

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2012年9月27日 (27.09.2012)



(10) 国际公布号
WO 2012/126436 A2

- (51) 国际专利分类号:
G06F 1/26 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/076129
- (22) 国际申请日: 2012年5月26日 (26.05.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201210079193.5 2012年3月22日 (22.03.2012) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 徐金柱 (XU, Jinzhu) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 潘灯海 (PAN, Denghai) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,

[见续页]

(54) Title: RESONANT CONVERSION CIRCUIT

(54) 发明名称: 一种谐振转换电路

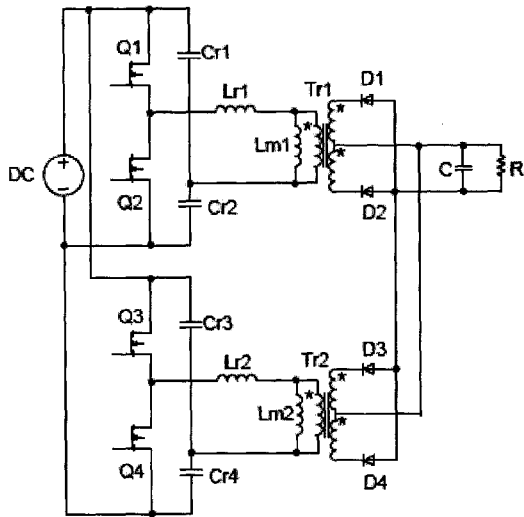


图 2 / Fig. 2

(57) Abstract: Provided in embodiments of the present invention is a resonant conversion circuit, comprising: interleaved parallel resonant conversion circuit units of at least two phases, the interphase magnetism of magnetic devices in the resonant conversion circuit units being integrated on the same magnetic core. Since there is a magnetic circuit coupling effect among the magnetic devices integrated on the same magnetic core, the result is that currents in out-of-phase branch circuits will experience spontaneous current balancing, thus achieving current balancing among the resonant conversion circuit units of each phase in the resonant conversion circuit, and a reduction in the volume of the power source due to the integration of the magnetic devices.

[见续页]

WO 2012/126436 A2



BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 根据申请人的请求, 在条约第 21 条(2)(a)所规定的期限届满之前进行。
- 不包括国际检索报告, 在收到该报告后将重新公布(细则 48.2(g))。

(57) 摘要:

本发明实施例提供了一种谐振转换电路, 包括: 至少两相交错并联的谐振转换电路单元, 所述谐振转换电路单元中的磁性器件相间磁集成于同一磁芯上。因为集成于同一磁芯的磁性器件间存在磁路耦合作用, 所以会导致不同相的电路支路上的电流产生自均流的效果, 从而实现谐振转换电路中的各相谐振转换电路单元的均流, 并且由于磁性器件的集成而减小了电源的体积。

一种谐振转换电路

技术领域

本发明涉及电源领域，尤其涉及一种谐振转换电路。

5 背景技术

谐振转换电路具有转换效率高的优势，所以得到越来越多的应用，典型的LLC对称半桥谐振转换电路单元如图1所示，包括开关器件Q1、Q2、谐振电感Lr、变压器Tr的励磁电感Lm、谐振电容Cr1、Cr2、整流器件D1、D2，此谐振转换电路连接直流电源，电源能量经过变压器的原边传递到副边，
10 经滤波电容C滤波后供给负载R。

虽然谐振转换电路能够获得较高的转换效率，但是在大功率输出时，通过滤波电容C的纹波电流容易超标，因此，实际应用中通常采用将两个谐振转换电路单元交错并联的方式为负载供电，例如，如图2所示：将两个参数相同的LLC谐振转换电路单元交错并联在一起，其输入端并联连接直流电
15 源，输出端并联连接滤波电容C和负载R，其中，两个LLC谐振转换电路电源的原边开关器件的工作频率相同，工作相位相差90度，副边输出电流经整流后相位相差180度，纹波电流相互抵消，流经滤波电容C的纹波电流减小。

但是在实际量产的产品中，谐振电感、谐振电容及变压器的实际参数
20 难免会与标准值存在偏差，因而会导致交错并联在一起的谐振腔的增益不一致，所以，即使两个谐振转换电路单元工作于相同的开关频率，通过每个谐振转换电路单元的电流值的大小也不相同，在电路极端不均流的情况下，会使得一相电路中的电流值过大而烧毁器件。

25 发明内容

有鉴于此，本发明实施例提供了一种谐振转换电路，目的在于解决现有的交错并联连接的谐振转换电路单元不均流的问题。

为实现上述目的，本发明实施例提供了以下方案：

一种谐振转换电路，包括：

5 至少两相交错并联的谐振转换电路单元，所述谐振转换电路单元中的磁性器件相间磁集成于同一磁芯上。

本发明实施例提供的谐振转换电路，由交错并联连接的谐振转换电路单元组成，其中，不同相的磁性器件集成在同一磁芯上，因为集成于同一磁芯的磁性器件间存在磁路耦合作用，所以会导致不同相的电路支路之间的电流产生自均流的效果，从而实现谐振转换电路中的各相谐振转换电路
10 单元的均流。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对
15 实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为 LLC 对称半桥谐振转换电路单元的电路示意图；

