



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102812628 B

(45) 授权公告日 2015.06.03

(21) 申请号 201080057825.7

(22) 申请日 2010.12.09

(30) 优先权数据

0922081.5 2009.12.17 GB

61/287,210 2009.12.17 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012.06.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/N02010/000453 2010.12.09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/074976 EN 2011.06.23

(73) 专利权人 易达有限公司

地址 挪威德拉曼

(72) 发明人 谢蒂尔·博伊森 罗阿尔·米勒

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司
11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int. Cl.

H02M 3/337(2006.01)

(56) 对比文件

US 2008/0012538 A1, 2008.01.17, 参见 [0055]-[0058] 段、附图 9.

JP 特开平 5-268767 A, 1993.10.15, 全文.

CN 101821931 A, 2010.09.01, 全文.

Drummond, G et al. three-phase resonant DC converter for TWTs. 《Vacuum Electronics Conference》. 2004, 第 274-275 页, 图 1).

Drummond, G et al. three-phase resonant DC converter for TWTs. 《Vacuum Electronics Conference》. 2004, 第 274-275 页, 图 1).

审查员 周杰

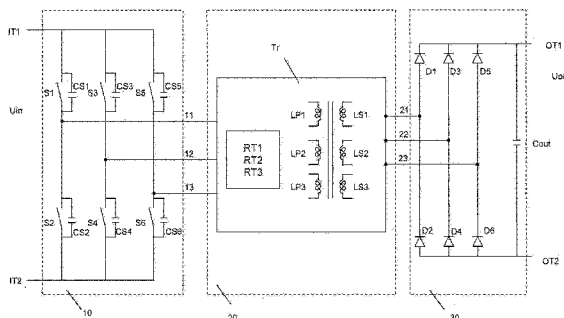
权利要求书2页 说明书7页 附图9页

(54) 发明名称

谐振电路和谐振 DC/DC 转换器

(57) 摘要

本发明涉及谐振电路(20)。谐振电路包括三个谐振电路输入节点(11、12、13)、三个谐振电路输出节点(21、22、23)、变压器装置以及谐振回路装置。变压器装置(TR)包括彼此磁性连接的三个初级绕组(LP1、LP2、LP3)和三个次级绕组(LS1、LS2、LS3),其中,三个次级绕组(LS1、LS2、LS3)连接至三个谐振电路输出节点(21、22、23)。第一、第二和第三谐振回路装置(RT1、RT2、RT3)均连接在三个谐振电路输入节点(11、12、13)中的相应一个与初级绕组(LP1、LP2、LP3)中的相应一个之间。本发明还涉及包括这种谐振电路(20)的谐振 DC-DC 转换器。



1. 一种谐振电路 (20), 包括:

三个谐振电路输入节点 (11、12、13) 和三个谐振电路输出节点 (21、22、23);

变压器装置 (TR), 包括彼此磁性连接的三个初级绕组 (LP1、LP2、LP3) 和三个次级绕组 (LS1、LS2、LS3), 其中三个次级绕组 (LS1、LS2、LS3) 连接至三个谐振电路输出节点 (21、22、23);

第一谐振回路装置、第二谐振回路装置和第三谐振回路装置 (RT1、RT2、RT3), 分别连接在三个谐振电路输入节点 (11、12、13) 中的相应一个与三个初级绕组 (LP1、LP2、LP3) 中的相应一个之间,

其中, 三个初级绕组 (LP1、LP2、LP3) 以及三个谐振回路装置 (RT1、RT2、RT3) 一起配置成 Δ 结构, 其中, 各谐振回路装置 (RT1、RT2、RT3) 包括谐振电感器 (LR1、LR2、LR3) 和谐振电容器 (CR1、CR2、CR3), 其中,

第一谐振电感器 (LR1)、第一谐振电容器 (CR1) 以及第一初级绕组 (LP1) 串联连接在第一谐振电路输入节点 (11) 和第三谐振电路输入节点 (13) 之间;

第二谐振电感器 (LR2)、第二谐振电容器 (CR2) 以及第二初级绕组 (LP2) 串联连接在第二谐振电路输入节点 (12) 和第一谐振电路输入节点 (11) 之间; 以及

第三谐振电感器 (LR3)、第三谐振电容器 (CR3) 以及第三初级绕组 (LP3) 串联连接在第三谐振电路输入节点 (13) 和第二谐振电路输入节点 (12) 之间。

2. 根据权利要求 1 所述的谐振电路, 还包括用于在 Δ 结构和星形结构之间重新配置三个次级绕组 (LS1、LS2、LS3) 的第一变压器开关装置、第二变压器开关装置和第三变压器开关装置 (ST1、ST2、ST3)。

3. 根据权利要求 2 所述的谐振电路, 其中:

第一变压器开关装置 (ST1) 包括连接至第二变压器开关装置 (ST2) 的第二端 (T2) 的共同端 (Tcom)、连接至第一谐振输出节点 (21) 的第一端 (T1) 以及连接至第三变压器开关装置 (ST3) 的共同端 (Tcom) 的第二端 (T2);

第二变压器开关装置 (ST2) 包括连接至第三变压器开关装置 (ST3) 的第二端 (T2) 的共同端 (Tcom)、连接至第二谐振电路输出节点 (22) 的第一端 (T1) 以及连接至第一变压器开关装置 (ST1) 的共同端 (Tcom) 的第二端 (T2);

第三变压器开关装置 (ST3) 包括连接至第一变压器开关装置 (ST1) 的第二端 (T2) 的共同端 (Tcom)、连接至第三谐振电路输出节点 (23) 的第一端 (T1) 以及连接至第二变压器开关装置 (ST2) 的共同端 (Tcom) 的第二端 (T2);

其中, 第一次级绕组 (LS1) 连接在第一变压器开关装置 (ST1) 的第一端和第二端 (T1、T2) 之间, 第二次级绕组 (LS2) 连接在第二变压器开关装置 (ST2) 的第一端和第二端 (T1、T2) 之间, 第三次级绕组 (LS3) 连接在第三变压器开关装置 (ST3) 的第一端和第二端 (T1、T2) 之间,

其中, 当各个变压器开关装置的第一端 (T1) 连接至其共同端 (Tcom) 时, 所述变压器装置 (TR) 连接成 Δ 结构, 并且其中当各个变压器开关装置的第二端 (T2) 连接至其共同端 (Tcom) 时, 所述变压器装置 (TR) 连接成星形结构。

4. 根据权利要求 1 所述的谐振电路, 其中, 三个励磁电感器 (Lm1、Lm2、Lm3) 与三个初级绕组 (LP1、LP2、LP3) 各自并联连接。

5. 一种谐振 DC-DC 转换器,包括:

第一输入端和第二输入端 (IT1、IT2) 以及第一输出端和第二输出端 (OT1、OT2);

开关装置 (10),连接在第一输入端和第二输入端 (IT1、IT2) 与谐振电路 (20) 的三个谐振电路输入节点 (11、12、13) 之间;

整流器装置 (30),连接在三个谐振电路输出节点 (21、22、23) 与第一输出端和第二输出端 (OT1、OT2) 之间;

其中,谐振电路 (20) 包括变压器装置 (TR),该变压器装置包括彼此磁性连接的三个初级绕组 (LP1、LP2、LP3) 和三个次级绕组 (LS1、LS2、LS3),其中三个次级绕组 (LS1、LS2、LS3) 连接至三个谐振电路输出节点 (21、22、23);

其中,谐振电路 (20) 包括第一谐振回路装置、第二谐振回路装置和第三谐振回路装置 (RT1、RT2、RT3),分别连接在三个谐振电路输入节点 (11、12、13) 中的相应一个与三个初级绕组 (LP1、LP2、LP3) 中的相应一个之间;以及

其中,三个初级绕组 (LP1、LP2、LP3) 以及三个谐振回路装置 (RT1、RT2、RT3) 一起配置成 Δ 结构,

其中,各谐振回路装置 (RT1、RT2、RT3) 包括谐振电感器 (LR1、LR2、LR3) 和谐振电容器 (CR1、CR2、CR3),其中,

第一谐振电感器 (LR1)、第一谐振电容器 (CR1) 以及第一初级绕组 (LP1) 串联连接在第一谐振电路输入节点 (11) 和第三谐振电路输入节点 (13) 之间;

第二谐振电感器 (LR2)、第二谐振电容器 (CR2) 以及第二初级绕组 (LP2) 串联连接在第二谐振电路输入节点 (12) 和第一谐振电路输入节点 (11) 之间;以及

