

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102640407 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 15

(21) 申请号 201080051217. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 10. 29

H02M 3/155(2006. 01)

H02M 7/12(2006. 01)

(30) 优先权数据

2009-258565 2009. 11. 12 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 05. 11

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/069305 2010. 10. 29

(87) PCT申请的公布数据

W02011/058892 JA 2011. 05. 19

(71) 申请人 大金工业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 大下和广 矢吹俊生 荣纪雄

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 侯颖嫒

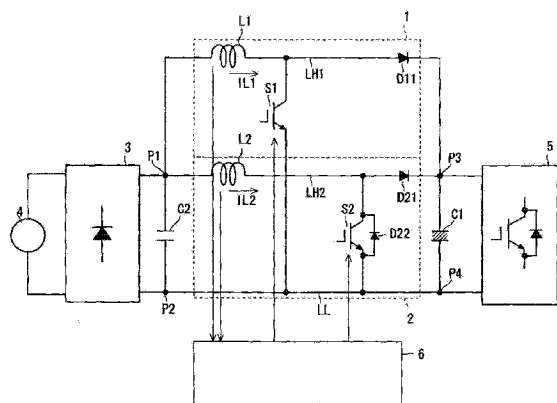
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54) 发明名称

开关电源电路

(57) 摘要

本发明是可消除反向电压的功率因数改善电路。主晶体管 (S1) 及从晶体管 (S2) 均是绝缘栅双极晶体管。对从晶体管 (S2) 反向并联连接有从二极管 (D21)。主晶体管 (S1) 在流过主电抗器 (L1) 的电流达到零时导通, 经过第 1 期间后变成非导通。从晶体管 (S2) 将由主晶体管 (S1) 导通的时刻起经过了比到下一次导通为止的期间要短的一定期间作为一个条件而导通, 在经过比第 1 期间要短的第 2 期间后变成非导通。



1. 一种开关电源电路,其特征在于,包括:

低电源线 (LL);

主电源线和从电源线 (LH1、LH2),该主电源线和从电源线均施加有比所述低电源线要高的电位;

主电抗器和从电抗器 (L1、L2),该主电抗器和从电抗器分别设置于所述主电源线和所述从电源线上,且具有彼此相等的电感量;

第 1 主二极管和第 1 从二极管 (D11、D21),该第 1 主二极管和第 1 从二极管在所述主电源线和所述从电源线上分别与所述主电抗器、所述从电抗器串联连接,并分别将阳极设置成朝向所述主电抗器和所述从电抗器侧;

主绝缘栅双极晶体管 (S1),该主绝缘栅双极晶体管在所述主电抗器与所述主二极管之间的点、与所述低电源线之间将发射极设置成朝向所述低电源线,在流过所述主电抗器的电流达到零时导通,经过第 1 期间 (t_1) 后变成非导通;

从绝缘栅双极晶体管 (S 1),该从绝缘栅双极晶体管在所述从电抗器与所述从二极管之间的点、与所述低电源线之间将发射极设置成朝向所述低电源线,并将从所述主绝缘栅双极晶体管导通的时刻起经过了比到下一次导通为止的期间要短的一定期间作为一个条件而导通,在经过比所述第 1 期间要短的第 2 期间 (t_2) 后变成非导通;及

第 2 从二极管 (D22),该第 2 从二极管与所述从绝缘栅双极晶体管 (S2) 并联连接,并将阳极设置成朝向所述所述低电源线。

2. 如权利要求 1 所述的开关电源电路,其特征在于,

还包括第 2 主二极管 (D12),该第 2 主二极管与所述主绝缘栅双极晶体管 (S1) 并联连接,并将阳极设置成朝向所述主电源线 (LH1)。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的开关电源电路,其特征在于,

还包括电容器 (C2),该电容器的一端与所述低电位线 (LL) 相连接,另一端在所述主电抗器 (L1) 的与所述第 1 主二极管 (D11) 相反的一侧与所述主电源线 (LH1) 连接,并且在所述从电抗器 (L2) 的与所述第 1 从二极管 (D21) 相反的一侧与所述从电源线 (LH2) 连接,该另一端与所述主电源线 (LH1) 及所述从电源线 (LH2) 共同连接,该电容器的静电电容量为 $0.5\mu\text{F}$ 以上。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的开关电源电路,其特征在于,

在满足所述条件、及流过所述从电抗器 (L2) 的电流达到零的第 2 条件这两个条件时,使所述从绝缘栅双极晶体管 (S2) 导通。

5. 如权利要求 3 所述的开关电源电路,其特征在于,

在满足所述条件、及流过所述从电抗器 (L2) 的电流达到零的第 2 条件这两个条件时,使所述从绝缘栅双极晶体管 (S2) 导通。

开关电源电路

技术领域

[0001] 本发明涉及开关电源电路,特别涉及功率因数改善电路。

背景技术

[0002] 非专利文献 1 中记载有功率因数改善电路。上述功率因数改善电路中,设置有主功率因数改善电路和从功率因数改善电路。主功率因数改善电路和从功率因数改善电路与同一直流电源相连接,且主功率因数改善电路和从功率因数改善电路彼此并联连接。此外,它们具有彼此相同的结构。

[0003] 主功率因数改善电路及从功率因数改善电路是所谓的升压型的斩波器电路,具有电抗器、二极管、及开关元件。作为上述开关元件,可采用 MOS 场效应晶体管。

[0004] 从功率因数改善电路的开关元件在由主功率因数改善电路的开关元件导通的时刻起经过了规定期间时导通。即,上述功率因数改善电路以所谓交错的方式进行动作。

[0005] 此外,作为与本发明相关的技术,公开了专利文献 1、2。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献 1:日本专利特开 2008-193818 号公报

[0009] 专利文献 2:日本专利特开 2007-252177 号公报

[0010] 非专利文献

[0011] 非专利文献 1:喜多村守,“可制作 1.5kW 的低噪声、应对高次谐波的电源的临界模式 / 交错 PFC IC R2A20112”,晶体管技术 2008 年 5 月号, CQ 出版株式会社,2008 年 8 月, P. 176-184(喜多村 守、「1.5kW の低ノイズ高調波対策電源を作れる臨界モード / インターリーブ PFC ICR2A20112」、トランジスタ技術 2008 年 5 月号、CQ 出版株式会社、2008 年 8 月、P. 176-184)

发明内容

[0012] 本发明要解决的技术问题

[0013] 然而,在非专利文献 1 中,由于采用 MOS 场效应晶体管作为开关元件,因此,非专利文献 1 的功率因数改善电路不适合大电流的用途。

[0014] 因而,为了使非专利文献 1 的功率因数改善电路适用于大电流的用途,作为开关元件,可考虑采用专利文献 2 中介绍的绝缘栅双极晶体管。在将非专利文献 1 的功率因数改善电路用于大电流的用途的情况下,导致各结构要素中产生的导通损耗增大。所以,在开关电源电路中,可采用例如正向电压降较低的二极管。在二极管中,由于正向电压降与反向恢复特性处于折衷的关系,因此,二极管中会有反向恢复电流流过。由于上述反向恢复电流,有可能会对开关元件施加反向电压。

