

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H02M 1/00

H02M 7/12

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97120576.0

[45]授权公告日 2000 年 9 月 13 日

[11]授权公告号 CN 1056481C

[22]申请日 1997.10.7 [24]颁证日 2000.6.17

[21]申请号 97120576.0

[30]优先权

[32]1996.10.7 [33]JP [31]0264973/1996

[73]专利权人 东芝株式会社

地址 日本神奈川

[72]发明人 星公弘

[56]参考文献

DE2724741A1 1978.12.7 H02H7122

DE2724741A1 1978.12.7 H01H7122

WO 9627230A1 1996.9.6 H02H904

审查员 陈钰生

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

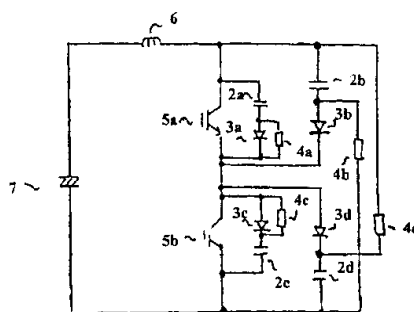
代理人 张政权

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 电力变换系统

[57]摘要

一种电力变换系统,包括连接在 DC 电源正侧端子和负侧端子之间的上和下臂的串联电路以及两个第二缓冲电路。上下臂都由具有大的 dv/dt 耐受值的功率器件和与功率器件并联的第一缓冲电路构成。每个第一缓冲电路由至少一个具有固定电容的第一电容器构成。每个第二缓冲电路由与上下臂中一个臂并联的第二二极管和第二电容器的串联电路,以及连接在第二二极管与第二电容器的连接点与 DC 电源负侧端子和正侧端子中一个端子之间的第二电阻器构成。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种电力变换系统, 其特征在于包括:

连接在 DC 电源正侧端子和负侧端子之间的上臂和下臂的串联电路;

5 每个所述上下臂都由具有大的 dv/dt 耐受值的功率器件和与所述功率器件并联的第一缓冲电路构成;

每个所述第一缓冲电路都由至少一个具有固定电容的第一电容器构成; 以及

10 两个第二缓冲电路, 每个所述电路由与所述上下臂中的一个臂并联的第二二极管和第二电容器的串联电路, 以及分别连接在所述第二二极管与所述第二电容器的连接点与所述 DC 电源的所述负侧端子和所述正侧端子中一个端子之间的第二电阻器构成。

2. 如权利要求 1 所述的电力变换系统, 其特征在于:

每个所述第一缓冲电路由所述第一电容器以及第一电阻器和第一二极管的并联电路的串联电路构成。

15 3. 如权利要求 1 所述的电力变换系统, 其特征在于:

每个第一缓冲电路由所述第一电容器和第一电阻器的串联电路构成。

4. 如权利要求 1、2 和 3 中任一项所述的电力变换系统, 其特征在于:

所述第一缓冲电路中所述第一电容器的电容小于所述第二缓冲电路中所述第二电容器的电容, 并且大于在所述功率器件断开时抑制 dv/dt 所需的电容。

20 5. 如权利要求 1、2 和 3 中任一项所述的电力变换系统, 其特征在于:

每个所述第一缓冲电路还包括与所述第一电容器并联的电压钳位电路。

6. 如权利要求 1、2 和 3 中任一项所述的电力变换系统, 其特征在于:

25 每个所述上和下臂由具有大的 dv/dt 耐受值的多个所述功率器件与多个所述第一缓冲电路的串联电路构成, 每个所述第一缓冲电路分别与所述功率器件中的一个装置并联。

7. 如权利要求 6 所述的电力变换系统, 其特征在于:

所述第一缓冲电路中所述第一电容器的电容小于所述第二缓冲电路中所述第二电容器的电容, 并且大于在所述功率器件断开时抑制 dv/dt 所需的电容。

30 8. 如权利要求 6 所述的电力变换系统, 其特征在于: 每个所述第一缓冲电路还包括与所述第一电容器并联的电压钳位电路。

9. 如权利要求 1、2 和 3 中任一项所述的电力变换系统, 其特征在于:

每个所述上和下臂由阳极电抗器、具有大的 dv/dt 耐受值的多个所述功率器

件以及多个所述第一缓冲电路的串联电路构成，每个所述第一缓冲电路分别与所述功率器件中的一个装置并联。

10. 如权利要求 9 所述的电力变换系统，其特征在于：

5 所述第一缓冲电路中所述第一电容器的电容小于所述第二缓冲电路中所述第二电容器的电容，并且大于在所述功率器件断开时抑制 dv/dt 所需的电容。

11. 如权利要求 9 所述的电力变换系统，其特征在于：每个所述第一缓冲电路还包括与所述第一电容器并联的电压钳位电路。

说明书

电力变换系统

5 本发明涉及包括多个功率器件的电力变换系统。

由于在诸如逆变器之类的电力变换系统中使用的半导体开关不是理想的开关, 因此需要弥补这些开关的缺点的方法。一个方法是使用缓冲电路。对于此种缓冲电路, 需要以下所示的两大作用。