第三谐振电感器 (LR3)、第三谐振电容器 (CR3) 以及第三初级绕组 (LP3) 串联连接在第三谐振电路输入节点 (13) 和第二谐振电路输入节点 (12) 之间。

6. 根据权利要求 5 所述的转换器,还包括用于在 Δ 结构和星形结构之间重新配置三个次级绕组 (LS1、LS2、LS3) 的第一变压器开关装置、第二变压器开关装置和第三变压器开关装置 (ST1、ST2、ST3)。

7. 根据权利要求 5 所述的转换器,其中,开关装置 (10) 包括六个开关装置 (S1、S2、S3、S4、S5、S6),其中每个开关装置连接在第一输入端或第二输入端 (IT1、IT2) 中的一个与各个开关输出节点 (11、12、13) 中的一个之间。

8. 根据权利要求 6 或 7 所述的转换器,其中,整流器装置 (30) 为二极管整流器或同步整流器。

谐振电路和谐振 DC/DC 转换器

技术领域

[0001] 本发明涉及谐振电路和谐振 DC/DC 转换器。

背景技术

[0002] 在许多电力电子应用中,需要高效的电流隔离。由于安全、电压电平的变化或者功能性问题,会需要基于变压器的隔离。一些可再生能源需要电流隔离,以便正常工作;它们其中有具有不同类型的薄膜太阳能电池板。

[0003] 太阳能电池板产生 DC 电力。为了将 DC 电力直接或经由 AC 电力分配网提供给 AC 负载,电力转换器系统必须连接在太阳能电池板和 AC 负载之间,以将 DC 电力转换成 AC 电力。这种电力转换器系统通常包括 DC/DC 转换器和 DC/AC 转换器,DC/AC 转换器通常称为逆变器。此外,该系统包括用于控制转换器的控制系统以及诸如滤波器、熔断器、冷却系统等其他元件。

[0004] 太阳能电池板产生的 DC 输出电力随着太阳光强度和温度变化。在投资赢利的情況下,高转换效率是非常重要的,以使得从太阳能发电设备获得的能量最大化。

[0005] 在许多应用中,串联谐振 LLC DC/DC 转换器已成为 PWM 型转换器的普遍替代物。谐振转换器的一个优点在于,其可被设计为在所有的负载和输入/输出电压条件下具有高效率,这是因为可在所有的工作条件下保持零电压切换。

[0006] 随着输出电力增大,谐振电感器的尺寸和成本增大,这对单个谐振 LLC 转换器设定了实用限制。因此,可以以许多更小的串联谐振 LLC 转换器并联的方式提供高电力 DC/DC 转换器,而这由于大量的元件而会显著地增大成本。

[0007] 本发明的目的在于提供一种具有高效率但低成本的谐振电路,并且该谐振电路在宽输入电压范围内具有高效率。而且,目的在于减少元件的数量,从而降低有关的复杂性以及成本。此外,本发明的目的在于降低转换器产生的纹波电流。

[0008] 本发明的目的还在于提供具有这种谐振电路的谐振 DC/DC 转换器。

发明内容

[0009] 本发明涉及谐振电路,该谐振电路包括三个谐振电路输入节点和三个谐振电路输出节点;变压器装置,包括彼此磁性连接的三个初级绕组以及三个次级绕组,其中三个次级绕组连接至三个谐振电路输出节点;第一、第二和第三谐振回路(resonant tank)装置,分别连接在三个谐振电路输入节点中的相应一个和初级绕组中的相应一个之间;其中三个初级线圈与三个谐振回路装置一起配置为 Δ 结构。

[0010] 一方面,每个谐振回路装置包括谐振电感器和谐振电容器。

[0011] 一方面,电路还包括第一、第二和第三变压器开关装置,用于在 Δ 结构和星形结构之间重新配置三个次级绕组。

[0012] 一方面,第一变压器开关装置包括连接至第二变压器开关装置的第二端的共同端、连接至第一谐振输出节点的第一端以及连接至第三变压器开关装置的第二端的第二端。

端；第二变压器开关装置包括连接至第三变压器开关装置的第二端的共同端、连接至第二谐振电路输出节点的第一端以及连接至第一变压器开关装置的第二端的第二端；第三变压器开关装置包括连接至第一变压器开关装置的第二端的共同端、连接至第三谐振电路输出节点的第一端以及连接至第二变压器开关装置的第二端的第二端；其中第一次级绕组连接在第一变压器开关装置的第一端和第二端之间，第二次级绕组连接在第二变压器开关装置的第一端和第二端之间，第三次级绕组连接在第三变压器开关装置的第一端和第二端之间，其中在各个变压器开关装置的第一端连接至其共同端时，变压器装置连接成 Δ 结构，并且其中当各个变压器开关装置的第二端连接至其共同端时，变压器装置连接成星形结构。

[0013] 一方面，第一谐振电感器、第一谐振电容器以及第一初级绕组串联连接在第一谐振电路输入节点与第三谐振电路输入节点之间；第二谐振电感器、第二谐振电容器以及第二初级绕组串联连接在第二谐振电路输入节点与第一谐振电路输入节点之间；以及第三谐振电感器、第三谐振电容器以及第三初级绕组串联连接在第三谐振电路输入节点与第二谐振电路输入节点之间。

[0014] 一方面，励磁电感器与每个初级绕组并联连接。

[0015] 本发明还涉及谐振 DC-DC 转换器，包括第一输入端和第二输入端以及第一输出端和第二输出端；开关装置，连接在第一输入端和第二输入端与谐振电路的三个谐振电路输入节点之间；整流器装置，连接在三个谐振电路输出节点与第一输出端和第二输出端之间；其中谐振电路包括变压器装置，该变压器装置包括彼此磁性连接的三个初级绕组以及三个次级绕组，其中三个次级绕组连接至三个谐振电路输出节点；其中谐振电路包括第一谐振回路装置、第二谐振回路装置和第三谐振回路装置，三个谐振回路装置分别连接在三个谐振电路输入节点中相应的一个与初级绕组中的相应一个之间；以及其中三个初级线圈与三个谐振回路装置一起配置为 Δ 结构。

[0016] 一方面，每个谐振回路装置包括谐振电感器和谐振电容器。

[0017] 一方面，谐振回路装置还包括第一、第二和第三变压器开关装置，用于在 Δ 结构和星形结构之间重新配置三个次级绕组。

[0018] 一方面，开关装置包括六个开关装置，其中每个开关装置连接在第一输入端或第二输入端中的一个与一个相应的开关输出节点之间。

[0019] 一方面，整流器装置为二极管整流器或同步整流器。

附图说明

[0020] 下面，将参照附图描述本发明的实施方式，其中：

[0021] 图 1 示出了将来自太阳能电池板的 DC 电力转换成提供给 AC 电力分配网或 AC 负载的 AC 电力的电力转换器系统；

[0022] 图 2 为图 1 的 DC/DC 转换器的示意性框图；

[0023] 图 3 为谐振 DC/DC 转换器的第一实施方式；

[0024] 图 4 为谐振 DC/DC 转换器的第二实施方式；

[0025] 图 5 为谐振 DC/DC 转换器的第三实施方式；

[0026] 图 6 为谐振 DC/DC 转换器的第四实施方式；

[0027] 图 7 为谐振 DC/DC 转换器的第五实施方式；

[0028] 图 8 示出了这种应用中通常使用的现有技术的转换器,包括并联相移 90 度的两个串联谐振 LLC 转换器;

[0029] 图 9a 示出了图 8 中的电路的仿真结果;以及

[0030] 图 9b 示出了图 3 中的电路的仿真结果。

具体实施方式

[0031] 现在,参照图 1。电力转换器系统 1 连接在 DC 电源 2 与 AC 负载或 AC 分配网 3 之间。在此,DC 电源为太阳能电池板或包括若干块太阳能电池板的模块,但也可以是任何其他类型的合适能源。

[0032] 电力转换器系统将输入 DC 电力转换成 AC 输出电力。电力转换器系统包括 DC/DC 转换器和逆变器(DC/AC 转换器)、滤波器等,如在以上描述中所提及的。此外,该系统包括用于控制 DC/DC 转换器、逆变器和其他元件的控制系统。图 1 中的系统对于技术人员通常是熟知的。

[0033] 本发明涉及图 1 中的 DC/DC 转换器。现在参照图 2。图 2 示出了谐振 DC/DC 转换器,其包括在第一输入端 IT1 和第二输入端 IT2 与第一输出端 OT1 和第二输出端 OT2 之间彼此连接的开关装置 10、谐振电路 20 以及整流器 30。

