



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99814088.0

[45] 授权公告日 2004 年 7 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1156976C

[22] 申请日 1999.12.1 [21] 申请号 99814088.0

[30] 优先权

[32] 1998.12.2 [33] DE [31] 19855604.7

[86] 国际申请 PCT/DE1999/003816 1999.12.1

[87] 国际公布 WO2000/033462 德 2000.6.8

[85] 进入国家阶段日期 2001.6.4

[71] 专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 J·法尔特 M·埃利奥特

C·布兰多

审查员 胡燕

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

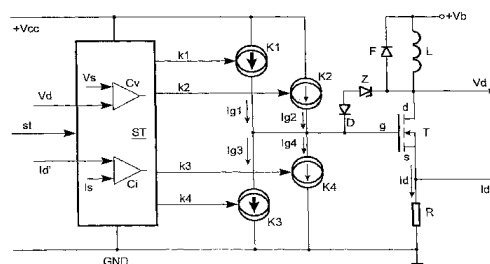
代理人 程天正 张志醒

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称 控制功率末级的方法和装置

[57] 摘要

为了进行低电磁干扰的驱动，用大充电电流 (I_{g1}) 对功率开关 (T) 进行充电，直到漏极电流 (I_d) 超过一个电流阈值 (I_s)，接着用一个与所需上升速度相应的小充电电流 (I_{g2}) 继续进行充电，直到漏极电压 (V_d) 低于预定的电压阈值 (V_s)，然后用所述的大充电电流 (I_{g1}) 继续充电一个预定的时延 (T_v)；也可以以近似相反的顺序来进行控制。



1. 借助控制信号 (st) 控制功率末级、以便对通过 MOSFET 功率开关 (T) 串联在电压源的电极 ($+V_b$, GND) 上的负载 (L) 进行开关切换的方法,

5 其特征在于:

所述的 MOSFET 功率开关 (T)

从控制信号 (st) 的开始处起, 用一个预定的第一充电电流 (I_{g1}) 进行充电, 直到漏极电流 (I_d) 超过预定的电流阈值 (I_s) ($t_1 \sim t_2$),

10 然后, 接下来用一个预定的、小于所述第一充电电流的第二充电电流 (I_{g2}) 进行充电, 直到漏极电压 (V_d) 低于预定的电压阈值 (V_s) ($t_2 \sim t_3$),

接着用所述预定的第一充电电流 (I_{g1}) 继续充电一个预定的充电时延 (T_v) ($t_3 \sim t_4$), 以及

15 从控制信号 (st) 的结束处起, 用一个预定的第一放电电流 (I_{g3}) 进行放电, 直到漏极电压 (V_d) 超过所述预定的电压阈值 (V_s) ($t_5 \sim t_6$),

然后, 接下来用一个预定的、小于所述第一放电电流的第二放电电流 (I_{g4}) 进行放电, 直到漏极电流 (I_d) 低于所述预定的电
20 流阈值 (I_s) ($t_6 \sim t_7$), 以及

接着用所述预定的第一放电电流 (I_{g3}) 放电一个预定的放电时延 (T_v) ($t_7 \sim t_8$).

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于: 所述漏极电流 (I_d) 的最大上升速度由所述的第二充电电流值 (I_{g2}) 确定, 而其下降速
25 度则由所述的第二放电电流值 (I_{g4}) 确定。

3. 用于实现权利要求 1 所述方法的装置, 其具有一个功率末级, 用于借助控制信号 (st) 对通过 MOSFET 功率开关 (T) 串联在电压源的电极 ($+V_b$, GND) 上的负载 (L) 进行开关切换, 其特征在于:

30 在供电电压的正极 ($+V_{cc}$) 和 MOSFET 功率开关 (T) 的门极 (g) 之间接有一个用于第一充电电流 (I_{g1}) 的恒流源 (K_1), 且该恒流源 (K_1) 上并联有一个用于小于所述第一充电电流的第二充电电流 (I_{g2}) 的恒流源 (K_2),

