



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102244465 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 26

(21) 申请号 201110116187. 8

CN 1956304 A, 2007. 05. 02, 全文.

(22) 申请日 2011. 05. 03

JP 特开 2010-4703 A, 2010. 01. 07, 全文.

US 2010/0019743 A1, 2010. 01. 28, 全文.

(30) 优先权数据

2010-108131 2010. 05. 10 JP

审查员 汤场

(73) 专利权人 三垦电气株式会社

地址 日本埼玉县

专利权人 国立大学法人岛根大学

(72) 发明人 足助英树 高野秀治 山本真义

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

公司 11243

代理人 曾贤伟 范胜杰

(51) Int. Cl.

H02M 3/335 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1219299 A, 1999. 06. 09, 全文.

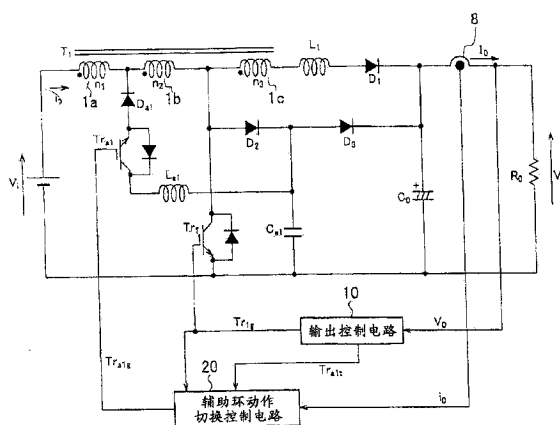
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

DC-DC 转换器

(57) 摘要

本发明提供一种 DC-DC 转换器, 其具有: 主开关 (Tr1), 其经变压器 (T1) 的第一 1 次线圈 (1a) 和与第一 1 次线圈串联连接的第二 1 次线圈 (1b) 与直流电源 (Vi) 的两端连接; 串联电路, 其与主开关的两端连接, 包括与第二 1 次线圈串联连接的提升线圈 (1c)、电抗器 (L1)、二极管 (D1) 以及平滑电容器 (Co); 串联电路, 其与主开关的两端连接, 包括二极管 (D2)、二极管 (D3) 以及平滑电容器; 控制电路 (10), 其使主开关接通、断开; 软开关电路 (Da1、Tra1、La1、Ca1), 其在主开关断开时使主开关进行软开关动作; 以及切换控制电路 (20), 其根据负载的状态对软开关电路的动作或者非动作进行切换。



1. 一种 DC-DC 转换器,其特征在于,

包括:

第一主开关,其经第一变压器的第一 1 次线圈和与所述第一 1 次线圈串联连接的第二 1 次线圈与直流电源的两端连接;

第一串联电路,其与所述第一主开关的两端连接,包括与所述第一变压器的第二 1 次线圈串联连接的提升线圈、第一电抗器、第一二极管以及平滑电容器;

第二串联电路,其与所述第一主开关的两端连接,包括第二二极管、第三二极管以及所述平滑电容器;

控制电路,其使所述第一主开关接通、断开;

第一软开关电路,其在所述第一主开关断开时使所述第一主开关进行软开关动作;以及

切换控制电路,其根据负载的状态对所述第一软开关电路的动作或者非动作进行切换,

其中,所述第一软开关电路包括:第三串联电路,该第三串联电路的一端连接于所述第一变压器的第一 1 次线圈与所述第一变压器的第二 1 次线圈的连接点,另一端与所述直流电源的负极连接,该第三串联电路具有第四二极管、第一辅助开关、第二电抗器以及第一电容器,所述第二电抗器与所述第一软开关电路的第三串联电路的所述第一电容器的连接点连接于所述第二二极管与所述第三二极管的连接点。

2. 根据权利要求 1 所述的 DC-DC 转换器,其特征在于,

所述第一电抗器由所述第一变压器的漏电感构成。

3. 根据权利要求 1 所述的 DC-DC 转换器,其特征在于,

还包括:

第二主开关,其经第二变压器的第一 1 次线圈和与所述第二变压器的所述第一 1 次线圈串联连接的第二 1 次线圈,与所述直流电源的两端连接;

第四串联电路,其与所述第二主开关的两端连接,且包括与所述第二变压器的第二 1 次线圈串联连接的提升线圈、第三电抗器、第五二极管以及所述平滑电容器;

第五串联电路,其与所述第二主开关的两端连接,且包括第六二极管、第七二极管以及所述平滑电容器;

第二软开关电路,其在所述第二主开关断开时使所述第二主开关进行软开关动作;以及

第四电抗器,其连接于所述第一变压器的 2 次线圈和所述第二变压器的 2 次线圈的串联电路的两端,

其中,所述控制电路,使所述第一主开关和所述第二主开关隔着共同接通的期间交替地接通、断开;

所述切换控制电路,其根据负载的状态对所述第一软开关电路以及所述第二软开关电路的动作或者非动作进行切换,

所述第二软开关电路包括第六串联电路,该第六串联电路的一端连接于所述第二变压器的所述第一 1 次线圈与所述第二变压器的所述第二 1 次线圈的连接点,另一端与所述直流电源的负极连接,该第六串联电路具有第八二极管、第二辅助开关、第五电抗器以及第二

电容器,所述第五电抗器与所述第二软开关电路的第六串联电路的所述第二电容器的连接点连接于所述第六二极管与所述第七二极管的连接点。

4. 根据权利要求 3 所述的 DC-DC 转换器,其特征在于,
所述第三电抗器由所述第二变压器的漏电感构成。

DC-DC 转换器

技术领域

[0001] 本发明涉及包括升压斩波电路的 DC-DC (直流-直流) 转换器, 特别涉及适用于混合动力汽车和电动汽车的 DC-DC 转换器。

背景技术

[0002] 近年来, 由于地球环境和能源等诸多问题, 加速了混合动力汽车和电动汽车的开发。搭载于混合动力汽车和电动汽车上的电动机通过在电动机驱动用功率变换器的前段附加电压升压电路并进行高电压驱动, 能够实现高输出。另外, 近年中, 对于用于混合动力汽车和电动汽车的车载用功率变换器, 基于切换 (switching) 的高频化的高性能化的要求也日益增大。

[0003] 目前, 作为升压变换器, 日本国特开 2010-4704 号公报中记载有如下多相方式变压器连接 (trans-link) 型升压斩波电路: 通过抑制二极管恢复 (diode recovery) 和开关接通 (switch turn on) 时的开关损失 (switching loss), 能够抑制开关的高频化带来的开关损失增大。

[0004] 在日本国特开 2010-4704 号公报所记载的升压斩波电路中, 在直流电源的两端经第一变压器的 1 次线圈和第一电抗器连接有第一开关, 在直流电源的两端经第二变压器的 1 次线圈和第二电抗器连接有第二开关。在第一电抗器与第一开关的串联电路两端连接有第一串联电路, 该第一串联电路是与第一变压器的 1 次线圈串联连接的第一变压器的提升 (巻上げ) 线圈、第一二极管以及平滑电容器的串联电路, 在第一电抗器与第一开关的连接点以及在平滑电容器的一端连接有第二二极管。

[0005] 在第二电抗器与第二开关的串联电路两端连接有第二串联电路, 该第二串联电路是与第二变压器的 1 次线圈串联连接的第二变压器的提升线圈、第三二极管以及平滑电容器的串联电路, 在第二电抗器与第二开关的连接点以及在平滑电容器的一端连接有第四二极管。在第一变压器的 2 次线圈与第二变压器的 2 次线圈串联连接而成的串联电路的两端连接有第三电抗器。控制电路使第一开关和第二开关每 1/2 周期交替接通, 使第一开关在第二开关的接通期间断开, 使第二开关在第一开关的接通期间断开。