[0034] 开关装置 10 包括六个开关 S1、S2、S3、S4、S5、S6,其中每个开关连接在第一输入端 IT1 或第二输入端 IT2 中一个与谐振电路的各个输入节点(下文中将称为谐振电路输入节点 11、12、13)中的一个之间。

[0035] 第一开关 S1 连接在第一输入端 IT1 和第一开关输出端 11 之间,第二开关 S2 连接在第一开关输出节点 11 和第二输入端 IT2 之间,第三开关 S3 连接在第一输入端 IT1 和第二开关输出端 12 之间,第四开关 S4 连接在第二开关输出节点 12 和第二输入端 IT2 之间,第五开关 S5 连接在第一输入端 IT1 和第三开关输出端 13 之间,第六开关 S6 连接在第三开关输出节点 13 和第二输入端 IT2 之间。开关 S1、S2、S3、S4、S5 和 S6 为 MOSFET 开关。可替换地,这些开关可为具有本征二极管的开关或者与反并联二极管并联连接的开关。

[0036] 开关装置 10 进一步包括开关电容器 CS1、CS2、CS3、CS4、CS5 和 CS6,分别与开关 S1、S2、S3、S4、S5、S6 并联。

[0037] 开关 S1、S2、S3、S4、S5 和 S6 被图 1 中所示的控制系统控制。应当注意,可通过频率、PWM 或两者的混合来控制开关 S1-S6。

[0038] 如上所述,谐振电路 20 包括三个谐振电路输入节点 11、12、13。谐振电路 20 还包括三个谐振电路输出节点 21、22、23。

[0039] 整流器装置 30 连接在三个谐振电路输出节点 21、22、23 与第一输出端 OT1 和第二输出端 OT2 之间。图 2 的整流器装置 30 是二极管整流器。

[0040] 图 2 的整流器装置 30 包括第一二极管 D1,其正极连接至第一整流器输入节点 21 并且其负极连接至第一输出端 OT1;第二二极管 D2,其正极连接至第二输出端 OT2 并且其负极连接至第一整流器输入节点 21;第三二极管 D3,其正极连接至第二整流器输入节点 22 并且其负极连接至第一输出端 OT1;第四二极管 D4,其正极连接至第二输出端 OT2 并且其负极连接至第二整流器输入节点 22;第五二极管 D5,其正极连接至第三整流器输入节点 23 并且其负极连接至第一输出端 OT1;以及第六二极管 D6,其正极连接至第二输出端 OT2 并且其负

极连接至第三整流器输入节点 23。

[0041] 可替换地,整流器装置 30 可为同步整流器。

[0042] 在图 2 中,示出了输出电容器 C_{out} 连接在第一输出端 OT1 与第二输出端 OT2 之间。

[0043] 应当注意,开关装置 10 和整流器装置 30 被认为是为技术人员所熟知的。开关装置 10 中的开关的控制也被认为是为技术人员所熟知的。基于软切换或所谓的零电压切换 (ZVS) 来控制开关,其中,当接通 / 断开开关时,开关两端的电压等于或者接近 0V。

[0044] 现在,将参照图 2 描述根据本发明的谐振电路 20。谐振电路包括变压器装置 TR,该变压器装置包括彼此磁性连接的三个初级绕组 LP1、LP2、LP3 以及三个次级绕组 LS1、LS2、LS3,其中三个次级绕组 LS1、LS2、LS3 连接至三个谐振电路输出节点 21、22、23。此外,谐振电路 20 包括第一谐振回路装置 RT1、第二谐振回路装置 RT2 和第三谐振回路装置 RT3,这三个谐振回路装置分别连接在三个谐振电路输入节点 11、12、13 中的相应一个与初级绕组 LP1、LP2、LP3 中的相应一个之间。

[0045] 变压器装置 TR 可以是三相变压器。在可替换的实施方式中,还可使用三个单相变压器。初级绕组 LP1、LP2、LP3 可配置成 Δ 结构。更确切地说,三个初级绕组 LP1、LP2、LP3 以及三个谐振回路装置 RT1、RT2、RT3 一起可配置成 Δ 结构,如下面将详细描述。次级绕组 LS1、LS2、LS3 可配置成 Δ 结构或星形结构。

[0046] 如下面将要描述的,谐振电路 20 包括第一变压器开关装置 ST1、第二变压器开关装置 ST2 和第三变压器开关装置 ST3,用于在 Δ 结构和星形结构之间重新配置三个次级绕组 LS1、LS2、LS3。

[0047] 此外,谐振电路 20 可包括第一变压器开关装置 ST1、第二变压器开关装置 ST2 和第三变压器开关装置 ST3,用于在 Δ 结构和星形结构之间重新配置三个初级绕组 LP1、LP2、LP3。变压器开关装置 ST1、ST2、ST3 可由控制系统控制。

[0048] 各谐振回路装置 RT1、RT2、RT3 包括谐振电感器 LR1、LR2、LR3 和谐振电容器 CR1、CR2、CR3。谐振回路装置和初级绕组 LP1、LP2、LP3 一起为开关装置 10 的零电压切换提供谐振。使用漏电感和其他寄生元件,谐振回路装置可部分或完全整合在变压器装置内。

[0049] 第一输入端 IT1 和第二输入端 IT2 之间的电压称为 U_{in} 。第一输出端 OT1 和第二输出端 OT2 之间的电压称为 U_{out} 。

[0050] 应当注意,谐振装置 20 的三个分支中的各个分支内的电压和 / 或电流具有相同的振幅,但是时间上偏离 120 电角度。因此,装置 20 与装置 10 和 30 一起是三相谐振 DC/DC 转换器。

[0051] 还应当注意,在平常的操作期间,变压器装置的初级绕组 / 次级绕组两端的电压具有高频切换的矩形波形。因此,这些电压不是 50/60Hz 的正弦波电压。

[0052] 第一实施方式

[0053] 现在参照图 3。此处,第一谐振回路装置 RT1 包括在第一谐振电路输入节点 11 和第三谐振电路输入节点 13 之间、与第一初级绕组 LP1 串联连接的第一谐振电感器 LR1 和第一谐振电容器 CR1。第二谐振回路装置 RT2 包括在第二谐振电路输入节点 12 和第一谐振电路输入节点 11 之间、与第二初级绕组 LP2 串联连接的第二谐振电感器 LR2 和第二谐振电容器 CR2。第三谐振回路装置 RT3 包括在第三谐振电路输入节点 13 和第三谐振电路输入节点 12 之间、与第三初级绕组 LP3 串联连接的第三谐振电感器 LR3 和第三谐振电容器 CR3。

[0054] 次级绕组 LS1、LS2、LS3 连接在谐振电路输出节点 21、22、23 之间。第一次级绕组 LS1 连接在第一整流器输入节点 21 与第二整流器输入节点 22 之间，第二次级绕组 LS2 连接在第二整流器输入节点 22 和第三整流器输入节点 23 之间，第三次级绕组 LS3 连接在第三整流器输入节点 23 和第一整流器输入节点 21 之间。

[0055] 因此，变压器装置 TR 的初级侧连接成 Δ 结构，并且变压器装置 TR 的次级侧连接成 Δ 结构。应当注意，术语“初级侧”在此表示初级绕组以及谐振回路的元件。因此，三个初级绕组 LP1、LP2、LP3 以及三个谐振回路装置 RT1、RT2、RT3 一起配置成 Δ 结构。

[0056] 应当注意，此处，如上所述，谐振回路装置还可部分或完全地整合在变压器装置内。

[0057] 第二实施方式

[0058] 现在参照图 4。

[0059] 此处，谐振回路装置和变压器装置的初级侧配置为与上述第一实施方式相同。

[0060] 在此，次级绕组也连接在谐振电路输出节点 21、22、23 之间。图 4 中示出了次级共同节点 24。第一次级绕组 LS1 连接在第一谐振电路输出节点 21 和次级共同节点 24 之间。第二次级绕组 LS2 连接在第二谐振电路输出节点 22 和次级共同节点 24 之间。第三次级绕组 LS3 连接在第三谐振电路输出节点 23 和次级共同节点 24 之间。

[0061] 因此，变压器装置 TR 的初级侧连接成 Δ 结构，并且变压器装置 TR 的次级侧连接成星形结构。应当注意，术语“初级侧”此处表示初级绕组以及谐振回路的元件。因此，三个初级绕组 LP1、LP2、LP3 和三个谐振回路装置 RT1、RT2、RT3 一起配置成 Δ 结构。

