容器 C1 的电压 V_c 成为比较器 30 的下限阈值电压 V_L 以下时, 比较器 30 的输出电压 V_{out} 从低电平变为高电平。伴随该变化, 电容器 C1 开始由充电电路 50 和充电电路 60 进行的充电。

[0053] 通过这样一系列动作, 电容器 C1 反复充电和放电, 从比较器 30 输出与其对应的脉冲作为输出电压 V_{out} 。比较器 30 的输出电压 V_{out} 通过反相器 41、42 分别被逻辑反转, 通过从反相器 42 输出的脉冲进行场效应晶体管 Q1 的开关控制。

[0054] 接着, 在第一实施方式中, 对于电源电压 VDD 上升的情况下的充电电路 50、60 和放电电路 70 的各动作, 参照图 1 详细叙述。

[0055] 如上所述, 第一实施方式中, 电容器 C1 的充电电流 I_i 由电流 I1 和电流 I2 这 2 个成分组成。在这样的动作下, 电源电压 VDD 上升的情况下, 电流 I2 不增加, 而是恒定的。其理由在于, 电流 I2 是基于利用充电电路 60 的电阻对使电源电压 VDD 稳压后的内部电压 VCC 分压后的电压而得到的。

[0056] 另一方面, 电流 I1 在电源电压 VDD 上升时、即线圈 10 的施加电压上升时, 要随着该上升而增加。但是, 电流 I1 从电源电压 VDD 经充电电路 50 供给。并且, 如图 1 所示, 充电电路 50 具备反馈电阻 R1 和与反馈电阻 R1 并联连接的第一补偿电路 51 和第二补偿电路 52。

[0057] 因此, 在电源电压 VDD 上升的情况下, 伴随该上升, 第一补偿电路 51 的电阻 R2 和第二补偿电路 52 的电阻 R3 与反馈电阻 R1 并联连接, 参与充电电流 I_i 的充电。以下说明这一点。

[0058] 第一实施方式中, 内部电压 VCC 被稳压化, 所以电源电压 VDD 与内部电压 VCC 的电压差 ($VDD - VCC$) 的增加, 反映了电源电压 VDD 的增加。然后, 第一补偿电路 51 的齐纳二极管 ZD2 的齐纳电压 V_{ZD2} 和第二补偿电路 52 的齐纳二极管 ZD3 的齐纳电压 V_{ZD3} 成 $V_{ZD2} < V_{ZD3}$ 的关系。

[0059] 于是, 电源电压 VDD 与内部电压 VCC 的电压差 ($VDD - VCC$) 与齐纳电压 V_{ZD2} 、 V_{ZD3} 的大小关系, 分为以下 (1) ~ (3) 式的情况。

[0060] $(VDD - VCC) < V_{ZD2} \dots \dots (1)$

[0061] $V_{ZD2} < (VDD - VCC) < V_{ZD3} \dots \dots (2)$

[0062] $V_{ZD3} < (VDD - VCC) \dots \dots (3)$

[0063] (1) 式是伴随电源电压 VDD 的上升的电压差 ($VDD - VCC$) 低于齐纳二极管 ZD2 的齐纳电压 $VZD2$, 在齐纳二极管 ZD2 中没有流过电流的情况。此时, 齐纳二极管 ZD3 没有流过电流。从而, 参与充电电路 50 的充电的电阻只有电阻 R1。

[0064] (2) 式是伴随电源电压 VDD 的上升的电压差 ($VDD - VCC$) 在齐纳二极管 ZD2 的齐纳电压 $VZD2$ 以上, 且齐纳二极管 ZD3 的齐纳电压 $VZD3$ 以下的情况。该情况下, 齐纳二极管 ZD3 中没有流过电流, 但齐纳二极管 ZD2 中流过电流。因此, 参与充电电路 50 的充电的电阻是电阻 R1、R2, 这 2 个电阻 R1、R2 并联连接形成并联电路。

[0065] (3) 式是伴随电源电压 VDD 的上升的电压差 ($VDD - VCC$) 在齐纳二极管 ZD3 的齐纳电压 $VZD3$ 以上的情况。该情况下, 齐纳二极管 ZD2、ZD3 双方中流过电流。因此, 参与充电电路 50 的充电的电阻是电阻 R1、R2、R3, 这 3 个电阻 R1、R2、R3 并联连接形成并联电路。