[0006] 根据该构成, 由于在第一开关串联连接第一电抗器, 在第二开关串联连接第二电抗器, 因此能够抑制第一、第二、第三以及第四二极管的恢复损失和第一以及第二开关的接通时的开关损失。

[0007] 但是, 不能降低开关在断开时的开关损失。当功率变换器的输出增大, 通过开关变换大功率时产生的开关损失也会极大。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种能够降低开关断开时的开关损失的 DC-DC 转换器。

[0009] 本发明的第一方面具有: 主开关, 其经变压器的第一 1 次线圈和与所述第一 1 次线圈串联连接的第二 1 次线圈而与直流电源的两端连接; 第一串联电路, 其与所述主开关的

两端连接,包括与所述第二 1 次线圈串联连接的提升线圈、第一电抗器、第一二极管以及平滑电容器;第二串联电路,其与所述主开关的两端连接,包括第二二极管、第三二极管以及所述平滑电容器;控制电路,其使所述主开关接通、断开;软开关电路,其在所述主开关断开时使所述主开关进行软开关动作;切换控制电路,其根据负载的状态对所述软开关电路的动作或者非动作进行切换。

附图说明

[0010] 图 1 是表示实施例 1 中的 DC-DC 转换器的电路构成图。

[0011] 图 2 是设于实施例 1 中的 DC-DC 转换器的辅助环动作切换控制电路的电路构成图。

[0012] 图 3 是表示设于实施例 1 中的 DC-DC 转换器的辅助环动作切换控制电路各部分动作的时间图。

[0013] 图 4 是表示实施例 1 中的 DC-DC 转换器各部分动作的时间图。

[0014] 图 5 是表示实施例 2 中的 DC-DC 转换器的电路构成图。

[0015] 图 6 是设于实施例 2 中的 DC-DC 转换器的辅助环动作切换控制电路的电路构成图。

[0016] 图 7 是表示实施例 2 中的 DC-DC 转换器各部分动作的时间图。

具体实施方式

[0017] 以下,参照附图详细说明本发明 DC-DC 转换器的实施方式。

[0018] (实施例 1)

[0019] 图 1 是表示实施例 1 中 DC-DC 转换器的电路构成图。图 1 所示的 DC-DC 转换器为单相型升压斩波电路,其特征在于,具有二极管 Da1、辅助开关 Tra1、电抗器 La1 以及电容器 Ca1,并且设有在主开关 Tr1 断开时使主开关 Tr1 进行软开关的软开关电路。另外,DC-DC 转换器的特征为,设有根据负载 Ro 的状态对软开关电路的动作或者非动作进行切换的辅助环动作切换控制电路 20。

[0020] 也就是说,在负载 Ro 的状态为稳定行驶时等的轻负载的情况下,开关损失并不太大,但是在加速等时的重负载的情况下,开关损失将增大。因此,在重负载时使软开关电路动作,降低主开关 Tr1 断开时的开关损失。

[0021] DC-DC 转换器具有直流电源 Vi、变压器 T1、电抗器 L1(第一电抗器)、电抗器 La1(第二电抗器)、主开关 Tr1、辅助开关 Tra1、二极管 D1、D2、D3、Da1、电容器 Ca1、平滑电容器 Co、输出控制电路 10 以及辅助环动作切换控制电路 20。变压器 T1 具有第一 1 次线圈 1a(匝数 n1)、与第一 1 次线圈 1a 串联连接的第二 1 次线圈 1b(匝数 n2)以及与第二 1 次线圈 1b 串联连接的提升线圈 1c(匝数 n3)。

[0022] 由 IGBT(绝缘栅双极型晶体管)构成的主开关 Tr1 的集电极-发射极间经变压器 T1 的第一 1 次线圈 1a 和第二 1 次线圈 1b 连接在直流电源 Vi 的两端。包括变压器 T1 的提升线圈 1c、电抗器 L1、二极管 D1 以及平滑电容器 Co 的串联电路连接在主开关 Tr1 的两端。电抗器 L1 可以为变压器 T1 的漏电感。另外,二极管 D2、二极管 D3 以及平滑电容器 Co 三者的串联电路连接在主开关 Tr1 的两端。在平滑电容器 Co 的两端连接有负载 Ro。在平

滑电容器 C_o 与负载 R_o 之间插入用于检测负载 R_o 中流过的电流（输出电流） i_o 的电流检测器 8。

[0023] 具有二极管 D_{a1} 、由 IGBT 构成的辅助开关 Tr_{a1} 、电抗器 L_{a1} 以及电容器 C_{a1} 的串联电路连接在连接点和直流电源 V_i 的负极之间，所述连接点是变压器 T_1 的第一 1 次线圈 1a 与第二 1 次线圈 1b 的连接点。电抗器 L_{a1} 与电容器 C_{a1} 的连接点连接于二极管 D_2 与二极管 D_3 的连接点。二极管 D_{a1} 、辅助开关 Tr_{a1} 、电抗器 L_{a1} 以及电容器 C_{a1} 构成软开关电路。

[0024] 输出控制电路 10 基于负载 R_o 的输出电压 V_o 使主开关 Tr_1 接通、断开。电流检测器 8 检测负载 R_o 中流动的电流 i_o 。辅助环动作切换控制电路 20 基于由电流检测器 8 检测出的电流 i_o ，即根据负载 R_o 的状态（负载量），来对上述软开关电路的动作或者非动作进行切换。

[0025] 图 2 是设于实施例 1 中的 DC-DC 转换器的辅助环动作切换控制电路的电路构成图。辅助环动作切换控制电路 20 具有比较器 21、逆变器 22、23、与电路 24、25、触发电路 26、与电路 27。

[0026] 对比较器 21 的反相端子施加基准电压 V_{ref} ，对比较器 21 的非反相端子施加基于输出电流 i_o 的电压，在比较器 21 的输出端子上连接有与电路 24 的一个输入端子和逆变器 22 的输入端子。逆变器 22 的输出端子与与电路 25 的一个输入端子连接。

[0027] 逆变器 23 的输入端子与输出控制电路 10 的输出（主开关栅极信号 Tr_{lg} 输出）连接，逆变器 23 的输出端子同与电路 24 的另一个输入端子以及与电路 25 的另一个输入端子连接。与电路 24 的输出端子与触发电路 26 的设置端子 S 连接，与电路 25 的输出端子与触发电路 26 的重置端子 R 连接。

[0028] 与电路 27 的一个输入端子与触发电路 26 的输出端子 Q 连接，与电路 27 的另一个输入端子与输出控制电路 10 的输出（辅助开关驱动定时信号 Tr_{alt} ）连接，与电路 27 的输出端子与辅助开关 Tr_{a1} 的栅极连接。

[0029] 接下来，参照图 3 所示的时间图说明图 2 所示的辅助环动作切换控制电路 20 对软开关电路的动作或者非动作的切换控制动作。

[0030] 图 3 中， Tr_{lg} 是从输出控制电路 10 施加到主开关 Tr_1 的栅极的主开关栅极信号， Tr_{alt} 是从输出控制电路 10 输出到与电路 27 的辅助开关驱动定时信号， Tr_{lgn} 是将主开关栅极信号 Tr_{lg} 反相后的信号， Tr_{als} 是来自触发电路 26 的辅助环动作切换信号， Tr_{alg} 是从与电路 27 施加到辅助开关 Tr_{a1} 的栅极的辅助开关栅极信号。

[0031] 关于从主开关栅极信号 Tr_{lg} 至辅助开关驱动定时信号 Tr_{alt} 的延迟时间 $DT(t_0-t_1)$ ，考虑了电抗器 L_1 以及二极管 D_1 中流过的电流的下降时间。关于从辅助开关驱动定时信号 Tr_{alt} 到主开关栅极信号 Tr_{lg} 的宽裕 (margin) 时间 $MT(t_2-t_3)$ ，考虑了电抗器 L_{a1} 与电容器 C_{a1} 的半谐振时间。