[0015] 因而,本发明的目的在于提供一种可消除或降低对开关电源电路所采用的开关元件施加的反向电压的功率因数改善电路。

[0016] 用于解决技术问题的技术手段

[0017] 本发明所涉及的开关电源电路的第 1 方式包括：低电源线 (LL)；主电源线和从电源线 (LH1、LH2)，该主电源线和从电源线均施加有比所述低电源线要高的电位；主电抗器和从电抗器 (L1、L2)，该主电抗器和从电抗器分别设置于所述主电源线和所述从电源线上，且具有彼此相等的电感量；第 1 主二极管和第 1 从二极管 (D11、D21)，该第 1 主二极管和第 1 从二极管在所述主电源线和所述从电源线上分别与所述主电抗器、所述从电抗器串联连接，并分别将阳极设置成朝向所述主电抗器和所述从电抗器侧；主绝缘栅双极晶体管 (S1)，该主绝缘栅双极晶体管在所述主电抗器与所述主二极管之间的点、与所述低电源线之间将发射极设置成朝向所述低电源线，在流过所述主电抗器的电流达到零时导通，经过第 1 期间 (t1) 后变成非导通；从绝缘栅双极晶体管 (S1)，该从绝缘栅双极晶体管在所述从电抗器与所述从二极管之间的点、与所述低电源线之间将发射极设置成朝向所述低电源线，并将从所述主绝缘栅双极晶体管导通的时刻起经过了比到下一次导通为止的期间要短的一定期间作为一个条件而导通，在经过比所述第 1 期间要短的第 2 期间 (t2) 后变成非导通；及第 2 从二极管 (D22)，该第 2 从二极管与所述从绝缘栅双极晶体管 (S2) 并联连接，并将阳极设置成朝向所述所述低电源线。

[0018] 本发明所涉及的开关电源电路的第 2 方式是在第 1 方式所涉及的开关电源电路中，还包括第 2 主二极管 (D12)，该第 2 主二极管与所述主绝缘栅双极晶体管 (S1) 并联连接，并将阳极设置成朝向所述主电源线 (LH1)。

[0019] 本发明所涉及的开关电源电路的第 3 方式是在第 1 或第 2 方式所涉及的开关电源电路中，还包括电容器 (C2)，该电容器的一端与所述低电位线 (LL) 相连接，另一端在所述主电抗器 (L1) 的与所述第 1 主二极管 (D11) 相反的一侧与所述主电源线 (LH1) 连接，并且在所述从电抗器 (L2) 的与所述第 1 从二极管 (D21) 相反的一侧与所述从电源线 (LH2) 连接，该另一端与所述主电源线 (LH1) 及所述从电源线 (LH2) 共同连接，该电容器的静电容量为 0.5 μ F 以上。

[0020] 本发明所涉及的开关电源电路的第 4 方式是在第 1 至第 3 方式中的任一方式所涉及的开关电源电路中，在满足所述条件、及流过所述从电抗器 (L2) 的电流达到零的第 2 条件这两个条件时，使所述从绝缘栅双极晶体管 (S2) 导通。

[0021] 发明的技术效果

[0022] 根据本发明所涉及的开关电源电路的第 1 方式，可使本开关电源电路起到作为在电流临界模式（在流过电抗器的电流达到零以后使绝缘栅双极晶体管导通的模式）下动作的交错型的功率因数改善电路 (PFC) 的功能。

[0023] 此外，由于采用绝缘栅双极晶体管，因此，可应对大电流。

[0024] 而且，第 2 期间比第 1 期间要短。而且，由于主电抗器和从电抗器的电感量彼此相等，因此，流过从电抗器的电流的最大值小于流过主电抗器的电流的最大值。从而，由从绝缘栅双极晶体管（以下称为从 IGBT）非导通起、到流过从电抗器的电流达到零为止的期间比由主绝缘栅双极晶体管（以下称为主 IGBT）非导通起到流过主电抗器的电流达到零为止的期间要短（参照图 4）。

[0025] 在流过主电抗器及从电抗器的电流达到零之后，第 1 主二极管及第 1 从二极管的反向恢复电流分别流过主电抗器及从电抗器。由于从 IGBT 在从电抗器达到零之后导通，因

此,从 IGBT 在从二极管所产生的反向恢复电流流过从电抗器的状态下导通。另一方面,主 IGBT 在从电抗器达到零时导通。所以,与流过主电抗器的反向恢复电流的峰值相比,流过从电抗器的反向恢复电流的峰值较高,因而,关于反向恢复电流的绝对值下降而达到零为止的期间,从电抗器的较长。由此,能对从 IGBT 在比主 IGBT 要长的期间内施加反向电压,但由于对从 IGBT 并联连接有第 2 从二极管,因此,可避免上述反向电压。

[0026] 根据本发明所涉及的开关电源电路的第 2 方式,还可避免对主绝缘栅双极晶体管施加的反向电压。

[0027] 根据本发明所涉及的开关电源电路的第 3 方式,可降低因主绝缘栅双极晶体管的导通 / 非导通的切换而引起的、寄生于各部的寄生电容的充放电所产生的电流。

[0028] 根据本发明所涉及的开关电源电路的第 4 方式,即使例如因电压瞬间增大而导致从电抗器在由主 IGBT 导通起经过一定期间后的更后面的时刻达到零,从而从 IGBT 在由主 IGBT 导通起经过比一定期间更长的时间后导通,但随着主 IGBT 及从 IGBT 的导通 / 非导通的重复进行,可使主 IGBT 和从 IGBT 的导通时刻间的期间恢复为一定期间。

[0029] 本发明的目的、特征、方面、及优点可通过下面的详细说明和附图进一步明确。

附图说明

[0030] 图 1 是表示开关电源电路的概念性结构的一个示例的图。

[0031] 图 2 是表示时序图的一个概念性示例的图。

[0032] 图 3 是表示时序图的一个概念性示例的图。

[0033] 图 4 是表示时序图的一个概念性示例的图。

[0034] 图 5 是表示时序图的一个概念性示例的图。

[0035] 图 6 是表示时序图的一个概念性示例的图。

[0036] 图 7 是表示开关电源电路的概念性结构的一个示例的图。

具体实施方式

[0037] 实施方式 .

[0038] < 结构 >

[0039] 如图 1 所举例示出那样,本开关电源电路包括主电路 1、从电路 2、输入端 P1、P2、输出端 P3、P4、及电源线 L1。电源线 LL 将输入端 P2 和输出端 P4 进行连接。

[0040] 在输入端 P1、P2 之间施加有直流电压。在图 1 的举例示出中,对输入端 P1、P2 连接有二极管整流电路 3。二极管整流电路 3 对来自交流电源 4 的交流电压进行整流,将整流后的直流电压施加到输入端 P1、P2 之间。此处,施加到输入端 P2 的电位低于施加到输入端 P1 的电位。另外,对输入端 P1、P2 连接二极管整流电路 3 不是必须的条件。将在输入端 P1、P2 之间施加直流电压的任意结构与输入端 P1、P2 连接即可。

[0041] 此外,在输入端 P1、P2 之间设置有电容器 C2。电容器 C2 能降低电流噪声。

[0042] 主电路 1 包括主电源线 LH1、主电抗器 L1、主二极管 D11、及主绝缘栅双极晶体管 (以下称为主晶体管) S1。

[0043] 主电源线 LH1 将输入端 P1 和输出端 P3 进行连接。主电抗器 L1 及主二极管 D11 设置在主电源线 LH1 上。主二极管 D11 在主电抗器 L1 的与输入端 P1 相反的一侧与主电抗