[0066] 通过这样的动作, 第一实施方式中, 电源电压 VDD 的上升越大, 参与充电电路 50 的充电的电阻的合成电阻值越小。因此, 电源电压 VDD 增加的情况下, 对电容器 C1 的充电电流 I_i 增加, 电容器 C1 的充电期间 T1 变短。另一方面, 即使电源电压 VDD 上升, 放电电阻即电阻 R9 的电阻值也没有变化, 所以电容器 C1 的放电电流 I_o 恒定, 其放电时间 T2 恒定。

[0067] 因此, 比较器 30 的输出电压 V_{out} 高电平的期间变短, 但低电平的期间恒定。然后, 比较器的输出电压 V_{out} 被反相器 41 逻辑反转之后, 进一步被反相器 42 逻辑反转, 并被施加到场效应晶体管 Q1 的栅极。

[0068] 其结果, 在第一实施方式中, 在电源电压 VDD 上升的情况下, 能够缩短场效应晶体管 Q1 的接通动作的时间, 能够抑制线圈 10 中流过的电流的增加。

[0069] 接着, 参照图 3 说明第一实施方式的具体效果。

[0070] 图 3 的曲线 a 表示在第一实施方式中, 没有充电电路 50 的补偿电路 51、52 的情况下的电源电压 VDD 与电磁铁的线圈 10 中流过的电流的关系。根据曲线 a, 可知电源电压 VDD 上升时, 电磁铁的线圈 10 中流过的电流随着该上升而增加。

[0071] 图 3 的曲线 b 表示第一实施方式的电源电压 VDD 与电磁铁的线圈 10 中流过的电流的关系。根据曲线 b, 在第一实施方式中, 通过充电电路 50 的补偿电路 51、52 的动作, 即使电源电压 VDD 上升, 电磁铁的线圈 10 中流过的电流也大致恒定, 能够抑制电流的增加。

[0072] 此外, 根据图 3 的曲线 b, 电源电压在 ($VZD2 + VCC$) 和 ($VZD3 + VCC$) 处弯折, 线圈 10 的电流被抑制。这是因为电源电压相当于这 2 个电压的情况下, 补偿电路 51、52 的电阻 R2、R3 起到充电电阻的作用。

[0073] 例如, 电源电压 VDD 超过 ($VZD2 + VCC$) 时, 补偿电路 51 的电阻 R2 与电阻 R1 并联连接, 充电电路 50 的充电电阻的值变小。因此, 对电容器 C1 的充电电流增加, 充电期间 T1 变短, 比较器 30 的输出电压 V_{out} 的高电平的期间变短。由此, 场效应晶体管 Q1 的接通时间变短, 线圈 10 中流过的电流的增加被抑制。

[0074] 如以上说明, 第一实施方式如图 1 所示, 设置充电电路 50, 该充电电路 50 具备反馈电阻 R1、和与反馈电阻 R1 并联连接的第一补偿电路 51 和第二补偿电路 52。因此, 根据第一实施方式, 在电源电压上升的情况下, 能够尽可能地抑制电磁铁的线圈 10 中流过的电流的变化, 实现线圈电流的稳压化。

[0075] (第二实施方式)

[0076] 图 4 是本发明的电磁铁线圈的驱动装置的第二实施方式的电路图。

[0077] 该第二实施方式从电源对电磁铁的线圈 10 供给电流,并且在线圈 10 的温度上升,该线圈 10 的电阻值上升,电流发生变化的情况下,对该电流进行补偿,使其成为恒定的电流。

[0078] 为此,第二实施方式如图 4 所示,具备:作为半导体开关的场效应晶体管 Q1;带有磁滞功能的比较器 30;反相器 41、42;电容器 C1;对电容器 C1 充电的 2 个充电电路 50a、60;和使电容器 C1 的电荷放电的放电电路 70。

[0079] 换言之,第二实施方式基于图 1 所示的第一实施方式的结构,将图 1 所示的充电电路 50 置换为图 4 所示的充电电路 50a。从而,以下的结构的说明中,对于相同构成要素附加相同符号,尽可能地省略其详细说明。