[0032] 首先，在时刻 $t_0 \sim t_3$ ，通过逆变器 23 使来自输出控制电路 10 的主开关栅极信号 Tr_{lg} 反相，反相信号 Tr_{lgn} 输入到与电路 24、25 的一个输入端子。在时刻 $t_1 \sim t_2$ ，辅助开关驱动定时信号 Tr_{alt} 输入到与电路 27 的一个输入端子。

[0033] 比较器 21 对与输出电流 i_o 对应的电压和基准电压 V_{ref} 进行比较，当对应于输出电流 i_o 的电压不足基准电压 V_{ref} 时（时刻 $t_0 \sim t_4$ ），也就是在负载 R_o 为轻负载时，输出

L 电平（低电平）。由此，与电路 24 的输出、触发电路 26 的设置端子 S 的输入成为 L 电平，所以触发电路 26 的输出 Q（辅助环动作切换信号 Trals）以及与电路 27 的输出（辅助开关栅极信号 Tralg）成为 L 电平。

[0034] 接下来，在时刻 t4 之后，对应于输出电流 i_o 的电压在基准电压 V_{ref} 以上。也就是说，负载 R_o 为重负载，因此比较器 21 输出 H 电平（高电平）。为此，与电路 24 的输出、触发电路 26 的设置端子 S 的输入成为 H 电平，所以触发电路 26 的输出 Q（辅助环动作切换信号 Trals）成为 H 电平。也就是说，仅在主开关 Tr1 为断开时能够受理辅助环动作切换信号 Trals。

[0035] 接下来，在时刻 t6，由于为 H 电平的辅助开关驱动定时信号 Tralt 以及为 H 电平的辅助环动作切换信号 Trals 被输入与电路 27，因此，与电路 27 的输出（辅助开关栅极信号 Tralg）成为 H 电平，能够使辅助开关 Tra1 闭合。

[0036] 这样，辅助环动作切换控制电路 20 能够基于电流检测器 8 检测出的电流 i_o ，即根据负载 R_o 的状态，对软开关电路的动作（辅助开关 Tra1 处于接通状态）或者非动作（辅助开关 Tra1 处于断开状态）进行切换。

[0037] 接下来，将如上构成的实施例 1 中 DC-DC 转换器的动作表示在图 4 中，参照图 4 所示的时间图，对软开关电路的动作进行详细说明。

[0038] 首先，在时刻 t0，主开关 Tr1 通过来自输出控制电路 10 的主开关栅极信号 Trlg 而接通。此时，电流的流动路径为 $V_{i+} \rightarrow 1a \rightarrow 1b \rightarrow Tr1 \rightarrow V_{i-}$ 。由此，变压器 T1 的 1 次线圈 1a 中流过的电流 i_{1l} 增加。二极管 D1 的电流 $D1i$ 减少，二极管 D1 在时刻 t1 断开。

[0039] 接下来，在时刻 t3，主开关 Tr1 通过来自输出控制电路 10 的栅极信号而断开，主开关 Tr1 的集电极 - 发射极间电压 $Tr1v$ 上升。于是，电流的流动路径为 $V_{i+} \rightarrow 1a \rightarrow 1b \rightarrow D2 \rightarrow D3 \rightarrow Co \rightarrow V_{i-}$ 。由此，在二极管 D2 中流过电流 $D2i$ ，在二极管 D3 中流过电流 $D3i$ 。

[0040] 但是，由于施加在变压器 T1 的提升线圈 1c 上的电压，二极管 D2 中流过的电流转向二极管 D1。因此，二极管 D1 中流过的电流 $D1i$ 增加。与此同时，二极管 D2 的电流 $D2i$ 以及二极管 D3 的电流 $D3i$ 缓慢减少。

[0041] 变压器 T1 的 1 次线圈 1a、1b 和提升线圈 1c 的电流向二极管 D1 转流结束后，二极管 D2、D3 断开。由于电流缓慢减少而致使二极管 D2、D3 断开，因此抑制了二极管 D2、D3 中恢复损失的产生。

[0042] 接下来，在主开关 Tr1 断开期间中的时刻 t4，负载为重负载，在基于输出电流 i_o 的电压超出基准电压 V_{ref} 时，使辅助环动作切换信号 Trals 导通。接下来，在时刻 t5，当主开关 Tr1 接通时，从时刻 t5 至时刻 t6，主开关 Tr1 中流过的电流直线增加。

[0043] 接下来，在时刻 t6，当辅助开关栅极信号 Tralg 成为 H 电平时，辅助开关 Tra1 接通，在时刻 t7，在辅助开关 Tra1 中流过电流 $Trali$ 。也就是说，在主开关 Tr1 断开时被充电的电容器 Ca1 的电荷在主开关 Tr1 接通期间使辅助开关 Tra1 接通，从而通过电容器 Ca1 与电抗器 La1 的谐振，流过电流 $Trali$ 、 $Dali$ 直至时刻 t8，再生至直流电源 V_i 。

[0044] 在时刻 t8，当电容器 Ca1 的电荷完全放光时，亦即电容器 Ca1 的电压 $Calv$ 为 0 时，电抗器 La1 的电流经由二极管 D2 流动，在时刻 t9，电抗器 La1 的电流成为 0（辅助开关 Tra1 的电流 $Trali$ 、二极管 Da1 的电流 $Dali$ 为 0）。这样，二极管 Da1 阻止逆流的电流，因此在维

持电容器 Ca1 的零电压状态下结束辅助环的动作。

[0045] 此时,通过基于具有足够大的电感的电抗器 La1 的谐振,电流缓慢地变化,因此辅助环的二极管 Da1 的恢复和辅助开关 Tra1 的开关损失不会成为很大的问题。另外,当使辅助开关 Tra1 断开时,电容器 Ca1 的电荷不会被放电,因此不再进行主开关 Tr1 的零电压断开动作。

[0046] 接下来,在时刻 $t_{10} \sim t_{11}$,当主开关 Tr1 断开时,电容器 Ca1 从零电压开始充电,因此主开关 Tr1 的电压 $Tr1v$ 缓慢上升,能够实现零电压断开软开关。

[0047] 这样,根据实施例 1 中的 DC-DC 转换器,辅助环动作切换控制电路 20 根据负载 Ro 的状态对软开关电路的动作或者非动作进行切换,软开关电路在进行了动作时,在主开关 Tr1 断开时使主开关 Tr1 进行软开关动作,因此能够降低主开关 Tr1 断开时的开关损失。

[0048] (实施例 2)

[0049] 图 5 是表示实施例 2 中 DC-DC 转换器的电路构成图。图 5 中所示 DC-DC 转换器包括多相方式变压器连接型升压斩波电路。

[0050] DC-DC 转换器具有:直流电源 Vi;变压器 T1a(第一变压器);变压器 T2a(第二变压器);电抗器 L1(第一电抗器);电抗器 L2(第二电抗器);电抗器 La1(第四电抗器);电抗器 La2(第五电抗器);电抗器 L3(第三电抗器);主开关 Tr1(第一主开关);主开关 Tr2(第二主开关);辅助开关 Tra1(第一辅助开关);辅助开关 Tra2(第二辅助开关);二极管 D1 ~ D6、Da1、Da2;电容器 Ca1、Ca2;平滑电容器 Co;输出控制电路 10a;以及辅助环动作切换控制电路 20b。

[0051] 变压器 T1a 具有第一 1 次线圈 1a(匝数 n_1)、与第一 1 次线圈 1a 串联连接的第二 1 次线圈 1b(匝数 n_2)、与第二 1 次线圈 1b 串联连接的提升线圈 1c(匝数 n_3)、与 1 次线圈 1a、1b 以及提升线圈 1c 电磁耦合的 2 次线圈 1d(匝数 n_7)。变压器 T2a 的构成与变压器 T1a 相同,其具有:第一 1 次线圈 2a(匝数 n_4);与第一 1 次线圈 2a 串联连接的第二 1 次线圈 2b(匝数 n_5);与第二 1 次线圈 2b 串联连接的提升线圈 2c(匝数 n_6);与 1 次线圈 2a、2b 以及提升线圈 2c 电磁耦合的 2 次线圈 2d(匝数 n_8)。