10 以下, 把电压增长率 dv/dt 简单地写作 dv/dt , 把电流增长率 di/dt 简单地写作 di/dt 。

(1) 一个作用是减少加到半导体器件的 dv/dt , 从而减轻半导体器件上的能量负载, 并在半导体器件断开时通过吸收半导体器件不能完全吸收的能量(即缓冲电路(充电/放电缓冲电路)电容器中的一部分断开损耗), 来防止破坏半导体器件。

15 (2) 另一个作用是在半导体器件断开时, 把电路的线路电感(L)所产生的过压 $v=L.di/dt$ 抑制到低于半导体器件(钳位缓冲电路)的耐压。

具有这两种作用的缓冲电路不仅可应用于常规的 GTO, 也可应用于 IGBT、IEGT(注入增强控制极晶体管)以及 4-27505 号日本专利公报(公开)和 6-504173 号日本专利公报(公表)中所揭示的硬驱动 GTO。相应于各个半导体器件的特性, 把与充电/放电缓冲电路和钳位缓冲电路连用的组合用作缓冲电路。

20 此外, 如果充电/放电缓冲电路中缓冲电容器的电容是足够的, 则充电/放电缓冲电路也可吸收线路电感的能量。

这里, 常规的 GTO 是在断开时其 dv/dt 耐受值小于 $1\text{kv}/\mu\text{s}$ 的功率器件, 具有例如 $3\text{-}10\text{ kv}/\mu\text{s}$ 的较大 dv/dt 耐受值的功率器件叫做具有大 dv/dt 耐受值的功率器件(硬驱动 GTO、IGBT、IEGT 等)。

25 考虑到以上的几个方面, 将用图 6 来描述电力变换系统中常规缓冲电路的一个例子。

图 6 是 4-289778 号日本专利公报(公开)中所揭示的电力变换系统的缓冲电路。在图 6 中, 把由缓冲电阻器 $RS1$ - $RS2$ 、可变电容器型缓冲电容器 $CSR1$ - $CSR2$ 和缓冲二极管 $DS1$ - $DS2$ 构成的诸如 RCD 缓冲电路之类的充电/放电缓冲电路分别
30 连到半导体器件 GTO 1。此外, 把由钳位电阻器 RK 、钳位电容器 CK 和钳位二极管 DK 所构成的钳位缓冲电路也连到 GTO 1。

此外, 在图 6 中, P 和 N 是 DC 电源的正侧端子和负侧端子, L 是电力变换

系统的 AC 输出端子, LA 是阳极电抗器, DLA 是二极管, RLA 是电阻器。

在图 6 中, 当上臂的 GTO 1 断开时, 有负载电流流入 GTO 1 的上 RCD 缓冲电路, 以把加到 GTO 1 的电压过充电到超出电源电压。然而, 当 GTO 1 的缓冲电容器 CSR1 被类似地过充电到超出电源电压时, 其过充电能量被分路到钳位电容器 CK, 钳位电容器 CK 的电容比缓冲电容器 CSR1 的电容大, 于是, 可抑制缓冲电容器 CSR1 的过充电电压。

然而, 在上述电力变换系统的常规充电/放电缓冲电路中, 使用可变电容型缓冲电容器, 该电容器具有这样的特性, 即在低压范围电容变大, 而在高压范围电容变小, 从而减少缓冲器损耗并抑制过压。这里, 在比 DC 电源电压高的电压范围内, 可变电容型缓冲电容器的电容变得非常小, 它不足以抑制过压。因此, 为了抑制过压, 还另外设置了钳位电容器 CK。例如, 在电力变换系统中使用诸如常规 GTO 之类的半导体器件(该器件在断开操作的起始处需要大电容的电容器以抑制 dv/dt)时, 可把这种可变电容型电容器用于缓冲电路中。这是因为在常规 GTO 的情况下, 与 GTO 断开时吸收线路电感能量所需的电容器电容相比, 在 GTO 断开时抑制 dv/dt 所需的电容器电容更大。相应地, 即使在充电/放电缓冲电路中使用可变电容型电容器时, 也可执行缓冲电路的作用。

然而, 由于具有固定小电容的电容器足以用于具有大 dv/dt 耐受值的半导体器件, 所以不需要再大胆地使用不便于操纵的可变型电容器。因此, 例如 IGBT 之类的 MOS 控制极型半导体器件具有大的 dv/dt 耐受值, 它在断开操作的起始处完全不需要电容器(在低压 IGBT 的情况下)或者不需要具有大电容的电容器(在高压 IGBT 的情况下)。在此情况下, 对于缓冲电容器来说, 小电容就足够了。相应地, 在缓冲电路中使用可变型电容器是令人怀疑的, 因为这样增加了缓冲电路中的损耗。

此外, 在 dv/dt 耐受值比常规 GTO 的耐受值大的功率器件(诸如 IEGT 和硬驱动 GTO 之类)的情况下, 缓冲电路所需的作用是吸收线路电感能量的作用, 而不是抑制 dv/dt 的作用。换句话说, 对于这些半导体器件, 充电/放电缓冲电路电容器的电容可以比常规 GTO 的情况更小, 而且钳位缓冲电路电容器的电容比充电/放电缓冲电路电容器的电容大得多。因此, 充电/放电缓冲电路不需要使用可变电容型电容器。

此外, 如图 6 所示, 在上和下臂半导体器件中设置共用的钳位缓冲电路时, 如果在这两个半导体器件之间产生过压差, 则产生的问题是此钳位缓冲电路不能个别地适用于上和下臂。

