[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
H02M 7/519
H02M 7/48

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96114596.X

[45]授权公告日 2001 年 12 月 26 日

[11]授权公告号 CN 1076901C

[22]申请日 1996.11.22
[21]申请号 96114596.X
[30]优先权
[32]1995.11.23 [33]DE [31]19543702.0
[73]专利权人 亚瑞亚·勃朗勃威力有限公司
地址 瑞士巴登
[72]发明人 H·格吕宁 J·雷斯
[56]参考文献

EP 489945A1	1992. 6.17	H03K17/732
US 4058696	1977.11.15	H05B5/04
WO 93/09600	1993. 5.13	H03K17/732
审查员 李 超

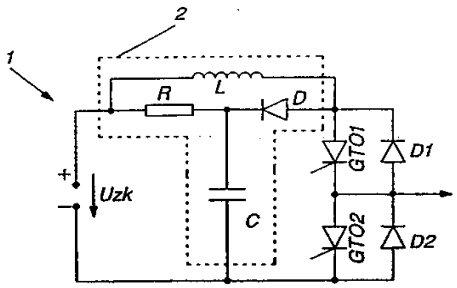
[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 王 勇 萧掬昌

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 逆变器电路装置

[57]摘要

本发明提出了一个整流器电路装置。在这一装置中,可控硅晶闸管可被直接驱 动,反向并联二极管的反向电流特性具有的 dV/dt 值从 2KV/μs 至 10KV /μs,在直流电源和可控硅晶闸管之间设有一个低电感自振荡电路,因此在没 有保护电路的情况下可控硅晶闸管和反向并联二极管均能工作。



ISSN1008-4274

权　利　要　求　书

1. 一种逆变器电路装置，包含至少一个支路，该支路包含一个偶数串联连接的门极可关断晶闸管（GTO1、GTO2）和与晶闸管（GTO1、GTO2）反向并联的反向并联二极管（D1、D2），其中，该支路或各个支路均与一直流电源（U_{zk}）相接，并且该支路或各个支路的中间共用节点构成负载接口，其特征在于，

—门极可关断晶闸管（GTO1、GTO2）被直接驱动，即，阳极电流(I_A)与最大的栅极电压(I_{Gpeak})之比 I_A/I_{Gpeak} 小于或等于 1，并且栅极电流快速上升，其最大值(I_{Gpeak})可在小于或等于 1μs 的上升时间(tr)内达到；

—选择各个门极可关断晶闸管（GTO）驱动电路的总电感(L_G)足够小，使 $L_G \leqslant V_{GR}/(I_{Gpeak}/tr)$ 得以成立，其中，V_{GR}相当于栅极的反向截止电压；

—在直流电源和门极可关断晶闸管（GTO1、GTO2）串联电路之间设有自振荡电路（2）；并且

—反向并联二极管具有其电压变化率 dV/dt 为 2KV/μs 至 10KV/μs 的反向电流特性。

2. 按权利要求 1 所述的电路装置，其特征在于，每个支路设有一个自振荡电路（2），该自振荡电路包括一个电容（C）、一个电阻（R）、一个二极管（D）和一个电感（L），其中，电阻（R）和二极管（D）串联，接在直流电源（U_{zk}）的正极和门极可关断晶闸管（GTO1、GTO2）串联电路之间，电感（L）并联于由电阻（R）和二极管（D）构成的串联电路上，电容（C）的一端与由电阻（R）和二极管（D）构成串联电路的共用节点相连，另一端与直流电源（U_{zk}）的负极相连。

3. 按权利要求 2 所述的电路装置，其特征在于，至少有三个支路，支路自振荡电路的电阻（R）和电容（C）构成一共用的器件。

4. 按权利要求 3 所述的电路装置，其特征在于，支路自振荡电路的电感（L）构成一共用的器件。

5. 按权利要求 2 至 4 之一所述的电路装置，其特征在于，自振荡电路（2）设在直流电源的负极和门极可关断晶闸管（GTO1、GTO2）的串联电路之间，其中，二极管（D）的阴极朝向门极可关断晶闸管（GTO1、GTO2）。