器 L1 串联连接。此外,主二极管 D11 设置成使其阳极朝向主电抗器 L1 侧。

[0044] 主晶体管 S1 设置在主电抗器 L1 和主二极管 D11 之间的点、与电源线 LL 之间。此外,主晶体管 S1 设置成使其集电极端子朝向主电源线 LH1 侧、其发射极端子朝向电源线 LL 侧。主晶体管 S1 通过由控制部 6 对其栅极端子输入开关信号而导通。

[0045] 从电路 2 包括从电源线 LH2、从电抗器 L2、从二极管 D21、D22、及从绝缘栅双极晶体管(以下称为从晶体管)S2。

[0046] 从电源线 LH2 将输入端 P1 和输出端 P3 进行连接。从电抗器 L2 及从二极管 D21 设置在从电源线 LH2 上。从电抗器 L2 的电感量等于主电抗器 L1 的电感量。从二极管 D21 在从电抗器 L2 的与输入端 P1 相反的一侧与从电抗器 L2 串联连接。此外,从二极管 D21 设置成使其阳极朝向从电抗器 L2 侧。

[0047] 从晶体管 S2 设置在从电抗器 L2 和从二极管 D21 之间的点、与电源线 LL 之间。此外,从晶体管 S2 设置成使其集电极端子朝向从电源线 LH2 侧、其发射极端子朝向电源线 LL 侧。从晶体管 S2 通过由控制部 6 对其栅极端子输入开关信号而导通。从二极管 D22 使其阳极朝向电源线 LL 侧,并与从晶体管 S2 并联连接。

[0048] 在输出端 P3、P4 之间设置有平滑电容器 C1。

[0049] 控制部 6 检测在主电抗器 L1 中流过的电流 IL1,并基于电流 IL1 使主晶体管 S1 导通。控制部 6 将由主晶体管 S1 导通的时刻起经过了规定期间作为一个条件而使从晶体管 S2 导通。此外,控制部 6 检测在从电抗器 L2 中流过的电流 IL2,并在满足上述一个条件和基于电流 IL2 的条件时,使从晶体管 S2 导通。对于这些导通,将在后面详细阐述。此外,对于检测电流 IL1、IL2,如现有技术文献中举出的各文献那样,可采用各电抗器 L1、L2 构成变压器的方法。另外,对于以下说明的主晶体管 S1 及从晶体管 S2 的控制,只要无特别记载,其主体就是控制部 6。

[0050] 另外,此处,控制部 6 包含微机和存储装置而构成。微机执行程序所记述的各处理步骤(换言之之为过程)。上述存储装置例如可由 ROM(Read Only Memory:只读存储器)、RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)、可改写的非易失性存储器(EPRAM(Erasable Programmable ROM:可擦除可编程只读存储器)等)、及硬盘装置等各种存储装置中的一个或多个构成。该存储装置存放各种信息、数据等,还存放微机所执行的程序,并提供用于执行程序的工作区域。另外,微机可掌握起到作为与程序所记述的各处理步骤相对应的各种单元的功能,或者,可掌握实现与各处理步骤相对应的各种功能。此外,控制部 6 并不限于此,由控制部 6 执行的各种步骤、或者由控制部 6 实现的各种单元或各种功能的一部分或全部也可以用硬件来实现。

[0051] 本开关电源电路中,由于主电路 1 及从电路 2 分别包括绝缘栅双极晶体管 S1、S2,因此,例如与 MOS 场效应晶体管相比,适合大电流的用途。在将本开关电源电路用于大电流的用途的情况下,作为主二极管 D11 及从二极管 D21,优选采用正向电压降较小的二极管。这是由于,越是大电流,主二极管 D11 及从二极管 D21 中的导通损耗越高。另一方面,上述主二极管 D11 及从二极管 D21 的反向恢复特性不佳,在主二极管 D11 及从二极管 D21 中容易有反向恢复电流流过。此处,主二极管 D11 及从二极管 D21 的反向恢复特性彼此相同。

[0052] 在图 1 的举例示出中,对输出端 P3、P4 连接有逆变器 5。另外,也可无需对输出端 P3、P4 连接逆变器 5,而将其他任意负载连接到输出端 P3、P4。

[0053] < 动作 >

[0054] 首先,参照图 1、图 2,说明本开关电源电路的动作概要。另外,在以下的说明及附图中,对于电流 IL_1 、 IL_2 ,假定从二极管整流电路 3 朝向逆变器 5 侧的方向为正。

[0055] 主电路 1 中,若主晶体管 S_1 导通,则电流从输入端 P1 经由主电抗器 L_1 及主晶体管 S_1 流向输入端 P2。上述电流按照由主电抗器 L_1 的电感量及输入端 P1、P2 间的直流电压确定的倾斜度相应地增大(图 2 中,参照电流 IL_1)。通过上述电流,在电抗器 L_1 中储存有电磁能。

[0056] 然后,若主晶体管 S_1 由导通切换成非导通,则电流从输入端 P1 经由主电抗器 L_1 、主二极管 D_{11} 、及平滑电容器 C_1 流向输入端 P2。此时,储存在电抗器 L_1 中的电磁能所产生的电压(感应电压)与输入端 P1、P2 间的直流电压进行相加,其总和施加到平滑电容器 C_1 。所以,主电路 1 能将输入端 P1、P2 间的直流电压进行升压,并将其施加到平滑电容器 C_1 。

[0057] 上述电流以基于主电抗器 L_1 的电感量及平滑电容器 C_1 的静电容量等的倾斜度下降(图 2 中,参照电流 IL_1)。然后,在上述电流即电流 IL_1 变成零时,再次使主晶体管 S_1 导通。之后,重复上述动作。利用上述动作,电流 IL_1 按照锯齿状的形状发生变化。这种在主电抗器 L_1 中流过的电流 IL_1 达到零以后使主晶体管 S_1 导通的模式被称为所谓的临界电流模式。

[0058] 如上所述,主电路 1 可起到作为开关电源电路的功能,该开关电源电路将输入端 P1、P2 间的电压进行升压,并将其施加到输出端 P3、P4 之间。此外,即使在电流不流向平滑电容器 C_1 的期间(主晶体管 S_1 导通的期间),电流也经由主晶体管 S_1 流向二极管整流电路 3。所以,可扩大流过二极管整流电路 3 的电流的导通角度。换言之,主电路 1 可起到作为功率因数改善电路的功能。此外,作为主电路 1 的开关元件,采用绝缘栅双极晶体管。所以,与例如采用 MOS 场效应晶体管的结构相比,可使更大的电流流过。

[0059] 在从电路 2 中,也进行与主电路 1 同样的动作。但是,从晶体管 S_2 将由主晶体管 S_1 导通的时刻起经过了规定期间作为第 1 条件而导通。上述规定期间是比由主晶体管 S_1 导通到再次导通为止的期间(以下,也称为周期) T 要短的期间。在图 2 的举例示出中,采用期间 T 的一半作为规定期间,以下,对采用期间 T 的一半作为规定期间的情况进行说明。