相应地，本发明的目的是提供一种由 dv/dt 耐受值大的多个功率器件构成的电力变换系统，该系统可保护功率器件不被破坏，在功率器件断开时减少缓冲电路中的功耗，并通过抑制 dv/dt 和过压，进一步个别地抑制各臂中的过压。

通过提供一种电力变换系统可实现本发明的这些和其它目的，该系统包括连接在 DC 电源正端子和负端子之间的上臂和下臂的串联电路。上下臂都由具有大 dv/dt 耐受值的功率器件和与功率器件并联的第一缓冲电路构成。每个第一缓冲电路都由至少一个具有固定电容的第一电容器构成。电力变换系统还包括两个第二缓冲电路，每个电路由与上下臂中的一个臂并联的第二二极管和第二电容器的串联电路，以及连接在第二二极管与第二电容器的连接点与 DC 电源的负端子和正端子中一个端子之间的第二电阻器构成。

参考以下详细描述并结合附图，在更好地理解本发明后可容易地获得更完整的评价及其许多附加的优点，其中：

图 1 是示出依据本发明第一实施例的一部分电力变换系统结构的方框图；

图 2 是示出依据本发明第二实施例的一部分电力变换系统结构的方框图；

图 3 是示出依据本发明第三实施例的一部分电力变换系统结构的方框图；

图 4 是示出依据本发明第四实施例的一部分电力变换系统结构的方框图；

图 5A 是示出依据本发明第五实施例的一部分电力变换系统结构的方框图；

图 5B 是用于说明图 5A 所示实施例的作用的方框图；

图 5C 是示出依据本发明第六实施例的一部分电力变换系统结构的方框图；

以及

图 6 是示出一部分常规电力变换系统结构的方框图。

现在将参考附图对本发明的实施例进行描述，图中以相同的标号表示相同或相应的部分。

用图 1 来描述本发明的第一实施例。在图 1 中，对电力变换系统上臂中的 IGBT 5a 设置诸如 RCD 缓冲电路之类由电容器 2a、二极管 3a 和电阻器 4a 构成的充电/放电缓冲电路以及由电容器 2b、二极管 3b 和电阻器 4b 构成的钳位缓冲电路。此外，对于下臂中的 IGBT 5b，设置诸如 RCD 缓冲电路之类由电容器 2c、二极管 3c 和电阻器 4c 构成的充电/放电缓冲电路以及由电容器 2d、二极管 3d 和电阻器 4d 构成的钳位缓冲电路。在图 1 中，6 是线路电感，7 是 DC 电源。

经上 RCD 缓冲电路的二极管 3a 由电容器 2a 吸收流入 IGBT 5a 的电流，从而在电流被截断时，高电压和大电流不同时加到 IGBT 5a。即，对于加到 IGBT 5a 的电压，在电容器 2a 被充电时抑制 dv/dt 。相应地，高电压和大电流不同时加到

IGBT 5a，从而不会损坏 IGBT 5a。通过电阻器 4a 和 IGBT 5a 消耗存储在电容器 2a 中的电荷，于是在下一次接通时损耗功率。因此，从功耗的观点来看，电容器 2a 的电容最好相当小。然而，如果电容器 2a 的电容太小，则不能抑制 dv/dt ，而高压和大电流将同时加到 IGBT 5a。因此，需要把电容器 2a 的电容保持在不破坏 IGBT 5a 的值上。

接着，在电流被截断时，因为电容器 2a 的电容很小，RCD 缓冲电路中的电容器 2a 不抑制线路电感 6 所产生的过压。相反，此过压是由与 RCD 缓冲电路分开设的钳位缓冲电路来抑制的。因此，可使 RCD 缓冲电路中电容器的电容小于钳位缓冲电路中电容器 2b 的电容。钳位缓冲电路中的电容器 2b 已被充电到电路电压，该电容器用作防止过压超出电路电压的电容器。换句话说，线路电感 6 的能量通过二极管 3b 充入电容器 2b，结果，使该电容器可抑制由线路电感 6 所产生的过压。

此外，根据 IGBT 5a 耐压的幅值以及线路电感 6 的大小来确定电容器 2b 的电容。线路电感 6 越大，则产生的过压越大。然而，过压的值应小于 IGBT 5a 的耐压。

因此，需要把电容器 2b 的电容确定为 IGBT 5a 不会被过压破坏的值。

如上所述，在本实施例中，由 RCD 缓冲电路抑制 dv/dt ，由钳位缓冲电路抑制线路电感所产生的过压。此外，从功耗的观点来看，RCD 缓冲电路的电容器足以把 dv/dt 抑制到不破坏 IGBT 的电平，因此，非常小的电容就足够了。相应地，可把具有固定小电容的电容器用作 RCD 缓冲电路的电容器，即使它在完全充电或放电时，也可减少缓冲损耗。此外，在钳位缓冲电路中，功耗也更少，因为即使在电容器具有大电容时，电容器的电荷也被放电直至达到电路电压。此外，每个 IGBT 设有钳位缓冲电路，可相应于每个 IGBT 单独地抑制过压。