20 图 2 为现有的 LLC 谐振转换电路单元交错并联的电路示意图；

图 3 (a)、图 3 (b) 为本发明实施例公开的谐振转换电路的电路示意图；

图 4 为本发明实施例公开的磁集成谐振电感 L_r 的结构示意图；

图 5 为本发明实施例公开的又一种磁集成谐振电感 L_r 的结构示意图；

25 图 6 (a)、图 6 (b) 为本发明实施例公开的又一种谐振转换电路的电路示意图；

图 7 为本发明实施例公开的磁集成第一相谐振电感 $Lr1$ 与第二相变压器 $Tr2$ 或磁集成第二相谐振电感 $Lr2$ 与第一相变压器 $Tr1$ 的结构示意图；

图 8 (a)、图 8 (b) 为本发明实施例公开的又一种谐振转换电路的电路示意图；

5 图 9 为本发明实施例公开的磁集成变压器 Tr 的结构示意图。

具体实施方式

本发明实施例公开了一种谐振转换电路，通过将两相或多相交错并联的谐振转换电路单元中的磁性器件集成设置在同一个磁芯上，利用磁路耦
10 合作用，实现不同相谐振转换电路单元的均流，从而解决现有的谐振转换电路中各相谐振转换电路单元不均流的问题。

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没
15 有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

本发明实施例公开的一种谐振转换电路，包括：两相或多相交错并联连接的谐振转换电路单元，所述谐振转换电路单元中的磁性器件相间磁集成于同一磁芯上。

20 可选地，所述谐振转换电路单元可以为对称半桥 LLC 谐振转换电路单元，也可以为非对称半桥 LLC 谐振转换电路单元。

如图 3 (a) 所示的谐振转换电路为两相对称半桥 LLC 谐振转换电路，由如图 1 所示的两个 LLC 谐振转换电路单元交错并联连接而成，包括第一相开关器件 $Q1$ 、 $Q2$ 、第一相谐振电容 $Cr1$ 、 $Cr2$ 、第一相变压器 $Tr1$ 及其励
25 磁电感 $Lm1$ 、第一相整流器件 $D1$ 、 $D2$ ，第二相开关器件 $Q3$ 、 $Q4$ 、第二相谐振电容 $Cr3$ 、 $Cr4$ 、第二相变压器 $Tr2$ 及其励磁电感 $Lm2$ 、第二相整流器

件 D3、D4，及磁集成电感 Lr。

如图 3(b)所示的谐振转换电路为两相非对称半桥 LLC 谐振转换电路，与 3 相比，区别仅在于谐振电容上，3 (b) 中的第一相谐振电容为 Cr1，第二相谐振电容为 Cr2。

5 图 3 (a) 和图 3 (b) 中，Lr 为两个谐振转换电路单元中的谐振电感磁集成于同一磁芯形成的，具体的磁集成方式可以如图 4 所示：

将第一相谐振电感 401 设置在第一 E 型磁芯 403 上，将第二相谐振电感 402 设置在第二 E 型磁芯上 404，设置方式具体可以为将谐振电感线圈绕在 E 型磁芯的中柱上，再将两个 E 型磁芯集成在一个 I 型磁芯 405 上，可以通过调整 E 型磁芯与 I 型磁芯之间的空气间隙来调整两相谐振电感之间的耦合系数，耦合系数的大小可以决定两相支路间的均流效果，耦合系数越大，均流效果越好，但是耦合系数过大，会影响谐振电路的性能，实际应用中，可以取两相谐振电感间的耦合电感量为单相电感量的 0.5%~5%。

15 或者，将图 4 中的 E 型磁芯替换为 PQ 型磁性，磁集成谐振电感 Lr 的具体设置方式也可以为：

将第一相谐振电感设置在第一 PQ 型磁芯上，将第二相谐振电感设置在第二 PQ 型磁芯上，设置方式具体可以为将谐振电感线圈绕在 PQ 型磁芯的中柱上，再将两个 PQ 型磁芯集成在一个 I 型磁芯上，同样地，也可以通过调整 PQ 型磁芯与 I 型磁芯间的空气间隙来调整两相谐振电感之间的耦合系数。

20 或者，磁集成谐振电感 Lr 的具体设置方式还可以如图 5 所示：

将第一 E 型磁芯 503 和第二 E 型磁芯 504 的相对设置，使得第一 E 型磁芯的中柱与第二 E 型磁芯的中柱相对，第一 E 型磁芯的两个边柱与第二 E 型磁芯的两个边柱分别相对，第一相谐振电感 501 和第二相谐振电感 502 分别设置在两个相对的边柱上，设置方式具体可以为将谐振电感线圈绕在 E 型磁芯的边柱上，边柱上设置空气间隙，可通过调整两个 E 型磁芯中柱之

间的空气间隙的长度来调整耦合系数。

图 3 (a) 和图 3 (b) 所示的谐振转换电路中，两相谐振转换电路单元
 并联在直流电源上，两个谐振转换电路单元的原边开关器件的工作频率相
 同，工作相位相差 90 度，电能通过第一相变压器和第二相变压器的原边传
 5 递到次边，经过整流器件整流后，两相电流波形相位相差 180°，使交流纹
 波电流相互抵消而大大降低，再经滤波电容 C 滤波后为负载 R 供电。其中，
 在电流经过磁集成电感 Lr 时，会产生磁路耦合作用，从而使得两相支路上
 的电流值产生均流现象。

