



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103299523 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201180064786. 8

(22) 申请日 2011. 01. 17

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2013. 07. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/050660 2011. 01. 17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/098632 JA 2012. 07. 26

(73) 专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 久留岛宏 松原真人 城所仁志
铃木昭弘

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理
有限公司 11112

代理人 何立波 张天舒

(51) Int. Cl.

H02M 3/155(2006. 01)

H02M 7/537(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2009268239 A, 2009. 11. 12,

JP H01166482 U, 1989. 11. 21,

审查员 黄珊

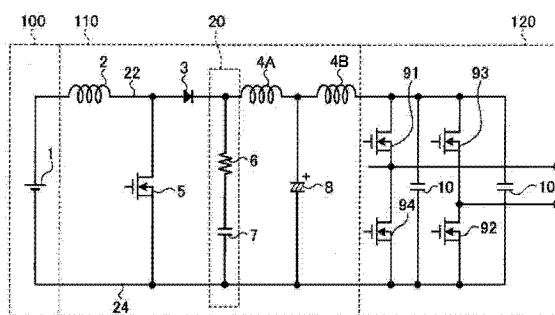
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

开关电源装置

(57) 摘要

具有：斩波器电路(110)，其将经由电抗器(2)输入的直流电压调整为期望的直流电压；以及逆变器电路(120)，其将斩波器电路(110)的输出变换为期望的交流电压。在斩波器电路(110)中设置将阻尼电阻(6)和电涌吸收用电容器(7)串联连接而形成的电涌吸收电路(20)。电涌吸收电路(20)及平滑电容器(8)插入至将斩波器电路(110)和逆变器电路(120)连接的直流母线(22、24)之间。阻尼电阻(6)仅与电涌吸收用电容器(7)连接，不与平滑电容器(8)连接。



1. 一种开关电源装置,其特征在于,具有:

斩波器电路,其通过开关元件的通断动作,将经由电抗器输入的直流电压调整为期望的直流电压;

逆变器电路,其将所述斩波器电路的输出变换为期望的交流电压;

第 1 电容器,其与所述开关元件相比设置在所述逆变器电路侧,并且,插入至将所述斩波器电路和所述逆变器电路连接的直流母线之间;

第 2 电容器,其与所述开关元件相比设置在所述逆变器电路侧,并且,与所述第 1 电容器并联连接,容量值小于所述第 1 电容器;以及

电阻,其位于由所述第 1 电容器、所述第 2 电容器以及所述斩波器电路和所述逆变器电路之间的配线电感这三个构成要素形成的共振环路内,与所述第 2 电容器串联连接并插入至所述直流母线之间。

2. 根据权利要求 1 所述的开关电源装置,其特征在于,

所述第 1 电容器是将所述斩波器电路的输出平滑化的平滑电容器。

3. 根据权利要求 1 所述的开关电源装置,其特征在于,

所述第 2 电容器是配置在斩波器二极管附近的电涌吸收用电容器。

4. 根据权利要求 1 所述的开关电源装置,其特征在于,

所述第 2 电容器是配置在构成所述逆变器电路的桥臂附近的电涌吸收用电容器。

5. 根据权利要求 1 所述的开关电源装置,其特征在于,

所述斩波器电路及所述逆变器电路配置在同一基板上。

6. 根据权利要求 1 所述的开关电源装置,其特征在于,

所述斩波器电路及所述逆变器电路由大于或等于 2 层的多层基板构成,所述直流母线的一方和另一方由相邻的上下层的配线构成。

7. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的开关电源装置,其特征在于,

所述斩波器电路及所述逆变器电路的各开关元件由宽带隙半导体形成。

8. 根据权利要求 7 所述的开关电源装置,其特征在于,

所述宽带隙半导体是使用碳化硅、氮化镓类材料或金刚石而形成的半导体。

开关电源装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种开关电源装置,该开关电源装置例如可用于激光加工装置的电源装置等。

背景技术

[0002] 当前,作为针对具有变换器电路、斩波器电路以及逆变器电路等的开关电源装置的改善功率因数的方法之一,存在在升压斩波器电路的输出侧安装平滑电容器的高功率因数变换器方式。

[0003] 在该方式的开关电源装置中,在大多情况下,在升压斩波器电路的输出侧,相对于将电压平滑化的平滑用电容器并联连接用于吸收开关元件的电涌的电涌吸收用电容器。例如,在下述专利文献 1 中,设置用于防止动作开始时的由于共振振荡引起的输出电压的波动现象的电涌吸收用电容器(第 1 电容器),并且经由电感分别并联连接构成 π 型平滑电路的两个平滑电容器(第 2、第 3 电容器),而且第 3 电容器与阻尼电阻串联连接。

[0004] 专利文献 1:日本实用新型登录第 3054996 号公报

发明内容

[0005] 针对现有的斩波器电路中使用的多个电容器,如果对平滑电容器和电涌吸收用电容器进行比较,则通常平滑电容器的容量较大。在上述专利文献 1 示出的电路中,容量较大的平滑电容器与阻尼电阻连接。