此外，虽然未示出，但可通过把齐纳二极管与每个电容器 2a、2b 并联成为电压钳位电路来抑制尖峰电压。此结构、作用和效果也可应用于以下所示的实施例。

接着，将用图 2 来描述本发明的第二实施例。

本实施例与第一实施例的共同之处在于连接了钳位缓冲电路，其差别在于使用 RC 缓冲电路，而不是 RCD 缓冲电路作为充电/放电缓冲电路。即，在图 2 中，省略了图 1 所示实施例中所使用的二极管 3a 和 3d。使用 RC 缓冲电路的结果是利用电阻器 4a 充入将要充入电容器 2a 的电流。此实施例中抑制 dv/dt 的能力不及第一实施例中 RCD 缓冲电路抑制 dv/dt 的能力。然而，与只由钳位缓冲电路构成

的缓冲电路结构相比，本实施例更能抑制 dv/dt 。应如下所述设定电容器 2a 和电阻器 4a。即，电容器 2a 的电容应设定为比抑制 dv/dt 的电容值更大的值，从而不破坏 IGBT 5a，电阻器 4a 的电阻应设定为比抑制 dv/dt 的电阻值更小的值，从而不破坏 IGBT 5a。

5 如上所述，与第一实施例相同，按照本实施例也可抑制 dv/dt 和过压。此外，与第一实施例相比，本实施例还有以下的优点。即，在第一实施例中，当从 DC 电源 7 的电压为 E 且 IGBT 5a、5b 都断开的状态开始操作时，RCD 缓冲电路的缓冲电容器 2a 和 2c 的电压分别为 E/2。在 IGBT 5a、5b 中的任一个接通时，连到另一个 IGBT 的缓冲电容器立即从 E/2 充电到 E。充电电流不能抑制 di/dt ，因为
10 在充电电流的路径中只有线路电感 6 用作阻抗元件。如果在 IGBT 5a、5b 接通时可能由 di/dt 破坏 IGBT 5a、5b，则为了增加电感，从而抑制 di/dt 必须加上阳极电抗器。这将导致增加缓冲电路中的功耗。然而，在本实施例中，在 RC 缓冲电路中的电阻器 4a、4c 分别串联到电容器 2a、2c，因此，由于与第一实施例相同的原因需要设置阳极电抗器。相应地，可进一步减少功耗。

15 接着，将用图 3 描述本发明的第三实施例。

本实施例与第一实施例的相同之处在于都连接了钳位缓冲电路，其差别在于使用只由电容器 2a、2c 构成的充电/放电缓冲电路，而不是 RCD 缓冲电路。即，在图 3 中，省略图 1 所示实施例中所使用的二极管 3a 和 3d 以及电阻器 4a、4c。作为使用只由电容器 2a、2c 构成的缓冲电路，而不是 RCD 缓冲电路或 RC 缓冲
20 电路的结果，本实施例与第一和第二实施例的不同之处在于以下几点。在本实施例中，当 IGBT 5a、5b 接通时，电容器 2a、2c 的电荷直接放电到 IGBT 5a、5b，而不通过电阻器 4a、4c。结果，难于抑制 di/dt 。然而，在电容器 2a、2c 的电容可以非常小或 IGBT 5a、5b 对 di/dt 耐受值很大的情况下，即使在不通过电阻器 4a、4c 而使电容器 2a、2c 的电荷放电时，也不会有问题。此外，在本
25 实施例中，可简化电路结构，并提高整个电力变换系统的可靠性。此外，与第一和第二实施例相比，本实施例还具有较大的 dv/dt 抑制效果。

虽然在以上实施例中描述了使用半导体器件 IGBT 的情况，但本发明还可应用于由诸如 IEGT 或硬驱动 GTO 之类具有大的 dv/dt 耐受值的半导体功率器件构成的电力变换系统。作为此电力变换系统的一个例子，在图
30 4 中示出了本发明的第四实施例。在图 4 中，使用硬驱动 GTO 8a、8b，而不是图 1 所示第一实施例中的 IGBT 5a、5b。

此外，可使用具有大的 dv/dt 耐受值的功率器件，而不是图 2 和 3 所示电力

变换系统中的 GTO 5a、5b。

接着，将用图 5A 描述本发明的第五实施例。在图 5A 中，如此构成电力变换系统，从而功率器件在上下臂中分别串联，从而提供了一种高压电力变换系统。在图 5A 中，分别使用三个 IGBT 5a、5b、电容器 2a、2c、二极管 3a、
5 3c 和电阻器 4a、4c，给它们的标号分别加上下标 1、2 和 3 来区分各个元件。对于钳位缓冲电路，与第一实施例相同，每个钳位缓冲电路分别连到上下臂中的一个臂。

在此实施例中，可获得与以上实施例相同的结果。此外，可期望获得的另一个效果是，如果由充电/放电缓冲电路稍稍减少 dv/dt ，则在所有的 IGBT 断开时，
10 便于均衡上臂中的 IGBT 5a1、5a2 和 5a3 或下臂中的 IGBT 5b1、5b2 和 5b3 的串联均分电压。