[0062] 次级共同节点 24 可视为星形结构变压器的共同点。应当注意，术语“次级”在此用于表示变压器装置的次级侧上的位置。

[0063] 同样在此处，应当注意，谐振回路装置可部分或完全整合在变压器装置内。

[0064] 第三实施方式

[0065] 现在参照图 5a 和图 5b。

[0066] 此处，谐振回路装置和变压器装置的初级侧配置为与上述第一实施方式相同。

[0067] 在此，次级绕组也连接在谐振电路输出节点 21、22、23 之间。然而，此处，谐振电路 20 包括第一变压器开关装置 ST1、第二变压器开关装置 ST2 和第三变压器开关装置 ST3，用于在 Δ 结构和星形结构之间重新配置三个次级绕组 LS1、LS2、LS3。在图 5b 中示出了第一变压器开关装置 ST1 的术语。可通过控制系统的控制，借助于继电器装置或任何其他开关装置来执行变压器开关装置 ST1、ST2、ST3 的切换。

[0068] 第一变压器开关装置 ST1 包括连接至第二变压器开关装置 ST2 的第二端 T2 的共同端 Tcom、连接至第一谐振电路输出节点 21 的第一端 T1 以及连接至第三变压器开关装置 ST3 的共同端 Tcom 的第二端 T2。

[0069] 第二变压器开关装置 ST2 包括连接至第三变压器开关装置 ST3 的第二端 T2 的共同端 Tcom、连接至第二谐振电路输出节点 22 的第一端 T1 以及连接至第一变压器开关装置 ST1 的共同端 Tcom 的第二端 T2。

[0070] 第三变压器开关装置 ST3 包括连接至第一变压器开关装置 ST1 的第二端 T2 的共同端 Tcom、连接至第三谐振电路输出节点 23 的第一端 T1 以及连接至第二变压器开关装置 ST2 的共同端 Tcom 的第二端 T2。

[0071] 第一次级绕组 LS1 连接在第一变压器开关装置 ST1 的第一端 T1 与第二端 T2 之间, 第二次级绕组 LS2 连接在第二变压器开关装置 ST2 的第一端 T1 与第二端 T2 之间, 以及第三次级绕组 LS3 连接在第三变压器开关装置 ST3 的第一端 T1 和第二端 T2 之间。

[0072] 当各个变压器开关装置的第一端 T1 连接至它们的共同端 Tcom 时, 变压器装置 TR 连接成 $\Delta - \Delta$ 结构。当各个变压器开关装置的第二端 T2 连接至它们的共同端 Tcom 时, 变压器装置 TR 连接成 $\Delta -$ 星形结构。

[0073] 变压器开关装置 ST1、ST2、ST3 由控制系统控制。例如, 输入电压 U_{in} 可被测量出, 并且作为至控制系统的输入来提供。如果测出的输入电压 U_{in} 低于某个阈值, 那么切换变压器开关装置 ST1、ST2、ST3, 以使变压器装置的次级侧连接成星形结构。如果测出的输入电压 U_{in} 高于某个阈值, 那么切换变压器开关装置 ST1、ST2、ST3, 以使变压器装置的次级侧连接成 Δ 结构。因此, 输出电压 U_{out} 减小。

[0074] 第四实施方式

[0075] 现在参照图 6。

[0076] 谐振电路 20 在此与第二实施方式(图 4)的谐振电路 20 相似。

[0077] 此处, 整流器装置 30 并非二极管整流器。代替地, 整流器装置 30 是具有六个开关 S7、S8、S9、S10、S11、S12 而非六个二极管的同步整流器。整流器装置包括六个开关电容器 CS7、CS8、CS9、CS10、CS11 和 CS12, 每个电容器与六个开关中的一个开关并联连接。

[0078] 此外, 这些开关为 MOSFET 开关。可替换地, 这些开关可为具有本征二极管的开关或者与反并联二极管并联连接的开关。

[0079] 应当注意, 这种整流器装置 30 可用于上述任一实施方式以及以下的任一实施方式中。此外, 可用于变压器装置的任何结构($\Delta - \Delta$ 、 $\Delta -$ 星形)。

[0080] 也应当注意, 利用这种整流器装置, 能够实现双向电力流, 即电力可从图 6 中所定义的输入端流到输出端, 也可从输出端流到输入端。这种转换器通常被称为双向 DC-DC 转换器。

[0081] 第五实施方式

[0082] 现在参照图 7。谐振电路 20 在此与图 6 和图 4 的谐振电路相似。此处, 谐振电路 20 进一步包括励磁电感器 Lm1、Lm2、Lm3, 分别与初级绕组 LP1、LP2、LP3 并联连接。

[0083] 第一励磁电感器 Lm1 与第一初级绕组 LP1 并联连接。第二励磁电感器 Lm2 与第二初级绕组 LP2 并联连接。第三励磁电感器 Lm3 与第三初级绕组 LP3 并联连接。励磁电感器会影响谐振电路的谐振。

[0084] 励磁电感器可为磁性耦合电感器(三相), 其可以是三个单电感器或者其可完全地整合在变压器装置内。

[0085] 试验结果

[0086] 如引言中所述, 对于这种谐振 DC/DC 转换器, 最常见的现有技术电路为两个串联的谐振 LLC 转换器, 如图 8 中所述。

[0087] 通过使用来自线性技术(Linear Technology) (<http://www.linear.com>) 的 LTspice, 进行了图 8 中的现有技术的电路仿真。在仿真时, 用于仿真的输入值和输出值为 $U_{out}=350V_{dc}$, $I_{out}=17A_{dc}$, $U_{in}=350V_{dc}$ 。

[0088] 图 9a 中示出了仿真的结果。此处, 示出了输入纹波电流 IV2 在此具有约 10A 的峰

峰值。

[0089] 以与上面相同的方式还对图 3 中所示的电路进行了相应的仿真,具有相同的输入值和输出值。

[0090] 在图 9b 中示出了该仿真的结果。根据图 9b 的结果,输入纹波电流 IV1 在此具有约 5A 的峰峰值。

[0091] 因此,与现有技术相比,本发明明显地降低了输入纹波电流。

[0092] 而且,可看出,图 3 的转换器与图 8 的转换器相比,具有的元件少很多。根据谐振回路装置和变压器装置的三相设计,减少了每个分支的电流,这将减少损耗。

[0093] 关于输入电压 / 输出电压的可控比,还实现了灵活性大的电路。流过谐振回路的低电流非常适合于高阻抗谐振回路。此外,对于低输入电压,对变压器装置和谐振回路装置进行重新配置,以例如从 $\Delta - \Delta$ 结构变为 $\Delta -$ 星形结构,这就进一步提高了该可控比。

[0094] 低纹波电流还消除了对电解电容器的需要。

[0095] 应当注意,通过停止在初级侧的三个分支中的一个分支的切换,比如通过一直保持开关 S5 和 S6 断开,可进一步在低功率下提高高效率。于是,转换器将用作准全桥谐振转换器。