在所述 MOSFET 功率开关 (T) 的门极 (g) 和供电电压的负极 (GND) 之间接有一个用于第一放电电流 (I_{g3}) 的恒流源 (K3), 且该恒流源 (K3) 上还并联有一个用于小于所述第一放电电流的第二放电电流 (I_{g4}) 的恒流源 (K4), 以及

5 设置一个在供电电压 (V_{cc}) 上工作的控制电路 (ST), 由该控制电路的开关信号 ($k1 \sim k4$) 根据如下方面来接通和关断所述的恒流源 (K1 ~ K4):

控制信号 (st),

10 漏极电压 (V_d) 同预定电压阈值 (V_s) 的比值 $V_d > V_s$ 或 $V_d < V_s$,

流经功率开关 (T) 的漏极电流 (I_d) 同预定电流阈值 (I_s) 的比值 $I_d > I_s$ 或 $I_d < I_s$, 以及

至少一个预定的时延 (T_v)。

控制功率末级的方法和装置

技术领域

- 5 本发明涉及一种借助控制信号控制功率末级以便对通过 MOSFET 功率开关而串联在电压源的电极上的负载进行开关切换的方法。本发明还涉及一种实现该方法的装置。

背景技术

- 10 为了控制电感负载，采用具有晶体管、尤其是 MOSFET 晶体管的功率末级来作为功率开关。在关断晶体管时，电感负载的能量必须通过末级的齐纳作用被分解掉，或利用空转二极管进行消耗。在负载具有较高电感能量的情况下，在负载两端采用一个空转二极管。这种末级、尤其是脉冲式末级的缺点在于，它会引起较大的电磁干扰。

- 15 大家都知道的一个原因就是负载和功率开关之间连接点处的电压变化较快。譬如，在利用电阻对控制端进行高阻值控制的、具有 MOSFET 的电路中就会遇到这种原因。

引起电磁干扰的另一个原因还在于，由开关切换所导致的流经功率开关的电流变化较快。

- 20 US 4,661,766 中曾公开过一种具有空转二极管的用于电感负载的功率末级，其中，流经功率开关或空转二极管的电流变化速度被调整为一个预定值。然而，由此却大大延迟了所述的开关过程，也即延迟了从关断状态过渡到导通状态或与之相反的过程。

- 25 GB 2 140 996 A 曾公开过一种类似的电路，而且它还讲述了一种用控制信号对负载进行可控地开关切换的方法，其中，从控制信号的开始处起，功率开关用一个具有预定的大上升速度的充电电流进行充电，直到该充电电流超过第一阈值，然后，利用一个具有预定的小上升速度的充电电流进行充电，直到该充电电流达到第二阈值，接着再用一个具有预定的大上升速度的充电电流继续进行充电。根据负载电流的上升速度来调节充电电流的上升速度。放电过程以相反的顺序实现。
- 30

发明内容

本发明的任务在于，提供一种控制电感负载的方法，利用其可以

降低电磁干扰，而且可使开关延迟（延迟时间）及损耗功率保持较小。本发明的任务还在于创造一种实现该方法的装置。

根据本发明，该任务由以下的方法和装置来实现。

根据本发明的借助控制信号控制功率末级以便对通过 MOSFET 功率开关串联在电压源的电极上的负载进行开关切换的方法，所述的 MOSFET 功率开关从控制信号的开始处起，用一个预定的第一充电电流进行充电直到漏极电流超过预定的电流阈值；然后，接下来用一个预定的、小于所述第一充电电流的第二充电电流进行充电，直到漏极电压低于预定的电压阈值；接着用所述预定的第一充电电流继续充电一个预定的充电时延；以及从控制信号的结束处起，用一个预定的第一放电电流进行放电，直到漏极电压超过所述预定的电压阈值；然后，接下来用一个预定的、小于所述第一放电电流的第二放电电流进行放电，直到漏极电流低于所述预定的电流阈值；以及接着用所述预定的第一放电电流放电一个预定的放电时延。