为了验证本发明实施例所述的谐振转换电路的自均流效果，本实施例
 10 提供了以下电路的仿真实验：

表 1 仿真数据表

变量

15

仿真 Lr1
 (谐振电感) Lr2
 (谐振电感) Lm1\Lm2
 20 (励磁电感) Cr1\ Cr2
 (谐振电容) Cr3\ Cr4
 (谐振电容) K

(集成电感耦合系数) 仿真均流效果

25

仿真 1 12uH 12uH 72uH 100nF\100nF 100nF\100nF 0 (50%,
 50%)
 仿真 2 12uH 12uH 72uH 97nF\
 97nF 103nF\103nF 0 (35.54%,

63.46%)

仿真 3 12uH 12uH 72uH 97nF\

97nF 103nF\103nF 0.01 (45.71%,

54.29%)

5

如表 1 中所示, 仿真 1 模拟谐振元件参数一致的理想状态, 即: 第一相谐振电感 L_{r1} 和第二相谐振电感 L_{r2} 分别为 12uH, 第一相谐振电容 C_{r1} 和 C_{r2} 均为 100nF; 仿真 2 模拟如图 2 所示的交错并联谐振转换电路中谐振元件参数与标准值相比偏差 $\pm 3\%$ 的实际使用状态, 即: 第一相谐振电感为 L_{r1} 和第二相谐振电感 L_{r2} 分别为 12uH, 第一相谐振电容 C_{r1} 和 C_{r2} 分别为 97nF, 第二相谐振电容 C_{r3} 和 C_{r4} 分别为 103nF; 仿真 3 模拟本实施例图 3 (a) 所示的电路中谐振元件参数同样与标准值相比偏差 $\pm 3\%$ 的实际使用状态, 即仿真 3 中谐振元器件的参数与仿真 2 中相同。在其它元器件参数相同的情况下, 三组仿真实验的结果表明, 在谐振元件参数一致的理想状态下, 两相支路中的电流值各占电流总量的 50%, 在没有将谐振元件磁集成的仿真 2 中, 当谐振元件参数与标准值相比偏差 $\pm 3\%$ 时, 两相支路中电流各占 35.54%和 63.46%, 可见, 出现了明显的不均流现象, 而在采用了谐振器件磁集成电路的仿真 3 中, 同样谐振元件参数与标准值相比偏差 $\pm 3\%$ 时, 两相支路中电流各占 45.71%和 54.29%, 与仿真 2 相比, 不均流的现象得到了改善。

本实施例所述的谐振转换电路将两相谐振电感集成于一个磁芯上, 由于两相之间的谐振电感存在磁耦合, 因此改善了由于两相谐振元件参数的不一致带来的输入输出不均流问题, 降低了器件参数的精度要求以及生产筛选成本, 无需复杂的控制手段来平衡两相之间的输入输出电流, 增加了电源转换器的可靠性。同时由于采用了磁集成技术, 单个集成的谐振电感 L_r 所占电源的空间小于两个分立谐振电感的体积之和, 从而减小了电源的体积, 进一步提升了电源的功率密度。

本发明实施例还公开了一种谐振转换电路，如图 6 所示，其中图 6 (a) 为两相对称半桥 LLC 谐振转换电路，由如图 1 所示的两个 LLC 谐振转换电路单元交错并联连接而成，包括第一相开关器件 Q1、Q2、第一相谐振电感 Lr1、第一相谐振电容 Cr1、Cr2、第一相变压器 Tr1 及其励磁电感 Lm1、第一相整流器件 D1、D2，第二相开关器件 Q3、Q4、第二相谐振电感 Lr2、第二相谐振电容 Cr3、Cr4、第二相变压器 Tr2 及其励磁电感 Lm2、第二相整流器件 D3、D4，其中，第一相谐振电感 Lr1 与第二相变压器 Tr2 磁集成于同一磁芯上，第二相谐振电感 Lr2 与第一相变压器 Tr1 磁集成于同一磁芯上；图 6 (b) 为两相非对称半桥 LLC 谐振转换电路，与图 6 (a) 相比，区别仅在于谐振电容上，图 6 (b) 中的第一相谐振电容为 Cr1，第二相谐振电容为 Cr2。

图 6 (a) 和图 6 (b) 中，磁集成第一相谐振电感 Lr1 与第二相变压器 Tr2 或磁集成第二相谐振电感 Lr2 与第一相变压器 Tr1 的具体设置方式可以如图 7 所示：

将第一（或第二）相谐振电感 801 设置在第一 E 型磁芯 803 上，将第二（或第一）相变压器 802 设置在第二 E 型磁芯上 804，设置方式具体可以为将谐振电感线圈或变压器原、次级线圈绕在 E 型磁芯的中柱上，再将两个 E 型磁芯集成在一个 I 型磁芯 805 上，可以通过调整 E 型磁芯与 I 型磁芯之间的空气间隙来调整谐振电感与变压器之间的耦合系数。