此外，可使用诸如硬驱动 GTO 之类具有大的 dv/dt 耐受值的功率器件，而不是以上实施例的电力变换系统中的 GTO 5a、5b。

接着，图 5B 是用于说明图 5A 中所示电力变换系统作用的方框图。在图 5A
15 所示电力变换系统的电路结构中，靠近各个 IGBT 5a1、5a2、5a3 和 IGBT 5b1、5b2 和 5b3 设置充电/放电缓冲电路(RCD 缓冲电路)。结果，在图 5B 的充电/放电缓冲电路中由标号 La1、La2、La3 和 Lc1、Lc2、Lc3 所示的线路电感很小。另一方面，在图 5B 的钳位缓冲电路中由标号 Lb、Ld 所示分别为上下臂集中提供的线路电感较大。在 IGBT 5a1、5a2 和 5a3 或 IGBT 5b1、5b2 和 5b3 断开且
20 充电/放电缓冲电路中电容器 2a1、2a2、2a3 或电容器 2c1、2c2、2c3 的充电电压大于 DC 电源 7 的电源电压的三分之一($E/3$)的情况下，存储在线路电感 6 中的能量不充入钳位缓冲电路的电容器 2b 或 2d，相反，这些能量充入充电/放电缓冲电路的电容器 2a1、2a2、2a3 或电容器 2c1、2c2、2c3。由于充电/放电缓冲电路中电容器 2a1、2a2、2a3 或电容器 2c1、2c2、2c3 的电容非常小，所以
25 电容器 2a1、2a2、2a3 或电容器 2c1、2c2、2c3 的充电电压变得极高，其结果是过压可能破坏 IGBT 5a1、5a2 和 5a3 或 IGBT 5b1、5b2 和 5b3。

为了防止破坏 IGBT，如图 5C 所示提供了第六实施例。除了如图 5C 所示在上下臂中分别设置阳极电抗器 LAa 和 LAB 以外，第六实施例与第五实施例相同。由以下公式确定阳极电抗器 LAa 和 Lab 的电感：

30 阳极电抗器 LAa(LAb)的电感
+ (La1+La2+La3)((Lc1+Lc2+Lc3))的线路电感
> Lb(Ld)的线路电感。

通过在上下臂中设置阳极电抗器 LAa 和 LAb，当加到上或下臂的电压大于电源电压 E 时，则主要由上或下钳位缓冲电路中的电容器 2b 或 2d 对存储在线路电感 6 中的能量进行注入。结果，抑制了加到 IGBT 5a1、5a2 和 5a3 或 IGBT 5b1、5b2 和 5b3 的过压，从而防止这些 IGBT 被破坏。

- 5 如上所述，依据本发明，可提供一种由 dv/dt 耐受值大的多个功率器件构成的电力变换系统，该系统可保护功率器件不被破坏，在功率器件断开时减少缓冲电路中的功耗，并通过抑制 dv/dt 和过压，分别进一步抑制各臂中的过压。