15 优选地，所述漏极电流的最大上升速度由所述的第二充电电流值确定，而其下降速度则由所述的第二放电电流值确定。

根据本发明的用于实现上述方法的装置，其具有一个功率末级，用于借助控制信号对通过 MOSFET 功率开关串联在电压源的电极上的负载进行开关切换，其中：在供电电压的正极和 MOSFET 功率开关的门极之间接有一个用于第一充电电流的恒流源，且该恒流源上并联有一个用于小于所述第一充电电流的第二充电电流的恒流源；在所述 MOSFET 功率开关的门极和供电电压的负极之间接有一个用于第一放电电流的恒流源，且该恒流源上还并联有一个用于小于所述第一放电电流的第二放电电流的恒流源；以及设置一个在供电电压上工作的控制电路，由该控制电路的开关信号根据如下方面来接通和关断所述的恒流源：控制信号；漏极电压同预定电压阈值的比值 $V_d > V_s$ 或 $V_d < V_s$ ；流经功率开关的漏极电流同预定电流阈值的比值 $I_d > I_s$ 或 $I_d < I_s$ ；以及至少一个预定的时延。

30 本发明电路的优点在于，可简单和正确地将电流变化速度只调整得如此之急剧，使得不会出现大的干扰，同时电路延迟也不大。

附图说明

下面借助附图来详细讲述本发明。其中：

图 1 为本发明功率末级的一个实施例，
图 2 为运行本发明方法的流程图，
图 3 为在接通负载时的电压及电流变化过程图，以及
图 4 为在断开负载时的电压及电流变化过程图。

5 具体实施方式

如图 1 所示，下面借助一种应用于汽车中、且安装在集成电路内的脉冲式功率末级来讲述本发明，该功率末级被用来对具有空转二极管 F

10

15

20

25

30

的电感负载 L 进行开关切换。所述集成的功率末级譬如可以安放在图中未示出的马达控制器内，该功率末级从马达控制器中获得控制信号 s_t ，以便脉冲式地接通和关断譬如用于废气反馈调节阀的电感负载 L。按照所调整的脉冲占空比来控制该阀的开放大小。

5 在未示出的电压源、譬如汽车电池的电极 +Vb 和 GND 上接有一个由电感负载 L 和功率开关 T 组成的串联电路，所述功率开关 T 用 MOSFET 来实现。

所述负载 L 位于功率开关 T 的漏极 d 和电压源正极 +Vb 之间。源极 s 通过测试电阻 R 与负极 GND 相接。在负载 L 上并联了一个电流流向正极 +Vb 的空转二极管 F。为了保护功率开关 T，在漏极 d 和门极 g 之间放置了一个串联电路，该串联电路由电流流向漏极 d 的齐纳二极管 Z 和电流流向门极 g 的二极管 D 组成。

功率开关 T 的控制是通过控制电路 ST 来实现的，在该控制电路中，把控制信号 s_t 、漏极电压 V_d 与预定电压阈值 V_s 的比较结果、以及流经功率开关 T 的电流与预定电流阈值 I_s 的比较结果一起转换成用于恒流源 K1~K4 的控制信号 k_1 ~ k_4 ，其中流经功率开关 T 的电流在下文被称为漏极电流 I_d 。如此来选择所述的电压阈值 V_s ，使得其约低于电池电压 Vb（譬如 $V_b=14V$ ， $V_s=13V$ ），而且电流阈值 I_s 约占漏极电流额定值 I_d 的十分之一到二十分之一（譬如 $I_d=2A$ ， $I_s=100mA$ ）。

20 为实现电压及电流比较，在控制电路 ST 中装设了两个比较器 C_v 及 C_i ，除了预定的阈值 V_s 和 I_s 之外，它们还输入有漏极电压 V_d 和漏极电流 I_d （作为在测试电阻 R 上下降的电压值 $I'd$ ）。

所述的恒流源 K1~K4 在接通状态时产生恒定的充电或放电电流 I_{g1} ~ I_{g4} ，所述功率开关 T 的门极利用该电流进行充电或放电。

25 控制电路 ST 和恒流源 K1~K4 利用可在电极 +Vcc 及 GND 上提取的供电电压 Vcc 进行工作，其中，相互并联的恒流源 K1 及 K2 被放置在正极 +Vcc 与门极 g 之间，而且在接通状态时加入指向门极 g 的充电电流 I_{g1} 和 I_{g2} ，同样相互并联的恒流源 K3 及 K4 被放置在门极 g 与负极 GND 之间，并在接通状态时加入从门极 g 指出的放电电流 I_{g3} 和 I_{g4} 。