或者，使用 PQ 型磁芯代替 E 型磁芯，即：：

将第一（或第二）相谐振电感设置在第一 PQ 型磁芯上，将第二（或第一）相变压器设置在第二 PQ 型磁芯上，设置方式具体可以为将谐振电感线圈或变压器原、次级线圈绕在 PQ 型磁芯的中柱上，再将两个 PQ 型磁芯集成在一个 I 型磁芯上，可以通过调整 PQ 型磁芯与 I 型磁芯之间的空气间隙来调整谐振电感与变压器之间的耦合系数。

本实施例所述的谐振转换电路中，谐振电感与变压器相间磁集成于一个磁芯上，解决了两相支路上的电流不均流的问题，同时也减小了电路的体积。

5 本发明实施例还公开了一种谐振转换电路，如图 8 所示，其中图 8 (a) 为两相对称半桥 LLC 谐振转换电路，由如图 1 所示的两个 LLC 谐振转换电路单元交错并联连接而成，包括第一相开关器件 Q1、Q2、第一相谐振电容 Cr1、Cr2、第一相整流器件 D1、D2，第二相开关器件 Q3、Q4、第二相谐振电容 Cr3、Cr4、第二相整流器件 D3、D4 和磁集成变压器 Tr（该磁集成
10 变压器 Tr 中包含励磁电感 Lm1 和 Lm2）、磁集成谐振电感 Lr，其中，磁集成变压器为两个谐振电路单元的变压器集成在同一磁芯形成，磁集成谐振电感由两个谐振转换电路单元的谐振电感集成在同一磁芯形成；图 8 (b) 为两相非对称半桥 LLC 谐振转换电路，与图 8 (a) 相比，区别仅在于谐振电容，图 8 (b) 中的第一相谐振电容为 Cr1，第二相谐振电容为 Cr2。

15 图 8 (a) 和图 8 (b) 中，磁集成谐振电感 Lr 的设置方式可以前述实施例中图 4 或图 5 所示。

磁集成变压器 Tr 的具体设置方式可以如图 9 所示：

20 将第一变压器 1001 设置在第一 E 型磁芯 1003 上，将第二变压器 1002 设置在第二 E 型磁芯 1004 上，设置方式具体可以为将变压器原副边线圈绕在 E 型磁芯的中柱上，再将两个 E 型磁芯集成在一个 I 型磁芯 1005 上。

或者，使用 PQ 型磁芯代替 E 型磁芯，磁集成变压器 Tr 的具体设置方式也可以如下：

25 将第一变压器设置在第一 PQ 型磁芯上，将第二变压器设置在第二 PQ 型磁芯上，设置方式具体可以为将变压器原副边线圈绕在 PQ 型磁芯的中柱上，再将两个 PQ 型磁芯集成在一个 I 型磁芯上。

本实施例所述的谐振转换电路中，将两个谐振转换电路单元中的谐振

电感磁集成在一个磁芯上，且还将两个谐振转换电路单元中的变压器也磁集成在另一个磁芯上，不仅使得两相谐振转换电路实现了自均流，还减小了电路的体积。

5 需要说明的是，上述实施例中均是以 LLC 谐振转换单元为例进行描述，本领域技术人员容易想到的，除 LLC 谐振转换单元外，谐振转换单元还可以为串联谐振转换单元、并联谐振转换单元、串并联谐振转换单元等；并且谐振转换单元中的连接类型也并不限于上述实施例中提到的对称半桥连接和非对称半桥连接，还可以包括全桥连接等方式。

10 本发明实施例所述的谐振转换电路将磁性器件相间磁集成于同一磁芯上，两相之间的磁性器件存在磁耦合，从而改善了由于两相谐振元件参数的不一致带来的输入输出不均流问题，降低了器件参数的精度要求以及生产筛选成本，无需复杂的控制手段来平衡两相之间的输入输出电流，增加了电源转换器的可靠性。同时由于采用了磁集成技术，减小了电源的体积，
15 进一步提升了电源的功率密度。

本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其它实施例的不同之处，各个实施例之间相同或相似部分互相参见
20 即可。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本发明将不会被限制于本文所示的
25 这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权利要求

1、一种谐振转换电路，其特征在于，包括：

5 至少两相交错并联的谐振转换电路单元，所述谐振转换电路单元中的磁性器件相间磁集成于同一磁芯上。

2、根据权利要求 1 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转换电路单元中的磁性器件相间磁集成于同一磁芯上包括：

所述谐振转换电路单元中的谐振电感相间磁集成于同一磁芯上。

10 3、根据权利要求 2 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转换电路单元中的谐振电感相间磁集成于同一磁芯上包括：

不同相的谐振电感分别设置在不同的 E 型磁芯上，所述不同的 E 型磁芯集成在同一 I 型磁芯上。

4、根据权利要求 3 所述的谐振转换电路，其特征在于，通过调整所述
15 E 型磁芯与所述 I 型磁芯之间的空气间隙来调整两相谐振电感之间的耦合系数。

5、根据权利要求 2 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转换电路单元中的谐振电感相间磁集成于同一磁芯上包括：

20 不同相的谐振电感分别设置在不同的 PQ 型磁芯上，所述不同的 PQ 型磁芯集成在同一 I 型磁芯上。

6、根据权利要求 5 所述的谐振转换电路，其特征在于，通过调整所述 PQ 型磁芯与所述 I 型磁芯之间的空气间隙来调整两相谐振电感之间的耦合系数。

7、根据权利要求 2 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转换
25 电路单元中的谐振电感相间磁集成于同一磁芯上包括：

