



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98803042. X

[45] 授权公告日 2004 年 10 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 1171509C

[22] 申请日 1998. 11. 2 [21] 申请号 98803042. X

[30] 优先权

[32] 1997. 11. 6 [33] US [31] 08/964,102

[86] 国际申请 PCT/IB1998/001743 1998. 11. 2

[87] 国际公布 WO1999/025159 英 1999. 5. 20

[85] 进入国家阶段日期 1999. 9. 3

[71] 专利权人 麻省理工学院

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 E·B·沈 M·F·施莱希特

审查员 秦力军

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

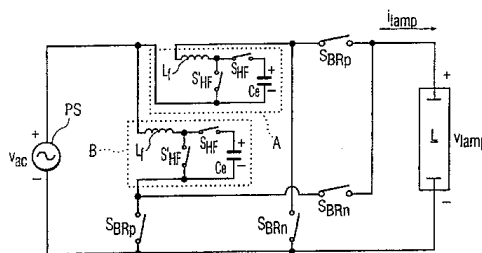
代理人 王勇 傅康

权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 9 页

[54] 发明名称 并联存储串联驱动的电子镇流器

[57] 摘要

提供一种电子镇流器用于将由诸如电力线的电源供给的 AC 电压和电流变换成具有相同频率的交替方波电压和电流以供给放电灯。镇流器包括至少一个电容器，桥开关和高频占空比开关。桥开关和占空比开关协同工作，以顺序地将电容器与电源并联电连接，将电容器与电源和放电灯串联电连接，并控制提供到电容器和从电容器提供的电流，用于以线路频率下的所期望的方波电压和电流来驱动放电灯。



1. 一种电子镇流器，用于将由电源供给的预定波形和频率的交流电压和电流变换成所述频率的交流方波电压和电流以供给放电灯，所述镇流器包括：
- 5 a. 至少一个电容性储能装置 (C_e)；
- b. 桥开关装置 (S_{BR}) 和高频占空比开关装置 (S_{HF})，连接到一个用于控制所述桥开关装置和所述高频占空比开关装置的导通状态的控制电路以用于周期性地协同工作：
- i. 使至少一个电容性储能装置与电源并联电连接；
- 10 ii. 使至少一个电容性储能装置与电源和放电灯串联电连接；和
- iii. 控制提供到和从其提供的至少一个电容性储能装置的平均电流以有效产生所述方波电压和电流。
2. 根据权利要求 1 的电子镇流器，其中至少一个电容性储能装置包括第一和第二电容性储能装置，所述桥开关装置交替地：
- 15 a. 将第一电容性储能装置与电源并联电连接，同时将第二电容性储能装置与放电灯串联电连接；和
- b. 将第二电容性储能装置与电源并联电连接；同时将第一电容性储能装置与放电灯串联电连接；
- 并且所述高频占空比开关装置在所述储能装置与电源并联电连接时
- 20 实现对每个电容性储能装置的净能量传递，在所述储能装置与放电灯串联电连接时实现从每个电容性储能装置的净能量传递。
3. 根据权利要求 1 的电子镇流器，其中至少一个电容性储能装置包括单个电容性储能装置，其所述高频占空比开关装置交替地与电源并联电连接和与放电灯串联电连接。
- 25 4. 根据权利要求 1, 2 或 3 的电子镇流器，其中供给放电灯的方波电流与由电源供给的交替电流同步。
5. 根据权利要求 2 的电子镇流器，其中高频占空比开关装置包括高频开关装置，用于：
- a. 在通过任何一个与电源并联的第一和第二电容性储能装置的桥开关装置的电连接期间，在所述电容性储能装置和电源之间交替实现和中断电流通路，所述的电流道路根据取决于电源电压瞬时值的占空比来接通；和
- 30

- b. 在通过任何一个与放电灯串联的第一和第二电容性储能装置之桥开关装置的电连接期间，在所述电容性储能装置和放电灯之间交替实现和中断电流通路，根据取决于放电灯电压和电源电压之间差值的瞬态幅值的占空比，接通所述的电流通路。
- 5 6. 根据权利要求 3 的电子镇流器，其中
- a. 所述桥开关装置 (S_{BR}) 包括开关装置 (S_{BR})，用于交替改变电容性储能装置在镇流器中电连接的极性；和
- b. 所述高频占空比开关装置 (S_{HF}) 包括开关装置 (S_{HF})，用于在相对于桥开关装置而言的高频率 F 工作，以便重复地电连接电容性储能装置，至少处于：
- 10 i. 第一状态，其中所述电容性储能装置与电源并联电连接；和
- ii. 第二状态，其中所述电容性储能装置与电源和放电灯串联电连接。
7. 根据权利要求 2 的电子镇流器，包括上下开关装置 (S_u , S_d ;
- 15 S_{HFA} , S_{HFB} , $S_{HFA'}$, $S_{HFB'}$)，用于以上变频模式或下变频模式交替开关电子镇流器，所述上下开关装置，
- 当第一电容性装置与放电灯串联时，使第一电容性装置电压的极性在上变频模式下与电源的极性相同，在下变频模式下与电源极性相反；
- 当第二电容性装置与放电灯串联时，使第二电容性装置电压的极性
- 20 在上变频模式下与电源的极性相同，在下变频模式下与电源极性相反。
8. 根据权利要求 3 的电子镇流器，包括上下开关装置 (S_u , S_d ;
- S_{HFA} , S_{HFB} , $S_{HFA'}$, $S_{HFB'}$)，用于在上变频模式或者下变频模式下交替开关电子镇流器，所述高频占空比开关装置：
- i. 当在上变频模式时，在相对于桥开关装置而言的高频率下工作，
- 25 以便重复地电连接电容性储能装置，至少处于：
- (1) 第一状态，其中所述电容性储能装置与电源并联电连接；和
- (2) 第二状态，其中所述电容性储能装置与电源和放电灯串联电连接，电源电压的极性与电容性储能装置电压的极性在相同方向；
- ii. 当在下变频模式时，在相对于桥开关装置而言的高频率下工作，
- 30 以便重复地电连接电容性储能装置，该连接至少为：
- (1) 第三状态，其中所述电容性储能装置与电源灯并联电连接；和
- (2) 第四状态，其中所述电容性储能装置与电源和放电灯串联电连

接，电源电压的极性与电容性储能装置电压的极性彼此相反。

9. 根据权利要求 3 的电子镇流器，其中高频占空比开关装置工作，以重复地按第一状态电连接电容性储能装置，其中电容性储能装置与电源并联，在第二状态中，其中电容性储能装置与电源和放电灯串联，在第三状态中，其中电容性储能装置与电源和放电灯有效地断开。

10. 根据权利要求 9 的电子镇流器，其中占空比开关装置按占空比为 D_{parallel} ， D_{series} 和 $D_{\text{disconnect}}$ 的第一、第二和第三状态重复地电连接电容性储能装置，这时 $D_{\text{parallel}} + D_{\text{series}} + D_{\text{disconnect}} = 1$ ，

- 其中，所述三个高频占空比开关在 AC 电源电压每个半周时的工作中，相对桥开关的周期性开关速率而言所述每个正半周的时间间隔 (T_{HF}) 被分成三个顺序的子时间间隔，这些子时间间隔的持续时间依赖于储能电容连接的状态：

- 当电容与电源并联电连接时，这些子时间间隔的持续时间是 (D_{parallel}) T_{HF} ，这里 $D_{\text{parallel}} = \square V_{\text{ac}} \square / V_{\text{ce}}$ ；
- 当电容与放电灯串联连接时，这些子时间间隔的持续时间是 (D_{series}) T_{HF} ，这里 $D_{\text{series}} = \square V_{\text{lamp}} - V_{\text{ac}} \square / V_{\text{ce}}$ ；
- 当电容有效地断开时，该子时间间隔的持续时间是 ($D_{\text{disconnect}}$) T_{HF} ，这里 $D_{\text{disconnect}} = V_{\text{ce}} - \square V_{\text{lamp}} \square / V_{\text{ce}}$ 。