[0080] 如图 4 所示,充电电路 50a 由反馈电阻 R1 和热敏电阻元件 RT1 构成,它们串联连接。该串联电路的一端与电磁铁的线圈 10 的一端连接,其另一端经二极管 D2 与电容器 C1 的一端连接。本例中,热敏电阻元件 RT1 的一端与线圈 10 的一端连接,反馈电阻 R1 的一端经二极管 D2 与电容器 C1 的一端连接。

[0081] 热敏电阻元件 RT1 是电阻值根据温度变化而变化的元件。此处,热敏电阻元件 RT 具有正的温度特性,能够使用正特性的热敏电阻等。

[0082] 这样结构的第二实施方式的基本动作,与第一实施方式的基本动作相同,所以省略其说明。

[0083] 接着,该第二实施方式中,对于在环境温度上升并由此电磁铁的线圈 10 的电阻值增加的情况下的动作,参照图 4 进行说明。

[0084] 该情况下,伴随线圈 10 的电阻值的增加,线圈 10 中流过的电流减少。此外,环境温度的上升使充电电路 50a 的热敏电阻元件 RT1 的电阻值增加。该电阻值的增加使充电电路 50a 的充电电阻增加,所以电流 I1 减少,电容器 C1 的充电时间变长,比较器 30 的输出电压 V_{out} 的高电平的期间变长。由此,场效应晶体管 Q1 的接通时间变长,线圈 10 中流过的电流增加,实现线圈 10 中流过的电流的稳压化。

[0085] 如以上说明,第二实施方式中,如图 4 所示,设置使反馈电阻 R1 与热敏电阻元件 RT1 串联连接而成的充电电路 50a。因此,根据第二实施方式,在环境温度上升,电磁铁的线圈 10 的电阻值增加的情况下,能够尽可能地抑制电磁铁的线圈 10 中流过的电流的变化,实现线圈电流的稳压化。

[0086] (第三实施方式)

[0087] 图 5 是本发明的电磁铁线圈的驱动装置的第三实施方式的电路图。

[0088] 该第三实施方式在电磁铁的线圈 10 的施加电压上升,或者环境温度上升,由此发生的线圈 10 中流过的电流变化(增减)的情况下,抑制该变化,使线圈 10 中流过恒定的电流。

[0089] 为此,第三实施方式如图 5 所示,具备:作为半导体开关的场效应晶体管 Q1;带有磁滞功能的比较器 30;反相器 41、42;电容器 C1;对电容器 C1 充电的 2 个充电电路 50b、60;和使电容器 C1 的电荷放电的放电电路 70。

[0090] 换言之,第三实施方式基于图 1 所示的第一实施方式的结构,将图 1 所示的充电电路 50 置换为图 5 所示的充电电路 50b。从而,以下的结构的说明中,对于相同结构要素附加相同符号,尽可能地省略其详细说明。

[0091] 充电电路 50b 如图 5 所示,在图 1 的充电电路 50 中追加了热敏电阻元件 RT2。热敏电阻元件 RT2 具有正的温度特性,能够使用正特性的热敏电阻等。

[0092] 充电电路 50b 使充电电路 50 与热敏电阻元件 RT2 串联连接。然后,使该串联电路的一端侧与线圈 10 的一端连接,使其另一端侧经二极管 D2 与电容器 C1 的一端连接。

[0093] 接着,参照图 5 说明第三实施方式的动作。

[0094] 该第三实施方式中,在电源电压 VDD 上升,线圈 10 的电流增加的情况下,通过与第一实施方式同样的动作,缩短场效应晶体管 Q1 的接通动作的时间,使线圈 10 中流过的电流减少。

[0095] 另一方面,在环境温度上升,线圈 10 的电阻值增加的情况下,线圈 10 中流过的电流减少。此外,环境温度的上升使充电电路 50b 的热敏电阻元件 RT2 的电阻值增加。该电阻值的增加使充电电路 50b 的充电电阻增加,所以电流 I1 减少,电容器 C1 的充电时间变长,比较器 30 的输出电压 Vout 的高电平的期间变长。由此,场效应晶体管 Q1 的接通时间变长,使线圈 10 中流过的电流增加。

[0096] 因此,第三实施方式中,在电磁铁的线圈 10 的施加电压上升,或者环境温度上升,并由此线圈 10 的电流发生增减的情况下,能够抑制该增减,从而使恒定的电流在线圈 10 中流过。