6. 按权利要求 1 至 4 之一所述的电路装置，其特征在于，每个支路具有至少四个门极可关断晶闸管和反并联二极管，并且晶闸管按三点式反相逆变器的形式与直流电源连接。

说　　明　　书

逆变器电路装置

本发明涉及电力电子技术领域。更具体地涉及逆变器电路装置。

这样的电路装置已经公开过，譬如W.McMurray 就在IEEE电力电子学交流（IEEE Transactions on Power Electronics ）PE-2卷第三期（1987年7月）上发表了题为“电压源门极可关断晶闸管（GTO）逆变器的有效缓冲电路”的文章。该文描述了具有至少两个串联连接的GTO逆变器电路装置。这些GTO与一个直流电压源相接并与一个串联电路的共用节点构成一个负载接口。此外，所谓的反向并联二极管是与这些GTO并联设置的，这些反向并联二极管在转向之后导通。为了在开关时面临过高的电流和电压梯度保护GTO，必须设置缓冲电路。按照现有技术，如提及的文献所述，该缓冲电路包括一个比较昂贵的由电感、电容、电阻和二极管组成的网络，该网络与GTO以及反向并联二极管并联和串联。A.Ferraro在IEEE 1982年第466至467页上发表的、题为“晶体管逆变器低耗缓冲电路技术概述”一文中概述了其它保护电路的不同形式。

在欧洲专利申请EP－A1－0 489 945和WO－93/09600中描述了GTO的所谓“直接驱动”并且提供了相应驱动单元的电路装置。就这两项欧洲专利申请而言，人们把概念“直接驱动”理解为用栅电流驱动GTO。该栅电流的制作使得关断增益IA/IGpeak远小于3，产生的阳极电压上升率至少为1KV/μS。这种直接驱动在本发明的范畴内十分重要，因此，本申请自然采纳了上述欧洲专利申请的内容。

但是，按上述现有技术制作的GTO相位组件—该GTO相位组件为需要交流电压系统相位的逆变器的一部分具有较高的综合性程度。其原因在于，

—在GTO和二极管开通和关断时，为了限制电流和电压梯度，需要数量较大的保护电路；

—各保护电路之间具有相互作用（用于限制电压变化率dV/dt的电容与用于限制电流变化率dI/dt的电感形成振荡回路）；

—来自这些回路之间的扰动借助于dV/dt电容中的位移电流会使各个回路的相位产生变化，这可导致扰动载流子注入到缓冲二极管

中；

—许多单元特性的结合构成了一个综合的总体（相位组件、倒向器），其中某个单元（GTO，GTO驱动装置、二极管、缓冲器、回路间寄存元件）性能的改变一般会危及其它元件。

因此，GTO相位组件大而昂贵，并且其开发难度也大。只有在极少的情况下，才具有调制功能和简单的伺服作用，或者在追加费用之后才能满足用户的需求。

在未先公布的德国专利申请P 195 230 95.7中，成功地缩小了保护电路网络。其中特别应用了美国专利No. 5,345,096中描述的GTO。但是，每个支路仍需设有限制电压梯度的保护电容器。然而恰恰是电容器比较昂贵并且占据大的空间。因此，希望有一个完全屏弃保护电路网的电路装置。

本发明的目的在于制作一种模块化的、成本合理并且体积小的逆变器电路装置。通过电路排除所述类型的寄生效应，使开发风险和开发费用降低，象目前低压和低功率级绝缘栅双极晶体管（IGBT）逆变器的那种水平。特别是应使功率半导体开关能在没有保护电路网的情况下工作。

这一目的将通过一种逆变器电路装置来实现，它包含至少一个支路，该支路包含一个偶数串联连接的门极可关断晶闸管（GTO1、GTO2）和与晶闸管（GTO1、GTO2）反向并联的反向并联二极管（D1、D2），其中，该支路或各个支路均与一直流电源（U_{zk}）相接，并且该支路或各个支路的中间共用节点构成负载接口，其特征在于，