很明显，可依据上述内容对本发明作大量修改和变化。因此，可理解除这里特别所述的之外，可在所附权利要求书的范围内实施本发明。

说明书附图

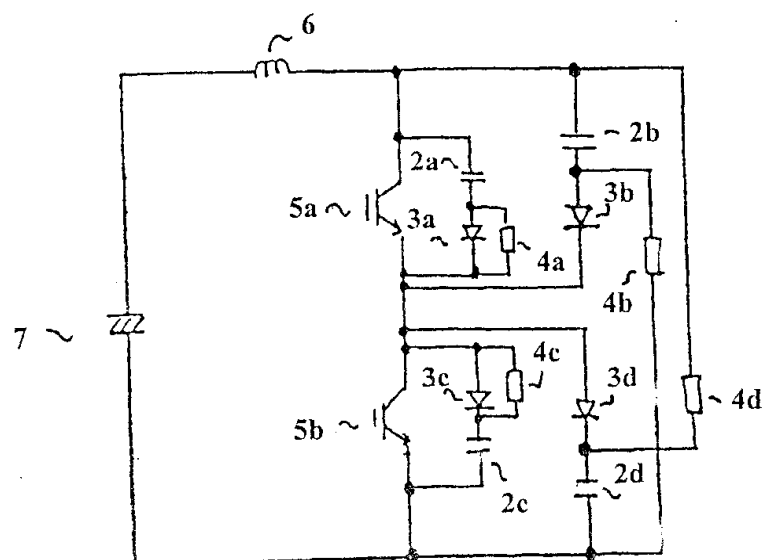


图 1

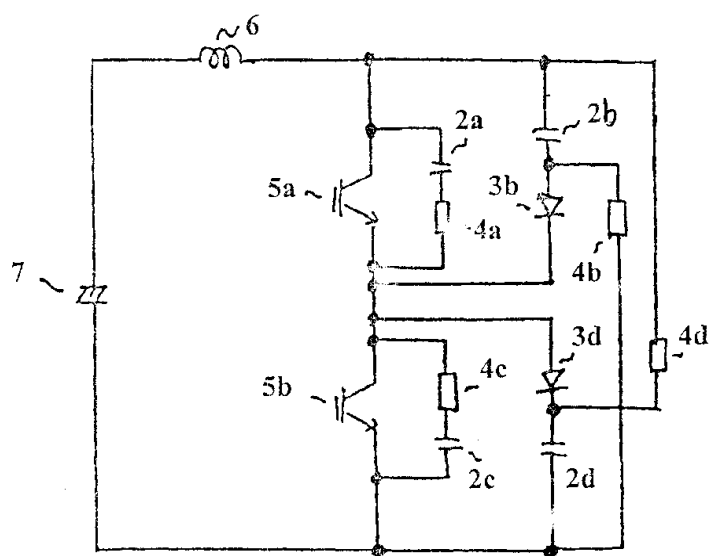