[0097] (实施方式的变形例等)

[0098] (1)上述各实施方式中,在比较器 30 与场效应晶体管 Q1 之间设置有反相器 41、42 (例如参照图 1),但这些反相器 41、42 不是必要的,也可以省略。

[0099] (2)上述各实施方式中,设置有充电电路 60 (例如参照图 1),但该充电电路 60 不是必要的,也可以省略。

[0100] (3)上述第二实施方式中,如图 4 所示,使充电电路 50a 的热敏电阻元件 RT1 与反馈电阻 R1 串联连接,但也可以改为使热敏电阻元件 RT1 与反馈电阻 R1 并联连接。

[0101] 附图标记的说明

[0102] 10...电磁铁的线圈,20...电源,30...比较器,41、42...反相器,50、50a、50b、60...充电电路,51...第一补偿电路,52...第二补偿电路,70...放电电路,80...电源线,Q1...场效应晶体管,C1...电容器,R1...反馈电阻,R2、R3...电阻,ZD2、ZD3...齐纳二极管,RT1、RT2...热敏电阻元件。

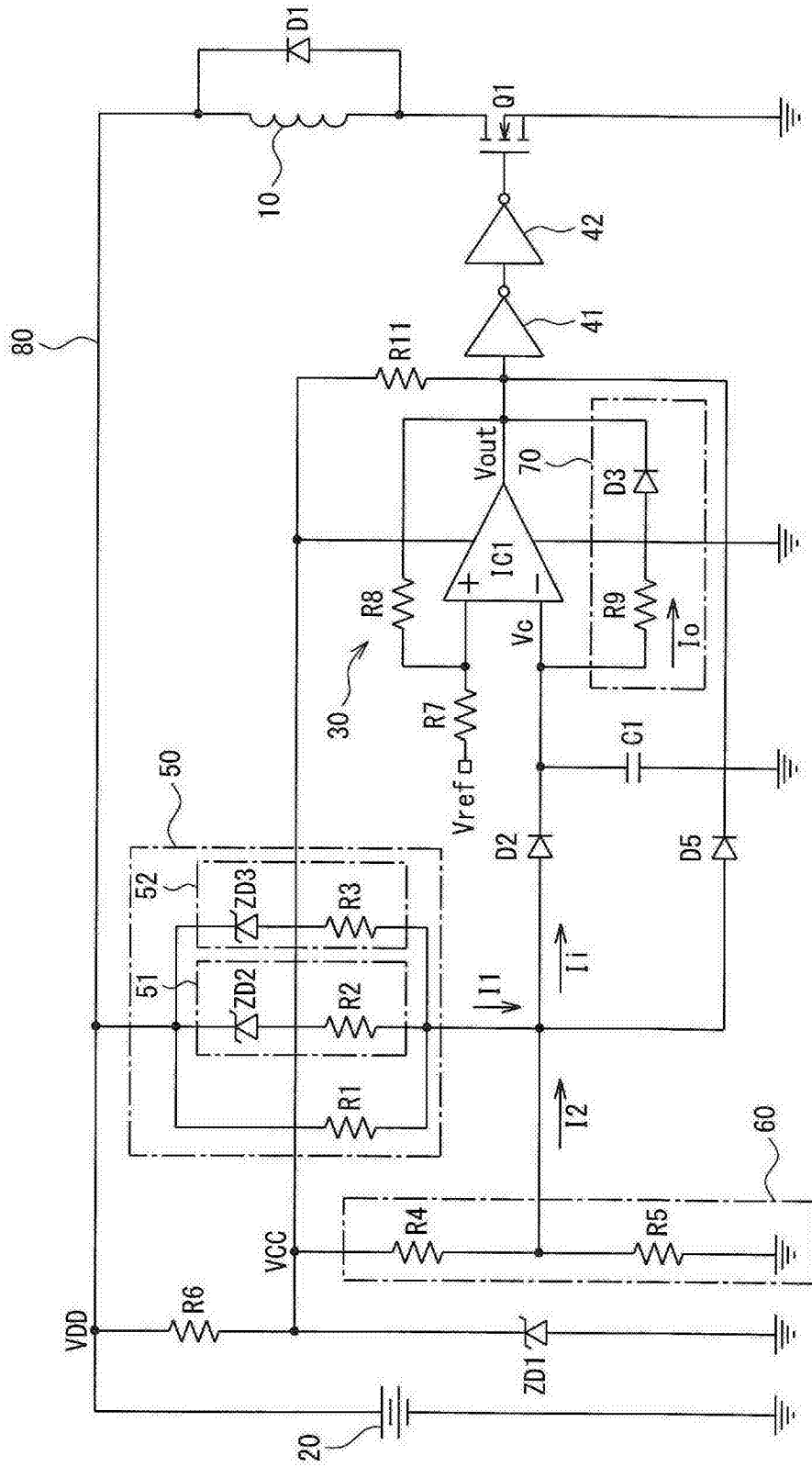


图 1