[0060] 根据第 1 条件,在从电路 2 中,相对于主电路 1 延迟半个周期而进行同一动作。所以,流过从电抗器 L_2 的电流 IL_2 相对于流过主电抗器 L_1 的电流 IL_1 要延迟半个周期。因而,在电流 IL_1 、 IL_2 中的一方较小时,另一方较大。

[0061] 例如,在本开关电源电路仅具有主电路 1 的情况下,流过二极管整流电路 3 的电流等于流过主电抗器 L_1 的电流 IL_1 。另一方面,根据本开关电源电路,流过二极管整流电路 3 的电流等于电流 IL_1 、 IL_2 之和。在本开关电源电路中,由于在电流 IL_1 、 IL_2 中的一方较小时,另一方较大,因此,可提高流过二极管整流电路 3 的电流的平均值而不改变该电流的最大值(峰值)(参照图 2 的电流 IL_1 的平均电流、及电流 IL_1 、 IL_2 之和的平均电流)。换言之,为了达到相同电流的平均值,可降低流过二极管整流电路 3 的电流的峰值。

[0062] 此外,也可以使从晶体管 S_2 除了第 1 条件、再加上将流过从电抗器 L_2 的电流 IL_2 达到零作为第 2 条件而导通。由此,能更可靠地确保从电路 2 中临界电流模式下的动作。

[0063] 此外,即使电流 IL_1 、 IL_2 的相位差与例如相当于半个周期的值有偏差,也可像以下那样对本开关电源电路进行改进,以使上述相位差恢复为半个周期。首先,对相位差的偏

差进行说明。例如,输入端 P1、P2 间的电压瞬间增大,由此,电流 IL2 可能延迟而达到零。在此情况下,根据第 2 条件,在比由主晶体管 S1 导通的时刻起延迟了半个周期的时刻还要延迟的时刻,从晶体管 S2 导通。在图 3 的举例示出中,在由主晶体管 S1 导通的时刻起经过了 3/5 周期的时刻,从晶体管 S2 导通。之后,由于电流 IL1、IL2 彼此以相同周期达到零,因此,电流 IL1、IL2 的相位差维持与 3/5 周期相当的值。所以,主晶体管 S1 和从晶体管 S2 的导通时刻彼此有 3/5 周期的偏差。

[0064] 为了使上述相位差的偏差恢复为半个周期,在本实施方式中,将从晶体管 S2 的导通期间 t_2 设定成比主晶体管 S1 的导通期间 t_1 要短。例如,主晶体管 S1 的导通期间为数 μ 秒,从晶体管 S2 的导通期间设定成比其要短数百 n 秒。

[0065] 由于导通期间 t_2 比导通期间 t_1 要短,主电抗器 L1 和从电抗器 L2 的电感量彼此为相同水平,因此,电流 IL1 的峰值低于电流 IL2 的峰值。

[0066] 所以,电流 IL2 由比电流 IL1 要低的值开始下降。此外,由于主电抗器 L1 和从电抗器 L2 的电感量彼此为相同水平,因此,电流 IL1、IL2 下降时的倾斜度也为相同水平。因而,相比于由主晶体管 S1 导通起到电流 IL1 达到零为止的期间(一个周期 T),由从晶体管 S2 导通起到电流 IL2 达到零的期间较短。所以,电流 IL2 在由从晶体管 S2 导通的时刻起经过一个周期 T 之前达到零。

[0067] 由此,如图 4 所举例示出那样,即使例如因输入端 P1、P2 间的电压瞬间增大而导致主晶体管 S1 及从晶体管 S2 的导通时刻间的期间变成 3/5 周期,但随着主晶体管 S1 及从晶体管 S2 重复导通 / 非导通,也能使该期间恢复为半个周期。

[0068] 另外,也可以使导通期间 t_2 与导通期间 t_1 之差可变。例如,在由主晶体管 S1 导通的时刻起经过了规定期间(此处为半个周期)时、电流 IL2 已经达到零的情况下,采用差 SUB1。而且,在由主晶体管 S1 导通的时刻起经过了规定期间时、电流 IL1 还未达到零的情况下,采用比差 SUB1 要大的差 SUB2。

[0069] 由此,在相位差与所希望的值有偏差时,采用较大的差 SUB2。所以,可缩短电流 IL2 达到零的期间,尽快使相位差恢复为所希望的值。另一方面,在相位差为所希望的值时,采用较小的差 SUB1。所以,可提高电流 IL2 的峰值,进而可提高流过二极管整流电路 3 的电流的平均电流。

[0070] 另外,虽然在图 2 至图 4 中省略了图示,但实际上,在电流 IL1、IL2 各自达到零之后,分别由于主二极管 D11 及从二极管 D21 的反向恢复特性,在主电抗器 L1 及从电抗器 L2 中,电流从输出端 P3 侧流向输入端 P1 侧。在图 5 的举例示出中,将上述电流 IL1、IL2 作为负电流来示出。

[0071] 根据本控制方法,电流 IL2 的最小值小于电流 IL1 的最小值。在图 5 的举例示出中,电流 IL1 的最小值为 -0.32A ,电流 IL2 的最小值为 -0.40A 。这样的电流 IL1、IL2 的最小值的大小关系可认为是由以下理由引起的。

[0072] 在主晶体管 S1 由非导通切换到导通时,主晶体管 S1 的两端电压下降,几乎达到零。由此,对主二极管 D11 施加有较大的反向电压。由于上述反向电压,储存在主二极管 D11 内部的载流子移动的量增加。所以,可移动的载流子耗尽,反向恢复电流下降。

[0073] 同样地,在从晶体管 S2 由非导通切换到导通时,从晶体管 S2 的两端电压下降,几乎达到零。由此,对从二极管 D21 施加有较大的反向电压。由于上述反向电压,储存在从二

极管 D21 内部的载流子移动的量增加。所以,可移动的载流子耗尽,反向恢复电流下降。

[0074] 如上所述,电流 I_{L1} 、 I_{L2} 由下降转变为增大的时刻也分别取决于主晶体管 S1 及从晶体管 S2 导通的时刻。

[0075] 在电流 I_{L1} 达到零时,对主晶体管 S1 的栅极端子输入开关信号,在电流 I_{L2} 达到零之后,对从晶体管 S2 的栅极端子输入开关信号。所以,由电流 I_{L2} 达到零起、到电流 I_{L2} 由下降转变为增大为止的期间比由电流 I_{L1} 达到零起、到电流 I_{L1} 由下降转变为增大为止的期间要长。所以,电流 I_{L2} 的最小值小于电流 I_{L1} 的最小值。

[0076] 在电流 I_{L2} 增大时,在从电抗器 L2 中产生以从二极管 D21 侧为低电位、输入端 P1 侧为高电位的感应电压。由此,若未设置从二极管 D22,则在电流 I_{L2} 由最小值达到零为止的期间内,对从晶体管 S2 施加有以集电极端子为低电位、发射极端子为高电位的反向电压。另外,在电流 I_{L2} 为零以上时,由于在从电抗器 L2 和从晶体管 S2 中有电流流过,因此,未对从晶体管 S2 施加反向电压。