不同相的谐振电感分别设置在由两个 E 型磁芯集成的磁芯的不同边柱

上。

8、根据权利要求 7 所述的谐振转换电路，其特征在于，通过调整所述两个 E 型磁芯中柱之间的空气间隙来调整两相谐振电感之间的耦合系数。

9、根据权利要求 1 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转换
5 电路单元中的磁性器件相间磁集成于同一磁芯上包括：

所述谐振转换电路单元中的谐振电感与变压器相间磁集成于同一磁芯上。

10、根据权利要求 9 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转换
10 电路单元中的谐振电感与变压器相间磁集成于同一磁芯上包括：

第一相谐振电感和第二相变压器分别设置在不同的 E 型磁芯上，所述
10 不同的 E 型磁芯集成于 I 型磁芯上。

11、根据权利要求 10 所述的谐振转换电路，其特征在于，通过调整所
述 E 型磁芯与所述 I 型磁芯之间的空气间隙来调整所述第一相谐振电感与
所述第二相变压器之间的耦合系数。

12、根据权利要求 9 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转
15 换电路单元中的谐振电感与变压器相间磁集成于同一磁芯上包括：

第一相谐振电感和第二相变压器分别设置在不同的 PQ 型磁芯上，所述
不同的 PQ 型磁芯集成于 I 型磁芯上。

13、根据权利要求 12 所述的谐振转换电路，其特征在于，通过调整所
20 述 PQ 型磁芯与所述 I 型磁芯之间的空气间隙来调整所述第一相谐振电感与
所述第二相变压器之间的耦合系数。

14、根据权利要求 1 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转
换电路单元中的磁性器件相间磁集成于同一磁芯上包括：

所述谐振转换电路单元中的谐振电感相间磁集成于同一磁芯上，且变
25 压器相间磁集成于同一磁芯上。

15、根据权利要求 14 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述变压器

相间磁集成于同一磁芯上包括：

第一相变压器和第二相变压器分别设置在不同的 E 型磁芯上，所述不同的 E 型磁芯集成于 I 型磁芯上。

16、根据权利要求 14 所述的谐振转换电路，其特征在于，所述变压器
5 相间磁集成于同一磁芯上包括：

第一相变压器和第二相变压器分别设置在不同的 PQ 型磁芯上，所述不同的 PQ 型磁芯集成于 I 型磁芯上。

17、根据权利要求 1 至 16 任一项所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转换电路单元包括：