[0006] 然而,在容量较大的平滑电容器中存在下述问题,即,由于对该平滑电容器进行充电时流过较大的电流,并且由于在平滑电容器和电涌吸收用电容器之间的配线线路中产生的电感和电涌吸收用电容器的电容引起的共振电流施加在平滑电容器中,因此,与平滑电容器串联连接的阻尼电阻中的损耗增大,效率降低。另外,存在下述课题,即,由于阻尼电阻的发热量增大,因此不得不使用容许功率较大的阻尼电阻,导致成本增加。

[0007] 另一方面,虽然可以考虑不使用阻尼电阻的结构,但在该情况下,平滑电容器的共振电流会与没有设置阻尼电阻这一情况相对应地增大,平滑电容器自身的发热增大。因此,需要采取增加平滑电容器的使用数量(分割数量)而使平滑电容器的发热分散等对策,存在装置的成本和尺寸增大的问题。

[0008] 本发明就是鉴于上述问题而提出的,其目的在于提供一种开关电源装置,该开关电源装置即使在平滑电容器的容量较大的情况下,也能够减小阻尼电阻中的损耗,抑制效率的降低。

[0009] 为了解决上述课题,实现目的,本发明的特征在于,具有:斩波器电路,其将经由电抗器输入的直流电压调整为期望的直流电压;逆变器电路,其将所述斩波器电路的输出变换为期望的交流电压;第 1 电容器,其插入至将所述斩波器电路和所述逆变器电路连接的直流母线之间;第 2 电容器,其与所述第 1 电容器并联连接,容量值大于所述第 1 电容器;以及电阻,其插入至所述直流母线之间,仅与所述第 1 电容器连接。

[0010] 发明的效果

[0011] 根据本发明,实现下述效果:即使在平滑电容器的容量较大的情况下,也能够减少阻尼电阻中的损耗,抑制效率的降低。

附图说明

[0012] 图 1 是表示实施方式 1、2 共通的开关电源装置的电路结构例的图。

[0013] 图 2 是表示斩波器电路的开关元件接通时的电流路径的图。

[0014] 图 3 是表示斩波器电路的开关元件断开时的电流路径的图。

[0015] 图 4 是说明会由于电涌吸收用电容器和配线电感产生的共振电流的图。

[0016] 图 5 是表示实施方式 1 所涉及的开关电源装置的电路基板上的元件配置的一个例子的图。

[0017] 图 6 是表示用于配置图 5 所示的元件的多层基板中的某一层的配线图案的一个例子的图。

[0018] 图 7 是表示在图 6 的多层基板中的与图 6 不同的层的配线图案的一个例子的图。

[0019] 图 8 是将图 6、7 所示的配线图案的位置表示在图 1 的电路图上的图。

[0020] 图 9 是示意地表示图 6、7 所示的多层基板中的某个部分的剖面结构的图。

[0021] 图 10 是表示与图 5 不同的元件配置的一个例子的俯视图。

具体实施方式

[0022] 以下参照附图,对本发明的实施方式所涉及的开关电源装置进行说明。此外,本发明并不限于以下示出的实施方式。

[0023] 实施方式 1

[0024] 图 1 是表示下述各实施方式中共通的开关电源装置的电路结构例的图。如图 1 所示,该开关电源装置划分成电源电路 100、斩波器电路 110 以及逆变器电路 120 这 3 个电路模块。电源电路 100 是直流电力的供给源,斩波器电路 110 将输入的直流电压调整为期望的直流电压。另外,逆变器电路 120 将斩波器电路 110 的输出变换为期望的交流电压。

[0025] 电源电路 100 具有直流输入电源 1。该直流输入电源 1 的概念是例如包含对交流电压进行整流的整流电路、将交流电压变换为期望的直流电压的变换器、或将直流电压调整为期望的直流电压的 DC/DC 变换器等。

[0026] 斩波器电路 110 具有电抗器 2、二极管 3、开关元件 5、平滑电容器 8 及电涌吸收电路 20,电涌吸收电路 20 是将阻尼电阻 6 和电涌吸收用电容器 7 串联连接而构成的。在该斩波器电路 110 中,在正侧直流母线即直流母线 22 和负侧直流母线即直流母线 24 之间,相对于直流输入电源 1 依次并联连接开关元件 5、电涌吸收电路 20、及平滑电容器 8。

[0027] 逆变器电路 120 具有开关元件 91 ~ 94 及电涌吸收用电容器 10。开关元件 91、94 及开关元件 92、93 分别串联连接而构成一相的桥臂,并且,各桥臂在直流母线 22、24 之间彼此并联连接而构成单相的逆变器电路。另外,电涌吸收用电容器 10 对应于各桥臂而插入至直流母线 22、24 之间。

[0028] 此外,在图 1 中,在电涌吸收电路 20 和平滑电容器 8 之间的直流母线 22 上示出的配线电感 4A,是会在将电涌吸收电路 20 和平滑电容器 8 电连接时生成的配线电感。另外,