[0077] 在电流 I_{L1} 由最小值达到零为止的期间内,虽然在主晶体管 S1 中也会产生反向电压,但由于电流 I_{L1} 的最小值小于电流 I_{L2} 的最小值,因此,电流 I_{L1} 由最小值达到零为止的期间比电流 I_{L2} 由最小值达到零为止的期间要短。所以,与从晶体管 S2 相比,对主晶体管 S1 施加反向电压的期间较短。

[0078] 在本开关电源电路中,对会在较长期间内施加有反向电压的从晶体管 S2 以反向并联的方式设置有从二极管 D22。图 6 中,示出本开关电源电路的时序图的一个示例。

[0079] 另外,在图 6 中,在同一坐标中示出流过从二极管 D21 的电流 I_{D2} 、电流 I_{L2} 、流过从晶体管 S2 及从二极管 D22 这一组的电流 I_{SD2} 、及从晶体管 S2 的两端电压 V_{S2} 。在该坐标中,在将纵轴视为电流时,其 1 格的高度表示 5A,在将纵轴视为电压时,其 1 格的高度表示 200V。此外,图中从上方起依次配置的横轴 A、B、C 分别表示电流 I_{SD2} 、 I_{L2} 、 I_{S2} 的电流值为零,图中从下方起的第 2 个横轴 D 表示两端电压 V_{S2} 的电压值为零。此外,对于电流 I_{D2} ,设由从电抗器 L2 朝向输出端 P3 的方向为正,对于电流 I_{SD2} ,设由从电源线 LH2 朝向电源线 LL 的方向为正。

[0080] 如图 6 所举例示出那样,在可对从晶体管 S2 施加反向电压时,电流 I_{SD2} 由电源线 LL 朝向从电源线 LH2 侧流动。即,由于流过从二极管 D22,因此,与其并联连接的从晶体管 S2 的两端电压 V_{S2} 几乎为 0。所以,可避免对从晶体管 S2 施加反向电压。

[0081] 另外,为了使电流临界模式更可靠、同时获得使相位差恢复为所希望的值的效果,需要满足将电流 I_{L2} 达到零作为从晶体管 S2 导通的一个条件这一事项。然而,对于因上述反向恢复电流而导致对从晶体管 S2 施加的反向电压,上述事项不是必须的条件。总之,只要主电抗器 L1 和从电抗器 L2 的电感量彼此相同、导通期间 t_2 比导通期间 t_1 要短即可。

[0082] 此外,如图 7 所示,主电路 1 也可以还具有主二极管 D12。主二极管 D12 使阳极朝向电源线 LL 侧、阴极朝向主电源线 LH1 侧,并与主晶体管 S1 并联连接。利用主二极管 D12,也可消除对主晶体管 S1 施加的反向电压。

[0083] 此外,由于主晶体管 S1 由非导通切换到导通 (turn on) 或者由导通切换到非导通 (turn off),会流过存在于各部的寄生电容所产生的充放电电流。上述充放电电流不仅流过主电路 1,还流过从电路 2,会对从电路 2 的动作造成不良影响。由于从晶体管 S2 的导通或截止,也会有充放电电流流过,会对主电路 1 造成不良影响。此外,受到上述充放电电流

的影响,有可能会检测不到电流 IL1、IL2 变成零的情况。

[0084] 因而,优选使电容器 C2 的静电电容量为 $0.5\mu\text{F}$ 以上。由此,可降低充放电电流。从而,可避免或抑制主电路 1 及从电路 2 对彼此作用的不良影响、以及对电流 IL1、IL2 的零电流检测失败。

[0085] 另外,在本实施方式中,本开关电源电路包括一个主电路 1 和一个从电路 2。然而,也可以包括多个从电路 2。若开关电源电路包括两个从电路 2,则一个从电路 2 相对于主电路 1 延迟第 1 规定期间(例如 $1/3$ 周期)而动作,另一个从电路 2 相对于主电路 1 延迟第 2 规定期间(例如 $2/3$ 周期)而动作。

[0086] 至此详细说明了本发明,但上述说明在所有的方面都是举例示出,本发明并不局限于此。未举例示出的无数的变形例被解释为是在不脱离本发明的范围内可设想得到的。