11. 根据权利要求 1 的电子镇流器，包括第一滤波器电感 (L_f)，用于对从电源流到电容性储能装置的电流进行滤波。

12. 根据权利要求 1 或 11 的电子镇流器，包括第二滤波器电感 (L_f)，用于对从电容性储能装置流过灯的电流进行滤波。

并联存储串联驱动的电子镇流器

本发明涉及灯的镇流器，具体涉及放电灯的电子镇流器。

- 5 估计世界上消耗的所有电能中超过 25% 是用于给人工照明供电。因此不能低估高效率电光源的重要性。

通常可得到的最有效率的电光源分别是气体低压和高压放电灯，例如荧光灯或高强度放电 (HID) 灯。这些类型的灯典型地具有负阻特性并由被称为镇流器的限流电路驱动。

- 10 两种通用类型的灯镇流器即电磁的和电子的镇流器通用于驱动放电灯。电磁镇流器仅具有无源电路元件并典型地在电源频率下驱动灯。电子镇流器包括无源和有源电路元件并典型地在大大高于电源频率的频率下驱动灯。通常，电磁镇流器较便宜。但是电子镇流器较小和较轻，更有效地操作放电灯，具有较小的可听噪声及没有可视闪烁，并有较长的灯寿命。另外，电子镇流器在响应电源改变和灯工作条件下能够比电磁镇流器更有效地控制放电灯功率。
- 15

- 图 1 示意地说明用于由诸如来自本地电业之电源线的电源 PS 提供的 AC 电压 V_{ac} 驱动的放电灯 L 的典型电子镇流器。该镇流器包括电磁干涉滤波器 EMI，全波整流桥 BR，功率因数校正电路，储能电容器 C_e ，以及半桥式谐振逆变器，所有这些都与电源和灯 L 之间串联电连接。
- 20

- 滤波器 EMI 防止由镇流器电路系统和放电灯产生的电磁干扰传回到电源。该镇流器产生呈高谐波电流形式的 EMI，该高谐波电流如果传回到电源，能够引起诸如过度的中性电流，变压器过热和对也从电源接收电能的任何灵敏电子设备有干扰等问题。放电灯能够产生电源和射频干扰。
- 25

功率因数校正电路为公知的升压变换器类型，其包括电感器 L_{10} ，开关晶体管 Q_{10} 和二极管 D_{10} 。其起到增加 AC 电源的功率因数和升高由桥 BR 提供到储能电容器 C_e 之 DC 电压的作用。

- 储能电容器 C_e 完成两个功能。第一，其用作谐振逆变器的 DC 电压源。第二，其平衡负载和电源之间的能流。
- 30

当 AC 电源 PS 瞬时地供应比负载消耗的功率小的功率时， C_e 一定将能量传递给负载。相反地，当 AC 电源瞬时地提供比负载消耗的功率大

的功率时， C_e 一定要储能。

谐振逆变器输出级将储能电容器 C_e 上的 DC 电压变换到用于驱动灯 L 的高频率正弦驱动。两个晶体管开关 Q_{11} 和 Q_{12} 电连接成半桥式结构并以 50% 占空比工作以将 DC 电压斩波成高频方波。电容器 C_b 用于阻塞 DC 分量到达变压器 T，该变压器用于隔离和阻抗匹配。电感器 L_f 和电容器 C_f 形成第二次滤波器，用于滤波高频方波，使得正弦电压和电流以基本转换频率施加到放电灯 L。

本发明的目的是提供优化用于放电灯之驱动电流的电子镇流器，以改善灯的辐射效率。为了最大辐射效率，将提供恒定的 DC 驱动电流。这是不现实的，因为它要求功率耗散的镇流器电阻器。而且，在荧光灯中，这将引起放电电容器中离子的单向迁移，并且在灯的一端产生的光要比另一端的亮。图 1 中现有技术镇流器提供的正弦 AC 电流是折衷办法。它周期性地改换驱动电流极性使沿放电电容器长度方向获得均匀亮度，但是，该驱动电流的大小决不是恒定的。

本发明另一目的是提供紧凑型电子镇流器，并且其不对由放电灯产生的电磁干扰产生影响。在图 1 现有技术镇流器中，谐振逆变器中无源滤波器元件的尺寸可通过增加工作频率减小。然而，增加放电灯工作频率也增加了由灯辐射的电磁干扰能量。

本发明的另一目的是减小灯镇流器要求的储能电容器大小。图 1 电子镇流器以二倍电源频率给电容器 C_e 提供全波整流正弦功率。在这个相对低的频率下，供给电容器的功率低于相对长间隔的峰值。为了给谐振逆变器提供低纹波功率，电容器 C_e 一定要实际上很大。

本发明另一目的是提供不要求使用变压器的电子镇流器。用在例如图 1 所示的电子镇流器中的变压器不仅增加镇流器的体积和重量，还对镇流器中的电功耗产生影响。

本发明另一目的是提供利用半导体技术进步的优点的电子镇流器。在照明工业中通常可用的电子镇流器并没有充分利用在体积，功耗和成本方面的效能，而后者通过使用特别是在功率半导体领域中的现代化的集成电路技术日益可能得到解决。

根据本发明，提供电子镇流器用于将由电源供给的预定波形和频率的交变电压和电流转换成用于供给放电灯的所述频率的交变方波电压和电流。该镇流器包括至少一个电容性存储装置，桥式开关装置和高频占

空比开关装置。桥式开关装置和高频占空比开关装置相配合以周期性地:

- 将至少一个电容性存储装置与电源并联电连接;
 - 将至少一个电容性存储装置与电源和放电灯串联电连接;
- 5 · 控制提供到至少一个电容性存储装置的和从至少一个电容性存储装置提供的平均电流以产生所述方波电压和电流。

在不需功率耗散电阻器, 同时避免如果用单向 DC 电流驱动荧光灯产生的单向离子迁移的情况下, 由镇流器产生的交变方波 DC 驱动电压和对应的 DC 驱动电流使放电灯辐射效率最大。

- 10 通过利用很高周期速率下的占空比开关同时产生在很低频率下的交变 DC 灯驱动电压, 在不增加由灯辐射的电磁干扰能量的情况下, 镇流器能够做得紧凑。

- 15 通过提供用于将存储电容器与电源和放电灯间断地串联连接, 使得存储电容器与给灯供电的电源结合, 而不是单独地给灯提供全能量需求, 可以使存储电容器的体积比现有技术镇流器中的小得多。

通过利用上述开关和电容性存储装置产生的灯驱动功率, 可避免需要笨重的和有损耗的变压器。

另外, 根据本发明用在镇流器中的开关装置尤其适合于用功率集成电路构成。

- 20 利用附图说明本发明的实施例。附图中:

图 1 是现有技术电子镇流器电路的示意图;

图 2 是采用根据本发明电子镇流器的放电灯系统的示意图;

图 3a-3d 是表示图 2 系统工作的波形图;

图 4 是较详细表示图 2 电子镇流器的示意图;

- 25 图 5a-5f 是表示图 2 电子镇流器存储元件能量特征的波形图;

图 6a-6c 是表示在本发明各种实施例中桥式开关工作的时序图;

图 7 是表示图 4 电子镇流器较详细实施例的示意图;

图 8 是含有根据本发明的电子镇流器的另一实施例的放电灯系统的示意图;

- 30 图 9a-9f 是表示图 8 实施例中高频开关工作的时序图;

图 10 是含有根据本发明的电子镇流器的另一实施例的放电灯系统的示意图;

图 11a-11e 是一般地表示图 10 实施例工作的时序图;

图 12a-12f 是表示图 10 实施例中高频开关工作的时序图;

图 13 是含有根据本发明的电子镇流器的另一实施例的放电灯系统的示意图。

5 图 2 表示采用根据本发明的电子镇流器的放电灯系统。正如所示,镇流器包括分路储能元件 10, 其与 AC 电源 PS 并联电连接, 以及串联储能元件 12, 其与放电灯 L 串联电连接。该电源提供标准电业频率例如 60Hz 的正弦电压和电流。注意, 极性符号 + 和 - 表示在电源电压 V_{ac} 正半周时电压极性。箭头按下述表示电流方向:

- 10
- i_{ac} 代表在正半周时 AC 电源电流;
 - i_{lamp} 代表在正半周时灯电流; 和
 - i_{shunt} 和 i_{series} 代表当电能传递到分路和串路存储元件时对应的分路和串路存储元件电流。

15 图 3a-3d 通常表示镇流器的工作。分路和串路储能元件分别起电容性充电和放电的作用, 使得由电源 PS 供给的正弦电源电压 V_{ac} 和电流 i_{ac} 被转换成方波电流 i_{lamp} 和电压 V_{lamp} , 用来与电源电压和电流同步地驱动放电灯 L。因此, 在每个半周期间, 灯电流和电压保持在恒定的 DC 值。用方波电功率的放电灯会产生与 DC 操作相等的辐射效率, 其显著地好于用在电源频率下正弦操作所得的辐射效率。

20 图 4 更全面地表示图 2 所示的电子镇流器。除了电源 PS 和放电灯 L 之外, 该镇流器包括两个储能元件 A 和 B, 两个桥开关 S_{BRP} 和两个桥开关 S_{BRn} 。桥开关起将两个元件 A 和 B 交替转换到图 2 所示分路和串路电连接的作用。