30 恒流源 K1 和 K3 产生的电流 I_{g1} 、 I_{g3} （譬如 2mA）以因子 10 高出恒流源 K2 和 K4 (I_{g2} ， I_{g4})，按照所需的漏极电流上升或下降速度（电流变化速率），恒流源 K2 和 K4 在此譬如产生 0.2mA 的电流，这在图 1

中是用恒流源 K1~K4 内指示相应电流方向的粗细箭头来表示的。

下面借助图 1~4 来讲述利用功率末级对电感负载进行开关切换的方法。图 2 所示的流程图画出了对负载进行脉冲式的连续接通和关断的方法过程。在下文中，用括弧设置的罗马数字说明是表示各个用罗马数字标示的方法步骤。

图 3 示出了在接通负载 L 时的电流及电压变化曲线，图 4 则示出的是在断开负载时的电流及电压变化曲线，其中画出了控制信号 st 、充电电流（在图 3 中具有正符号）、放电电流（在图 4 中具有负符号）、以及由此在漏极 d 处所得到的漏极电压 V_d 曲线和漏极电流 I_d 曲线。此外，还标绘了电压阈值 V_s 和电流阈值 I_s 。

图 3 和 4 示出了在脉冲式工作期间的电流及电压，也即不是在运行开始时第一次接通负载时的情况。

如果接通负载 L 的控制信号 st 在时间点 t_1 时等于 1 (I)，则控制电路 ST 输出一个信号 k_1 使恒流源 K1 接通 (II)，由此有一个大的充电电流 I_{g1} 流向功率开关 T 的门极，以使其快速充电。此后，一旦上升的漏极电流 I_d 在时间点 t_2 超过阈值 I_s (III)，则恒流源 K1 被关断，并接通具有信号 k_2 的恒流源 K2 来代替它 (IV)，此时由该恒流源 K2 在门极上加载小的充电电流 I_{g2} 。

漏极电流 I_d 现在以所需的上升速度而上升至其理论值，由此，在功率开关 T 的非导通状态下因流经的空转电流而比电池电压 $+V_b$ 大出空转二极管 F 上的电压值的漏极电压 V_d 被降低，而且功率开关 T 过渡到电流导通状态。

一旦漏极电压 V_d 在时间点 t_3 低于电压阈值 V_s (V)，则恒流源 K2 被关断，而恒流源 K1 被再次接通一个预定的时延 T_v (VI, VII)。通过该措施用较大的充电电流 I_{g1} 来完全地驱动所述的功率开关 T，并使其漏源极之间的电阻最小化，因此在导通状态时功率开关 T 上只有极小的电压降。

在预定的时延 T_v 过去之后，在时间点 t_4 再次断开恒流源 K1；此时负载被完全接通 (VIII)。该状态一直保持到控制信号 st 在时间点 t_5 (见图 4) 变为零 (IX)，也即此时应该关断负载 L。

利用控制信号 $st=0$ 的结束来接通恒流源 K3 (X)，由此从功率开关 T 的门极流出一个大的放电电流 I_{g3} 。漏极电压 V_d 由此上升。如果

其在时间点 t_6 超过电压阈值 V_s (XI), 则恒流源 K3 被关断, 而恒流源 K4 导通 (XII), 由此漏极电流 I_d 以所需的、与放电电流 I_{g4} 相应的电流下降速度变小, 并由空转支路接收该电流。漏极电压 V_d 重新上升至一个比电池电压 $+V_b$ 大出空转二极管 F 两端电压的值。

- 5 一旦漏极电流在时间点 t_7 低于电流阈值 I_s (XIII), 则恒流源 K4 被关断, 并重新接通恒流源 K3 一个预定的时延 T_v (XIV), 以便在此时用较大的放电电流 I_{g3} 腾出门极并使功率开关 T 关断。在预定的时延 T_v 过去之后 (XV), 恒流源 K3 在时间点 t_8 被关断 (XVI), 由此再次实现输出状态。此时可继续施加脉冲 (I), 或结束负载的
- 10 驱动。