图 2

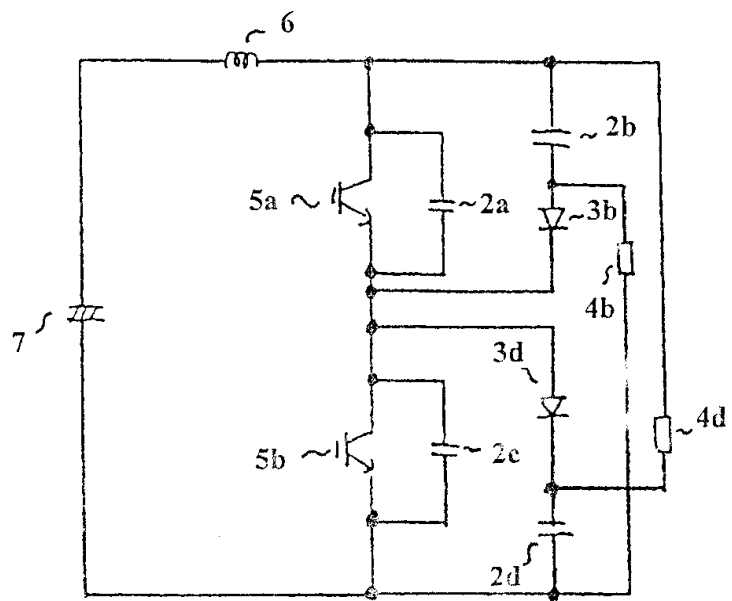


图 3

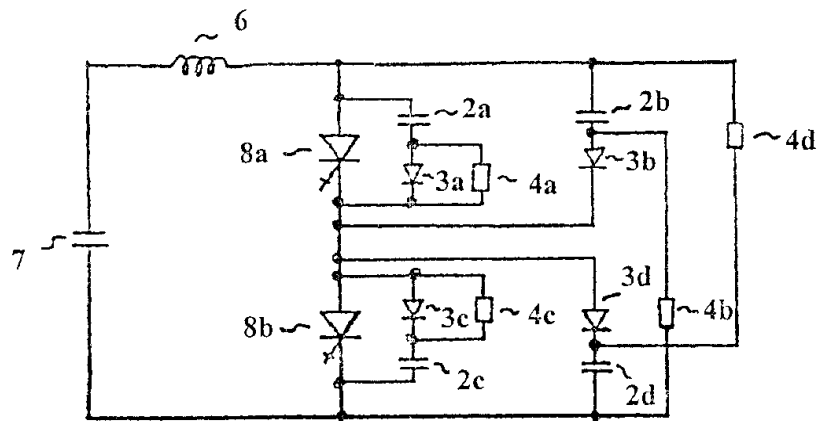


图 4

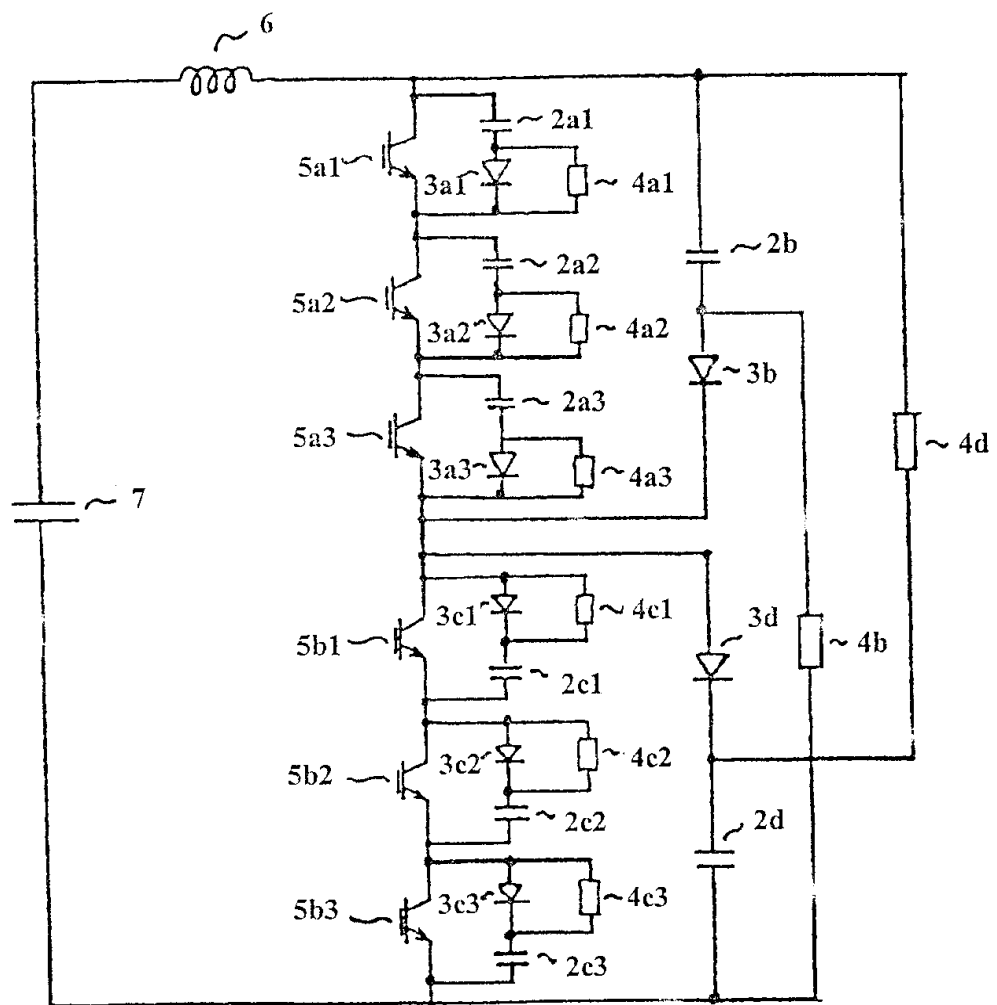