25 确切地说, 在 AC 电源电压 V_{ac} 的每个正半周, 两个桥开关 S_{BRP} 是闭合的, 由此将储能元件 A 与电源 PS 并联电连接, 将储能元件 B 与放电灯 L 串联电连接。相反, 在 AC 电源电压 V_{ac} 的每个负半周, 两个桥开关 S_{BRn} 是闭合的, 由此将储能元件 B 与电源 PS 并联电连接, 将储能元件 A 与放电灯 L 串联电连接。

30 图 2, 3a-3d, 4, 5a-5f 和 6a-6c 表示分路连接的储能元件 10 如何从电源 PS 连续地蓄能, 同时串联连接的储能元件 12 如何连续地将能量传递给放电灯 L。

在 AC 电源电压 V_{ac} 的每个正半周 T_p :

· 跨过分路储能元件 10 (瞬时储能元件 A) 的电压 V_{shunt} 为正且具有等于 V_{ac} 的幅值, 分路电流 i_{shunt} 也为正, 这除了在 V_{shunt} 零交叉点附近之外, 并且传递到分路存储元件的净能量由功率曲线 P_{shunt} 下面的面积表示为正; 和

- 5 · 跨过串联储能元件 12 的电压 V_{series} (瞬时储能元件 B) 为正且加上正极性电源电压 V_{ac} , 以产生正半周 DC 灯电压 V_{lamp} , 串联电流 i_{series} 为负且具有等于 DC 灯电流 i_{lamp} 的幅值以及传递到串联存储元件净能量 (由功率曲线 P_{series} 下面的面积表示) 为负。

在 AC 电源电压 V_{ac} 的每个负半周 T_n :

- 10 · 跨过分路存储元件 10 (现在瞬时存储元件 B) 的电压 V_{shunt} 为负且具有等于 V_{ac} 的幅值, 除了在 V_{shunt} 零交叉点附近, 分路电流 i_{shunt} 也为负, 传递到分路存储元件的净能量 (由功率曲线 P_{shunt} 下面的面积表示) 为正; 和

- 15 · 跨过串联储能元件 12 的电压 V_{series} (现在瞬时储能元件 A) 为负且加上负极性电源电压 V_{ac} , 以产生负半周 DC 灯电压 V_{lamp} , 串联电流 i_{series} 为正且具有等于 DC 灯电流 i_{lamp} 的幅值, 传递到串联储能元件的净能量 (由功率曲线 P_{series} 下面的面积表示) 为负。

注意, 在由时间周期 T_p 和 T_n 完成的全周期内, 分别在储能元件 A 和 B 上的电压 V_A 和 V_B 的极性决不会转向。这简化了储能元件 A 和 B 的

20 结构。

图 7 表示图 4 的灯系统, 但包括储能元件 A 和 B 的更详细实施例。每个这种元件都是相同的且包括电荷储存电容器 C_e , 二个高频占空比开关 S_{HF} 和 S'_{HF} , 以及滤波器电感 L_f 镇流器中所有开关, 包括桥式开关 S_{BRP} 和 S_{BRn} 都仅示意性地表示出, 并在实际的电路系统中由诸如功率 MOSFET

25 的固体状态半导体开关实现。

两个电容器 C_e 的任何一个都交替地从电源 PS 充电并向灯 L 放电, 同时保持所示极性。在相对于桥开关 S_{BRP} 和 S_{BRn} 之周期性开关速率 (例如 60Hz) 的很高周期性速率 (例如 100KHz) 下发生的每个连续周期 T_{HF} 内, 每个储能元件中的二个高频占空比开关 S_{HF} 和 S'_{HF} 交替地工作。每个

30 储能元件中的滤波器电感 L_f 阻止高频开关分量到达电源和灯。

考虑每个储能元件 A 和 B

当桥开关电连接到与电源并联的储能元件时, 在对应元件中的开关

S_{HF} 的闭合将对应电容 C_e 置于与电源并联（经对应滤波器元件 L_f ）的位置，但开关 S'_{HF} 的交替闭合旁路该电容。在每个周期 T_{HF} （例如 10 μ 秒）期间，开关 S_{HF} 在持续时间 $(D_p) T_{HF}$ 时闭合，开关 S'_{HF} 在持续时间 $(1 - D_p) T_{HF}$ 时闭合，这里 $D_p = \Delta V_{ac} / V_{ce}$ 。因此，当瞬时电源电压 V_{ac} 相对电
5 容器电压 V_{ce} 具有大的幅值时该电容在周期 T_{HF} 的大部分趋于与电源连接（和被充电），而当瞬时电源电压 V_{ac} 相对电容器电压具有小的幅值时该电容器在周期 T_{HF} 的大部分被旁路。

当桥开关与放电灯串联的储能元件电连接时，在对应元件中的开关 S_{HF} 的闭合将对应电容器 C_e 置于与灯串联的位置（经对应滤波器电感
10 L_f ）。但开关 S'_{HF} 的交替闭合旁路该电容。现在，在每个周期 T_{HF} 期间，开关 S_{HF} 在持续时间 $(D_s) T_{HF}$ 闭合，开关 S'_{HF} 在持续时间 $(1 - D_s) T_{HF}$ 闭合，这里 $D_s = \Delta V_{lamp} - V_{ac} / V_{ce}$ 。因此，当瞬时电源电压 V_{ac} 相对期望的灯电压具有较低幅值时，该电容器在周期 T_{HF} 的大部分趋于与灯串联连接，而当瞬时电源电压 V_{ac} 相对期望的灯电压具有较大幅值时，该电
15 容器在周期 T_{HF} 的大部分被旁路。

注意，在相对低频下电压 VA 和 VB 跨过每个滤波器电感器 L_f 的电压降可认为基本上等于零。还要注意，对于响应电压 V_{ac} 、 V_{lamp} 和 V_{ce} 之间变化的占空调制开关 S_{HF} 和 S'_{HF} ，尽管没有说明特定的电路，但在本领域有许多众所周知的合适电路。例如可以参见 Principles of Power
20 Electronics by John G. Kassakian, Martin F. Schlecht & George C. Verghese, page 268-269, Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

图 8 表示包括电子镇流器实施例的灯系统，其中仅使用单个电荷储能电容器产生图 3a-3d 所示的电压和电流波形。正如所示，镇流器包
25 括与电源 PS 串联的第一滤波器电感 L_f ，与放电灯 L 串联的第二滤波器电感 L_f ，电荷存储电容器 C_e ，两个桥开关 S_{BRP} ，两个桥开关 S_{BRn} 和三个高频占空开关 S_{HF1} 、 S_{HF2} 和 S_{HF3} 。在电源电压 V_{ac} 的正半周和负半周期间，四个桥开关起交替改变极性的作用，借助它们电容器 C_e 被接入镇流器中。三个高频开关起的作用为：依次将电容 C_e 转换到三种不同连接状
30 态之任何一个。

- 与电源 PS 并联电连接（经过对应滤波器电感 L_f ）；
- 与灯 L 串联电连接（经过对应滤波器电感 L_f 并处于相同极性方向，

使得电压 V_{ac} 和 V_{ce} 相互互补;

- 有效地断开。

两个滤波器电感 L_f 阻止高频开关分量到达电源和灯。与灯 L 串联的滤波器电感还确保在每个上述的电容电连接到灯的连接状态下, 灯电压

5 V_{lamp} 受到储能电容电压 V_{ce} 之占空值或平均值的影响。

桥开关的工作是根据图 6a-6c 所示的时序。尤其是, 在 AC 电源电压 V_{ac} 的每个正半周, 两个桥开关 S_{BRP} 是闭合的, 由此储能电容 C_e 的负电极电连接到瞬时为负的电源 PS 的端子。相反, 在 AC 电源电压 V_{ac} 的每个负半周, 两个桥开关 S_{BRn} 是闭合的, 由此储能电容的正电极电连接到

10 到瞬时为正的电源 PS 的端子。

三个高频占空比开关的工作是根据图 9a-9f 所示的时序。图 9a-9c 表示在 AC 电源电压每个正半周时的工作, 而图 9d-9f 表示在每个负半周时的工作。相对桥开关的周期性开关速率 (例如 60Hz) 而言所示间隔 T_{HF} 在很高周期速率 (例如 100KHz) 下重复。每个间隔 T_{HF} 被分成三个顺序的子时间间隔, 其间, 三个高频开关的两个总保持闭合, 以避免中断

15 流过灯和电源的电流。具体地说, 在该典型实施例中:

- 在相应的子时间间隔 T12, 开关 S_{HF1} 和 S_{HF2} 是闭合的;