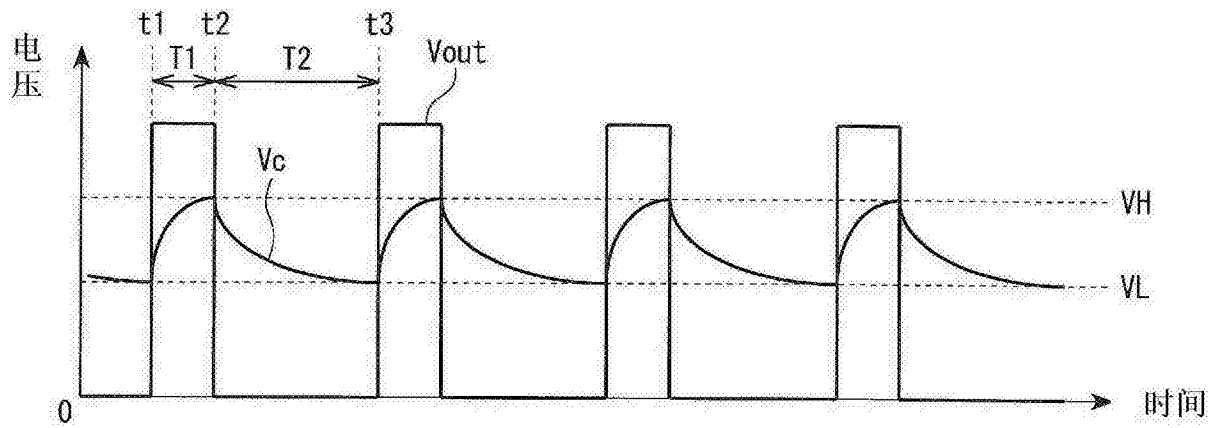


图 2

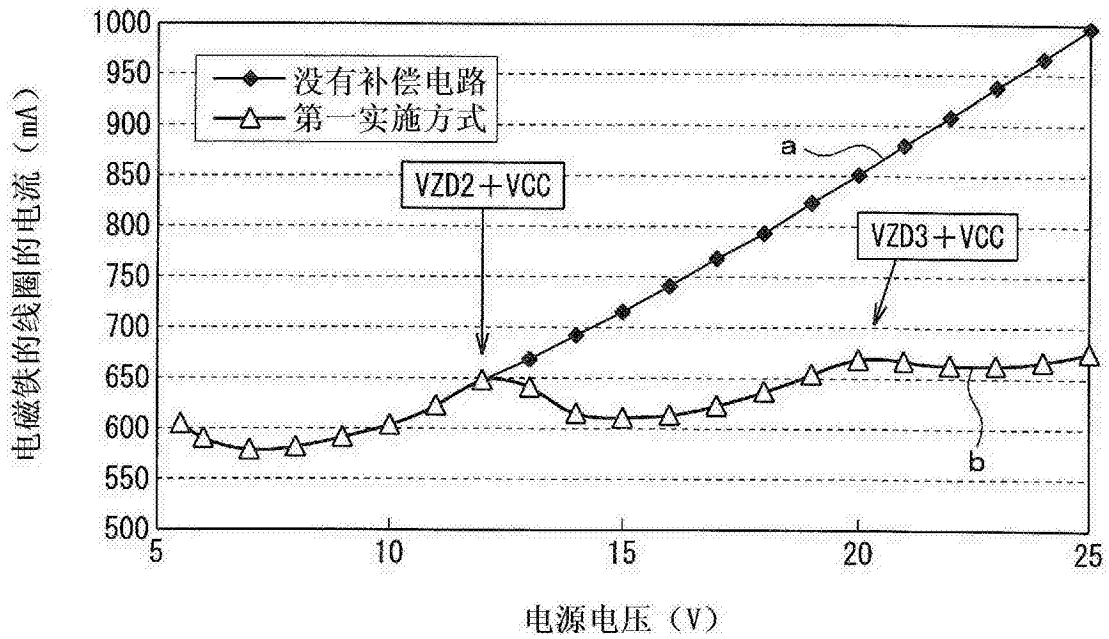


图 3

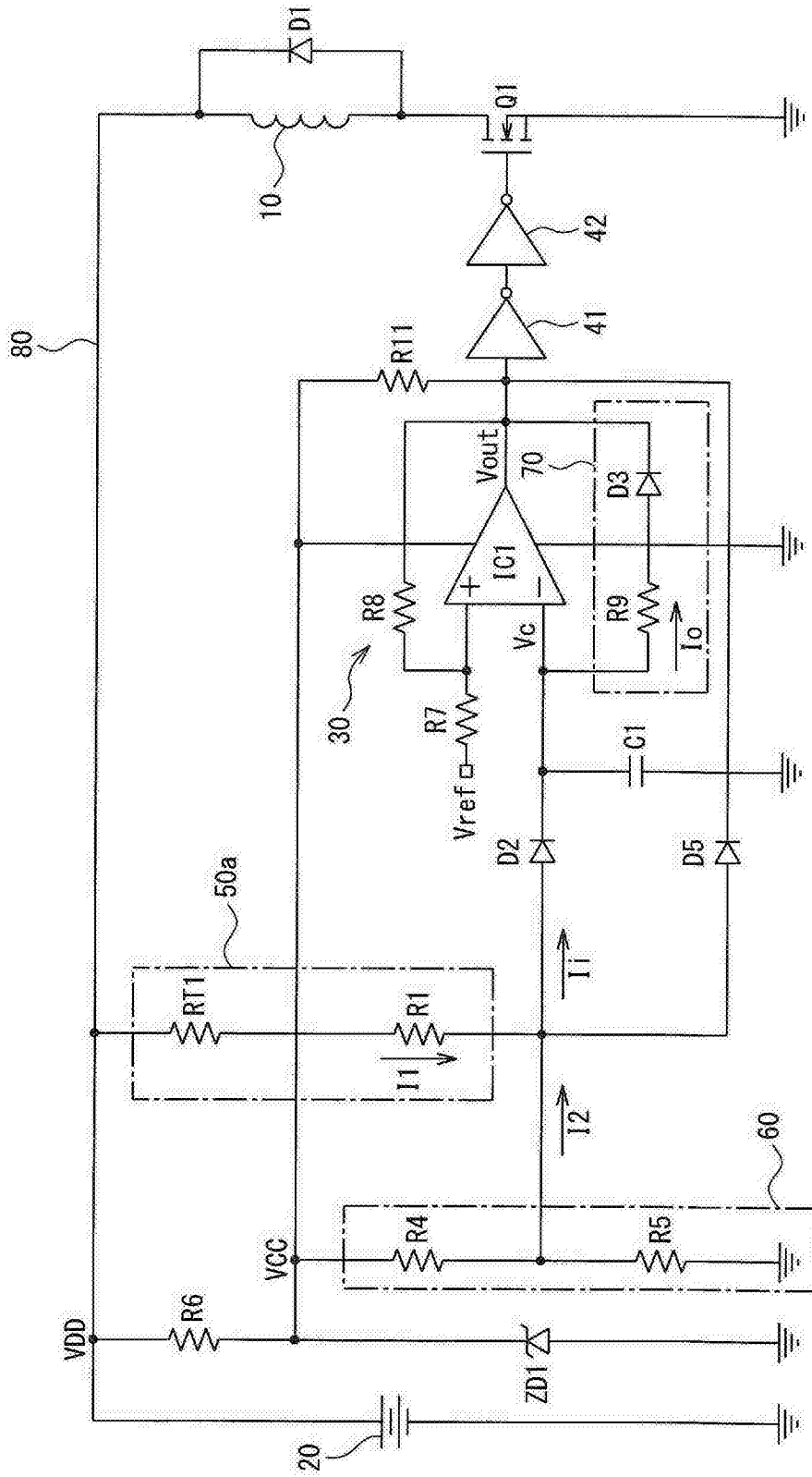


图 4

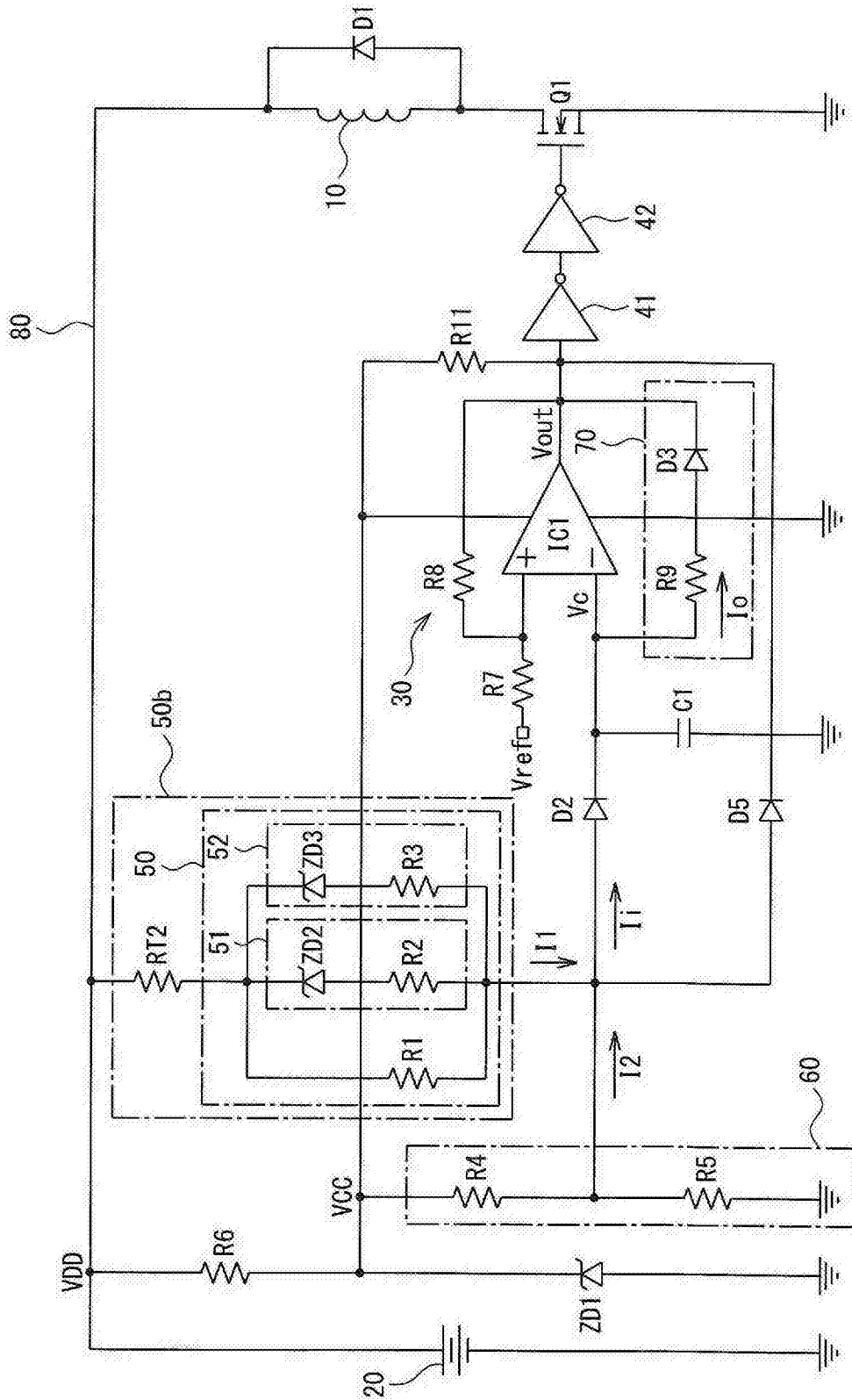


图 5