[0052] 由 IGBT 构成的主开关 Tr1 的集电极-发射极间经变压器 T1a 的第一 1 次线圈 1a 和第二 1 次线圈 1b 连接在直流电源 Vi 的两端。由 IGBT 构成的主开关 Tr2 的集电极-发射极间经变压器 T2a 的第一 1 次线圈 2a 和第二 1 次线圈 2b 连接在直流电源 Vi 的两端。

[0053] 包括变压器 T1a 的提升线圈 1c、电抗器 L1、二极管 D1 以及平滑电容器 Co 的串联电路连接在主开关 Tr1 的两端。电抗器 L1 可以为变压器 T1a 的漏电感。包括变压器 T2a 的提升线圈 2c、电抗器 L2、二极管 D4 以及平滑电容器 Co 的串联电路连接在主开关 Tr2 的两端。电抗器 L2 可以为变压器 T2a 的漏电感。

[0054] 另外,具有二极管 D2、二极管 D3 以及平滑电容器 Co 的串联电路连接在主开关 Tr1 的两端。具有二极管 D5、二极管 D6 以及平滑电容器 Co 的串联电路连接在主开关 Tr2 的两端。在平滑电容器 Co 的两端连接有负载 Ro。在平滑电容器 Co 与负载 Ro 之间插入用于检测负载 Ro 中流过的电流(输出电流) i_o 的电流检测器 8。

[0055] 具有二极管 Da1、由 IGBT 构成的辅助开关 Tra1、电抗器 La1 以及电容器 Ca1 的串联电路连接在连接点和直流电源 Vi 的负极之间,所述连接点是变压器 T1a 的第一 1 次线圈 1a 与第二 1 次线圈 1b 的连接点。电抗器 La1 与电容器 Ca1 的连接点连接于二极管 D2 与二

极管 D3 的连接点。二极管 Da1、辅助开关 Tra1、电抗器 La1 以及电容器 Ca1 构成第一软开关电路。

[0056] 具有二极管 Da2、由 IGBT 构成的辅助开关 Tra2、电抗器 La2 以及电容器 Ca2 的串联电路连接在连接点和直流电源 Vi 的负极之间,所述连接点是变压器 T2a 的第一 1 次线圈 2a 与第二 1 次线圈 2b 的连接点。电抗器 La2 与电容器 Ca2 的连接点连接于二极管 D5 与二极管 D6 的连接点。二极管 Da2、辅助开关 Tra2、电抗器 La2 以及电容器 Ca2 构成第二软开关电路。

[0057] 在变压器 T1a 的 2 次线圈 1d 和变压器 T2a 的 2 次线圈 2d 的串联电路的两端连接有电抗器 L3。输出控制电路 10a 基于负载 Ro 的输出电压 Vo 使主开关 Tr1 和主开关 Tr2 隔着共同接通的期间交替接通、断开。辅助环动作切换控制电路 20b 基于由电流检测器 8 检测出的电流 io,即根据负载 Ro 的状态(负载量),对第一软开关电路以及第二软开关电路的动作或者非动作进行切换。

[0058] 图 6 是设于实施例 2 中的 DC-DC 转换器的辅助环动作切换控制电路的电路构成图。辅助环动作切换控制电路 20b 包括:图 2 所示的实施例 1 的辅助环动作切换控制电路 20;以及与该辅助环动作切换控制电路 20 构成相同的辅助环动作切换控制电路 20a。

[0059] 辅助环动作切换控制电路 20a 具有比较器 21a、逆变器 22a、23a、与电路 24a、25a、触发电路 26a、以及与电路 27a,辅助环动作切换控制电路 20a 通过来自与电路 27a 的信号使辅助开关 Tra2 接通、断开。

[0060] 其中,变压器 T1a、电抗器 L1、La1、二极管 D1 ~ D3、Da1、电容器 Ca1、主开关 Tr1、辅助开关 Tra1 以及辅助环动作切换控制电路 20 构成第一转换器。变压器 T2a、电抗器 L2、La2、二极管 D4 ~ D6、Da2、电容器 Ca2、主开关 Tr2、辅助开关 Tra1 以及辅助环动作切换控制电路 20a 构成第二转换器

[0061] 另外,图 6 所示辅助环动作切换控制电路 20b 对软开关电路的动作或者非动作的切换控制动作与图 2 所示实施例 1 中辅助环动作切换控制电路 20 对软开关电路的动作或者非动作的切换控制动作相同,因此在此省略对其说明。

[0062] 因此,通过辅助环动作切换控制电路 20b,也可以基于由电流检测器 8 检测出的电流 io,即根据负载 Ro 的状态,对软开关电路的动作或者非动作进行切换。

[0063] 接下来,参照图 7 所示时间图对如上构成的实施例 2 中的 DC-DC 转换器的动作进行说明。

[0064] 其中,在图 7 中,时刻 t0 ~ t2 为 1/2 周期,时刻 t0 ~ t1、时刻 t2 ~ t3 为主开关 Tr1 与主开关 Tr2 同时接通的重复期间。另外,在图 7 中,仅示出了主要各部分的动作波形,包含上述主开关 Tr1 的第一转换器与包含上述主开关 Tr2 的第二转换器错开 1/2 周期地进行动作。

[0065] 首先,在时刻 t0,主开关 Tr1 通过来自输出控制电路 10a 的栅极信号 Tr1g 而接通。此时,由于电流的流动路径为 Vi+ → 1a → 1b → Tr1 → Vi-,因此流过变压器 T1a 的 1 次线圈 1a、1b 的电流 i1 增加。变压器 T1a 的 2 次线圈 1d 也产生电压,电流以路径 1d → 2d → L3 → 1d 流过电抗器 L3。

[0066] 接下来,在时刻 t1,主开关 Tr2 通过来自输出控制电路 10a 的栅极信号 Tr2g 而断开,主开关 Tr2 的集电极-发射极间电压 Tr2v 上升。于是,电流的流动路径为

$V_{i+} \rightarrow 2a \rightarrow 2b \rightarrow D5 \rightarrow D6 \rightarrow Co \rightarrow V_{i-}$, 因此, 二极管 D5、D6 中流过电流。

[0067] 由于施加在变压器 T2a 的提升线圈 2c 上的电压, 电抗器 L2 的电流增加。由此, 二极管 D5、D6 的电流缓慢减少。变压器 T2a 的 1 次线圈 2a、2b 的电流向二极管 D4 转流结束时, 二极管 D5、D6 断开。平滑电容器 Co 的输出电压 V_o 为直流电源 V_i 的电压 (输入电压)、变压器 T2a 的 1 次线圈 2a、2b 产生的电压、以及变压器 T2a 的提升线圈 2c 产生的电压的总和。

[0068] 在时刻 t_2 , 主开关 Tr2 通过来自输出控制电路 10a 的栅极信号 Tr2g 而接通时, 变压器 T2a 的 1 次线圈 2a、2b 和提升线圈 2c 的电流开始从二极管 D4 向主开关 Tr2 转流。由于电流的流动路径为 $V_{i+} \rightarrow 2a \rightarrow 2b \rightarrow Tr2 \rightarrow V_{i-}$, 因此, 流过变压器 T2a 的 1 次线圈 2a、2b 的电流 i_2 增加。变压器 T2a 的 2 次线圈 2d 也产生电压, 电流以路径 $2d \rightarrow L3 \rightarrow 1d \rightarrow 2d$ 流过电抗器 L3。