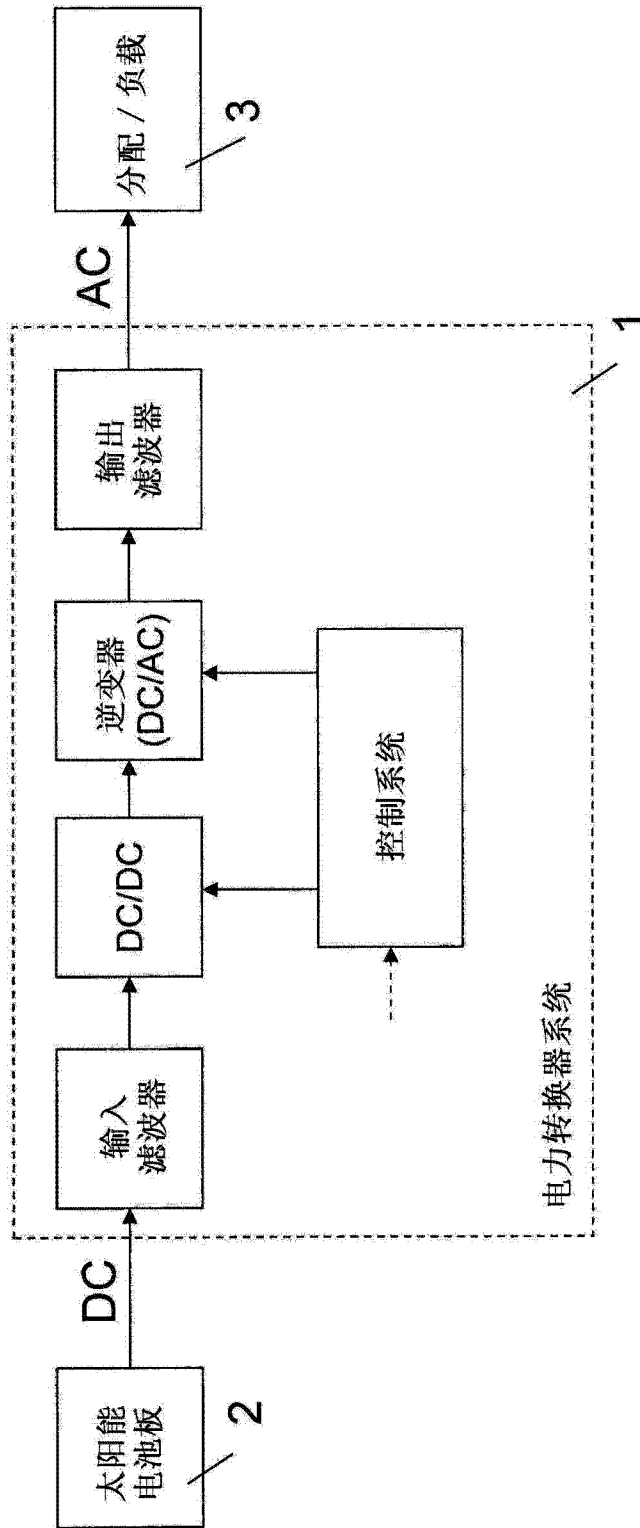


图 1

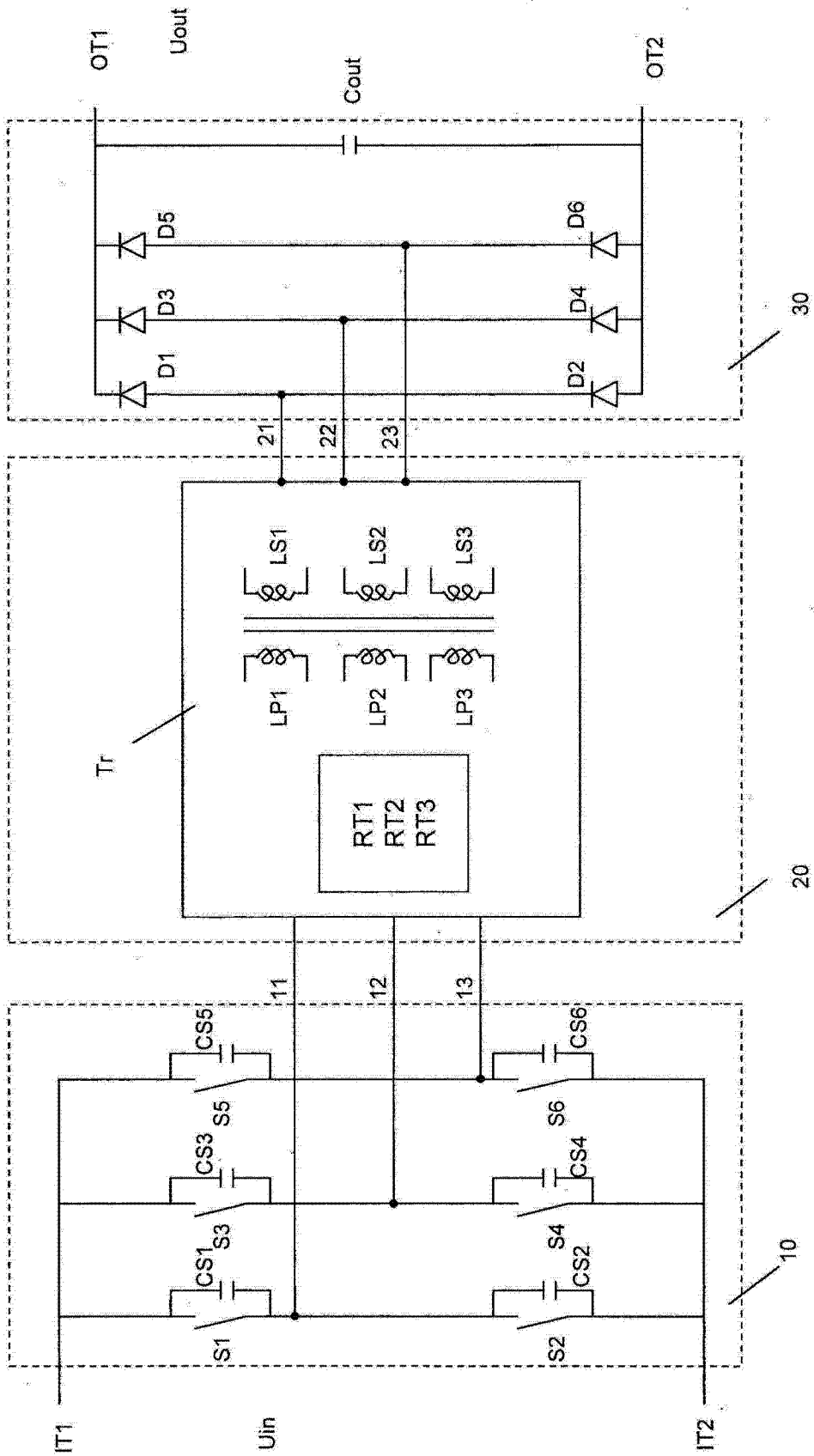


图 2

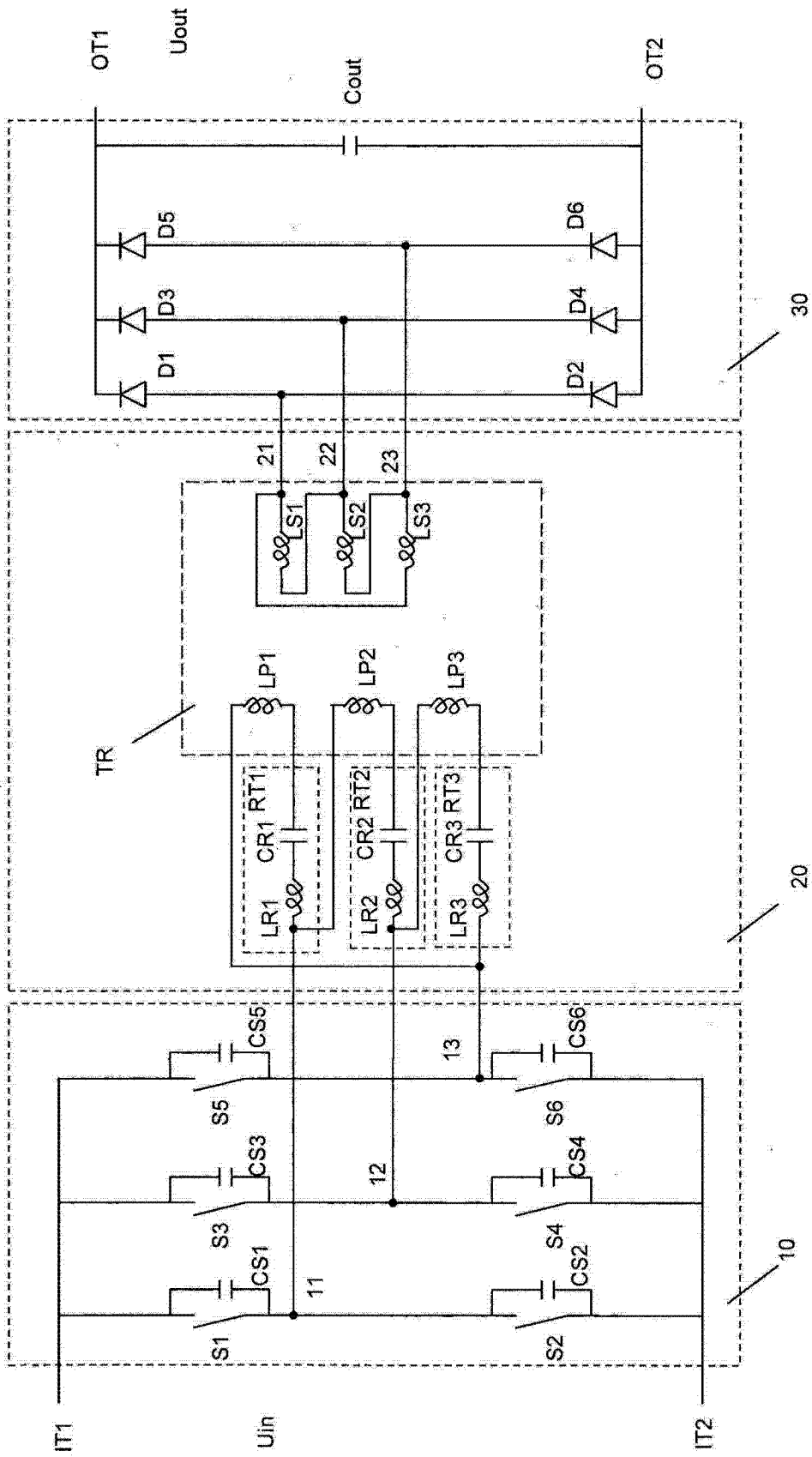