[0087] 标号说明

[0088] 1 主电路

[0089] 2 从电路

[0090] C2 电容器

[0091] D11、D12、D21、D22 二极管

[0092] L1、L2 电抗器

[0093] LH1、LH2、LL 电源线

[0094] S1、S2 绝缘栅双极晶体管

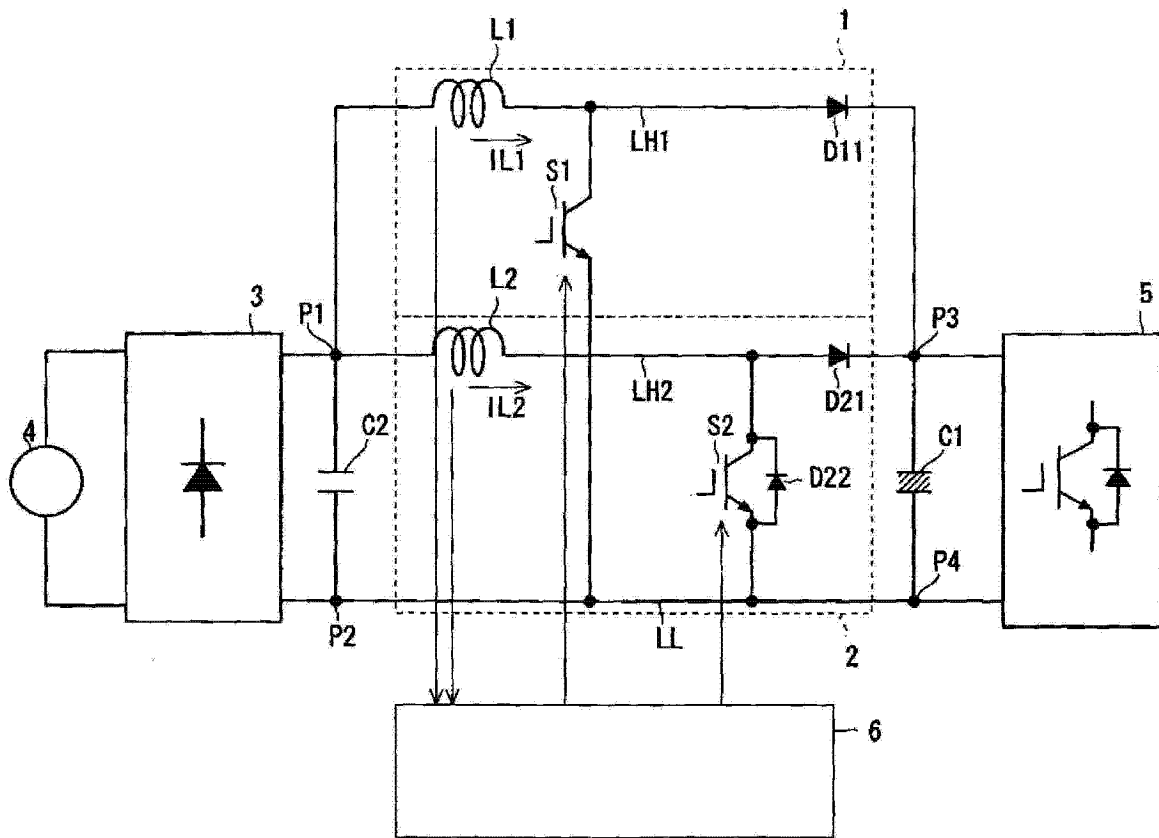


图 1

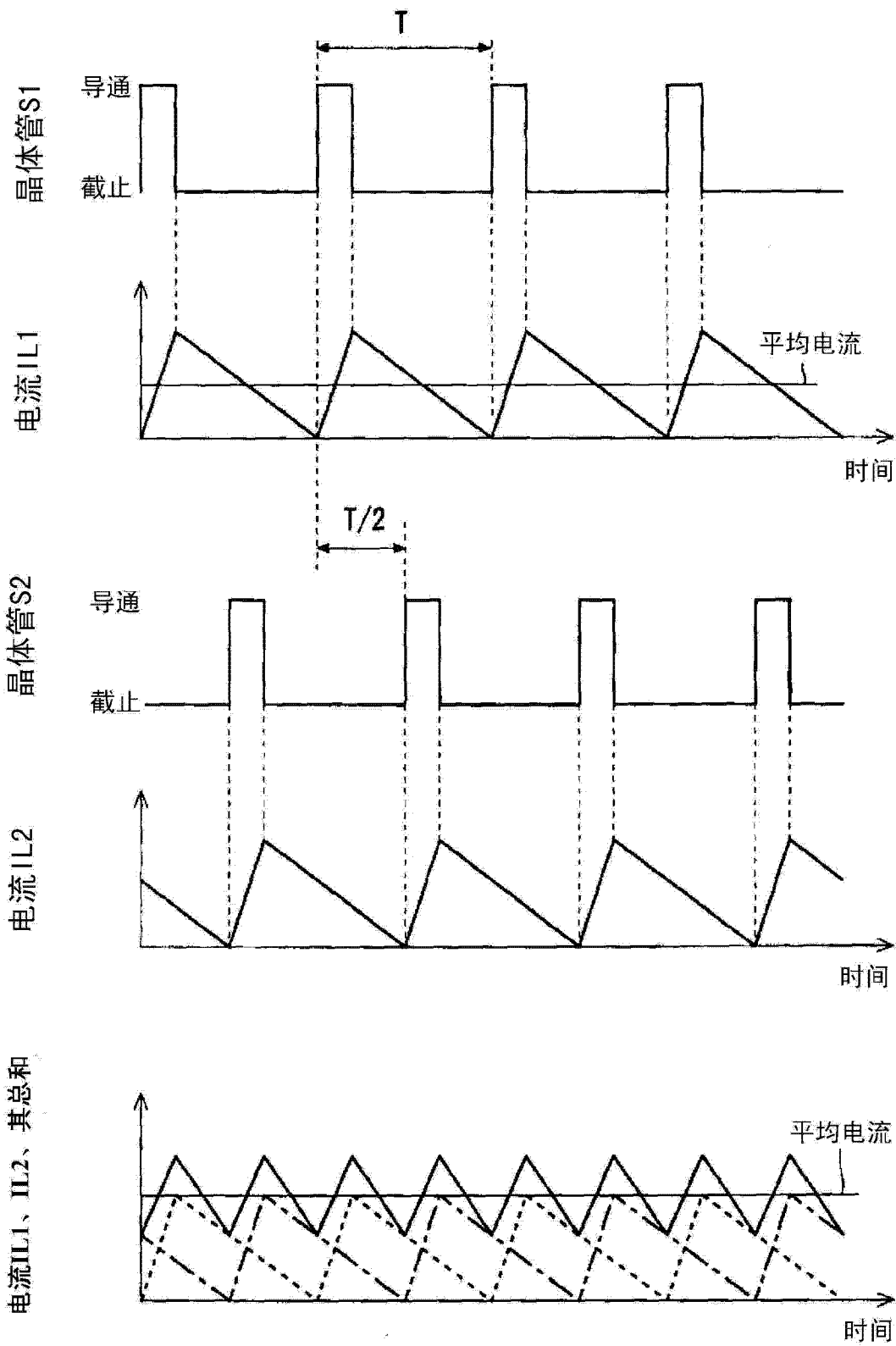


图 2

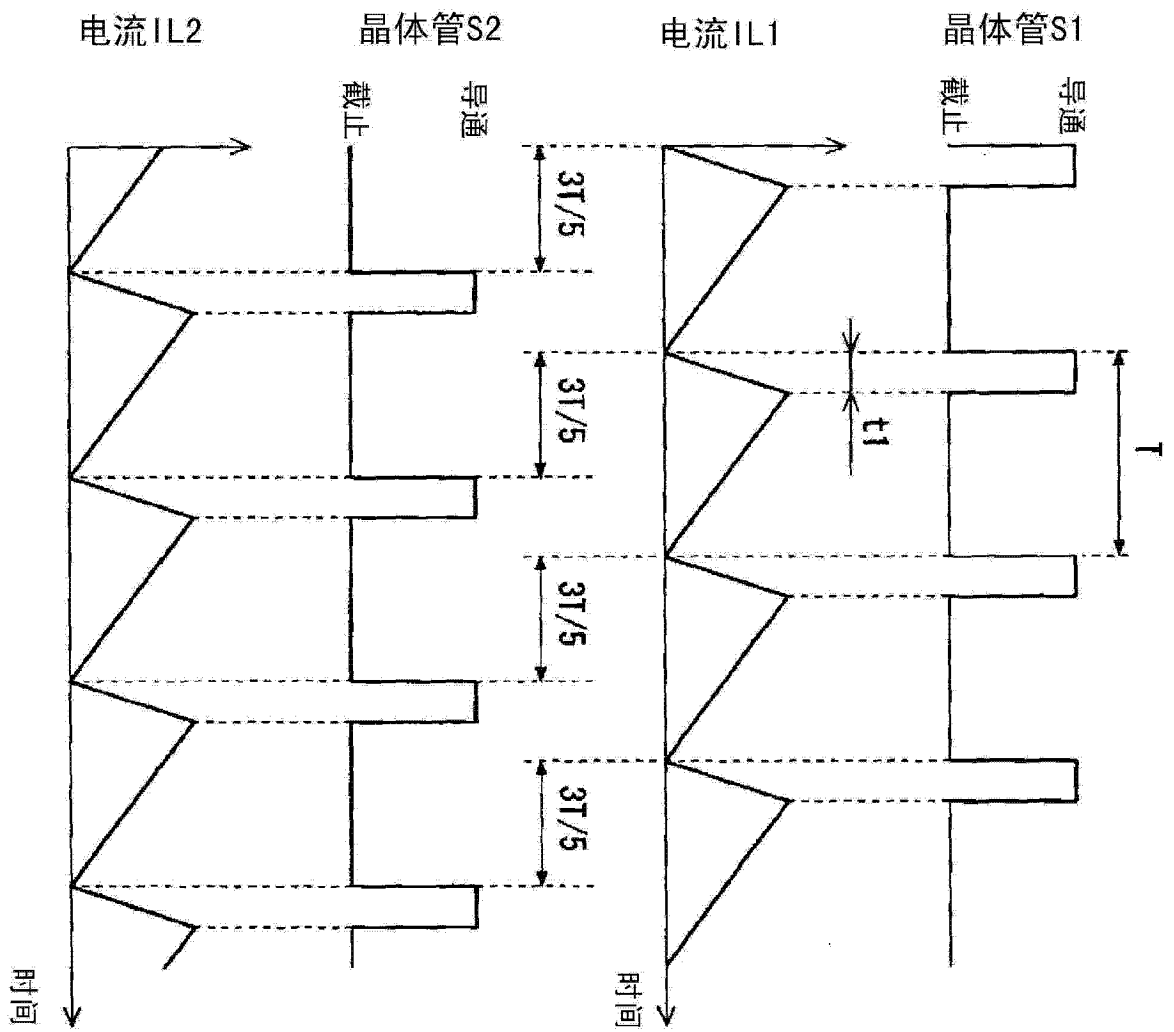


图 3

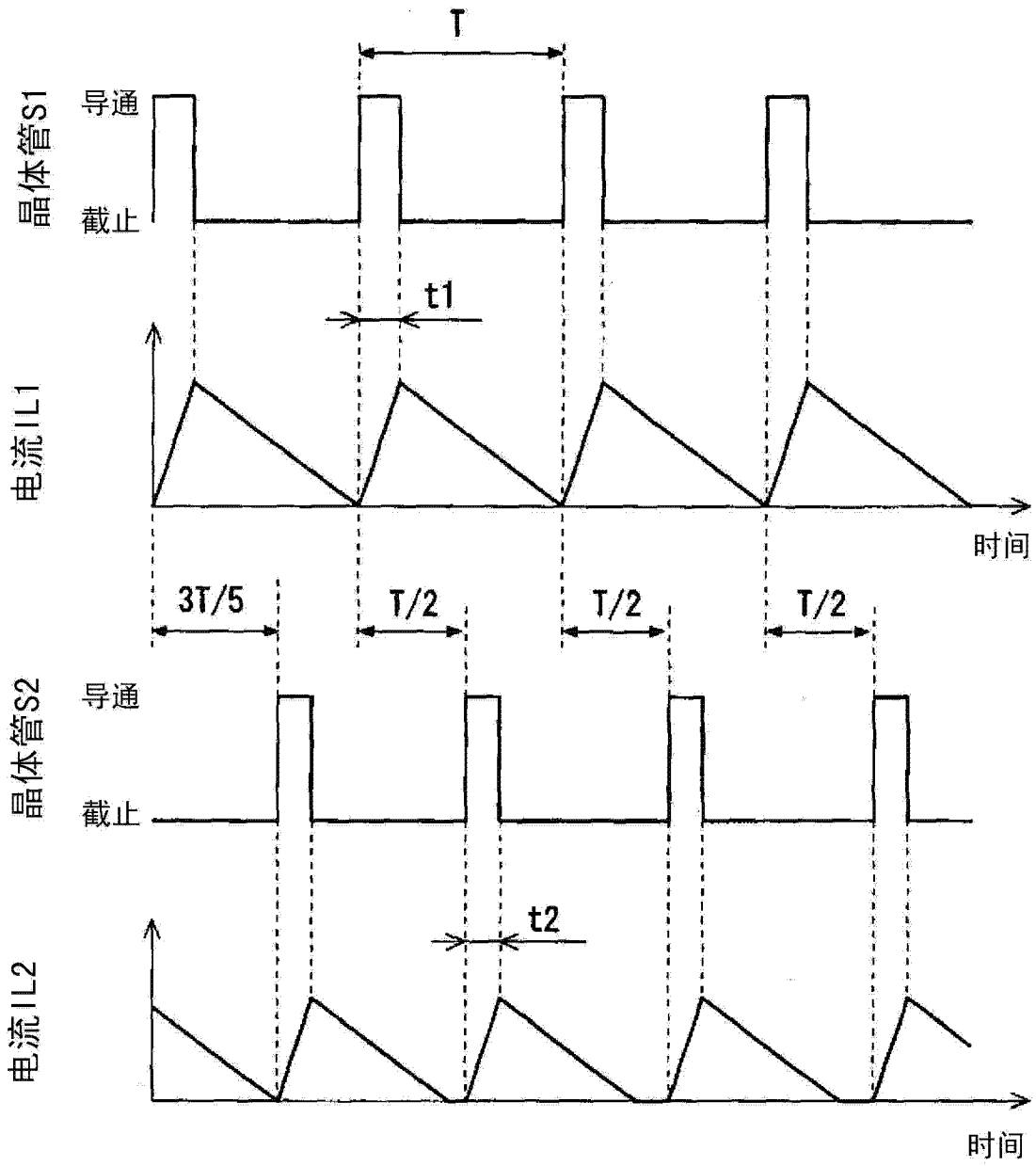