- 通过用较大或较小的充电或放电电流对功率开关进行交替地充放电, 可以实现导通和关断延迟时间能保持较小 (在只利用与所需的上升及下降速度相应的小充电或放电流进行控制时, 需持续 10~20 倍长的时间), 而且没有或只出现微量的电磁干扰, 这是因为所述漏
- 15 极电流 I_d 的上升和下降速度被限制在一个预定值。

在该实施例中, 数值 $|I_{g1}| = |I_{g3}|$ 、 $|I_{g2}| = |I_{g4}|$ 、以及 (充电时的) $|T_v| =$ (放电时的) $|T_v|$ 分别都是选择成相同的大小。但这些量也可根据需要选择成不同的大小。

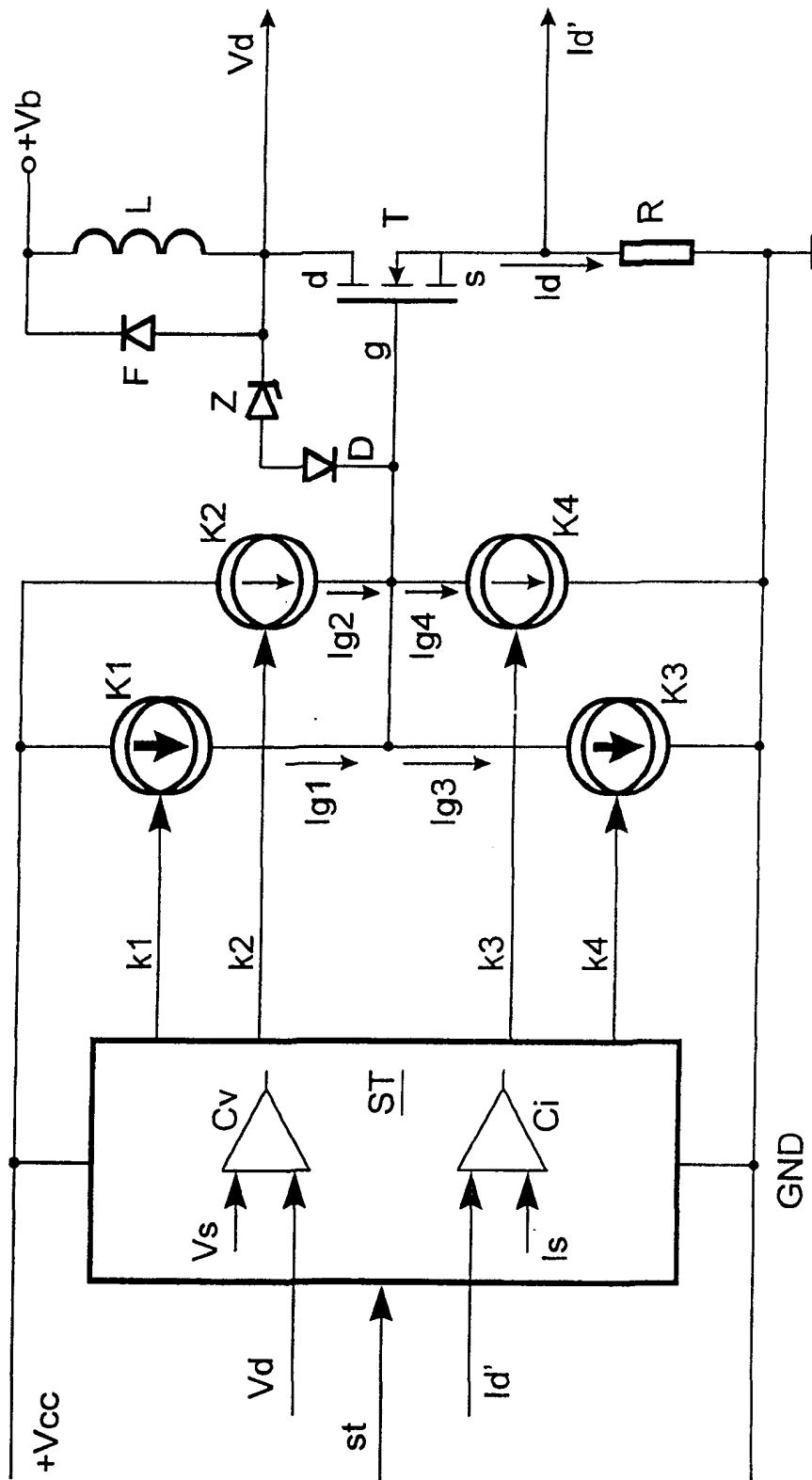


图 1

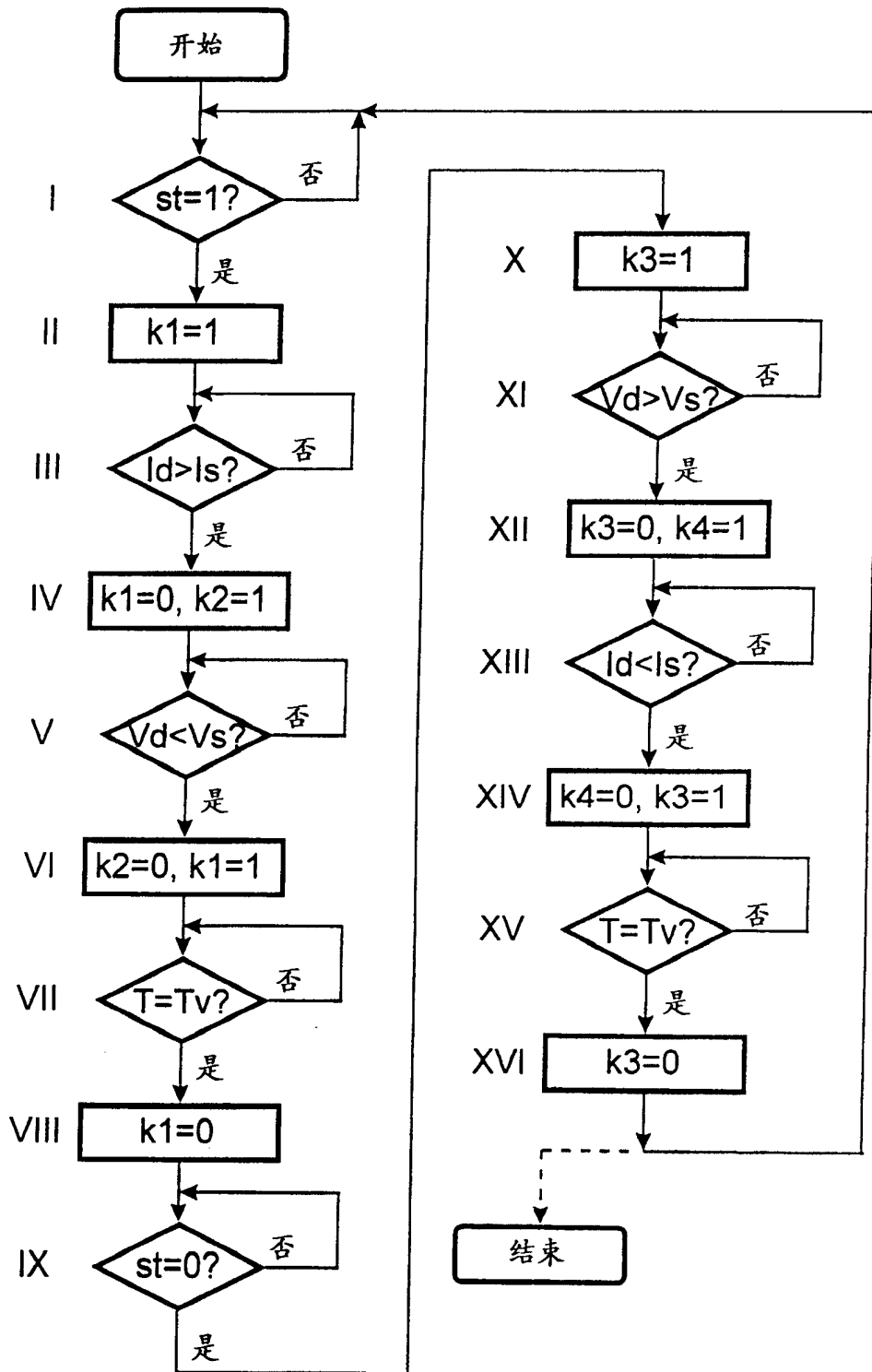