图 3

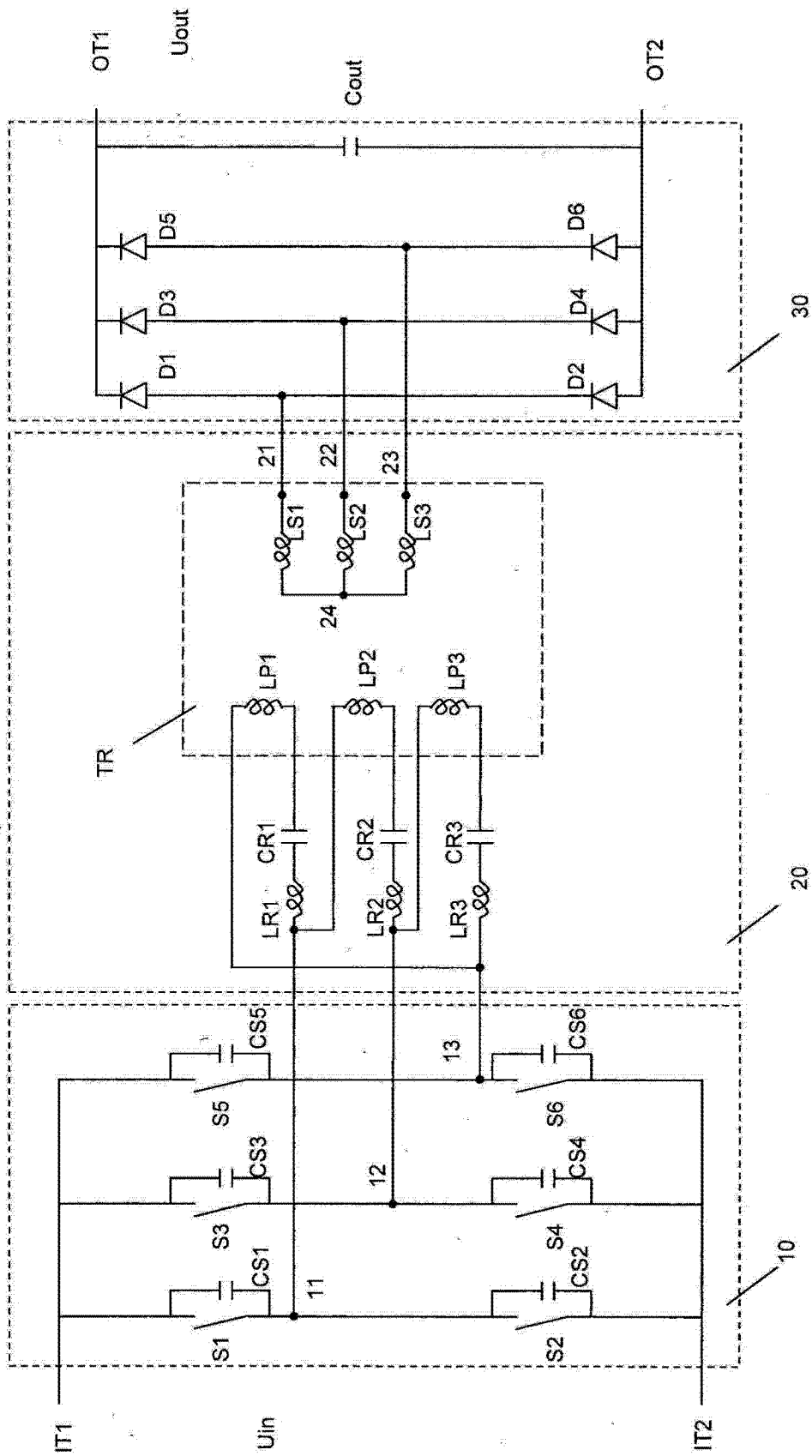


图 4

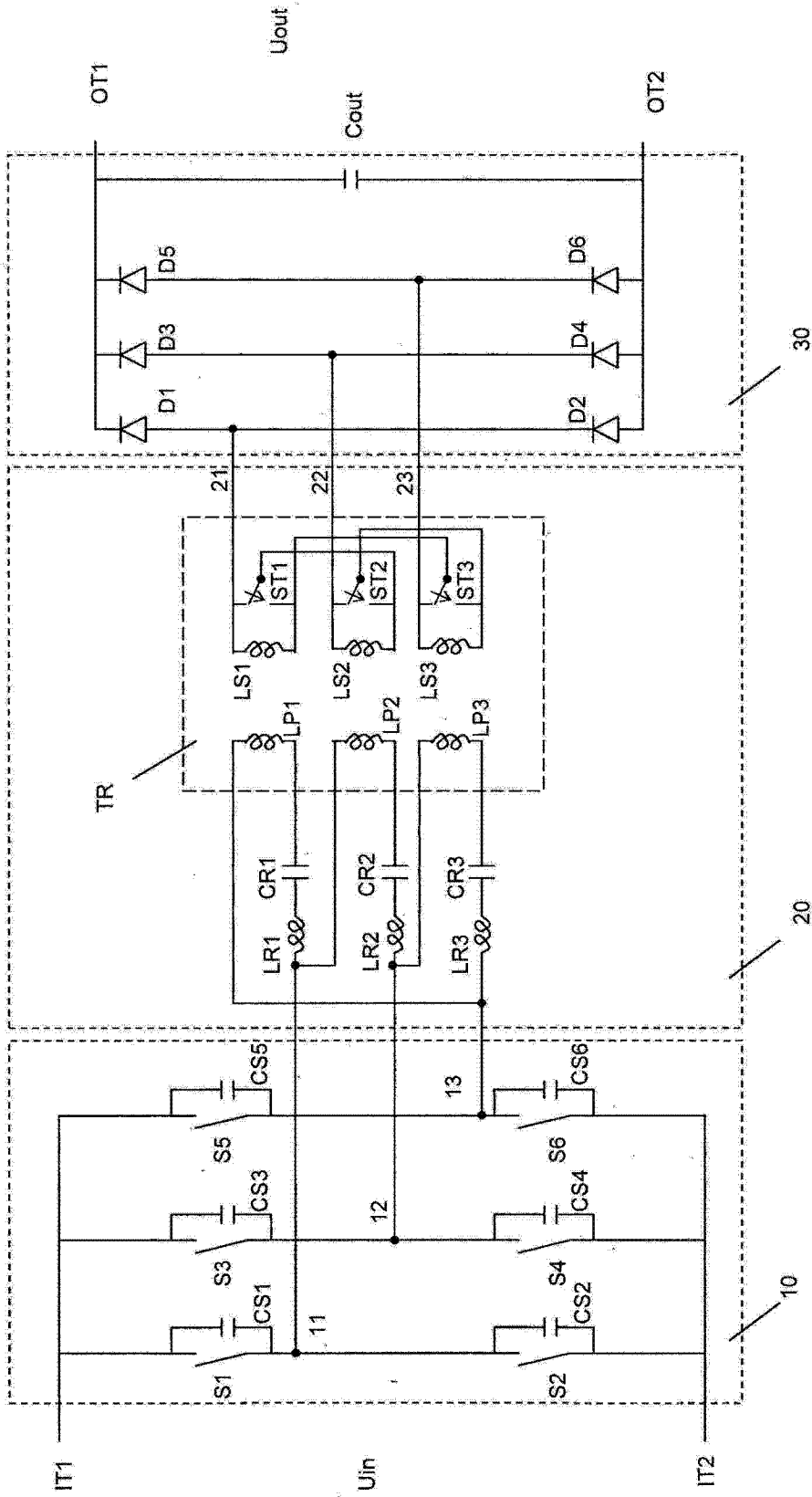


图 5a

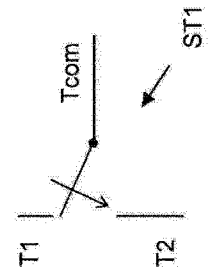