在平滑电容器 8 和逆变器电路 120 之间的直流母线 22 上示出的配线电感 4B, 是图示出的会在将平滑电容器 8 和逆变器电路 120 电连接时产生的配线电感。此外, 在图 1 中, 仅在正侧的直流母线 22 上示出配线电感, 但也包含了会在负侧的直流母线 24 上产生的配线电感。

[0029] 下面, 参照图 2 的附图, 说明实施方式 1 所涉及的开关电源装置的动作。图 2 及图 3 是说明在图 1 示出的开关电源装置中的斩波器电路 110 的运动的图, 图 2 表示开关元件 5 接通时的电流路径, 图 3 表示开关元件 5 断开时的电流路径。

[0030] 如图 2 所示, 在开关元件 5 接通时, 电流以直流输入电源 1 的正极→电抗器 2→开关元件 5→直流输入电源 1 的负极这样的路径流动。此时, 在电抗器 2 中积蓄电磁能量。另一方面, 如图 3 所示, 在开关元件 5 断开时, 电流以直流输入电源 1 的正极→电抗器 2→二极管 3→配线电感 4A→平滑电容器 8→直流输入电源 1 的负极这样的路径流动。此时流动的电流源自积蓄在电抗器 2 中的电磁能量, 在直流输入电源 1 的电压和在电抗器 2 中产生的电压之和高于平滑电容器 8 的端子电压的情况下, 电流沿箭头方向流动, 在低于平滑电容器 8 的端子电压的情况下, 电流沿与箭头方向相反的方向流动。

[0031] 此外, 在电抗器 2 中产生的电压能够通过变更开关元件 5 的接通时间与断开时间的比即接通断开时间比进行控制。因此, 能够通过对该接通断开时间比进行控制, 而使得流向电抗器 2 的电流和平滑电容器 8 的端子电压是可变的。

[0032] 下面, 参照图 4, 对会由于电涌吸收用电容器 7 和配线电感 4A 产生的共振电流进行说明。图 4 是说明该共振电流的图。

[0033] 如上所述, 通过开关元件 5 的通断, 而在直流母线 22、24 中流动随时间变化的电流。另外, 由于此时流动的电流的变化率 (di/dt) 随着开关元件 5 通断时的开关速度而变化, 因此, 例如如果开关速度提高, 则电流变化率增大。因此, 开关元件 5 的开关速度越高, 在电路动作上越是无法忽略平滑电容器 8 和阻尼电阻 6 之间的配线电感 4A 的大小。

[0034] 在无法忽略配线电感 4A 的大小的情况下, 如图 4 所示的共振电流增大。在这里, 如果将配线电感 4A 的电感设为 L , 将平滑电容器 8 的电容设为 C_0 , 将电涌吸收用电容器 7 的电容设为 C_1 , 则在 C_0 和 C_1 之间, 存在 $C_0 \gg C_1$ 的关系, 共振频率 f_r 由下式表示。

[0035]

$$f_r = 1 / 2\pi \sqrt{(LC_0) \cdot \sqrt{1 + (C_1/C_0)}} \approx 1 / 2\pi \sqrt{(LC_0)} \quad \dots \quad (1)$$

[0036] 如上所述, 在无法忽略配线电感 4A 的大小的情况下, 如上述式 (1) 所示, 流动以共振频率 f_r 振荡的共振电流, 该共振电流加入至对平滑电容器 8 进行充电的充电电流中, 其中, 该共振频率 f_r 是由电涌吸收用电容器 7 的电容 C_1 和配线电感 4A 的电感 L 确定的。

[0037] 下面, 针对阻尼电阻 6 的作用进行说明。在不存在阻尼电阻 6 的情况下, 在上述共振环路中不存在电阻成分, 因此, 非常大的共振电流流向平滑电容器 8。另一方面, 在存在阻尼电阻 6 的情况下, 在上述共振环路中加入阻尼电阻 6 的电阻成分, 因此, 能够通过该阻尼电阻 6 限制共振电流的大小。由此, 能够减小施加至平滑电容器 8 的共振电流。

[0038] 另外, 在本实施方式的开关电源装置中, 阻尼电阻 6 以与电涌吸收用电容器 7 串联连接的方式插入, 但如上述“发明内容”的项目中说明所示, 该插入位置也存在较大的意义。在上述专利文献 1 的电路中, 在平滑电容器侧插入有阻尼电阻。如果是本申请的图 2~4 的电路, 则相当于将阻尼电阻 6 与平滑电容器 8 串联连接。

[0039] 在阻尼电阻 6 与平滑电容器 8 连接的情况下,图 4 所示的共振电流的大小基本不变,但在图 3 所示的充电电流的路径中,阻尼电阻 6 对充电电流进行限制。因此,阻尼电阻 6 的大小无法设置得较大。另一方面,在阻尼电阻 6 较小的情况下,流过阻尼电阻 6 的电流(充电电流)增大,因此,阻尼电阻 6 的发热量增大,不得不使用容许功率较大的元件。另外,在阻尼电阻 6 较小的情况下,由于共振电流增大,还产生共振电流抑制能力下降的问题。