—门极可关断晶闸管（GTO1、GTO2）被直接驱动，即，阳极电流I_A与最大的栅极电压I_{Gpeak}之比I_A/I_{Gpeak}小于或等于1，并且栅极电流快速上升，其最大值I_{Gpeak}可在小于或等于2μs，特别是在小于或等于1μs的上升时间tr内达到；

—选择各个门极可关断晶闸管（GTO）驱动电路的总电感L_G足够小，使$L_G \leqslant V_{GR}/(I_{Gpeak}/tr)$得以成立，其中，$V_{GR}$相当于栅极的反向截止电压；

—在直流电源和门极可关断晶闸管（GTO1、GTO2）串联电路之间设有自振荡电路（2）；并且

—反向并联二极管具有其电压变化率dV/dt为2KV/μs至10KV/μs

的反向电流特性。

因此，本发明的核心是：

—直接驱动可控硅晶体管。特别是阳极电流I_A与最大的栅电流I_{Gpeak}之比I_A/I_{Gpeak}应小于或等于1，栅电流应快速上升，以使在小于或等于2μs，最好是在小于或等于1μs的上升时间tr内达到其最大值I_{Gpeak}；

—要选总电感L_G小的GTO驱动电路，使$LG \leqslant /V_{GR}/(I_{Gpeak}/tr)$成立，其中$V_{GR}$相当于栅极反向截止电压；

—在直流电源和门极可关断晶闸管的串联电路之间装有一个自振温电路；并且

—与晶闸管反向并联的二极管具有反向电流特征，其电压变化率dV/dt值从2kv/μs到10kV/μs。

综合上述措施可制作一种电路，该电路可在没有以往所需的缓冲电容器的情况下工作。由此可节省元件。有可能降低成本，和缩小结构体积。此外，通过消除积蓄的能量可减少反向器的损耗。具有本发明特征的电路，部分负荷损耗大致与负载电流成正比，并且可消除寄生作用。因此，低的开发费用，较小的风险和较高的标准化程度就成为可能。

自振荡电路包括一个电容、一个电感、一个二极管和一个电阻，其中，电容与门极可关断晶闸管串联电路并联。

提出了自振荡电路的不同实施形式。在最简单的情况下，每个支路设有一个自振荡电路，部分或甚至整个自振荡电路也可用于多个支路。由此制作的电路，具有结构极其紧凑的特点。

相应的从属权利要求描述了其它的实施形式。

下面依据实施图例对本发明作进一步的说明：

图1按本发明构成的逆变器电路装置等效电路图，

图2反向并联二极管的反向电流和电压随时间的变化曲线，

图3本发明的第二个实施形式，

图4本发明的第三个实施形式，

图5图1实施形式的变形。

附图中所用的参考符号及其意义归纳在参数符号表中，各图相同部位用的是相同的参考符号。

图1所示为按本发明制作的逆变器电路装置1的一个支路。GTO1和GTO2为两个串联连接的门极可关断晶闸管。中间的共用节点形成了一个相位或负载接口，譬如可在此处接上一个异步电动机的相位接线。在门极可关断晶闸管和直流电压源之间安有一个自振荡电路2，该直流电压源是由反向器的级间直流电压U_{2k}所形成。

本发明电路中的GTO是采用直接驱动方式。实践表明，引用直接驱动，对大多数应用场合，能够在无保护电容，即在没有电容器限制电压梯度的情况下工作，通过GTO产生的热效应（发热和放热）就可以取得的很高的关断值。

与本发明相反，在现有技术中一直仍需要与GTO并联的保护电容器。

与本文开头提及的、亦可在没有保护电路的情况下工作的欧洲专利申请EP－A1－0 489 945不同，阳极电流I_A与最大的栅极电流I_{Gpeak}之比I_A/I_{Gpeak}应小于或等于1，并且栅极电流应上升快速，其最大值I_{Gpeak}应在小于等于2μs，特别地应在小于等于1μs的上升时间内达到。