- 在相应的子时间间隔 T13, 开关 S_{HF1} 和 S_{HF3} 是闭合的;

- 在相应的子时间间隔 T23, 开关 S_{HF2} 和 S_{HF3} 是闭合的;

20 将图 8 和 9a-9c 一起考虑, 可以看出, 在电源电压 V_{ac} 的每个正半周, 借助两个桥开关 S_{BRP} 闭合, 高频开关对按顺序闭合:

- S_{HF1} 和 S_{HF3} 同时闭合, 由此将储能电容 C_e 与电源和灯串联连接;

- S_{HF2} 和 S_{HF3} 同时闭合, 由此将储能电容与电源并联电连接;

- S_{HF1} 和 S_{HF2} 同时闭合, 由此使储能电容与电源和灯有效地断开。

25 类似地, 将图 8 和 9d-9f 一起考虑, 可以看出, 在电源电压 V_{ac} 的每个负半周, 借助两个桥开关 S_{BRn} 闭合, 高频开关对按顺序闭合;

- S_{HF2} 和 S_{HF3} 同时闭合, 由此将储能电容 C_e 与电源和灯串联电连接;

- S_{HF1} 和 S_{HF3} 同时闭合, 由此将储能电容与电源并联电连接;

- S_{HF1} 和 S_{HF2} 同时闭合, 由此使储能电容与电源和灯有效地断开。

30 子时间间隔的持续时间依赖于储能电容连接的状态。具体地:

- 当电容与电源并联电连接时 (在正半周时的子时间间隔 T23 和负半周时的 T13), 这些子时间间隔的持续时间是 $(D_{parallel}) T_{HF}$, 这里 $D_{parallel}$

$= \square V_{ac} \square / V_{ce}$ 。因此, 当瞬时电源电压 V_{ac} 相对于电容电压 V_{ce} 具有大的幅值时, 电容在大部分时间间隔 T_{HF} 内趋于与电源连接 (和被充电)。

· 当电容与放电灯串联连接时 (在正半周的子时间间隔 T_{13} 和负半周的 T_{23}), 这些子时间间隔的持续时间是 (D_{series}) T_{HF} , 这里

5 $D_{series} = \square V_{lamp} - V_{ac} \square / V_{ce}$ 。因此, 在瞬态电源电压 V_{ac} 相对于灯的期望工作电压 V_{lamp} 具有较低幅值时, 电容在大部分周期 T_{HF} 内趋于与灯串联连接。

· 当电容有效地断开时 (在正和负半周的子时间间隔 T_{12} 内), 该子时间间隔的持续时间是 ($D_{disconnect}$) T_{HF} , 这里 $D_{disconnect} = V_{ce} - \square V_{lamp} \square / V_{ce}$ 。该断开状态使得能够单独控制占空比 $D_{parallel}$ 和 D_{series} 。注意,

10 $D_{parallel} + D_{series} + D_{disconnect} = 1$ 。

除非做了某些改进, 图 7 和 8 镇流器的一个限制是电源电压一定低于灯电压。图 10 表示图 8 镇流器的一个可能的改进, 其能够产生不受电源电压限制的灯电压。图 10 镇流器能够上变频和下变频电源电压 V_{ac} 。除下述之外, 该镇流器等同于图 8:

15 · 一对用于电连接储能电容 C_e 的上变频开关 S_u 和在上变频模式下在电源电压每个半周的一部分期间的高频开关; 和

· 一对用于电连接储能电容 C_e 的下变频开关 S_D 和在下变频模式下在电源电压每个半周的不同部分期间的高频开关。

图 11a-11e 表示在电源电压的完整周期内上下变频开关 S_u 和 S_D 以及正负桥开关 S_{BRP} 和 S_{BRn} 的工作。注意, 当 AC 电源电压 V_{ac} 低于灯的期望工作电压 V_{lamp} 时, 上变频开关 S_u 闭合。相反, 当 AC 电源电压 V_{ac} 高于灯的期望工作电压 V_{lamp} 时, 下变频开关 S_D 闭合。

20

在上变频开关闭合时, 镇流器结构等同于图 8, 其工作也等同于图 8 实施例的描述。

25 当下变频开关闭合时, 镇流器的结构和工作相对于高频占空比开关 S_{HF1} , S_{HF2} 和 S_{HF3} 而改变。现在, 三个高频开关起作用, 顺序地将电容 C_e 转换到三种不同连接状态的任何一个。

· 与灯 L 并联电连接 (经对应滤波器电感 L_f);

· 与电源 PS 串联电连接 (经对应滤波器电感 L_f) 但是极性方向相反使得电压 V_{ac} 和 V_{ce} 彼此逆向工作以降低 (从 V_{ac}) 施加到灯的电压;

30 · 有效地断开。

三个高频占空比开关的工作是根据图 12a-12f 所示的时序。图

12a-12c 表示在 AC 电源电压每个正半周时的工作，而图 12d-12f 表示在每个负半周时的工作。

将图 10 和 12a-12c 一起考虑，可以看出，在电源电压 V_{ac} 的每个正半周，借助开关 S_D 和 S_{BRP} 闭合，高频开关对按顺序闭合：

- 5
- S_{HF2} 和 S_{HF3} 同时闭合，由此将储能电容 C_e 与灯并联电连接；
 - S_{HF1} 和 S_{HF3} 同时闭合，由此使储能电容与电源和灯串联电连接， V_{ac} 和 V_{ce} 的极性彼此相反；
 - S_{HF1} 和 S_{HF2} 同时闭合，由此将储能电容与电源和灯有效地断开。

10 类似地，将图 10 和 12d-12f 一起考虑，可以看出，在电源电压 V_{ac} 的每个负半周，借助开关 S_D 和 S_{BRn} 闭合，高频开关对按顺序闭合：

- S_{HF1} 和 S_{HF3} 同时闭合，由此将储能电容 C_e 与灯并联电连接；
- S_{HF2} 和 S_{HF3} 同时闭合，由此将储能电容与电源和灯串联电连接， V_{ac} 和 V_{ce} 的极性彼此相反；

S_{HF1} 和 S_{HF2} 同时闭合，由此使储能电容与电源和灯有效地断开。

15 该子时间间隔的持续时间依赖于储能电容的连接的状态。具体地说：

· 当电容与灯并联电连接时（在正半周的子时间间隔 T_{23} 和负半周的 T_{13} ），这些子时间间隔的持续时间是 $(D_{parallel}) T_{HF}$ ，这里 $D_{parallel} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$ 。因此，当瞬态灯电压 V_{lamp} 相对于电容电压 V_{ce} 具有大幅值时，
20 电容在大部分时间间隔 T_{HF} 趋于与电源连接（和被充电）。当电容与电源反相的串联电连接时（在正半周的子时间间隔 T_{13} 和负半周的 T_{23} ），这些子时间间隔的持续时间是 $(D_{series}) T_{HF}$ ，这里 $D_{series} = \square V_{ac} - V_{lamp} \square / V_{ce}$ 。因此，当瞬态电源电压 V_{ac} 相对于灯的期望电压具有较高幅值时，电容在大部分周期 T_{HF} 内趋于与电源反相的串联连接。

25 · 当电容有效地断开时（在正和负半周的子时间间隔 T_{12} 内），该子周期的持续时间是 $(D_{disconnect}) T_{HF}$ ，这里 $D_{disconnect} = (V_{ce} - \square V_{ac} \square) / V_{ce}$ 。

正如在图 10 实施例中， $D_{parallel} = D_{series} + D_{disconnect} = 1$ 。

30 图 13 表示包括电子镇流器另一实施例之灯系统，其中仅使用单个电荷存储电容来产生图 3a-3d 所示的电压和电流波形。正如所示，镇流器包括与电源 PS 串联的第一滤波器电感 L_f ，与放电灯 L 串联的第二滤波电感 L_f ，电荷存储电容 C_e ，桥开关 S_{BRP} ，桥开关 S_{BRn} ，第一对交替闭合高频占空比开关 S_{HFa} 和 S'_{HFa} ，以及第二对交替闭合高频占空比开关 S_{HFb}

和 S'_{HFb} 。两个桥开关起选择极性的作用，借助它，电容 C_e 在电源电压 V_{ac} 的正负半周内被连接到镇流器。两对高频开关起作用，将存储电容 C_e 转换到四种不同的可能连接状态之任何一个，即开关 S_{HFa} 和 S_{HFb} 闭合，开关 S_{HFa} 和 S'_{HFb} 闭合，开关 S'_{HFa} 和 S_{HFb} 闭合和开关 S'_{HFa} 和 S'_{HFb} 闭合。