图 5b

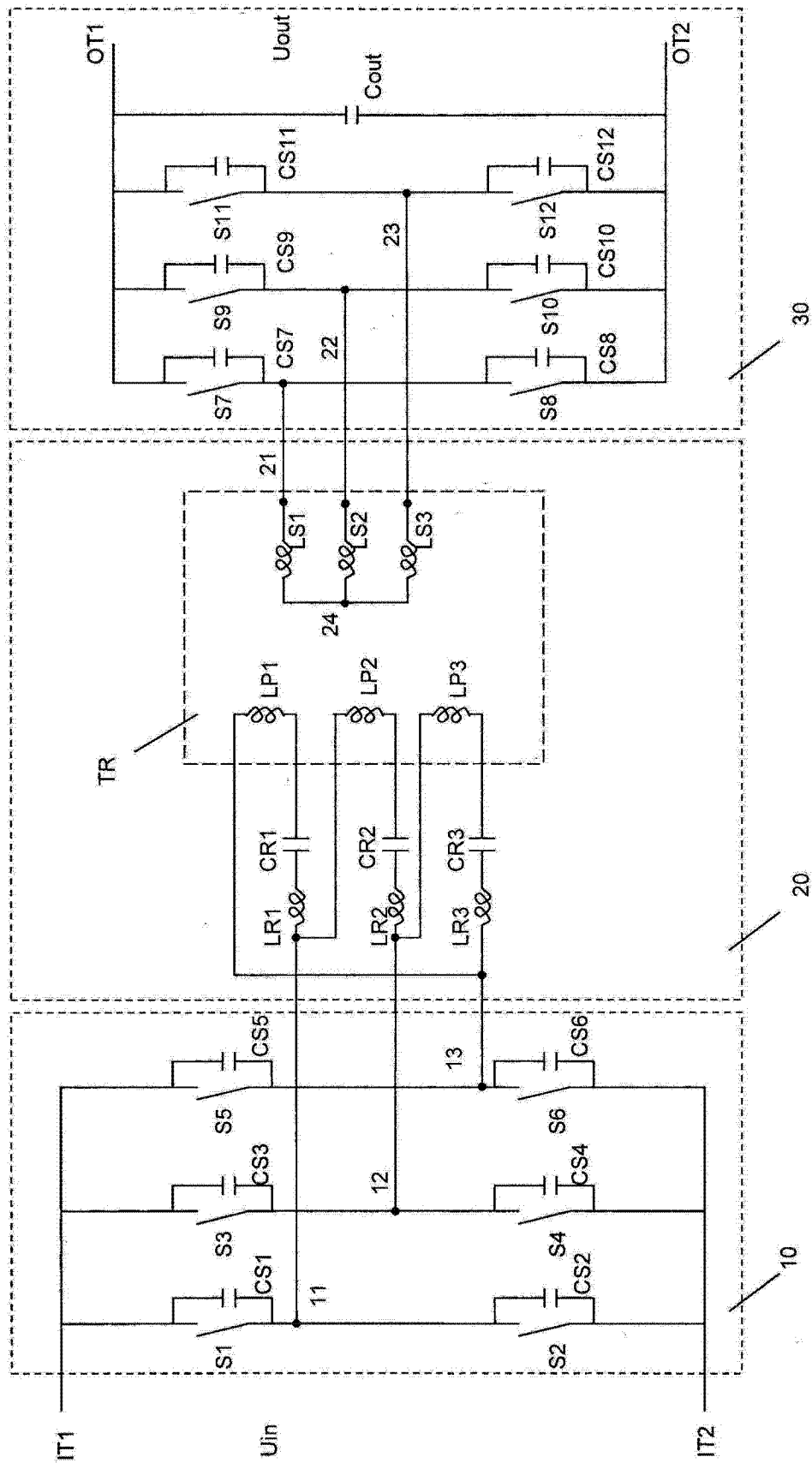


图 6

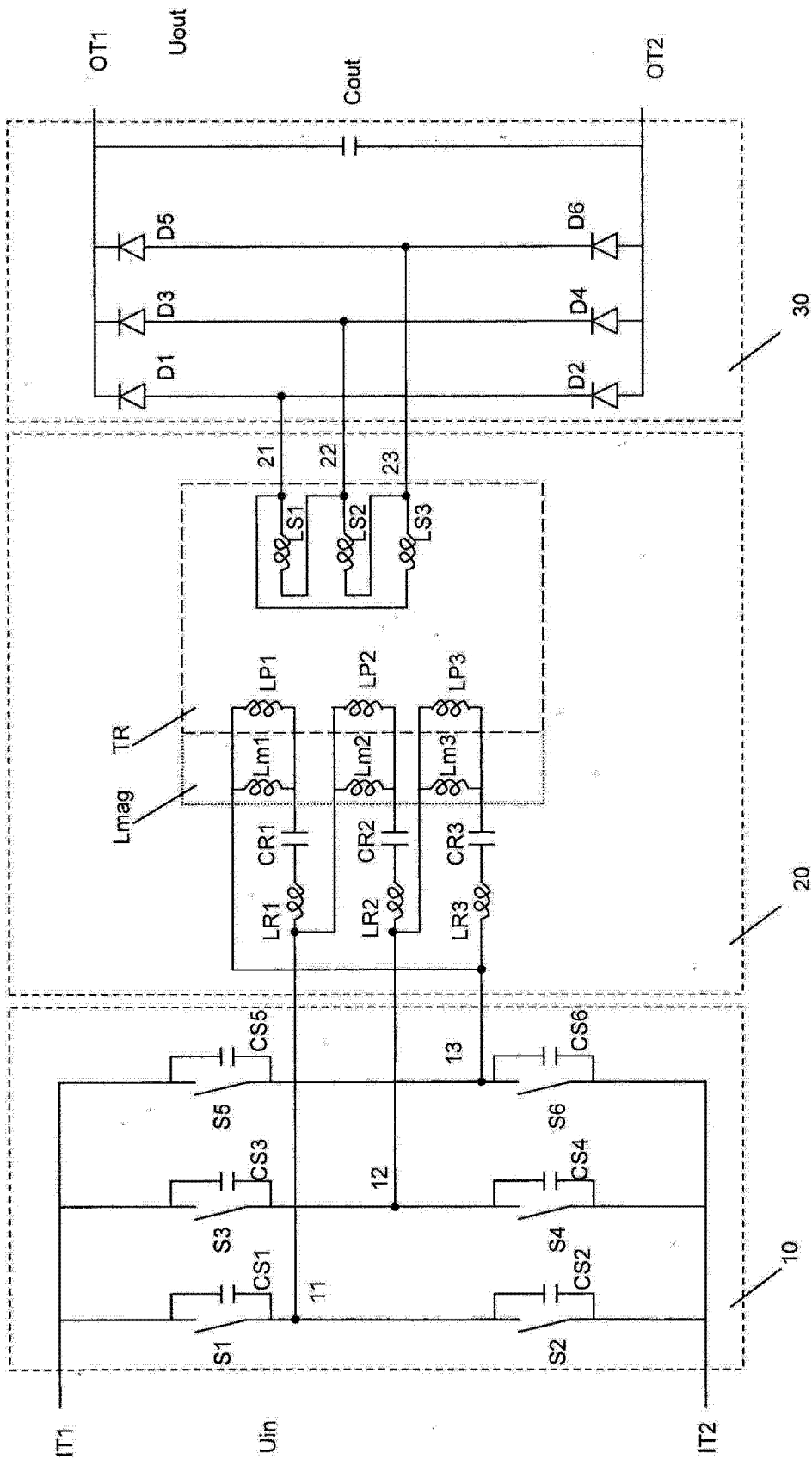


图 7