[0069] 在时刻 t_3 , 主开关 Tr1 通过来自输出控制电路 10a 的栅极信号 Tr1g 而断开, 主开关 Tr1 的集电极-发射极间电压 Tr1v 上升。于是, 电流的流动路径为 $V_{i+} \rightarrow 1a \rightarrow 1b \rightarrow D2 \rightarrow D3 \rightarrow Co \rightarrow V_{i-}$, 因此, 电流流过二极管 D2、D3。

[0070] 由于施加在变压器 T1a 的提升线圈 1c 上的电压, 电抗器 L1 的电流增加。由此, 二极管 D2、D3 的电流缓慢减少。变压器 T1a 的 1 次线圈 1a、1b 的电流向二极管 D1 转流结束时, 二极管 D2、D3 断开。

[0071] 接下来, 在主开关 Tr1 断开期间中的时刻 t_4 , 负载为重负载, 在基于输出电流 i_o 的电压超出基准电压 V_{ref} 时, 使辅助环动作切换信号 Tra1s 导通。接下来, 在时刻 t_5 , 主开关 Tr1 接通时, 从时刻 t_5 至时刻 t_6 , 流过主开关 Tr1 的电流直线增加。

[0072] 接下来, 在时刻 t_6 , 辅助开关栅极信号 Tra1g 成为 H 电平时, 辅助开关 Tra1 接通, 在时刻 t_7 , 在辅助开关 Tra1 中流过电流 Tra1i。也就是说, 主开关 Tr1 断开时被充电的电容器 Ca1 的电荷在主开关 Tr1 接通期间使辅助开关 Tra1 接通, 从而通过电容器 Ca1 与电抗器 La1 的谐振, 流过电流 Tra1i、Da1i 直至时刻 t_8 , 再生给直流电源 V_i 。

[0073] 在时刻 t_8 , 电容器 Ca1 的电荷完全放光时, 亦即电容器 Ca1 的电压 Ca1v 为 0 时, 电抗器 La1 的电流经由二极管 D2 流动, 在时刻 t_9 , 电抗器 La1 的电流成为 0。于是, 二极管 Da1 阻止逆向的电流, 因此在维持电容器 Ca1 的零电压状态下结束辅助环的动作。

[0074] 此时, 通过基于具有足够大的电感的电抗器 La1 的谐振, 电流缓慢地变化, 因此辅助环的二极管 Da1 的恢复和辅助开关 Tra1 的开关损失不会成为很大的问题。另外, 当使辅助开关 Tra1 断开时, 电容器 Ca1 的电荷不会被放电, 因此不再进行主开关 Tr1 的零电压断开动作。

[0075] 接下来, 在时刻 $t_{10} \sim t_{11}$, 主开关 Tr1 断开时, 电容器 Ca1 从零电压开始被充电, 因此主开关 Tr1 的电压 Tr1v 缓慢上升, 能够实现零电压断开软开关。

[0076] 另一方面, 在主开关 Tr2 断开期间中的时刻 t_{91} , 负载为重负载, 在基于输出电流 i_o 的电压超出基准电压 V_{ref2} 时, 使辅助环动作切换信号 Tra12s 导通。接下来, 在时刻 t_{92} , 主开关 Tr2 闭合时, 从时刻 t_{92} 至时刻 t_{10} , 流过主开关 Tr2 的电流直线增加。

[0077] 接下来, 在时刻 t_{10} , 辅助开关栅极信号 Tra2g 成为 H 电平时, 辅助开关 Tra2 接通, 在时刻 t_{12} , 在辅助开关 Tra2 中流过电流 Tra2i。也就是说, 主开关 Tr2 断开时被充电的电容器 Ca2 的电荷在主开关 Tr2 接通期间使辅助开关 Tra2 接通, 从而通过电容器 Ca2 与电抗

器 La2 的谐振,流过电流 $Tra2i$ 、 $Da2i$ 直至时刻 $t13$,再生给直流电源 V_i 。

[0078] 在时刻 $t13$,当电容器 $Ca2$ 的电荷完全放光时,电抗器 La2 的电流经由二极管 D5 流动,在时刻 $t14$,电抗器 La2 的电流成为 0。于是,二极管 Da2 阻止逆向的电流,因此在维持电容器 $Ca2$ 的零电压状态下结束辅助环的动作。

[0079] 此时,通过基于具有足够大的电感的电抗器 La2 的谐振,电流缓慢地变化,因此辅助环的二极管 Da2 的恢复和辅助开关 $Tra2$ 的开关损失不会成为很大的问题。另外,当使辅助开关 $Tra2$ 断开时,电容器 $Ca2$ 的电荷不会被放电,因此不再进行主开关 $Tr2$ 的零电压断开动作。

[0080] 接下来,在时刻 $t15 \sim t16$,主开关 $Tr2$ 断开时,电容器 $Ca2$ 从零电压开始被充电,因此主开关 $Tr2$ 的电压 $Tr2v$ 缓慢上升,能够实现零电压断开软开关。

[0081] 这样,根据实施例 2 中的多相方式变压器连接型升压斩波电路,能够与实施例 1 中的单相型升压斩波电路同样地动作,并取得同样的效果。

[0082] 根据本发明,切换控制电路根据负载的状态对软开关电路的动作或者非动作进行切换,软开关电路在进行了动作时,在主开关断开时使主开关进行软开关动作,因此能够降低主开关断开时的开关损失。