为此，必须选择每个GTO驱动电路的总电感L_G很小，使得$L_G \leqslant V_{GR}/(I_{Gpeak}/tr)$得以成立，其中，$V_{GR}$相当于栅极反向截止电压。对大电流GTO而言，可以引用譬如在本文开头的US5,345,096专利中所述的结构来达此目标。

总之，通过这种驱动方式，可以实现在阳极电流上升之前，阴极电流关断之时达到零值。

与GTO反方向地并联有反向并联二极管D1、D2。在GTO反向传导情况下，这两个反向并联二极管也可被纳入GTO之列中。这两个二极管要求按众所周知的方式以电感L来限制电流变化率dI/dt。在没有缓冲电容或保护电路的情况下，这些二极管必须抗衡这一电感负载，进行新的一轮整流（反向电流特性，“反向恢复”）。这两个二极管具有如图2上部所示的反向电流特性。加电压时，在一定的时间内电流首先沿反向流动。然后，电压才以确定的梯度dV/dt上升。因此，本发明装入的是经过特殊加工后的二极管（譬如引用质子辐射或氦辐射通过寿命设计的二极管），这些二极管的设置应使得在全负荷整流时，其dV/dt值处于2KV/μs至10KV/μs的范围内（见图2）。

特别是当设计准则在于减小开关损耗时，GTO和反向并联二极管在无缓冲电路的情况下工作会引入高的dV/dt值，相应地，在快速整流过程中会具有高的dI/dt值。因此，需要有一个极低电感的结构（总电路杂散电感<100…200nH）。在一般情况下，电路和自振荡电阻不允许有如此低的电感。因此，按照本发明，需要引入一个允许低电感溢出的电路。溢出电容器C的规格应这样选择，该电容器可有效地限制瞬时过压，又基本上不影响电感的自振荡。据此，得出电容值C=1μF至3μF，这适应于绝大多数高达3KA断电范围的应用场合。

因此，在直流电源U_{zk}和开关之间设有一个低电感快速自振荡电路2。在最简单的情况下（图1），该自振荡电路包括一个与GTO并联设置的电容器C和一个电路，该电路为一个电阻R和一个二极管D串联后再与一个电感并联的电路，其中，电阻R或电容C的一端与二极管的阴极相连，另一端与直流电源的正极或负极相连。

在图1中只示出了逆变器的一个支路。在一般情况下，含有多个支路或相位组件，而每个相位组件配属于一个自振荡电路。特别优选的方案还允许这些元件为多个相位组件共用：

在图3中，自振荡电阻R和溢出电容C被多个相位组件所共用。但是每个支路均设置了一个电感。该实施形式具有如下优点：

—元件的数量少

—热功率集中在一个电阻内，即可降低冷却费用，特别对水制冷情况提高了水制冷的可靠性和电阻设计的可靠性（更耐用）。

—紧凑的模块化结构。

在图4所示的实施形式中，电感L、电阻R、溢出电容C和二极管D被共用。该电路的优点是：

—费用特别低，

—结构紧凑，

—重量轻，体积小（只有一个电感，接线少）。

但是，该电路在接通一个相位电路之前，即前面的开关过程结束之后，应只有很小的电流在自振荡电阻R中流动。

当然自振荡电路也可如图5示范的支路那样，安置在直流电压负极和可关断二极管之间。二极管的极性则必须反过来。电路的其余元件是镜面对称的。

总之，本发明措施给出了制作一种逆变器的可能性，在门极可关断晶闸管和反并联二极管没有保护电路的情况下该逆变器也能够工作。

逆变器也可具有三点式反相逆变器的形式。在这种情况下，每个支路至少设有四个开关，它是与相应的开关和直流电压电路接通的，在负载接口处不仅要切换正向负向电路间电压，而且也要接通零伏电压，负载接口为开关串联电路的中间共用节点。三点式反相逆变器的功能和结构已在大量参考文献中公开过，因此毋须在此再作说明。