[0040] 如上所述,在实施方式 1 的开关电源装置中,将阻尼电阻插入至容量值较小的电涌吸收用电容器侧而不是插入至容量值较大的平滑电容器侧,因此,能够限制会由于配线电感产生的共振电流,其结果,能够减小流向平滑电容器的共振电流,能够抑制由于共振电流引起的平滑电容器的发热。

[0041] 此外,在实施方式 1 中,针对向电涌吸收用电容器 7 处插入阻尼电阻 6 的实施方式进行了说明,但本发明并不限于该实施方式。例如,如图 1 所示,在构成逆变器电路 120 的桥臂的两端插入电涌吸收用电容器 10 的情况下,在由逆变器电路 120 和平滑电容器 8 之间的配线电感 4B、和电涌吸收用电容器 10 产生的共振无法忽略的情况下,优选电涌吸收用电容器 10 也与阻尼电阻连接。

[0042] 另外,在实施方式 1 中,针对将阻尼电阻 6 插入至电涌吸收用电容器 7 处的实施方式进行了说明,但并不限于这种电涌吸收用电容器。例如,在直流母线之间存在以电涌吸收这一用途之外的目的插入的电容器,并且,在由与平滑电容器之间的配线电感产生的共振无法忽略的情况下,优选与电涌吸收用电容器同样地插入阻尼电阻。即,下述实施方式也包含在本发明的主旨中,对于该实施方式,在存在第 2 电容器的情况下,该第 2 电容器与阻尼电阻串联连接,其中,该第 2 电容器相对于连接在直流母线之间的平滑电容器即第 1 电容器,同样地连接在直流母线之间且容量值小于第 1 电容器。

[0043] 下面,参照图 5~图 9 的附图,对实施方式 1 所涉及的元件配置的一个例子进行说明。图 5 是表示实施方式 1 所涉及的开关电源装置的电路板上的元件配置的一个例子的俯视图,图 6 是表示用于配置图 5 所示的元件的多层基板中的某一层(相邻的上层或下层)的配线图案的一个例子的图,图 7 是表示图 6 的多层基板中的与图 6 不同层(相邻的上层或下层)的配线图案的一个例子的图,图 8 是将图 6、7 所示的配线图案的位置表示在图 1 的电路图上的图,图 9 是示意地表示图 6、7 所示的多层基板中的某个部分的剖面结构的图。

[0044] 图 1 所示的各元件,例如如图 5 所示,配置在具有多层的多层基板 11 的最上面。此外,在图 5 中标注的标号分别与图 1 相对应。在配置图 5 所示的电路元件的情况下,例如使用图 6、7 所示的多层基板。在这些图的多层基板上,在绝缘材料 18 上印刷有铜箔图案 12~17。

[0045] 铜箔图案 12 构成将直流输入电源 1 的正极和电抗器 2 的一端连接的电极(参照图 8 的电路图)。同样地,铜箔图案 13 构成将电抗器 2 的另一端、开关元件 5 的一端和二极管 3 的阳极端连接的电极,铜箔图案 17 构成将开关元件 5 的另一端和电涌吸收用电容器 7 的一端连接的电极。在图 6 中,铜箔图案 14 示出了 3 个图案,但在任意 2 个图案上分别连接阻尼电阻 6 的一端或二极管 3 的阴极端。此外,在图 6、7 所示的铜箔图案中,标注相同标号的部分通过将层之间连接的通路孔等进行电连接。另外,对于构成电极的铜箔图案 17 和铜箔图案 16 也在层之间进行电连接。

[0046] 另外,如图 9 所示隔着电路板以平行的方式印刷有铜箔图案 15、16。为了减小配

线电感,需要(1)缩短配线长度,(2)减小由于电流流动而产生的磁场。通过进行如图9所示的印刷,能够使往返电流(折返电流)在铜箔图案15、16之间流动。在该情况下,由流过铜箔图案15的电流而产生的磁场的方向和由流过铜箔图案16的电流而产生的磁场的方向成为相反的关系,磁场能够相互抵消。因此,如果铜箔图案15、16如图9所示配置,则能够减小配线电感4A、4B。其结果,能够将上述式(1)所示的共振频率移至较高侧,能够减小共振电流而减少阻尼电阻6的损耗。另外,由于共振电流减小,因此,能够减小阻尼电阻6的电阻值,能够减少电路整体的损耗。

[0047] 另外,根据图5的基板结构,将斩波器电路以及逆变器电路配置在同一基板上,并且,在平滑电容器8的附近配置电涌吸收用电容器7,在开关元件91~94的附近配置电涌吸收用电容器10,因此,能够缩短各自的配线长度,能够减小配线电感4A、4B。

[0048] 另外,在图5的基板结构中,没有安装电抗器2,但在能够将电抗器2小型轻量化的情况下,也可以将该电抗器2安装在基板上。在该情况下,能够使开关电源装置整体的尺寸小型化。