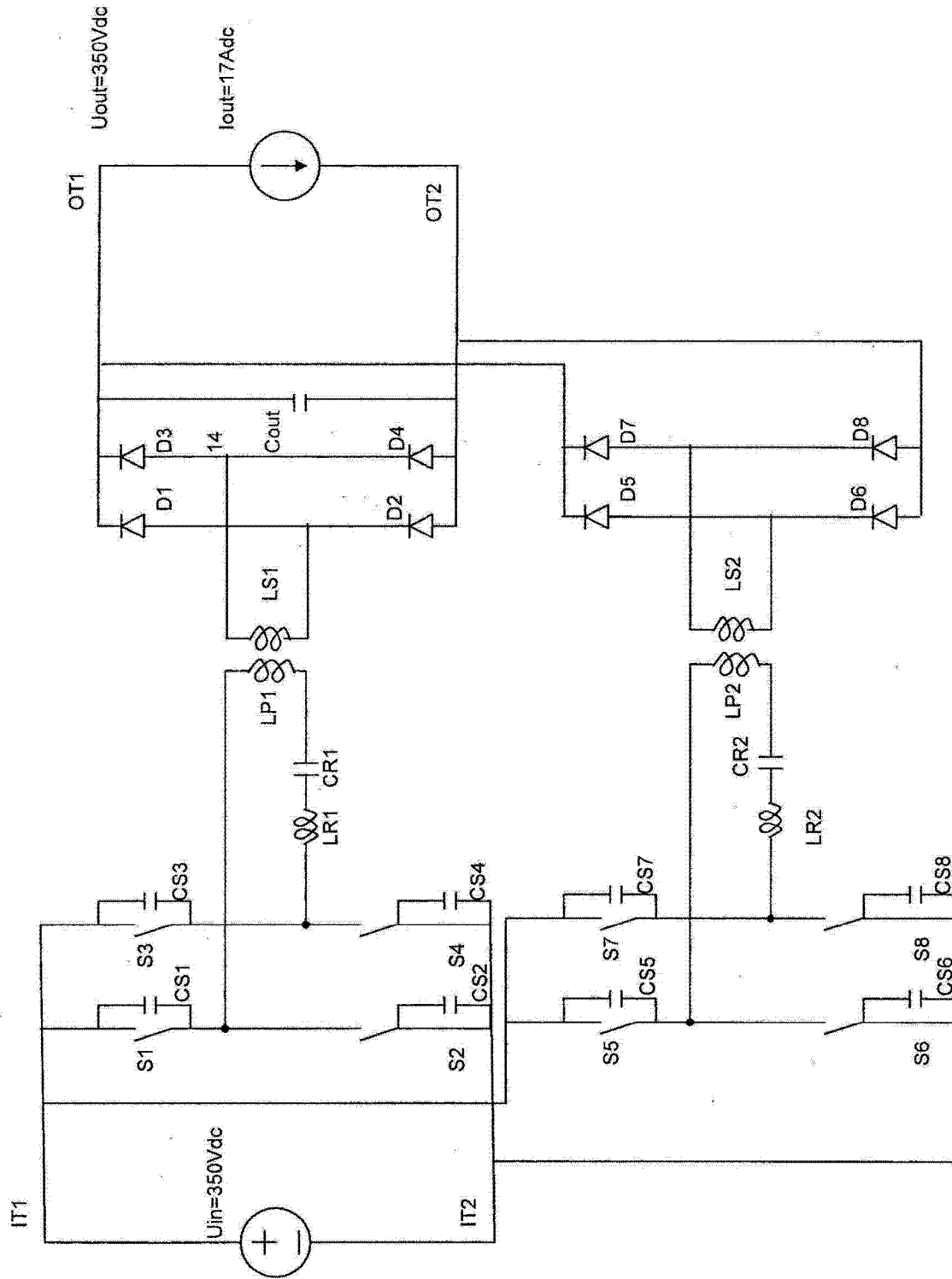


图8(现有技术)

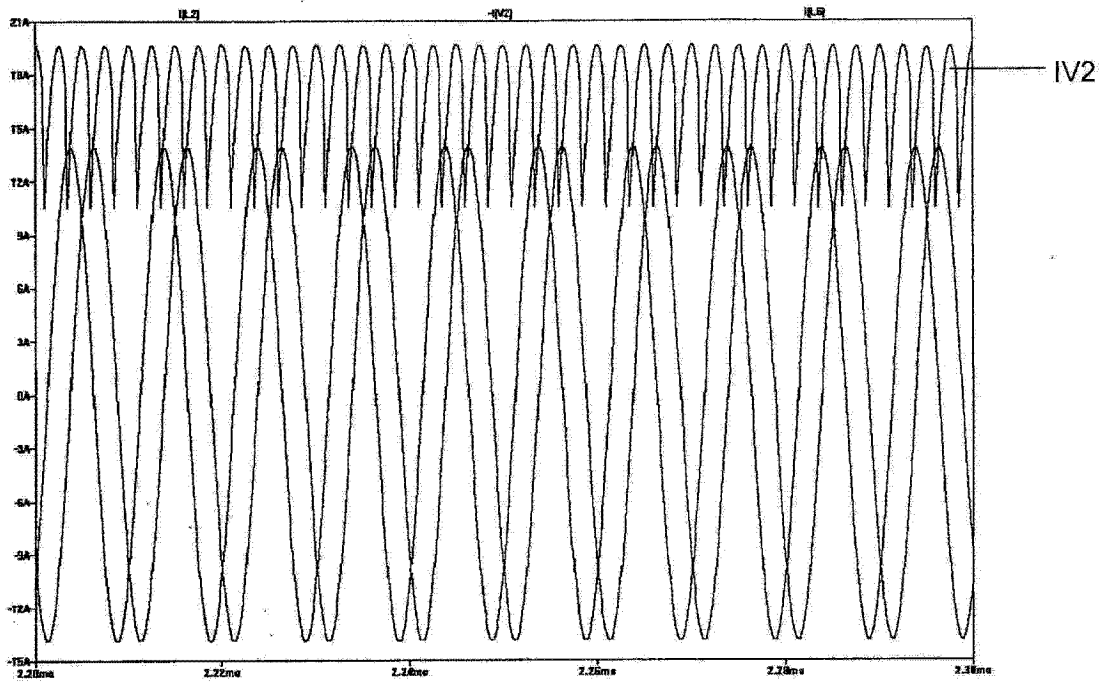


图 9a

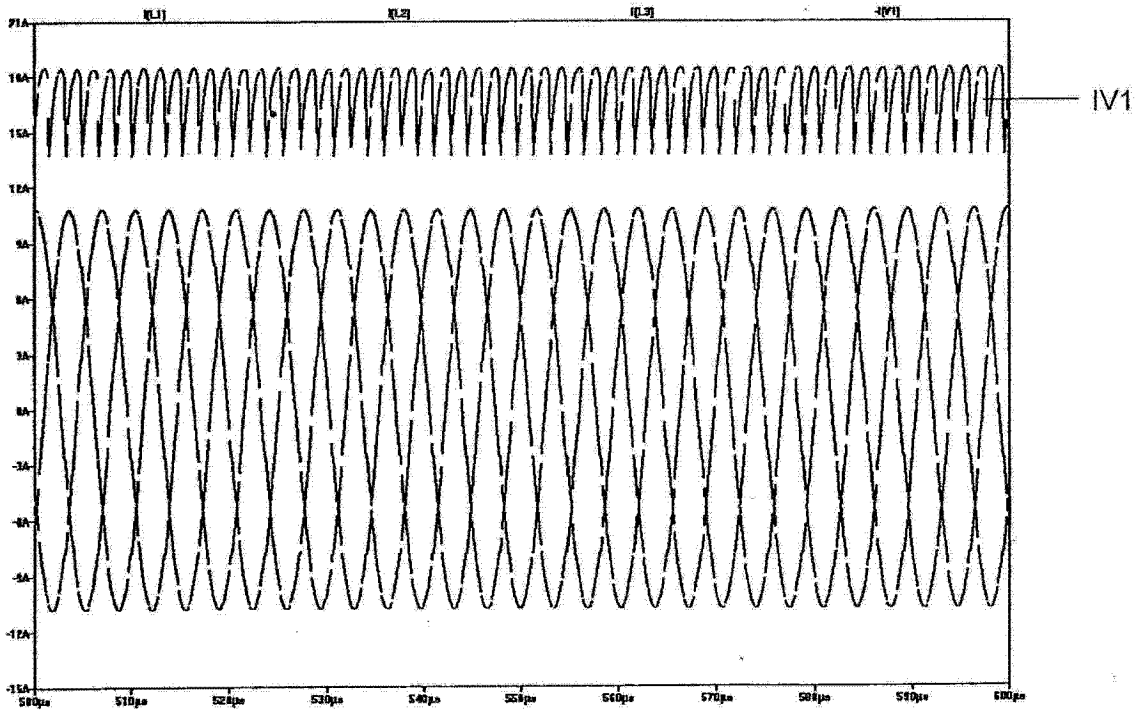


图 9b