参考符号表

1	逆变器电路装置
2	自振荡电路
GTO1、GTO2	门极可关断晶闸管
D1、D2	反向并联二极管
D	自振荡二极管
L	电感
R	自振荡电阻
C	电容
U_{zk}	直流电压源

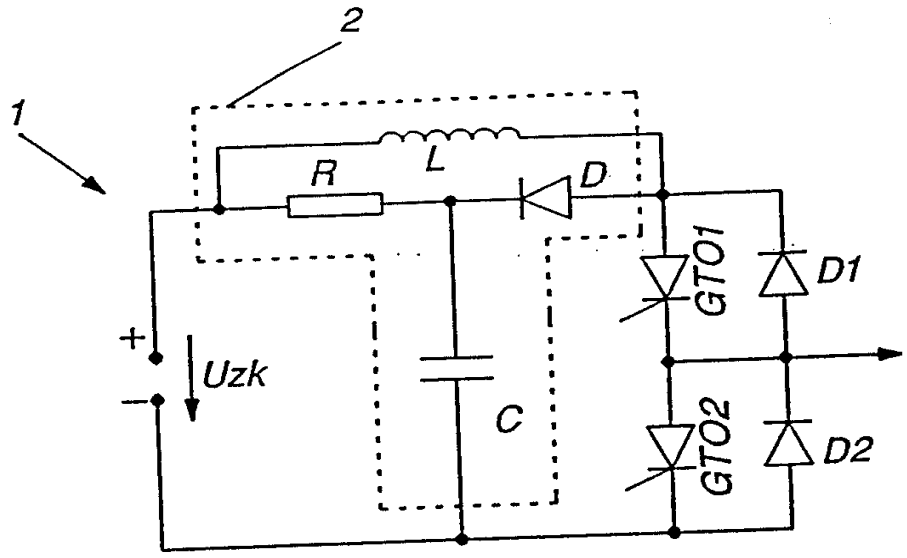


图 1