[0049] 此外,图5是将单一的元件配置在多层基板上的结构,但在将开关电源装置大容量化的情况下,例如如图10所示并联配置多个元件即可(逆变器电路中的开关元件91~94为三并联,其他元件为两并联)。此外,在希望将平滑电容器8大容量化的情况下,可以如图10所示,将配置在基板上的多个电容器并联连接,但也要考虑无法配置在基板上的情况。在这种情况下,可以通过连接器或端子台等与外部的电容器连接。但是,在采用这种结构的情况下,优选配置在印刷基板的附近,以减小配线电感。

[0050] 如上述说明所示,根据实施方式1的开关电源装置,将应插入至共振环路中的阻尼电阻与电涌吸收用电容器连接,而不与平滑电容器连接,因此能够实现下述效果:即使在平滑电容器的容量较大的情况下,也能够减少阻尼电阻中的损耗而抑制效率的降低,另外,即使在平滑电容器的容量较大的情况下,也无需特别地采取增加平滑电容器的使用数量等发热对策。

[0051] 实施方式2

[0052] 在实施方式2中,针对在开关电源装置的斩波器电路及逆变器电路中所具备的开关元件进行说明。作为在斩波器电路中使用的开关元件,通常是以硅(Si)为原材料的半导体晶体管元件(IGBT、MOSFET等),作为在逆变器电路中使用的开关元件,通常是将以硅(Si)为原材料的半导体晶体管元件(IGBT=insulated-gate bipolar transistor、MOSFET=metal oxide semiconductor field-effect transistor等)和相同地以硅为原材料的半导体二极管元件反并联连接而构成的。上述实施方式1中说明的技术能够用于具有该通常的开关元件的斩波器电路及逆变器电路中。

[0053] 另一方面,上述实施方式1的技术并不限于使用以硅为原材料而形成的开关元件。当然可以代替该硅,将以近年来受瞩目的碳化硅(SiC)为原材料的开关元件用于斩波器电路及逆变器电路中。

[0054] 在这里,碳化硅具有能够在高温下使用的特征,因此,如果作为在斩波器电路及逆变器电路中所具备的开关元件而使用以碳化硅为原材料的开关元件,则能够提高开关元件模块的容许动作温度,因此,能够提高载波频率,能够增加开关速度。

[0055] 另一方面,以碳化硅为原材料的开关元件也具有电涌电压耐性低的性质。因此,在

增加开关速度的情况下,电流的变化率(di/dt)增大,受配线电感的影响较强,因此,难以进行单纯提高载波频率的控制。

[0056] 然而,根据实施方式 1 所涉及的技术,通过在斩波器电路及逆变器电路的各开关元件的附近配置电涌吸收用电容器,从而缩短配线长度,另外,通过使用多层基板,从而将一方的配线(例如正侧直流母线)和另一方的配线(例如负侧直流母线)由相邻的上下层的配线构成,并且,以在这些配线之间流动往返电流的方式构成,因此,能够减小电涌电压本身。因此,能够弥补具有电涌电压耐性低这样的性质的以碳化硅作为原材料的开关元件的弱点,能够充分应用可在高温下使用这一以碳化硅为原材料的开关元件的特征。

[0057] 此外,碳化硅(SiC)具有与硅(Si)相比带隙更宽这样的特性,是被称为宽带隙半导体的半导体的一个例子。除了该碳化硅之外,例如使用氮化镓类材料或金刚石而形成的半导体也属于宽带隙半导体,它们的特性也大多与碳化硅类似。因此,使用除碳化硅之外的其他宽带隙半导体的结构也属于本发明的主旨。

[0058] 另外,由这种宽带隙半导体形成的晶体管元件或二极管元件的耐电压性较高,容许电流密度也较高,因此,能够实现晶体管元件和二极管元件的小型化,通过使用这些小型化的晶体管元件和二极管元件,能够使安装有这些元件的半导体模块小型化。

[0059] 另外,由宽带隙半导体形成的晶体管元件或二极管元件的耐热性也较高,因此,能够使散热器小型化,能够进一步使开关元件模块小型化。

[0060] 而且,由宽带隙半导体形成的晶体管元件和二极管元件的功率损耗较低,因此,能够实现开关元件和二极管元件的高效率化,进而能够实现开关元件模块的高效率化。

[0061] 此外,在上述实施方式 1、2 中示出的结构是本发明的结构的一个例子,当然可以与其他公知技术组合,在不脱离本发明的主旨的范围内,可以省略一部分等进行变更而构成。

[0062] 工业实用性

[0063] 如上所述,本发明可以有效地用作能够使阻尼电阻中的损耗较小而抑制效率降低的开关电源装置。

[0064] 标号的说明

[0065] 1 直流输入电源

[0066] 2 电抗器(斩波器电路)

[0067] 3 二极管(斩波器电路)

[0068] 4A、4B 配线电感

[0069] 5 开关元件(斩波器电路)

[0070] 6 阻尼电阻

[0071] 7 电涌吸收用电容器(斩波器电路)

[0072] 8 平滑电容器

[0073] 10 电涌吸收用电容器(逆变器电路)

[0074] 11 多层基板

[0075] 12 ~ 17 铜箔图案

[0076] 18 绝缘材料

[0077] 20 电涌吸收电路(斩波器电路)