5 桥开关的工作是根据图 6a-6c 所示的时序。具体讲，在 AC 电源电压 V_{ac} 的每个正半周，桥开关 S_{BRP} 是闭合的，由此将储能电容 C_e 的负电极电连接到电源 PS 瞬态为负的端子上。相反，在 AC 电源电压 V_{ac} 的每个负半周，桥开关 S_{BRn} 闭合，由此将储能电容的正电极电连接到电源 PS 的瞬态为正的端子上。

10 两对高频占空比开关彼此独立地工作。在 AC 电源电压正和负半周内，它们以相对于桥开关的周期开关速率（例如 60Hz）而言很高的周期速率（例如 100kHz）连续地工作。然而，在任一瞬时准时在每对中仅有一个开关是闭合的。

注意图 13 的镇流器，既可以工作在上变频 ($V_{ac} \square V_{lamp}$) 模式又可工作在下变频 ($V_{ac} \square V_{lamp}$) 模式。说明这二种工作模式：

上变频模式：

在每个于 V_{ac} 处于正半周时发生的高频周期 T_{HF} （例如 10 \square 秒）期间：

· 开关 S_{HFa} 对于持续时间 (D_{pa}) T_{HF} 是闭合的，开关 S'_{HFa} 对于相应周期的剩余部分即对于持续时间 $(1 - D_{pa}) T_{HF}$ 是闭合的，这里 $D_{pa} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$ ；

20 和

· 开关 S_{HFb} 对于持续时间 (D_{pb}) T_{HF} 是闭合的，开关 S'_{HFb} 对于相应周期的剩余部分即对于持续时间 $(1 - D_{pb}) T_{HF}$ 是闭合的，这里 $D_{pb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$ ；

类似地，在每个于 V_{ac} 处于负半周时发生的高频周期 T_{HF} 期间：

25 · 开关 S'_{HFa} 对于持续时间 (D_{na}) T_{HF} 是闭合的，开关 S_{HFa} 对于相应周期的剩余部分即对于持续时间 $(1 - D_{na}) T_{HF}$ 是闭合的，这里 $D_{na} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$ ；

· 开关 S'_{HFb} 对于持续时间 (D_{nb}) T_{HF} 是闭合的，开关 S_{HFb} 对于相应周期的剩余部分即对于持续时间 $(1 - D_{nb}) T_{HF}$ 是闭合的，这里 $D_{nb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$ 。

30 存在储能电容 C_e 连接的三个重要状态：

· 并联状态，当电容器与电源 PS 并联电连接经过相应的滤波电感 L_f ；

· 串联状态，当电容器与放电灯串联电连接（经过相应滤波器电感

L_f) 并且以相同的极性方向, 使得电压 V_{ac} 和 V_{ce} 彼此互补;

· 有效地断开。

并联状态的发生是仅当:

· 在正半周期 S_{HFa} 闭合, 即对于持续时间 $(D_{pa})T_{HF}$, 这里 $D_{pa} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$;

5 和

· 在负半周 S'_{HFa} 闭合, 即对于持续时间 $(D_{na})T_{HF}$, 这里 $D_{na} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$ 。

因此, 当瞬态电源电压 V_{ac} 相对于电容器电压 V_{ce} 具有大幅值时, 电容器在正半周和负半周的部分期间内趋于与电源并联连接 (和被充电)。

串联状态的发生是仅当:

10 · 在正半周 S'_{HFa} 和 S_{HFb} 同时闭合, 即对于具有持续时间 $(1 - D_{pa})T_{HF}$ (这里 $D_{pa} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$) 和 $(D_{pb})T_{HF}$ (这里 $D_{pb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$) 的重迭子周期; 和

· 在负半周 S_{HFa} 和 S'_{HFb} 同时闭合, 即对于具有持续时间 $(1 - D_{na})T_{HF}$ (这里 $D_{na} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$) 和 $(D_{nb})T_{HF}$ (这里 $D_{nb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$) 的重迭子周
15 期。

因此, 当瞬态电源电压的幅值相对于灯电压的幅值趋于变小时, 电容器趋于与灯和电源串联连接。

断开状态的发生是仅当:

· 在正半周 S'_{HFa} 和 S'_{HFb} 同时闭合, 即对于具有持续时间 $(1 - D_{pa})T_{HF}$ (这里 $D_{pa} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$) 和 $(1 - D_{pb})T_{HF}$ (这里 $D_{pb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$) 的重迭子周期; 和
20

· 在负半周期 S_{HFa} 和 S_{HFb} 同时闭合, 即对于具有持续时间 $(1 - D_{na})T_{HF}$ (这里 $D_{na} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$) 和 $(1 - D_{nb})T_{HF}$ (这里 $D_{nb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$) 的重迭子周期。

25 下变频模式

在每个于 V_{ac} 处于正半周时发生的高频周期 T_{HF} (例如 $10 \square$ 秒) 期间:

· 开关 S_{HFa} 对于持续时间 $(D_{pa})T_{HF}$ 是闭合的, 开关 S'_{HFa} 对于相应周期的剩余部分即对于持续时间 $(1 - D_{pa})T_{HF}$ 是闭合的, 这里 $D_{pa} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$; 和

30 · 开关 S'_{HFb} 对于持续时间 $(D_{pb})T_{HF}$ 是闭合的, 开关 S_{HFb} 对于相应周期的剩余部分即对于持续时间 $(1 - D_{pb})T_{HF}$ 是闭合的, 这里 $D_{pb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$ 。

类似地, 在每个于 V_{ac} 处于负半周时发生的高频周期 T_{HF} 期间:

· 开关 S'_{HFa} 对于持续时间 $(D_{na}) T_{HF}$ 是闭合的, 开关 S_{HFa} 对于相应周期的剩余部分即对于持续时间 $(1-D_{na}) T_{HF}$ 是闭合的, 这里 $D_{na} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$;
和

5 · 开关 S'_{HFb} 对于持续时间 $(D_{nb}) T_{HF}$ 是闭合的, 开关 S_{HFb} 对于相应周期的剩余部分即对于持续时间 $(1-D_{nb}) T_{HF}$ 是闭合的, 这里 $D_{nb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$ 。

存在储能电容器 C_e 连接的三个重要状态:

· 并联状态, 当电容器与灯并联电连接 (经对应滤波器电感 L_f) 时;
10 和

· 串联状态, 当电容器与电源串联电连接 (经对应滤波电感 L_f), 但以相反极性方向使得电压 V_{ac} 和 V_{ce} 彼此逆向工作以降低 (从 V_{ac}) 施加到灯的电压时;

· 有效地断开。

15 并联状态的发生是仅当:

· 在正半周 S_{HFb} 闭合, 即对于持续时间 $(D_{pb}) T_{HF}$, 这里 $D_{pb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$;
和

· 在负半周 S'_{HFb} 闭合, 即再次对于持续时间 $(D_{nb}) T_{HF}$, 这里 $D_{nb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$ 。

20 因此, 对于与灯电压成正比的子周期, 电容器与灯并联连接。

串联状态的发生是仅当:

· 在正半周 S_{HFa} 和 S'_{HFb} 同时闭合; 即对于具有持续时间 $(D_{pa}) T_{HF}$ (这里 $D_{pa} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$) 和 $(1-D_{pb}) T_{HF}$ (这里 $D_{pb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$) 的重迭子周期;
和

25 · 在负半周 S'_{HFa} 和 S_{HFb} 同时闭合, 即对于具有持续时间 $(D_{na}) T_{HF}$ (这里 $D_{na} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$) 和 $(1-D_{nb}) T_{HF}$ (这里 $D_{nb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$) 的重迭子周期。

因此, 当瞬态电源电压的幅值相对于电灯幅值趋于较大时, 电容器趋于与灯和电源串联连接。

30 断开状态的发生是仅当:

· 在正半周 S'_{HFa} 和 S'_{HFb} 同时闭合, 即对于具有持续时间 $(1-D_{pa}) T_{HF}$ (这里 $D_{pa} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$) 和 $(1-D_{pb}) T_{HF}$ (这里 $D_{pb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$) 的重迭

子周期; 和

· 在负半周 S_{HFa} 和 S_{HFb} 同时闭合, 即对于具有持续时间 $(1-D_{na}) T_{HF}$ (这里 $D_{na} = \square V_{ac} \square / V_{ce}$) 和 $(1-D_{nb}) T_{HF}$ (这里 $D_{nb} = \square V_{lamp} \square / V_{ce}$) 的重迭子周期。