- 10 对称半桥谐振转换电路单元；
或者，非对称半桥谐振转换电路单元；
或者，全桥谐振转换电路单元。

18、根据权利要求 1 至 16 任一项所述的谐振转换电路，其特征在于，所述谐振转换电路单元包括：

- 15 LLC 谐振转换电路单元、串联谐振转换电路单元、并联谐振转换电路单元、或者串并联谐振转换电路单元。

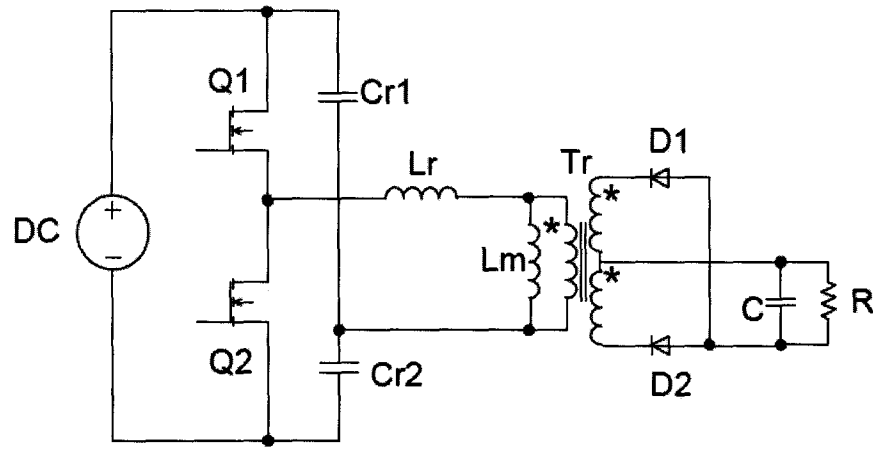


图 1

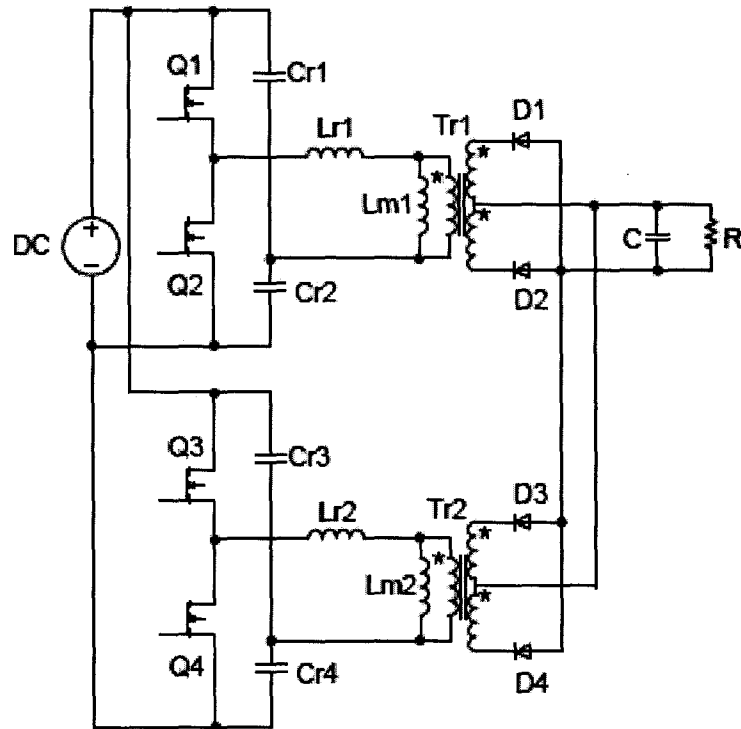


图 2

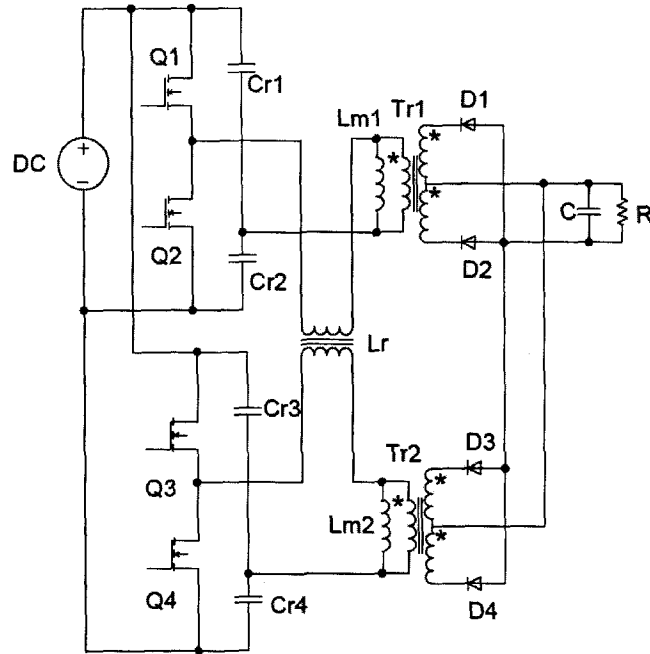


图 3(a)

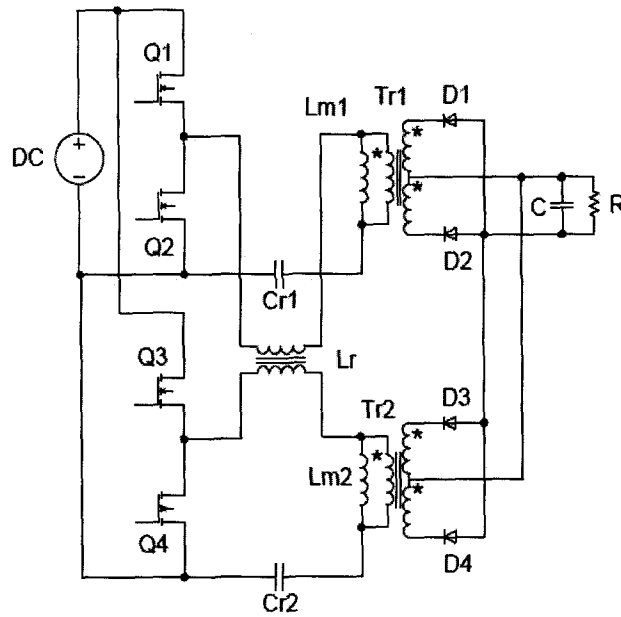


图 3(b)

替换页 (细则第26条)