- [0078] 22、24 直流母线
- [0079] 91 ~ 94 开关元件(逆变器电路)
- [0080] 100 电源电路
- [0081] 110 斩波器电路
- [0082] 120 逆变器电路

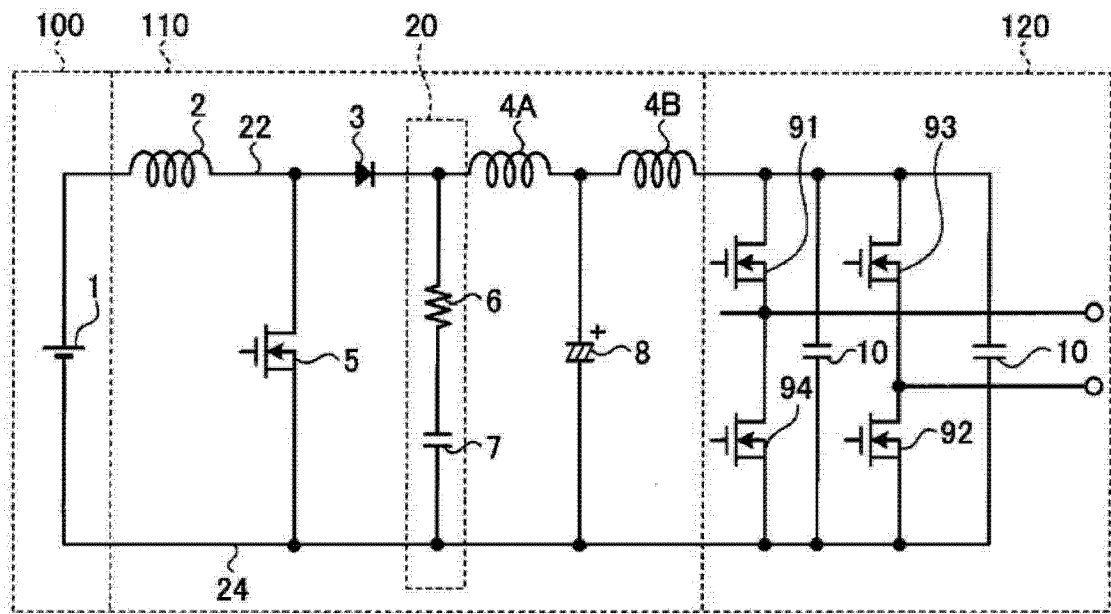


图 1