图 5A

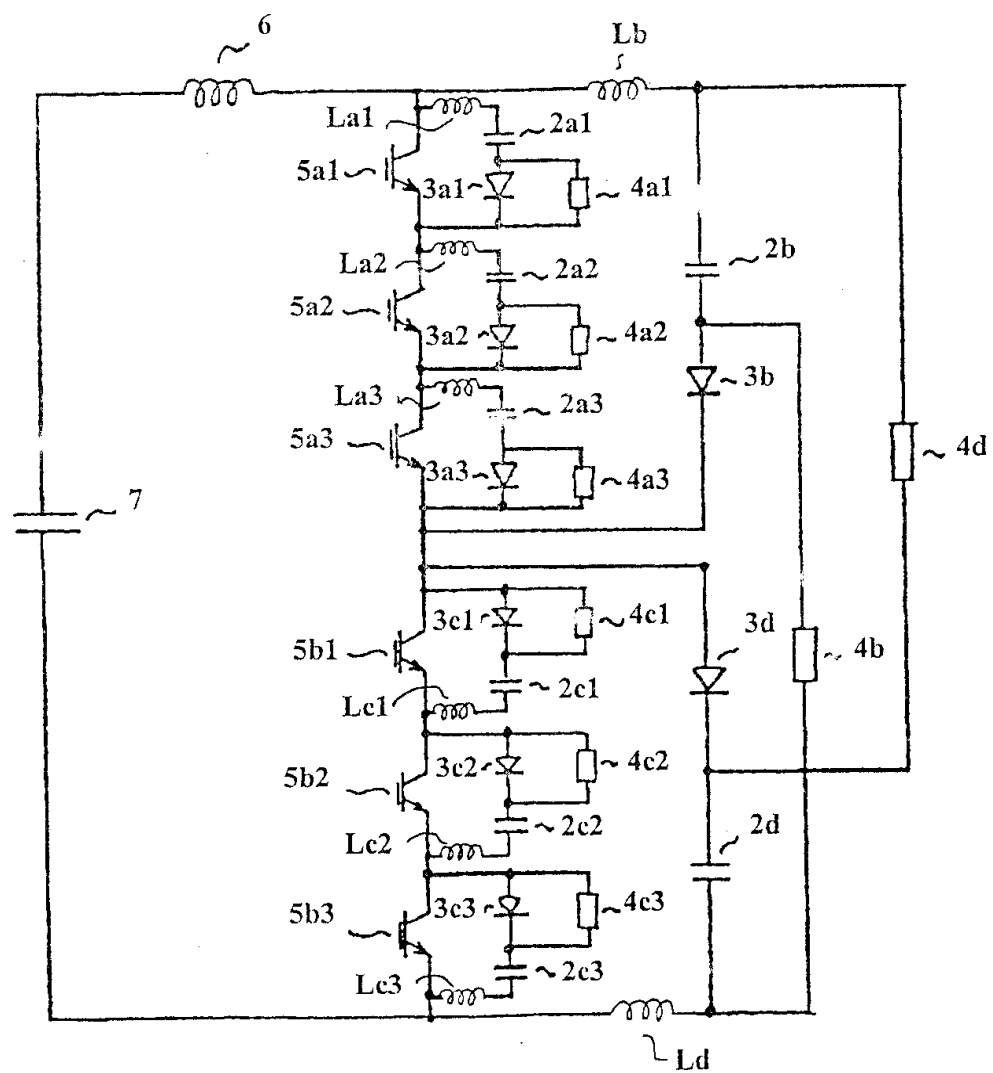


图 5B

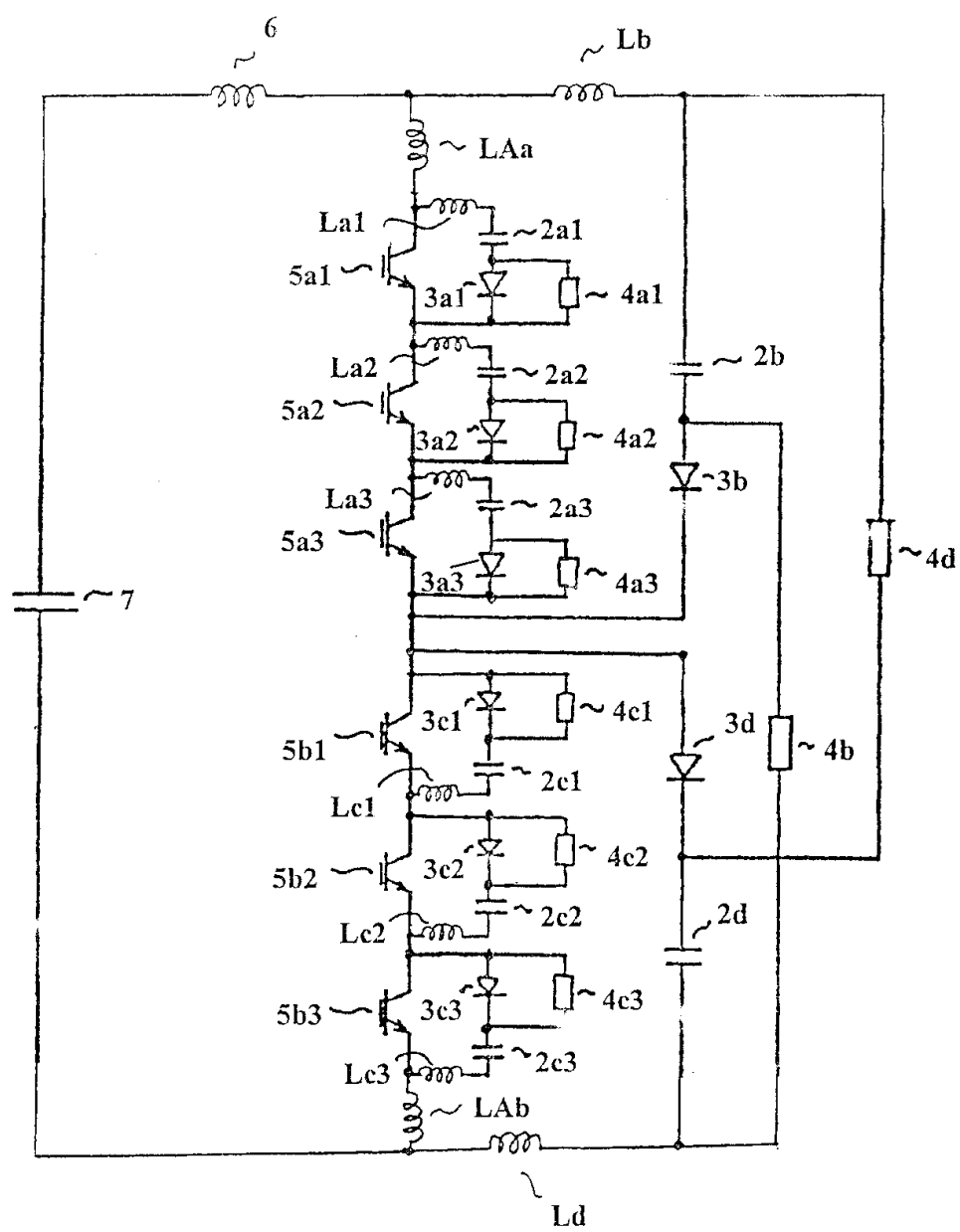


图 5C

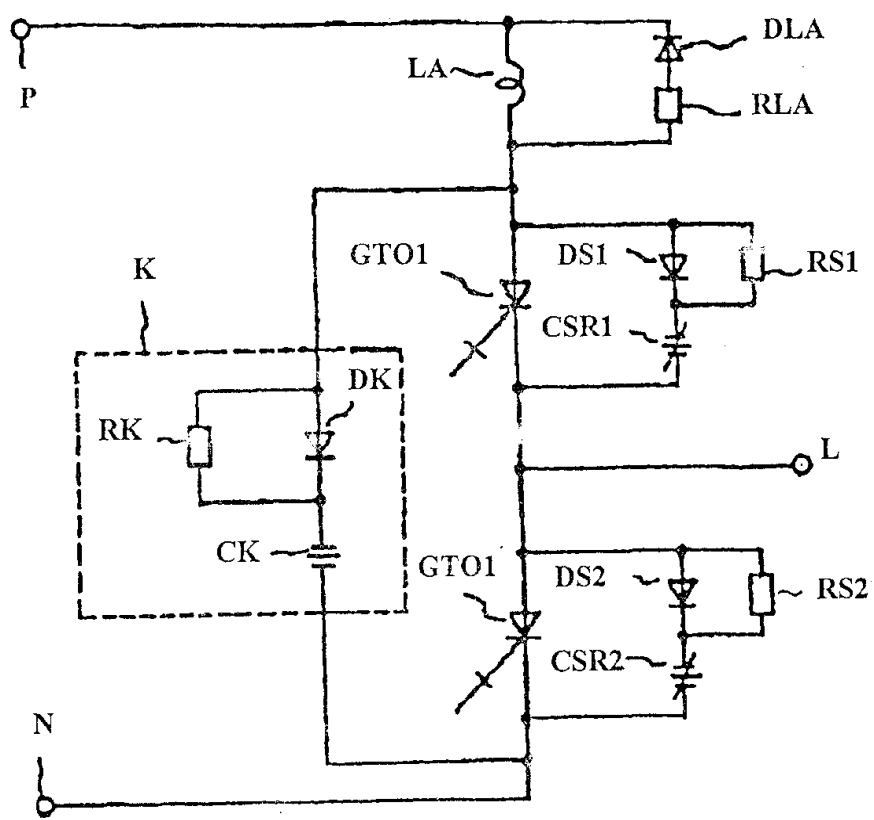


图 6