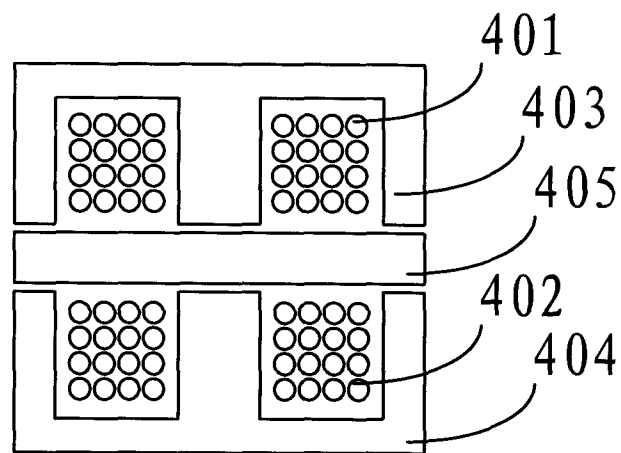


图 4

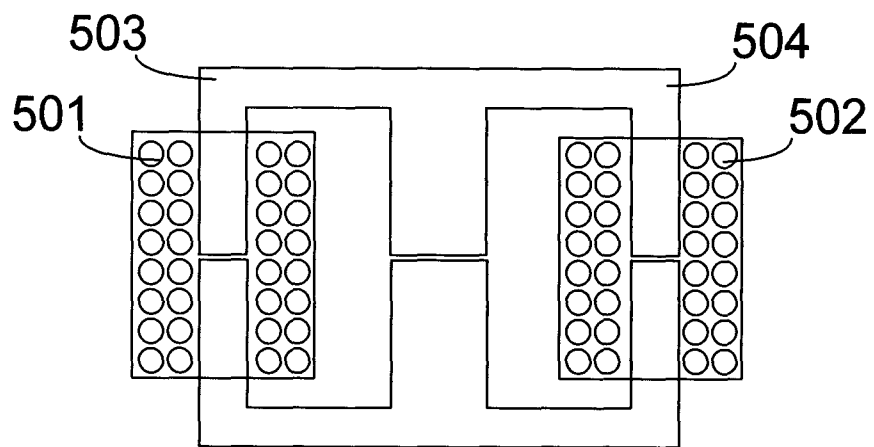


图 5

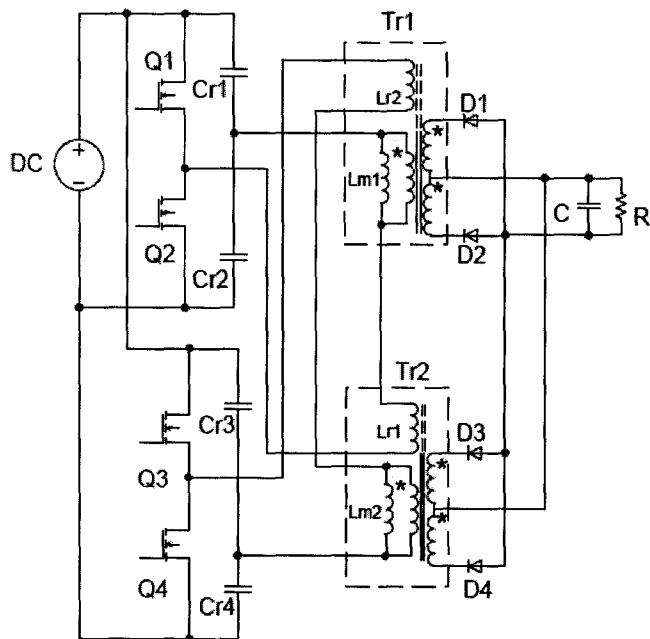


图 6 (a)

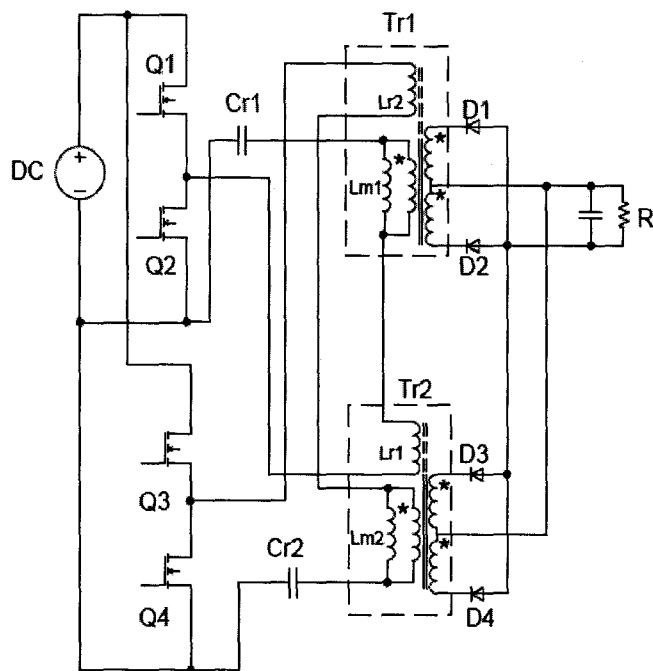


图 6 (b)