[0083] 本发明可应用于混合动力汽车和电动汽车。

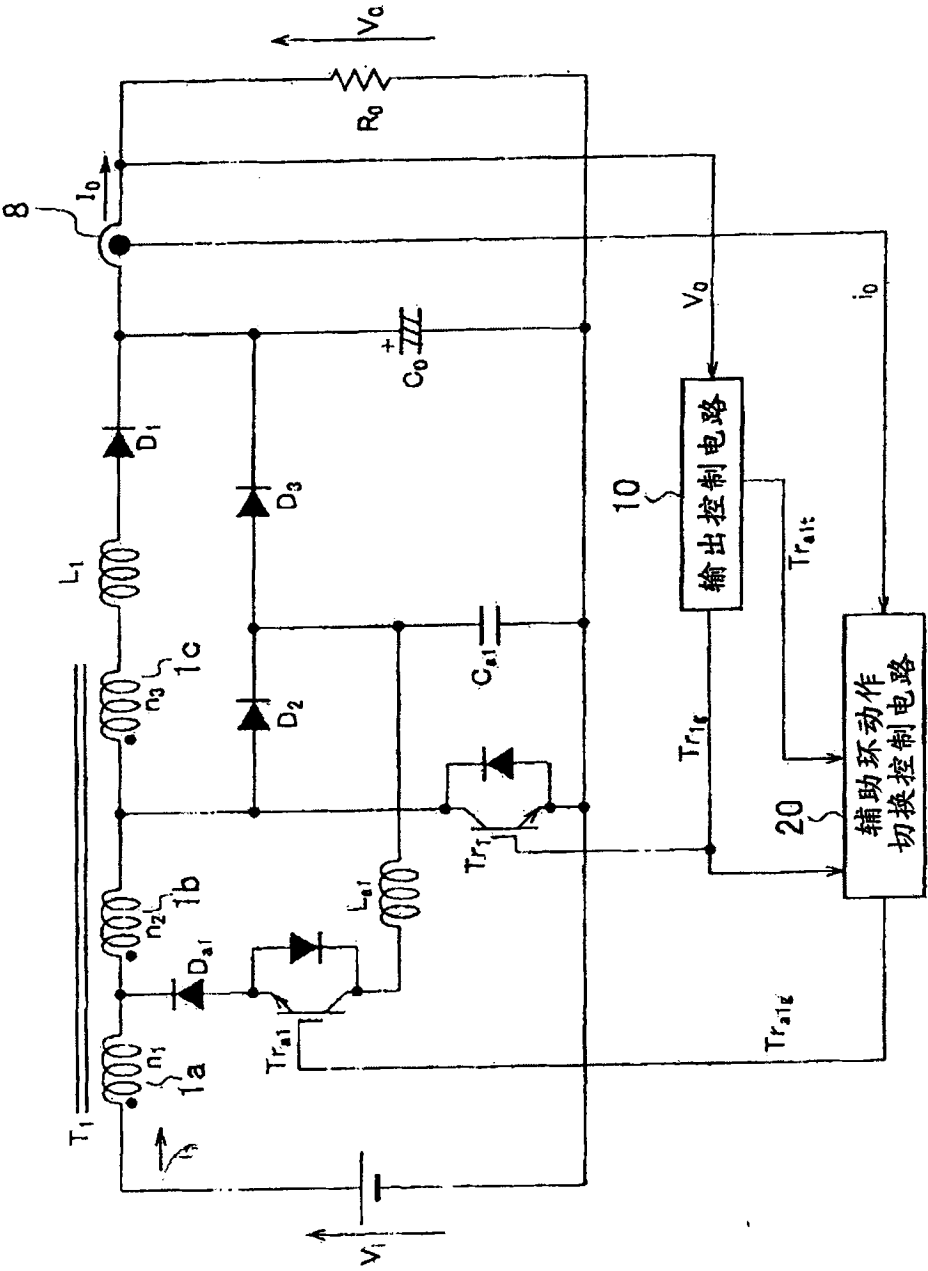


图 1

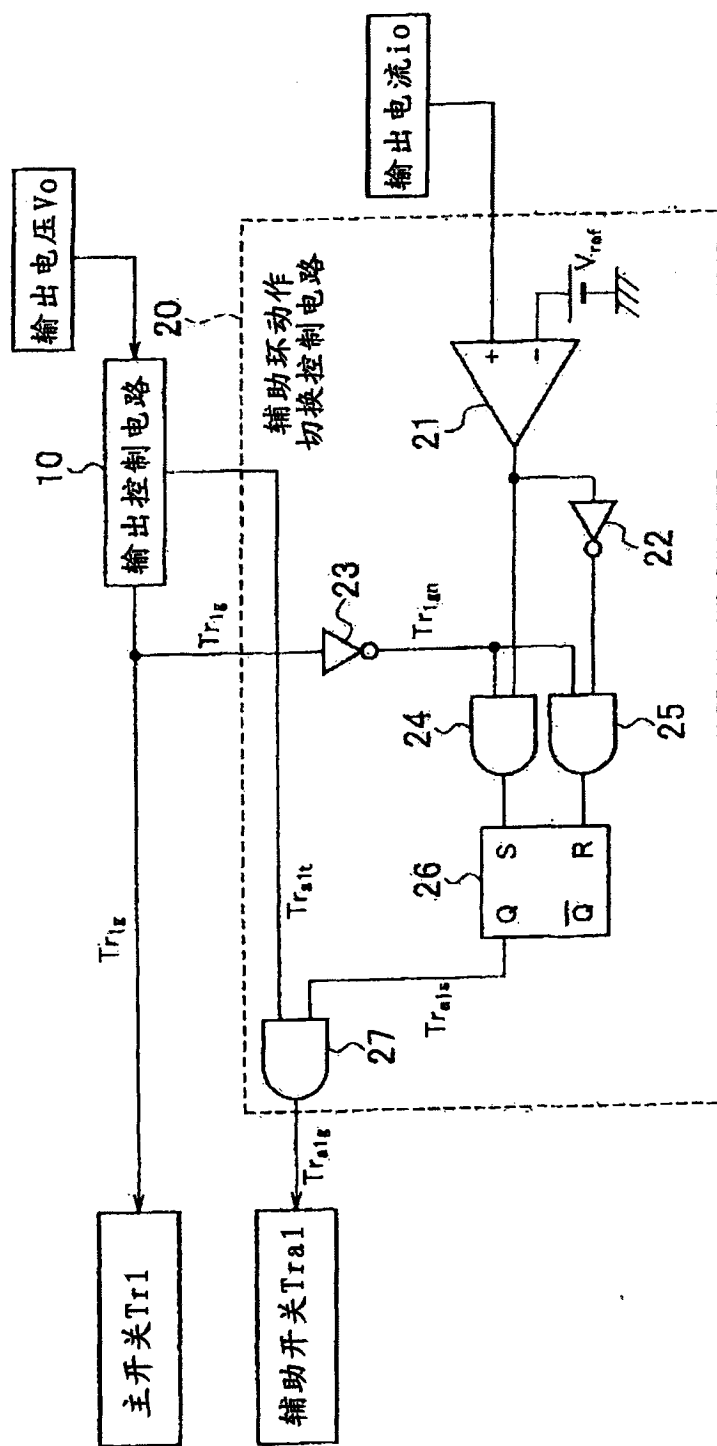