5

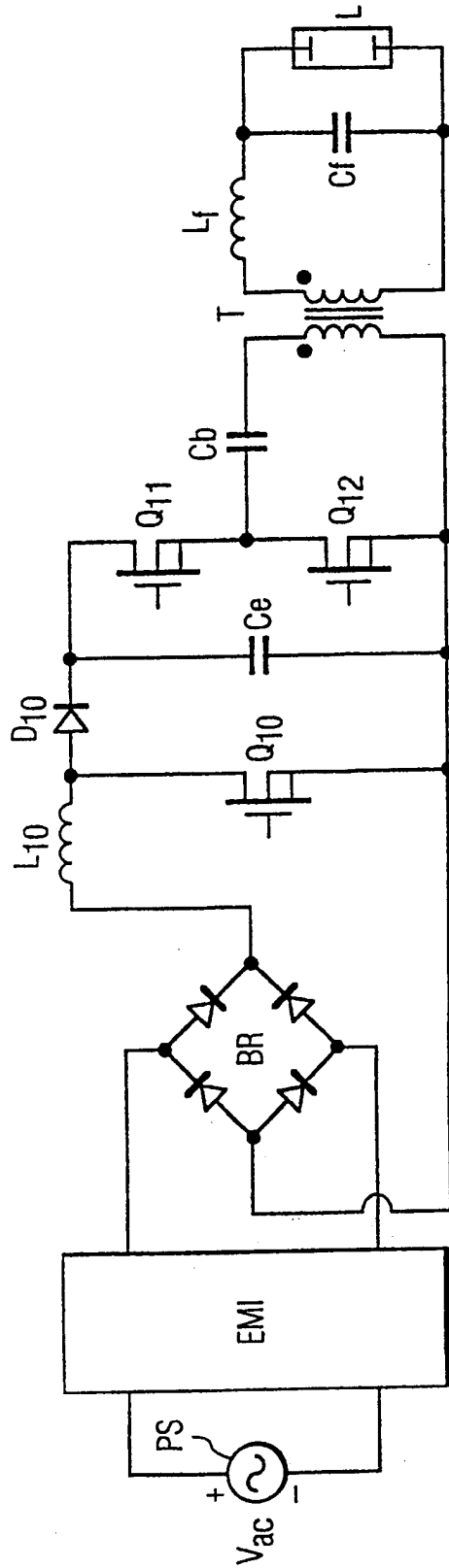


图 1

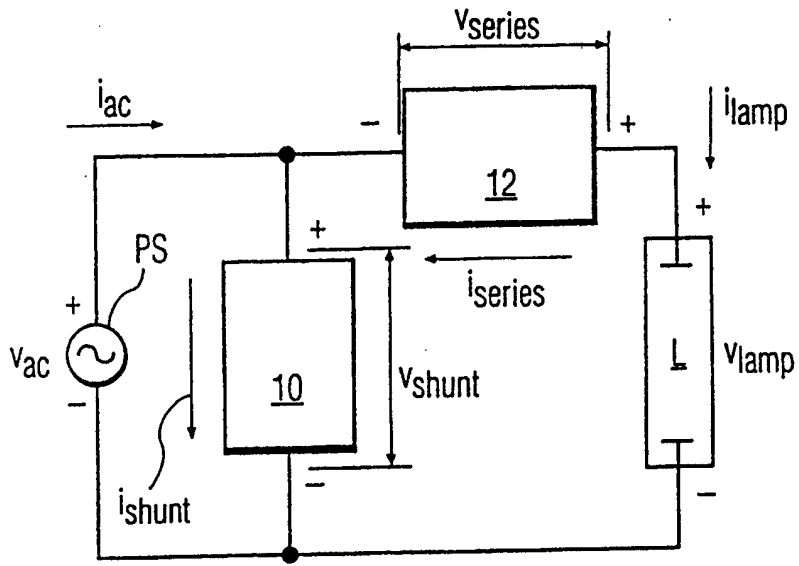


图 2

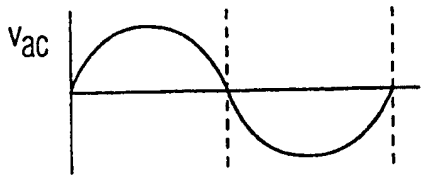


图 3a

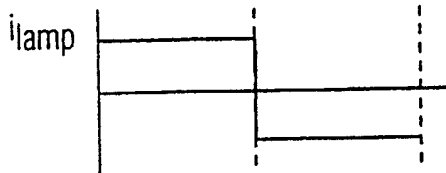


图 3b

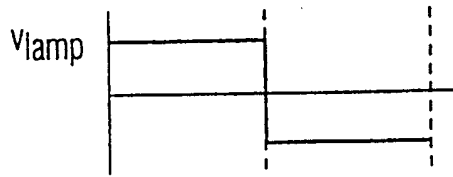


图 3c

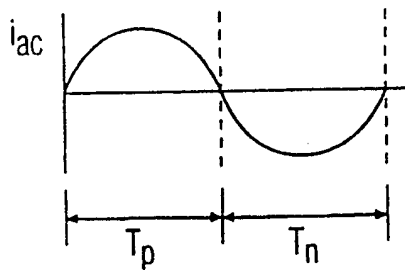


图 3d

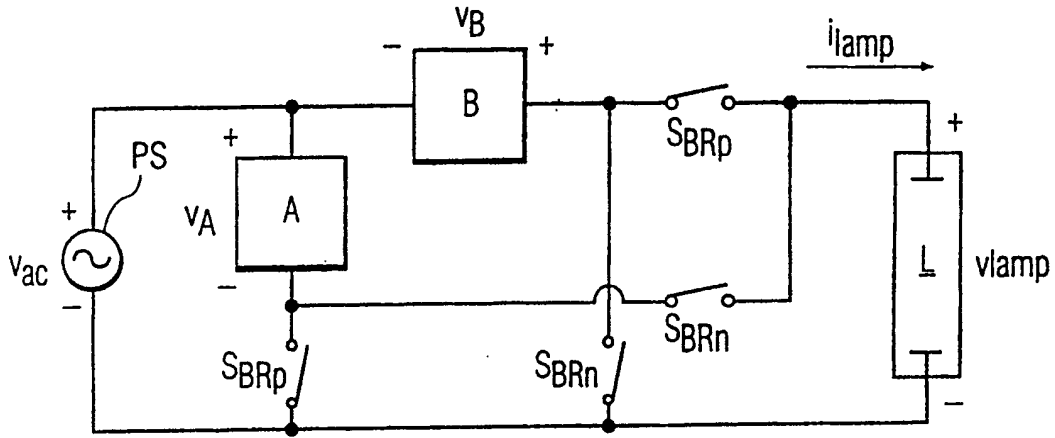


图 4

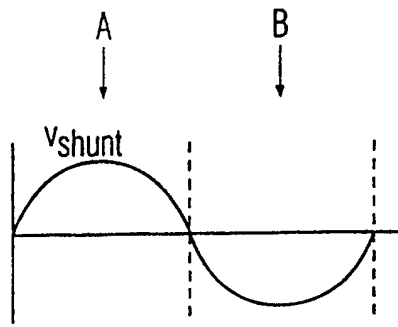


图 5a

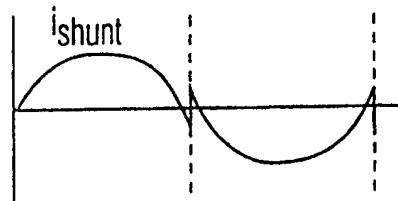


图 5b

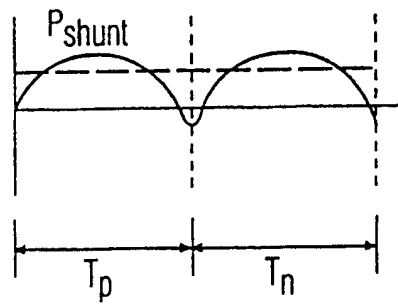


图 5c

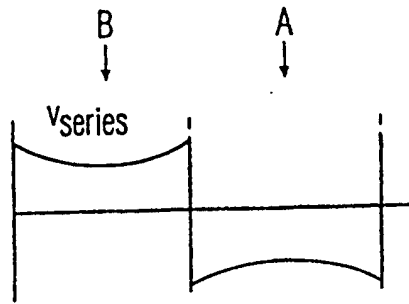


图 5d

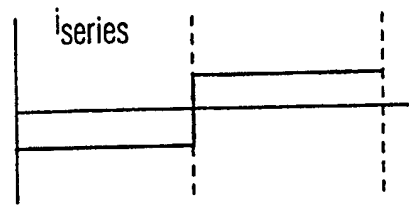


图 5e