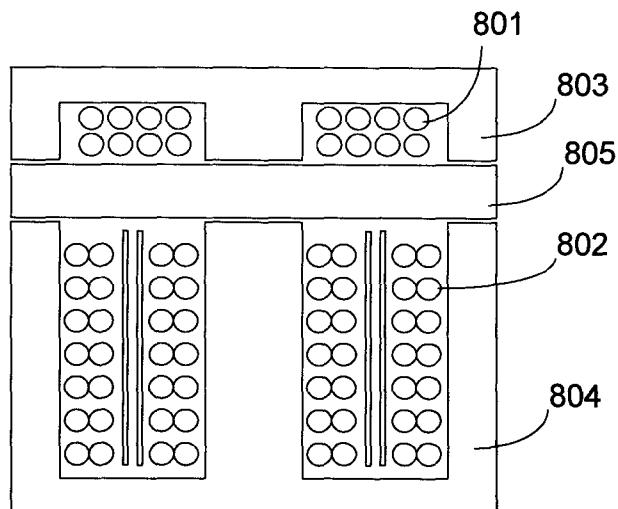


图 7

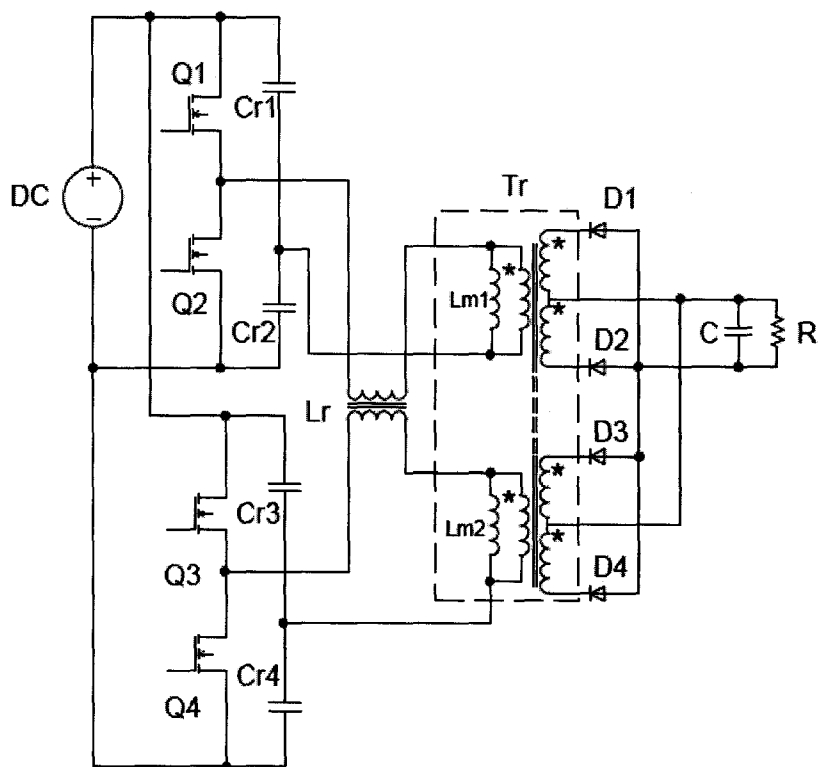


图 8 (a)

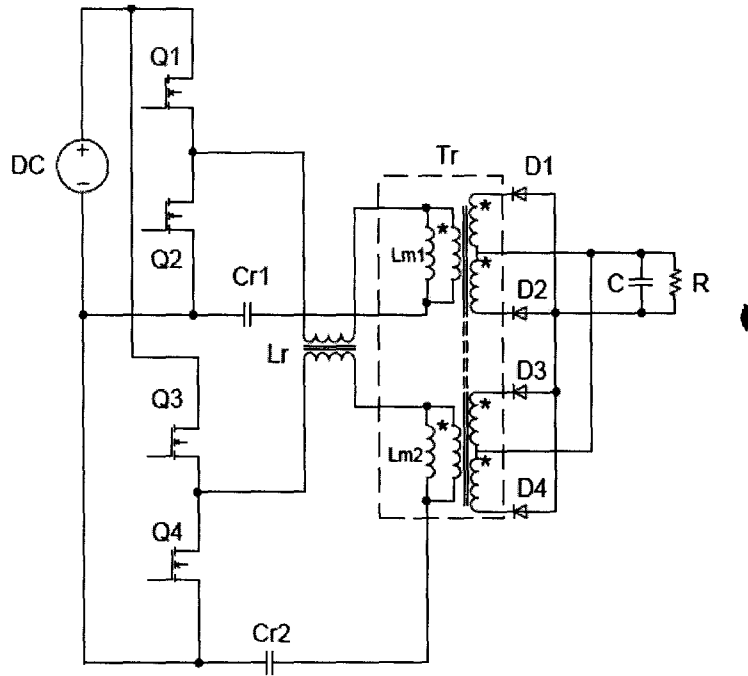


图 8 (b)

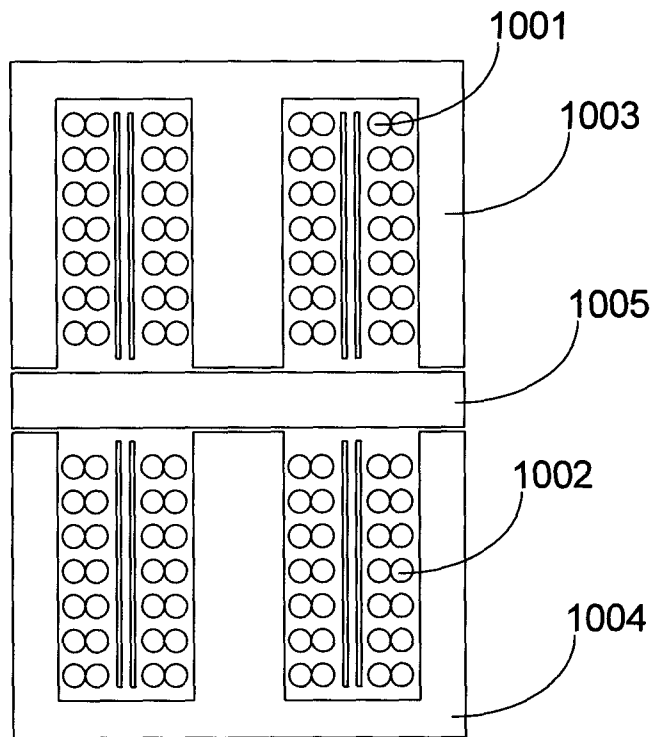


图 9