图 2

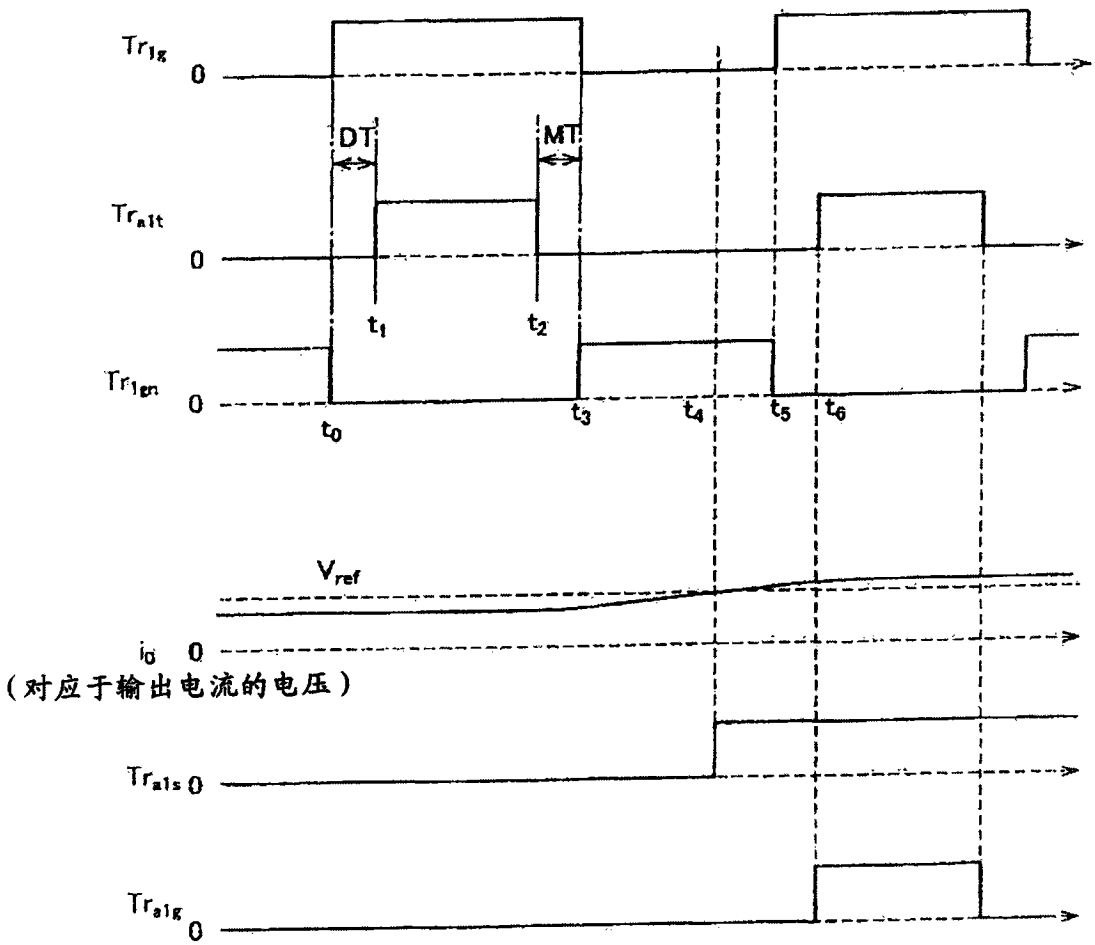


图 3

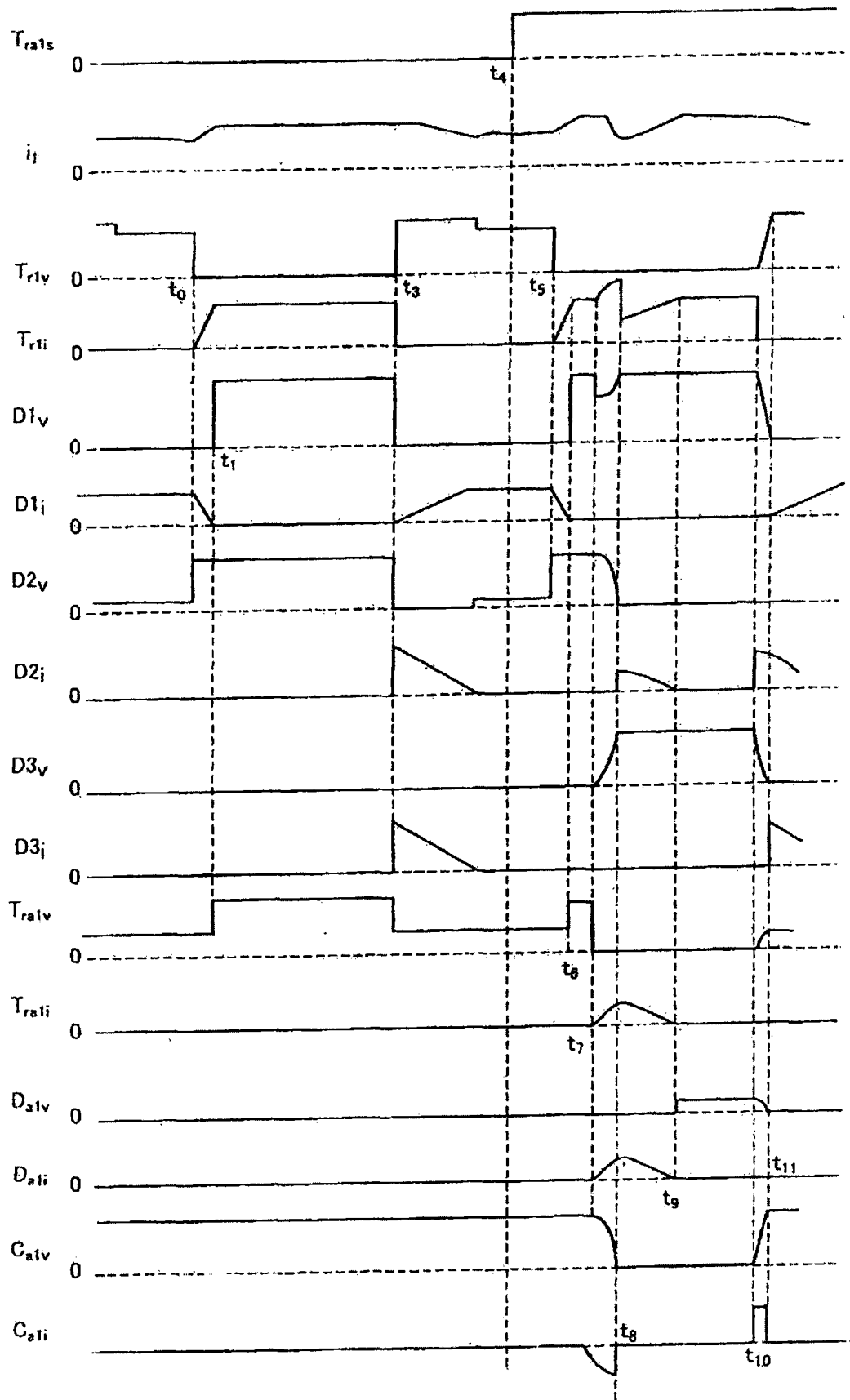


图 4

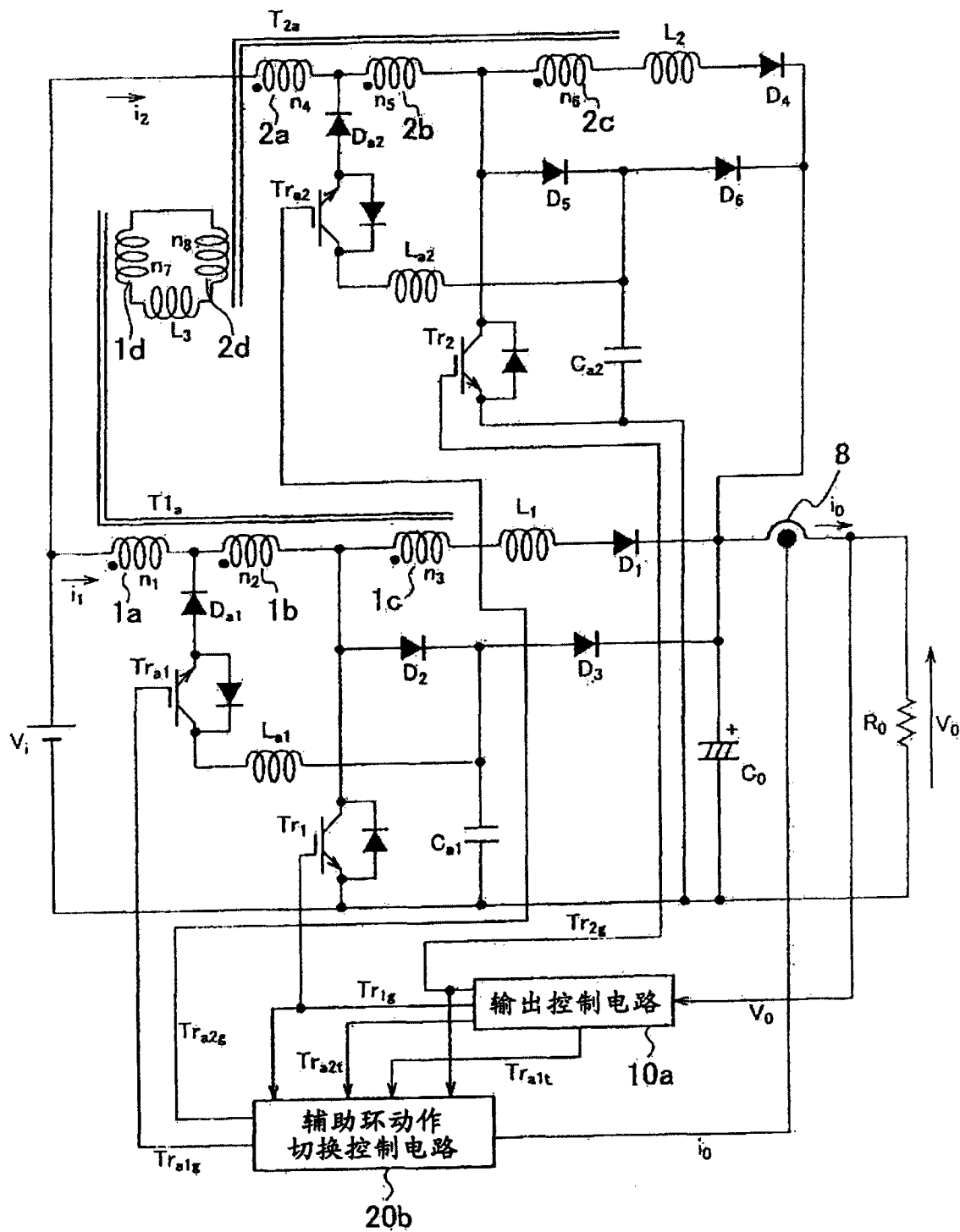