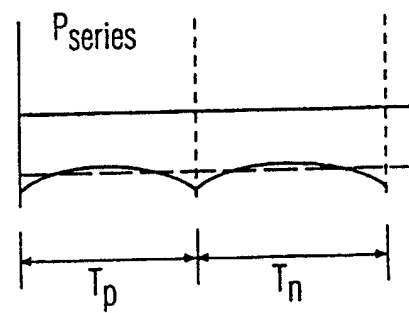


图 5f

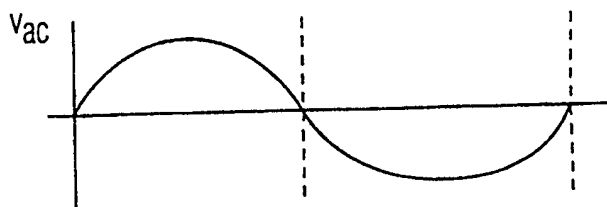


图 6a

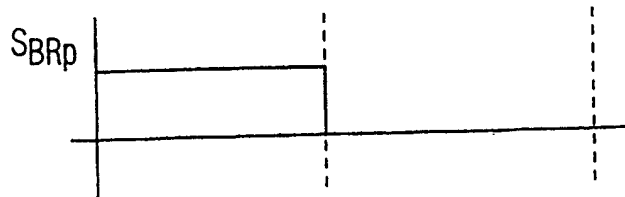


图 6b

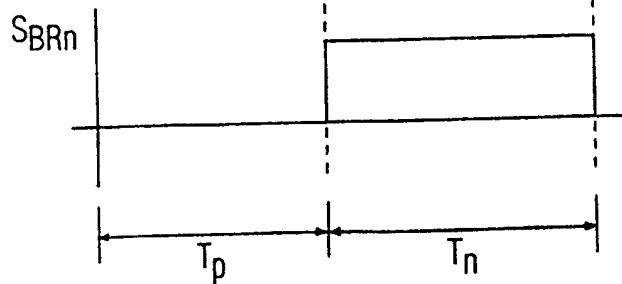


图 6c

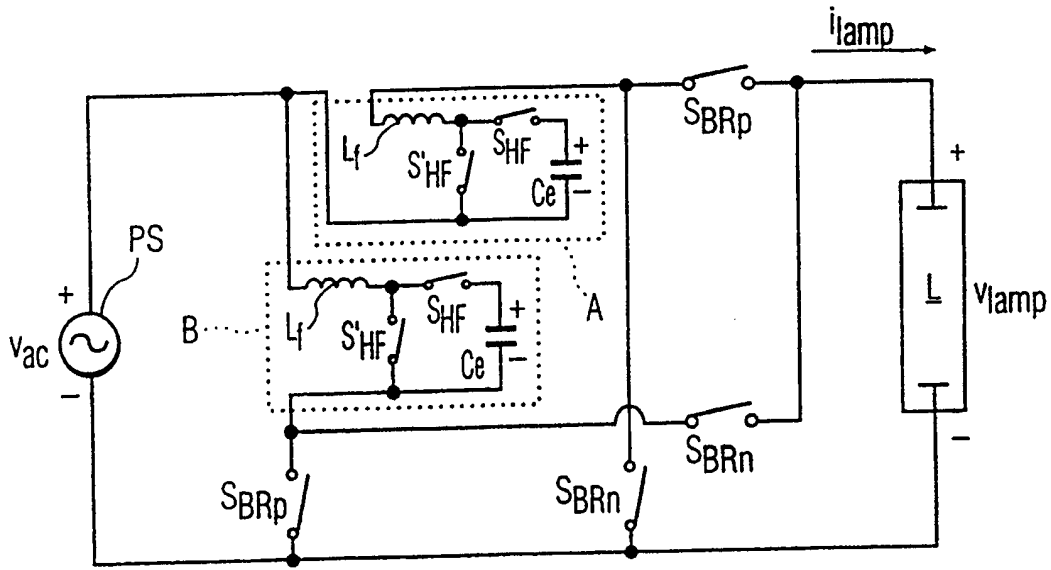


图 7

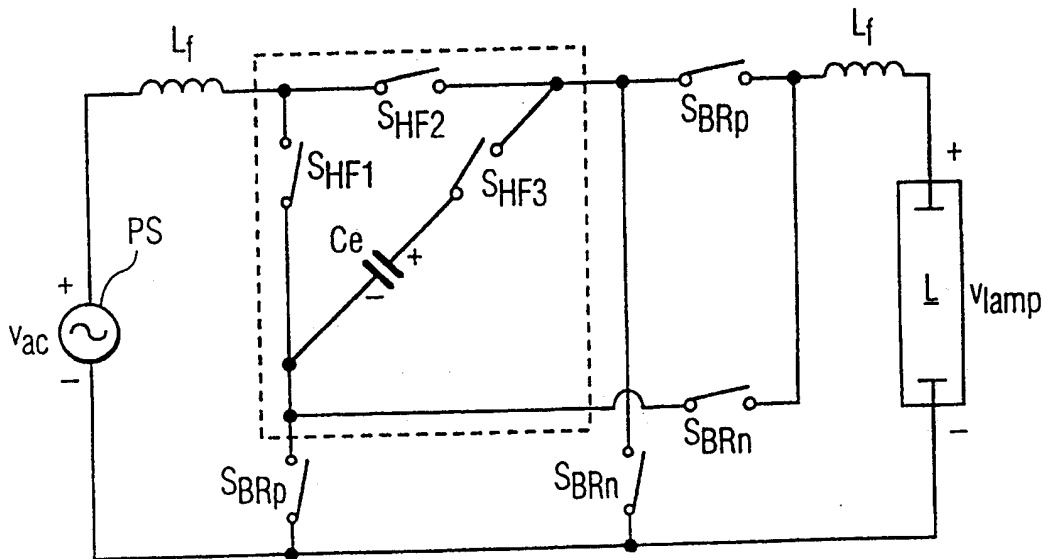


图 8

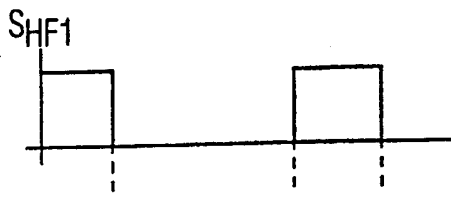


图 9a

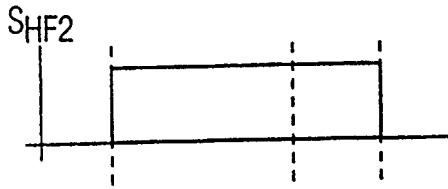


图 9b

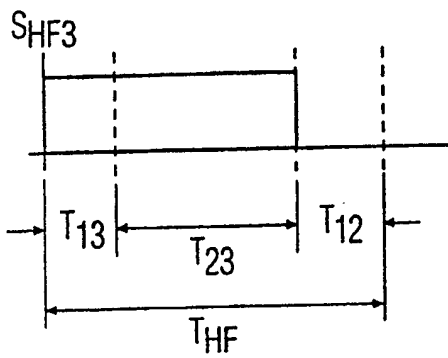


图 9c

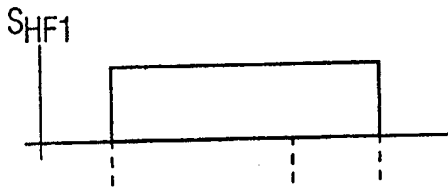


图 9d

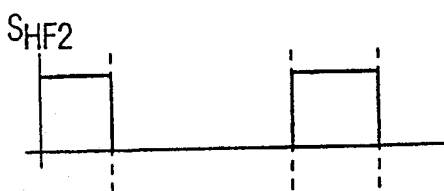


图 9e

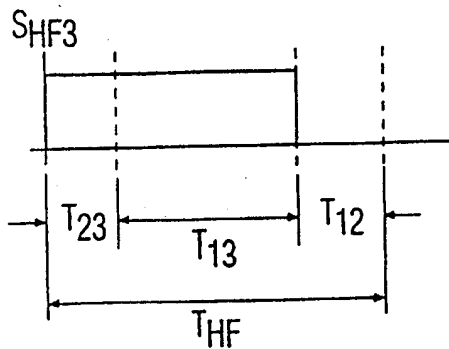


图 9f