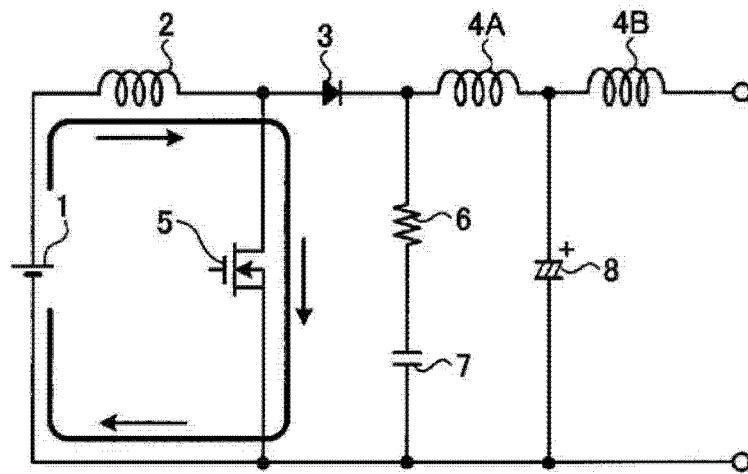


图 2

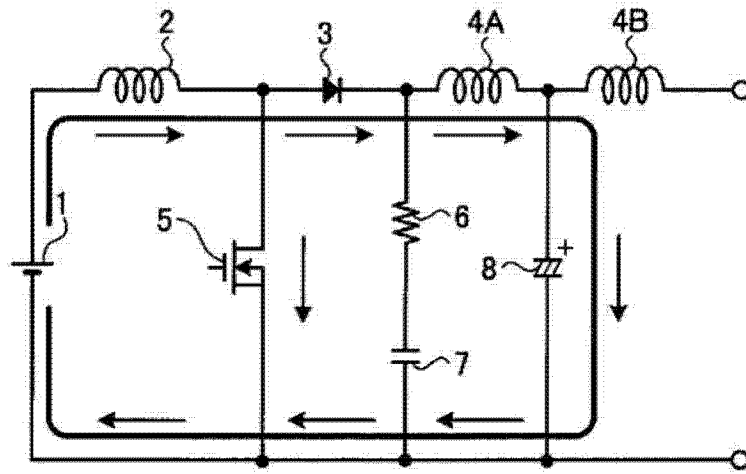


图 3

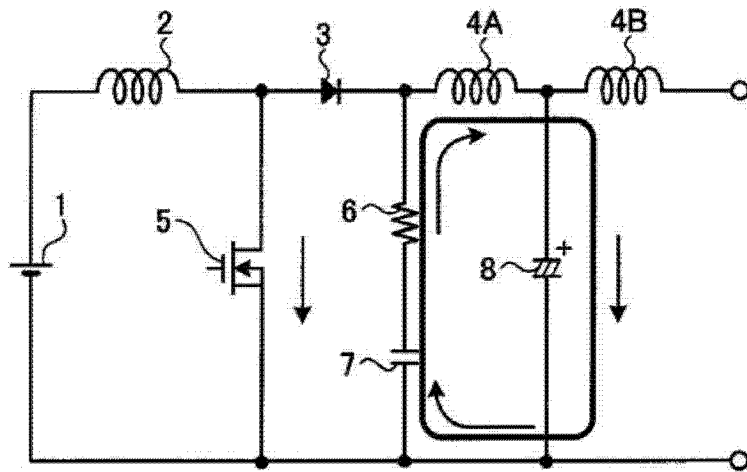


图 4

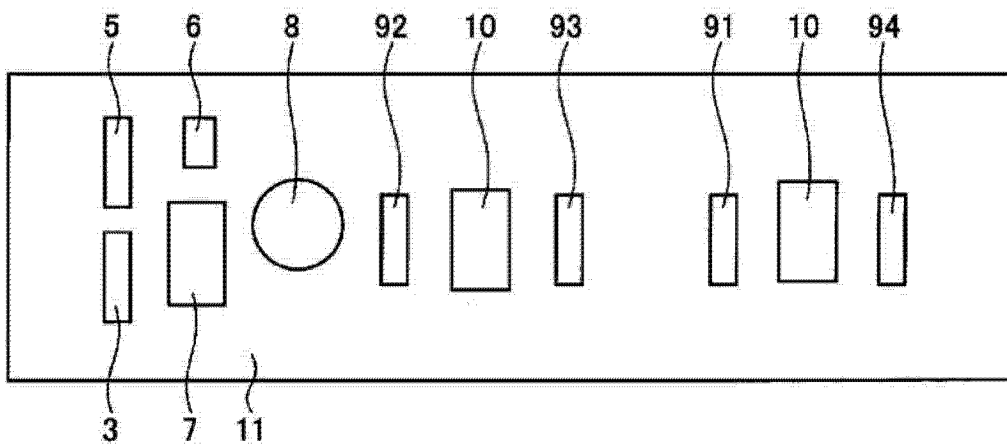