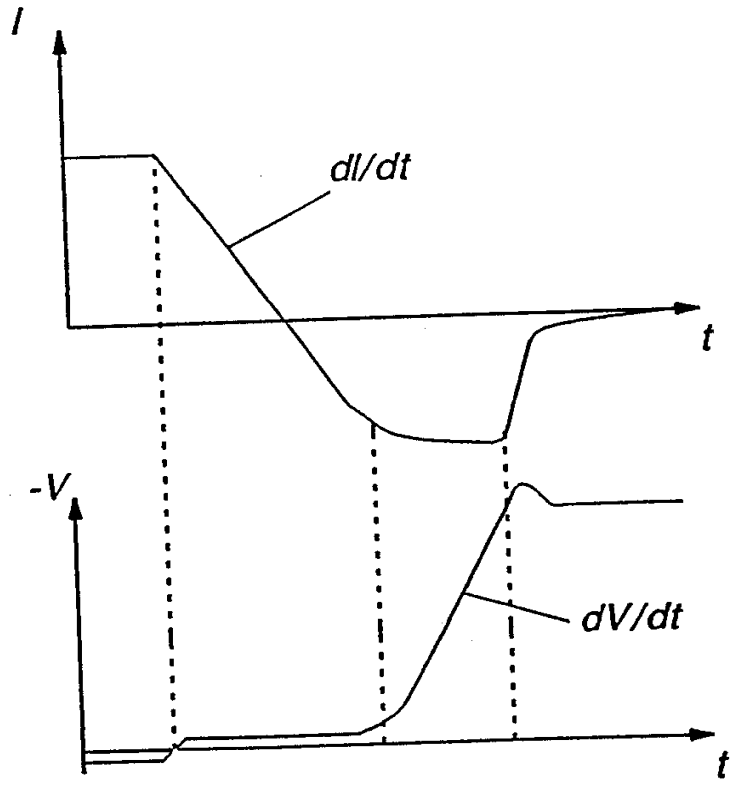


图 2

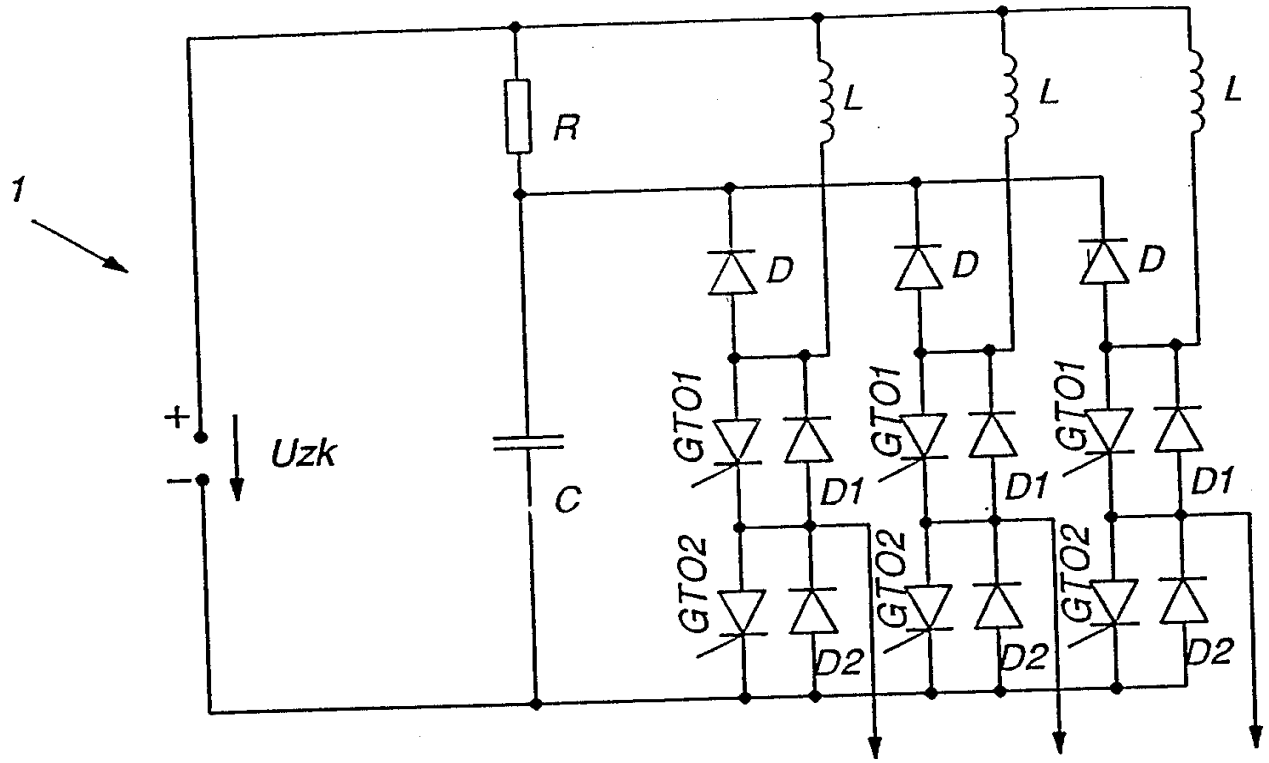

1
R
L
L
L
D
D
D
GTO1
GTO1
GTO1
D1
D1
D1
+
Uzk
−
C
GTO2
GTO2
GTO2
D2
D2
D2

图 3