图 2

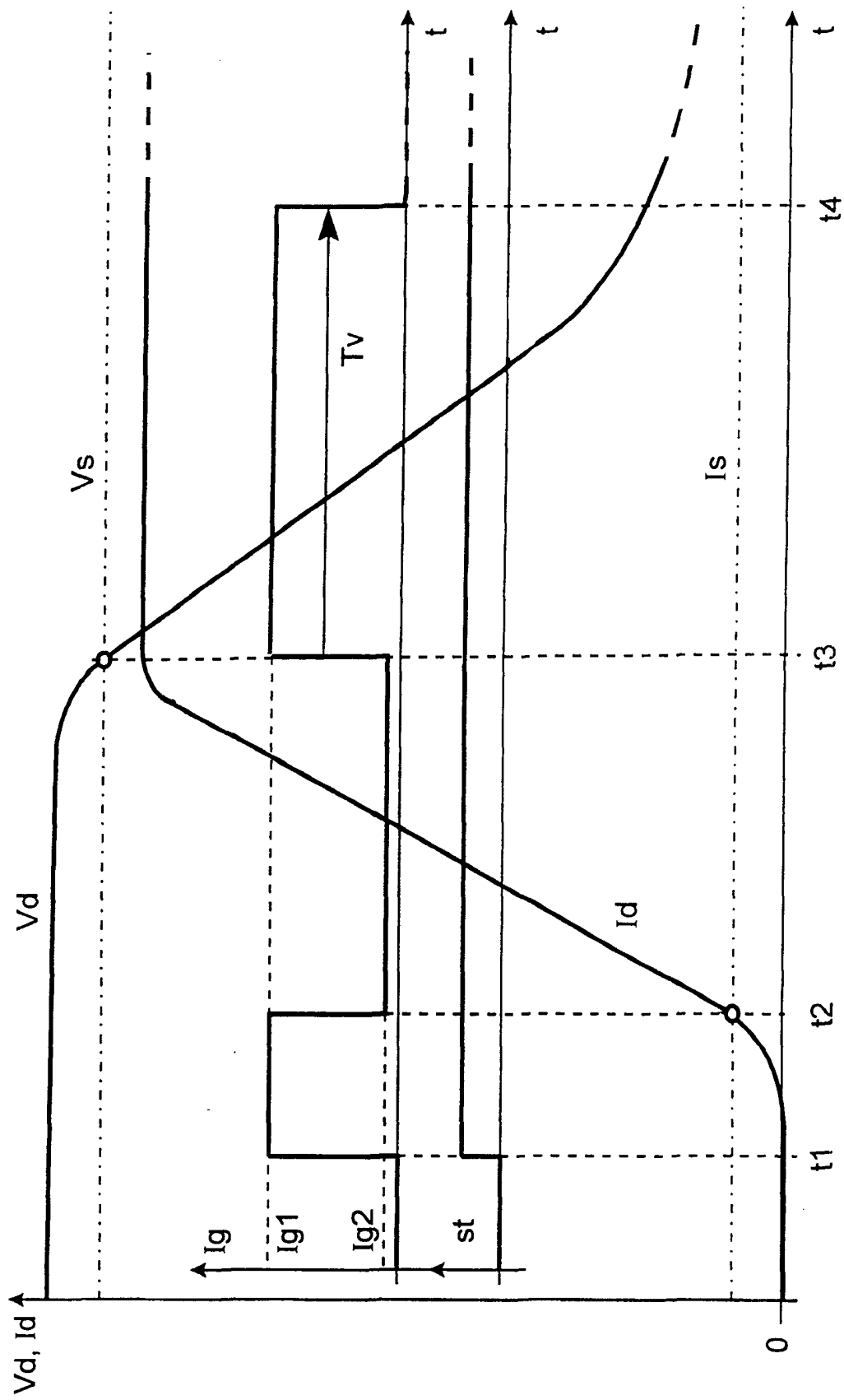


图 3

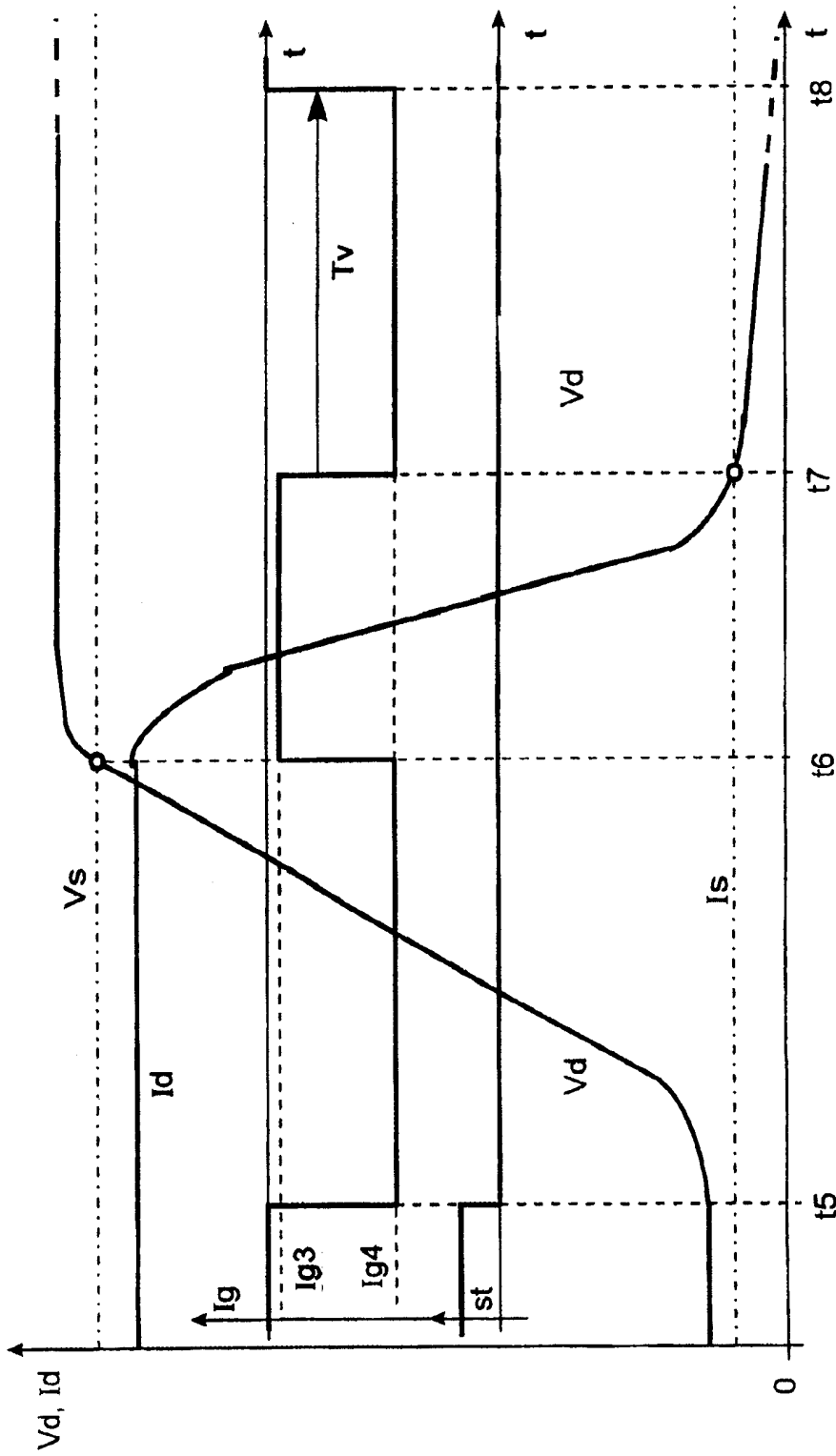


图 4