图 5

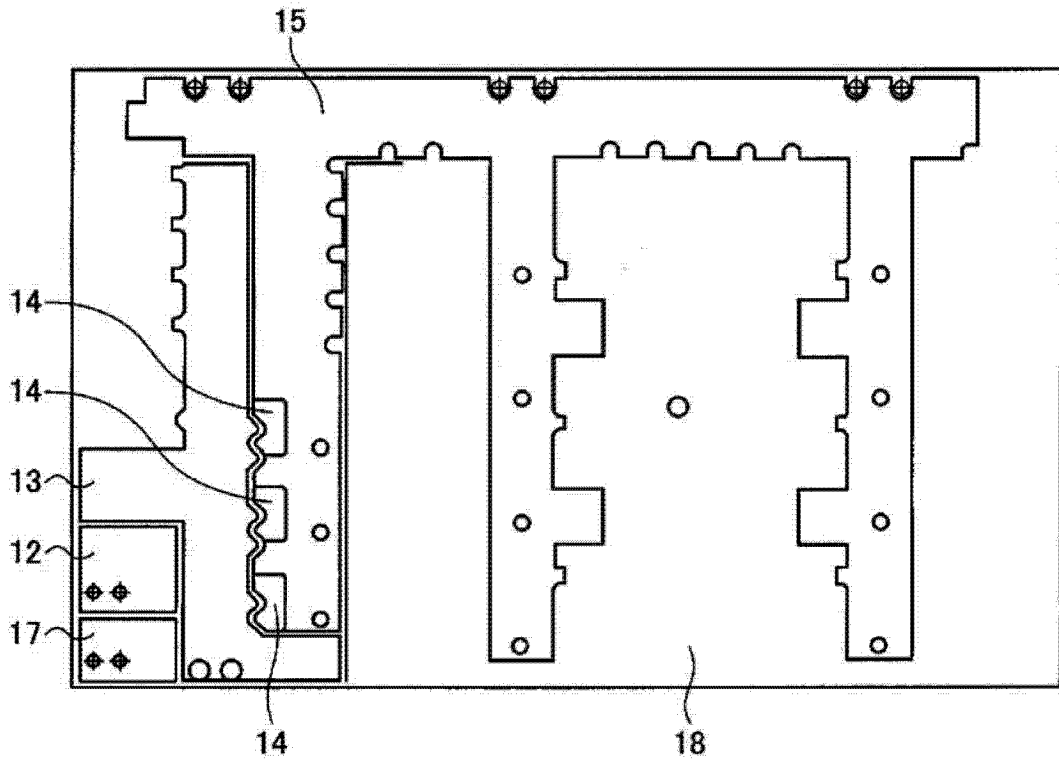


图 6

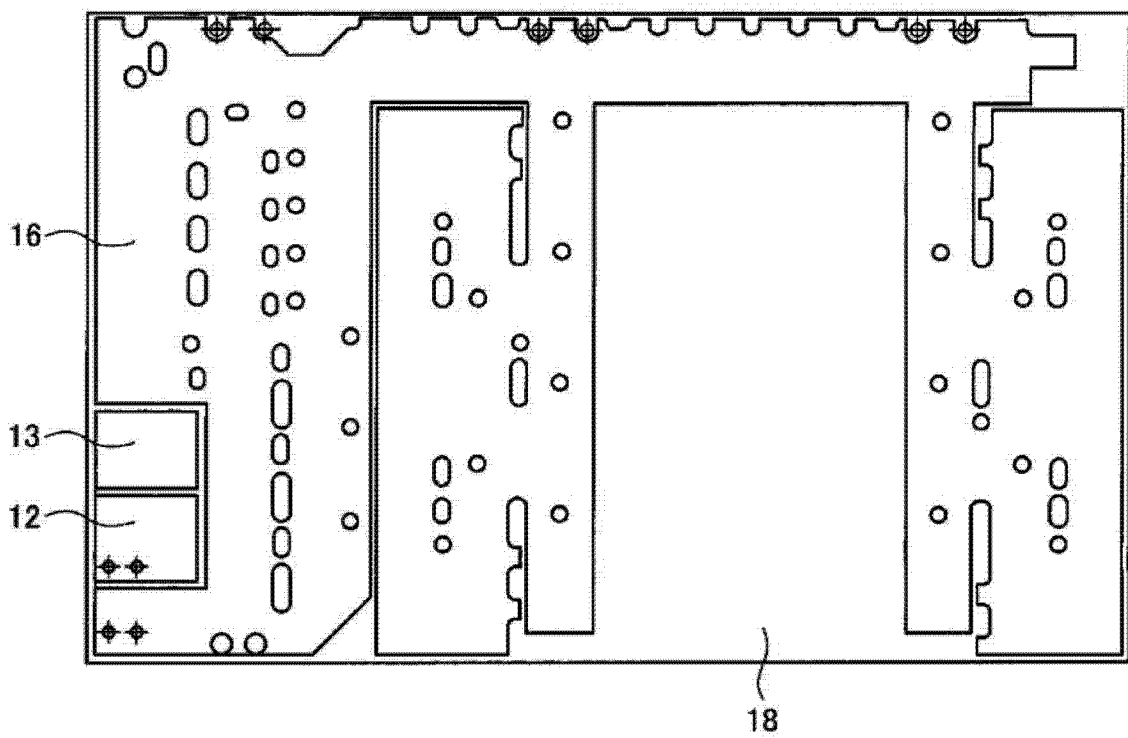


图 7

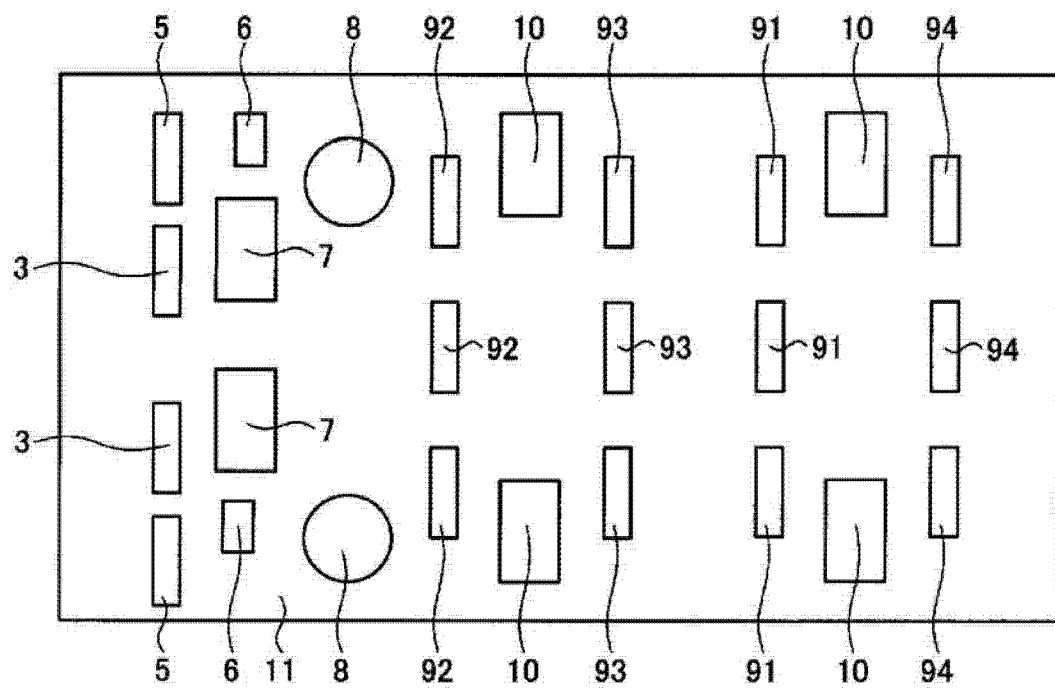


图 10