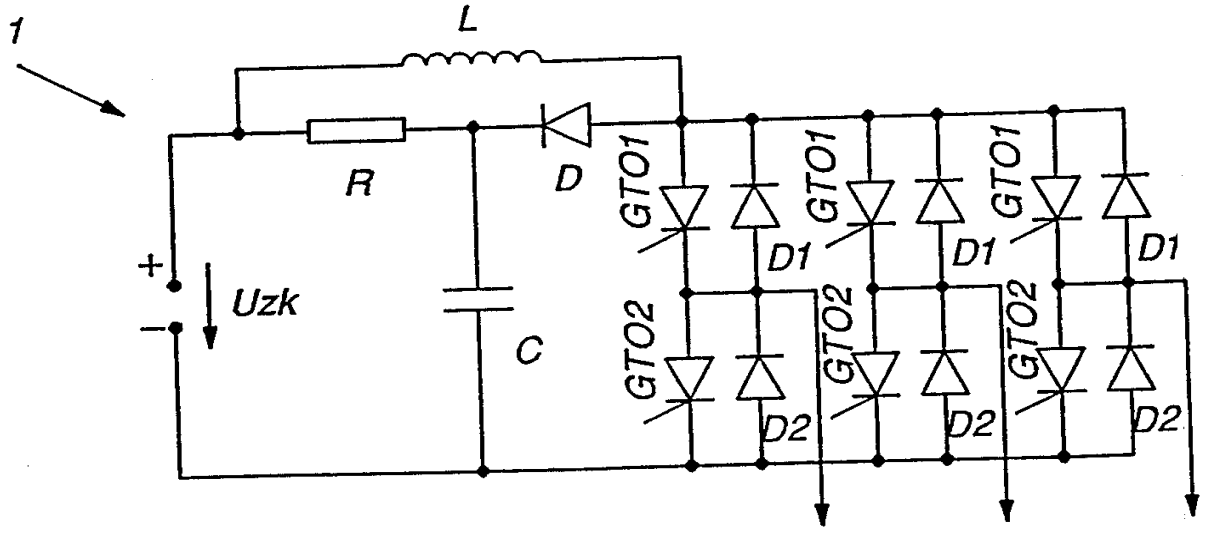

1
L
R
D
GTO1
GTO1
GTO1
D1
D1
D1
+
Uzk
−
C
GTO2
GTO2
GTO2
D2
D2
D2

图 4

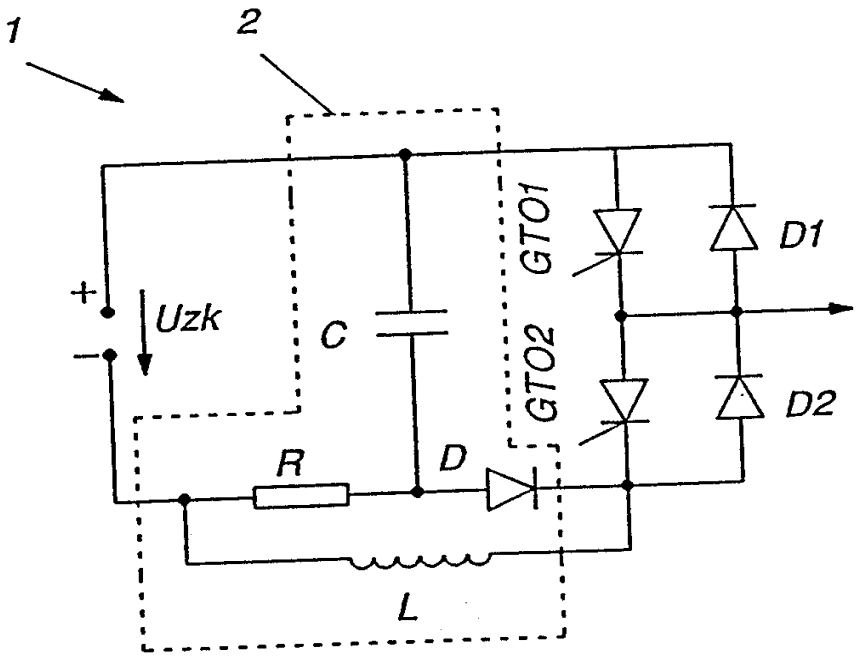


图 5