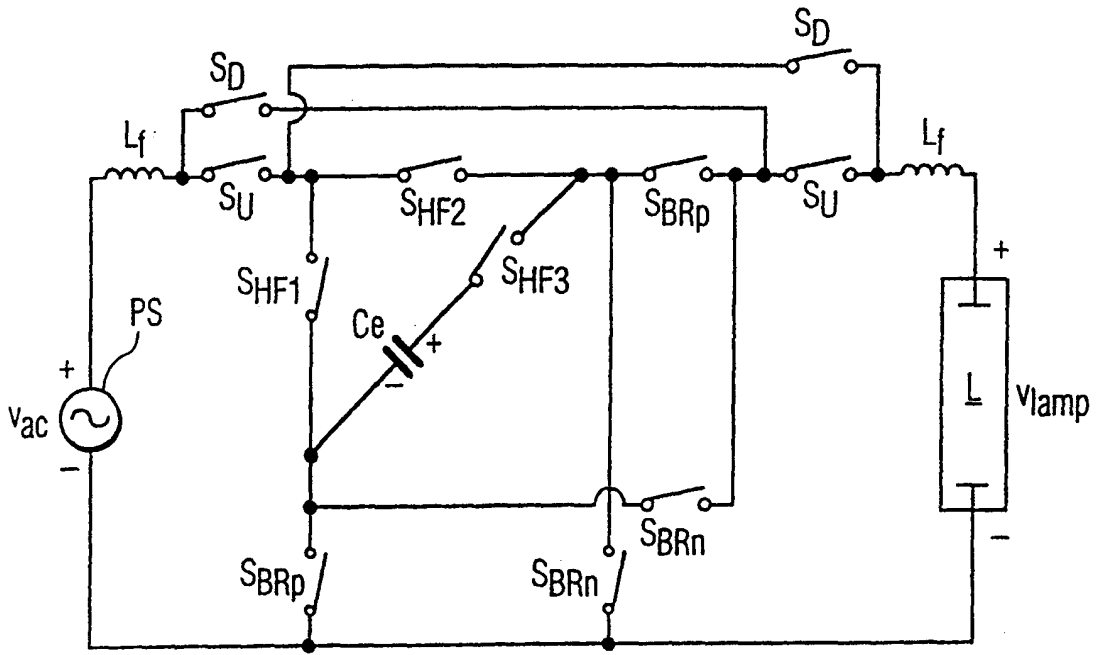


图 10

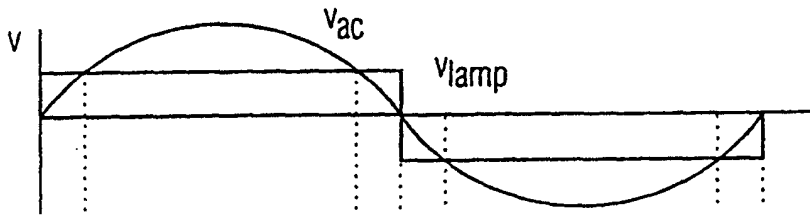


图 11a

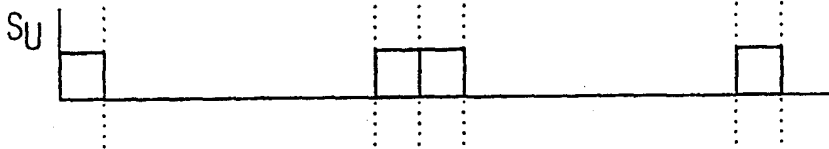


图 11b

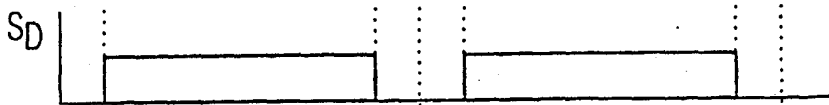


图 11c

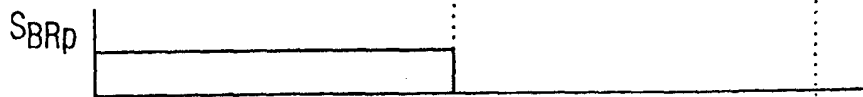


图 11d



图 11e

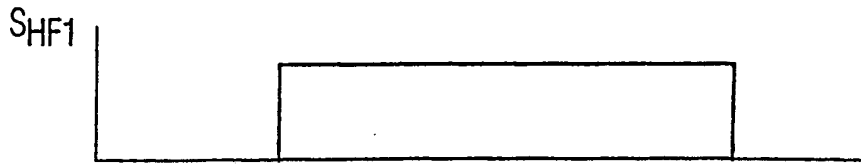


图 12a



图 12b

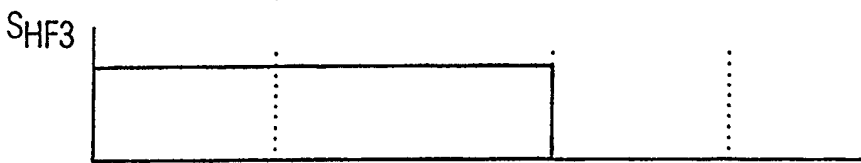


图 12c

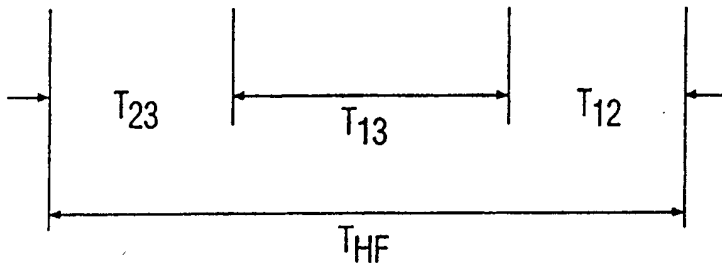


图 12d

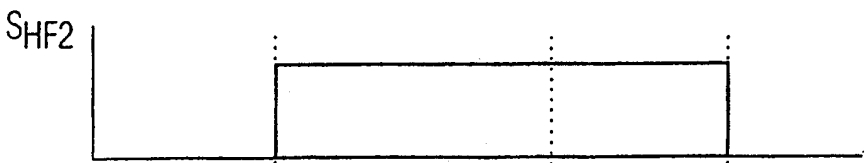


图 12e

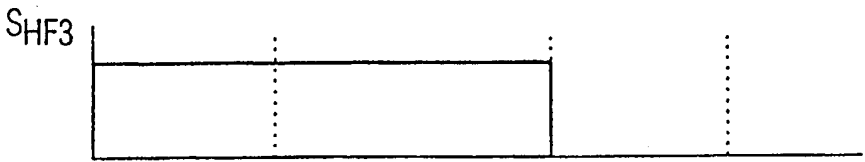
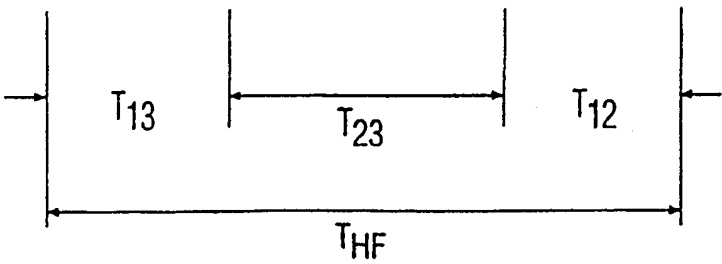


图 12f



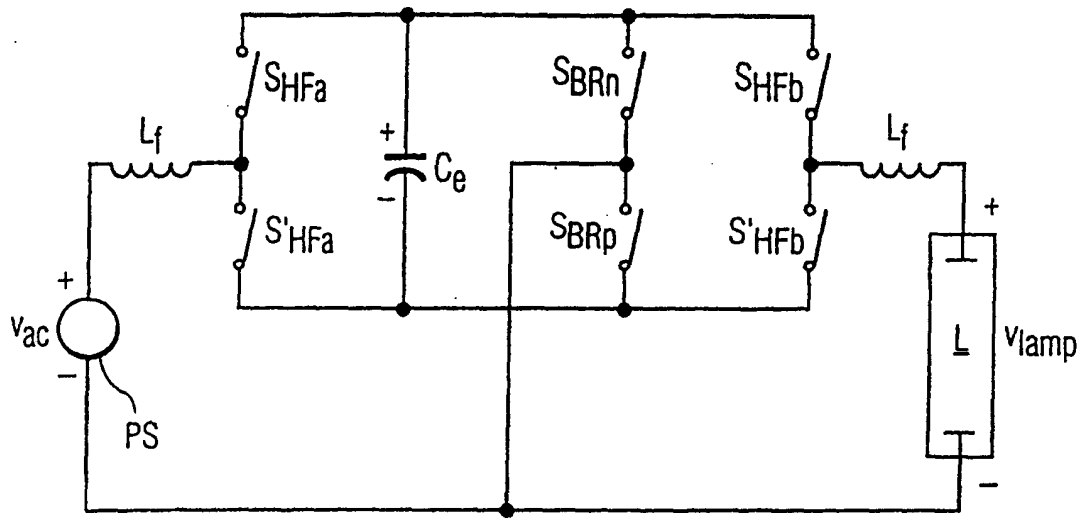


图 13