图 4

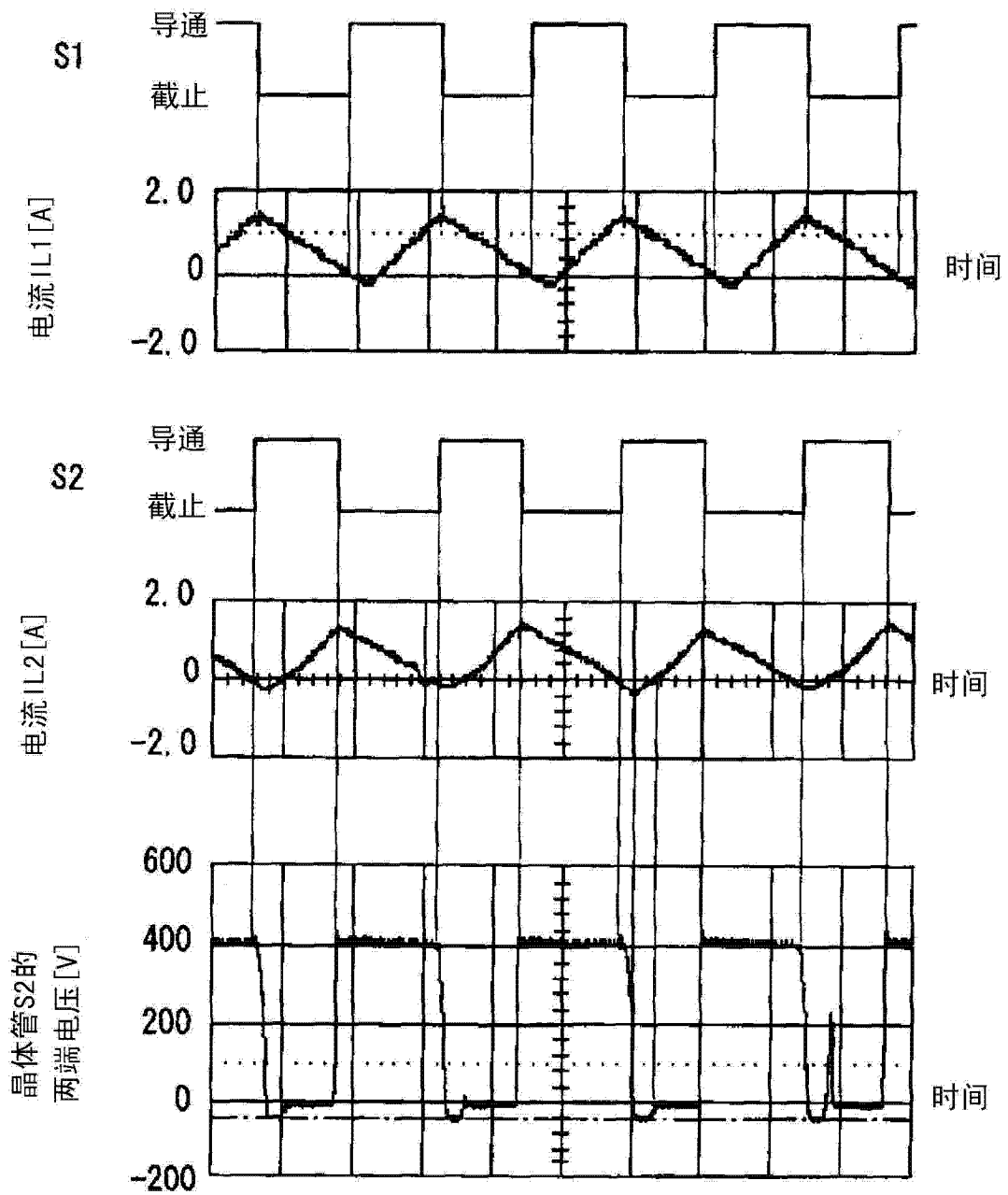


图 5

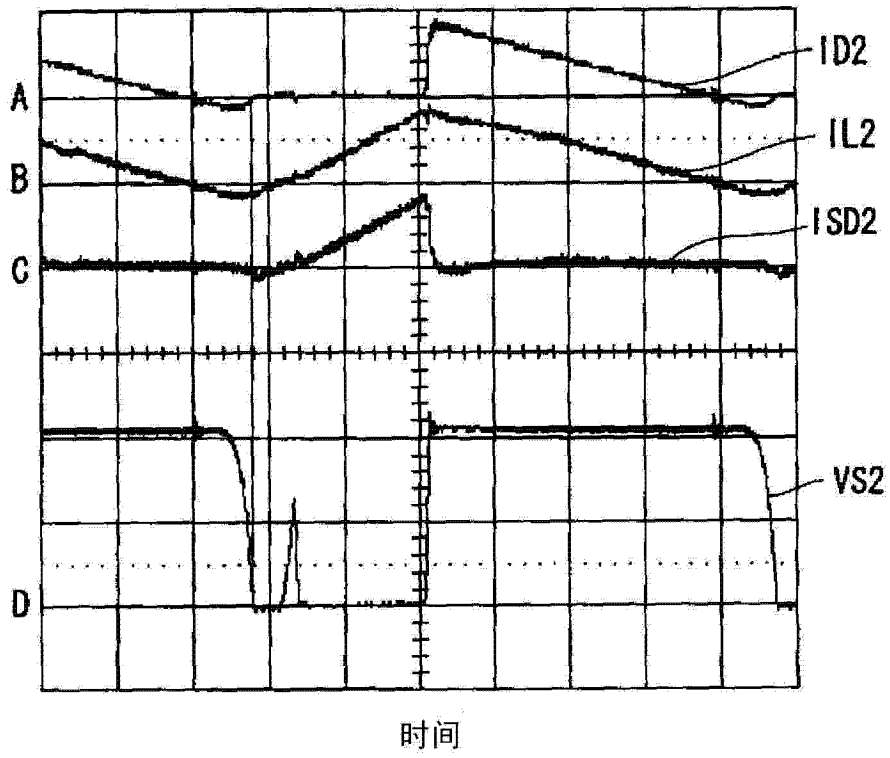


图 6

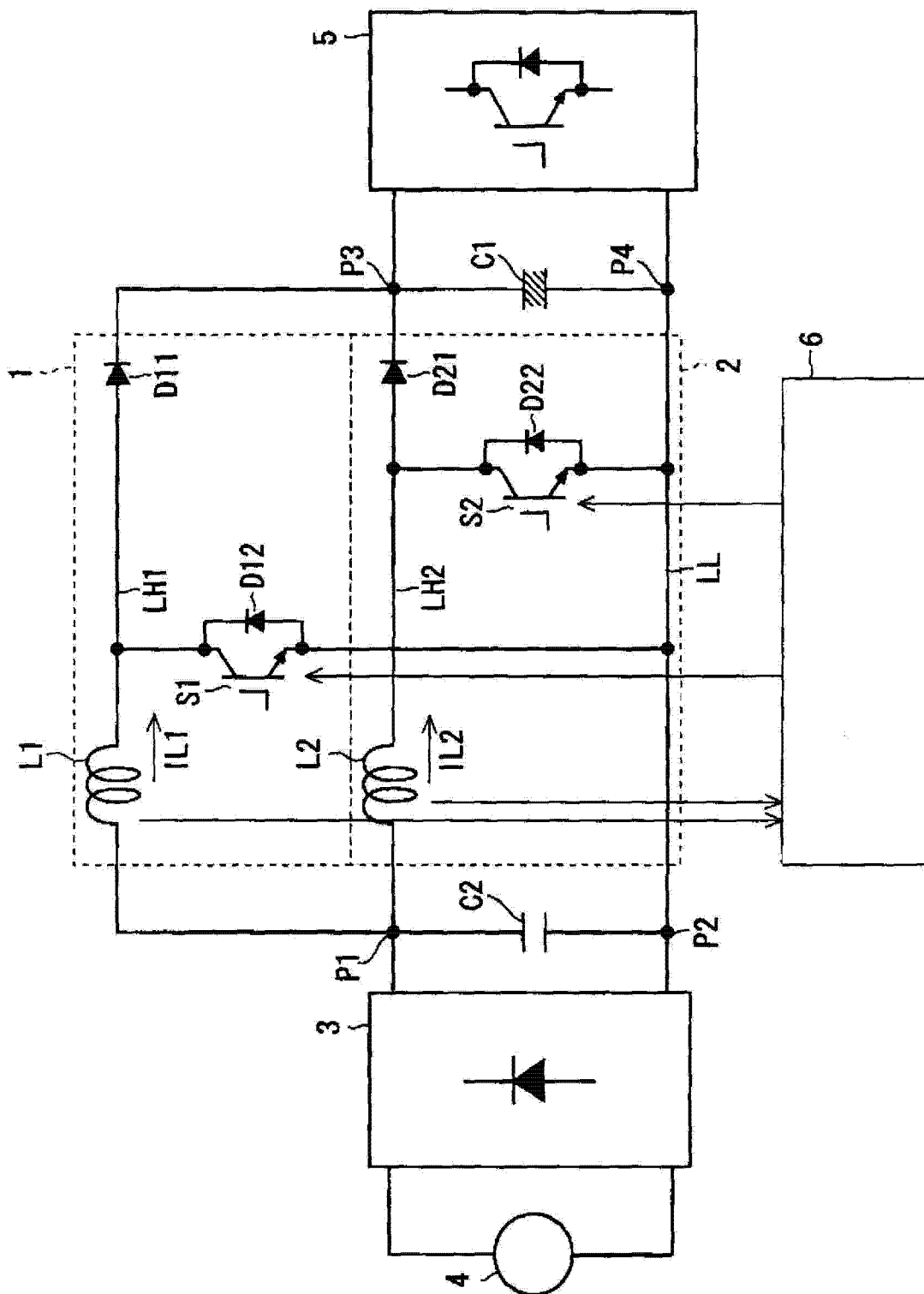


图 7