图 5

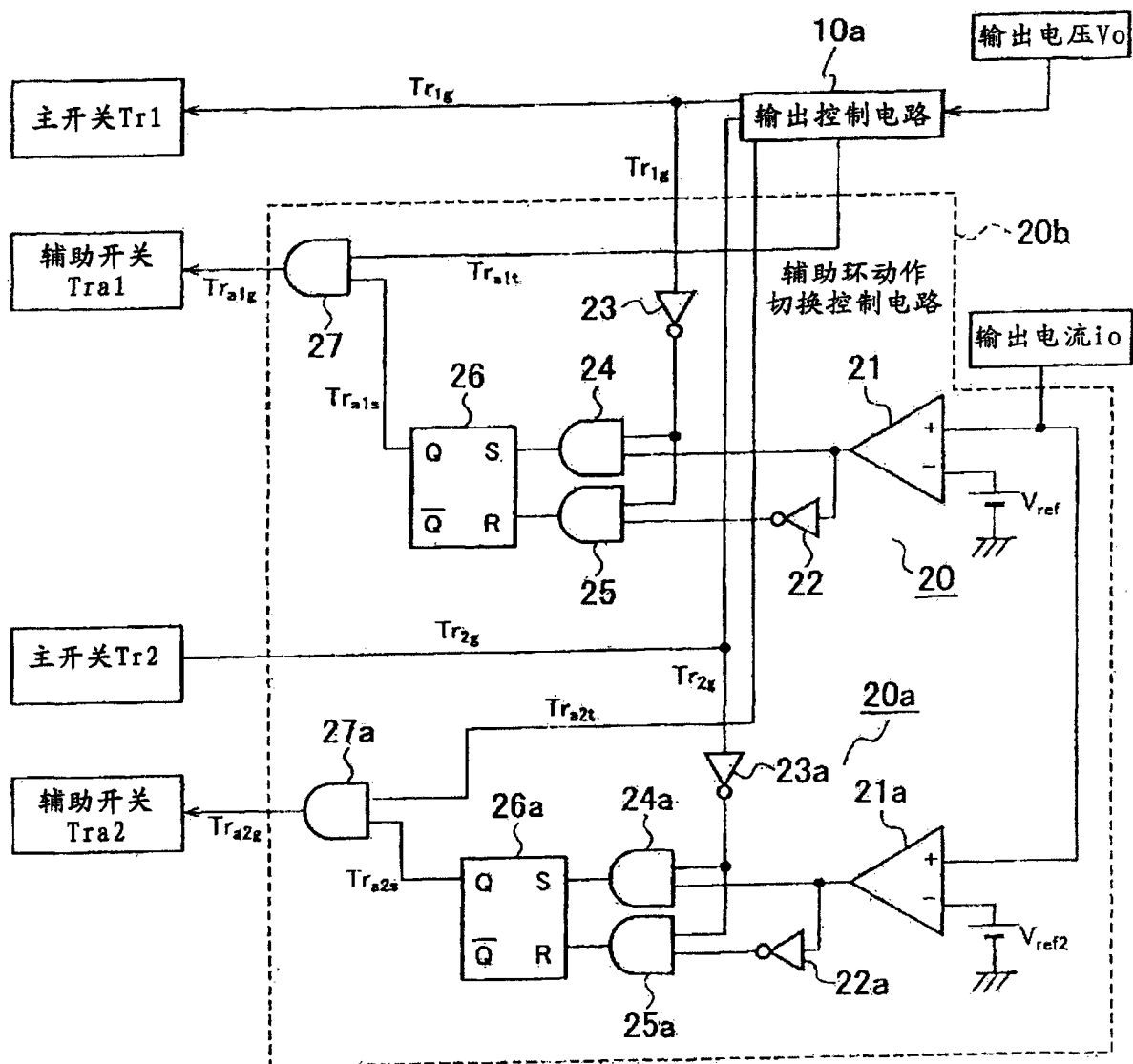


图 6

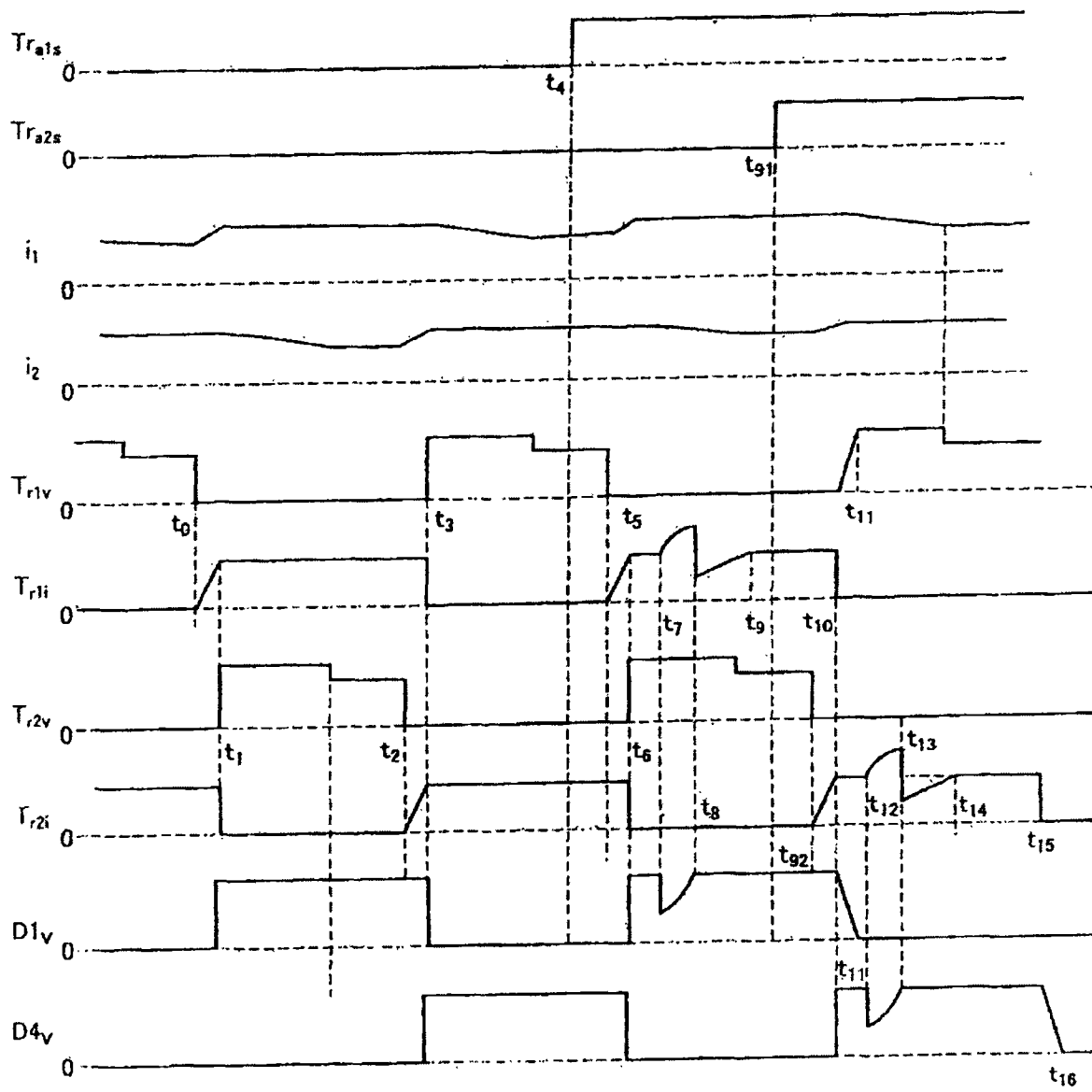


图 7