

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H02M 3/28

H02M 3/335



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 01122646.3

[45] 授权公告日 2004 年 7 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1158746C

[22] 申请日 2001.6.26 [21] 申请号 01122646.3

[71] 专利权人 艾默生网络能源有限公司

地址 广东省深圳市龙岗区坂雪岗工业区华
电厂房一楼三楼

[72] 发明人 周代文

审查员 柴德娥

[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司

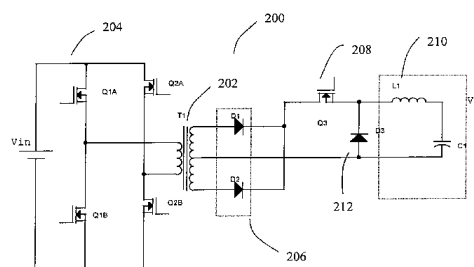
代理人 陈 红

权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称 一种实现功率开关的零电流开通和关断的控制方法及其电路

[57] 摘要

一种实现功率开关的零电流开通和关断的控制方法及其电路，包括：在变压器的原侧边设置若干主功率开关，在副侧边设置软开关控制单元，在所述主功率开关开通后一预定时间开通所述软开关控制单元；而在该主功率开关关断前一预定时刻，关断所述软开关控制单元以阻断所述负载与所述变压器副侧边的连接。本发明电路设置有主开关单元，包含若干主功率开关；软开关电路单元，与负载串联。通过在负载与输出端之间加入辅助功率开关管，实现软开关结构简单，并实现零电压开关。



- 1、一种实现功率开关的零电流开通和关断的控制方法，包括
 - a) 在一变压器的原边侧设置若干主功率开关；
 - 5 b) 在一变压器的副边侧设置一软开关控制单元，与负载相接；
 - c) 在所述主功率开关开通后一预定时刻开通所述软开关控制单元，用于在所述主功率开关开通过程中阻断所述负载与所述变压器副边侧的连接；
 - d) 在所述主功率开关关断前一预定时刻，关断所述软开关控制单元，
10 用于在所述主功率开关关断过程中阻断所述负载与所述变压器副边侧的连接。
- 2、根据权利要求1所述的方法，其中还包括
 - e) 在所述负载与所述软开关控制单元之间设置一滤波单元；
 - f) 在所述变压器副边侧设置一续流元件，与所述滤波单元构成回路，
15 用于在所述软开关控制单元关断后，所述滤波单元的续流。
- 3、根据权利要求2所述的方法，其中还包括
 - g) 将所述主功率开关组成桥式电路；
 - h) 在所述变压器副边侧的正半周工作电路中设置第一软开关控制元件，用于所述桥式电路的工作在正半周的功率开关开通后的一预定时刻之前以及关断前一预定时刻切除所述负载与所述变压器副边侧的连接和用于正半周输出整流；
20 i) 在所述变压器副边侧的负半周工作电路中设置第二软开关控制元件，用于所述桥式电路的工作在负半周的功率开关开通后的一预定时刻之前以及关断前一预定时刻切除所述负载与所述变压器副边侧的连接和用于负半周输出整流。
25

- 4、一种实现功率开关的零电流开通和关断的电路，包括
- 一变压器，其原边侧与一电源相接，副边侧与负载相接，其特征在于，所述电路包括
- 一主开关单元，包含若干功率开关，分别设置在所述变压器原边侧的
- 5 正负半周工作电路；和
- 一软开关控制单元，与负载端相串连，用于在所述主开关单元的所述每一功率开关开通后的一预定时刻之前以及关断前一预定时刻切除所述负载与所述变压器副边侧的连接。
- 5、根据权利要求 4 所述的电路，其特征在于，所述软开关控制单元
- 10 为一功率开关元件，其漏极和源极连接在所述变压器和所述负载之间。
- 6、根据权利要求 5 所述的电路，其特征在于，所述电路还包括滤波单元，包含
- 一输出滤波电感，与所述负载相串连；和
- 一电容，自所述滤波电感与所述负载的节点与所述负载相并联。
- 15 7、根据权利要求 6 所述的电路，其特征在于，所述电路还包括一续流元件，自所述软开关控制单元与所述滤波电感的节点与所述电感和所述电容构成回路。
- 8、根据权利要求 6 所述的电路，其特征在于，所述续流元件为一二极管，其阴极与所述软开关控制单元与所述滤波电感的节点相接。
- 20 9、根据权利要求 6 所述的电路，其特征在于，所述续流元件为一电容元件。
- 10、根据权利要求 6 所述的电路，其特征在于，所述电路还包括输出整流单元，连接在所述软开关元件与所述变压器副边之间。
- 11、根据权利要求 4 所述的电路，其特征在于，所述主开关单元为桥
- 25 式电路。

12、根据权利要求 11 所述的电路，其特征在于，所述软开关控制单元包含

第一功率开关，连接在所述变压器副边侧，用于所述主开关单元的工作在正半周的功率开关开通后的一预定时刻以及关断前一预定时刻切除
5 所述负载与所述变压器副边侧的连接和用于正半周输出整流；

第二功率开关，连接在所述变压器副边侧，用于所述主开关单元的工作在负半周的功率开关开通后的一预定时刻以及关断前一预定时刻切除
所述负载与所述变压器副边侧的连接和用于负半周输出整流。

13、一种实现功率开关的零电流开通和关断的控制方法，包括
10 a) 在一变压器的原边侧设置由主功率开关构成的全桥控制电路；
b) 将所述全桥控制电路的正半周及负半周工作的两个桥臂上的任一
开关设置成软开关控制单元；

c) 所述任一桥臂上的主功率开关开通后一预定时刻开通所述软开关
控制单元，用于在所述主功率开关开通过程中通过切除负载实现该主功率
15 开关的零电流开通；

d) 所述任一桥臂上的所述主功率开关关断前一预定时刻，关断所述
软开关控制单元，用于在所述主功率开关关断过程中通过切除负载实现所
述主功率管的零电流关断。

14、一种实现功率开关的零电流开通和关断的电路，包括
20 一变压器，其原边侧与一电源相接，副边侧与负载相接；和
一全桥控制电路，由功率开关管组成，连接在所述变压器的原边侧，
其特征在于，所述全桥控制电路包括

第一桥臂，用于所述电路的正半周控制，具有一主开关和一软开关，
其中该软开关分别在该主开关开通后的一预定时刻之前开通以及在该主
25 开关关断前一预定时刻关断；和

第二桥臂，用于所述电路的负半周控制，具有一主开关和一软开关，其中该软开关分别在该主开关开通后的一预定时刻之前开通以及在该主开关关断前一预定时刻关断。

一种实现功率开关的零电流开通和关断的控制方法及其电路

本发明涉及一种适用于正激式电路拓扑的实现功率开关零电流开通
5 和关断的控制方法及其电路，特别是涉及一种利用将负载端切除的方法实现功率元件的软开关的方法。

在开关电源中，功率管如果工作在硬开通硬关断状态，开关过程中的
损耗非常大，对电源的效率有很大的影响；同时硬开关的电压和电流在开
关过程中剧烈变化会产生很大的电磁干扰 EMI。另一方面，为了减小电源
10 的体积和重量，高频化是一种趋势；然而，电源工作频率的提高，极大地
增加了开关损耗，这样会对电源的散热要求更高。因此，经过长期实践，
人们提出了软开关技术，即在零电流或零电压的状态下将功率开关开通或
关断，目的就是为了提高电源的效率以及提高电源的功率密度。

目前的软开关技术较多，主要有两大类。一种是通过外加电感、电容、
15 二极管等通过谐振实现零电压或零电流开通、关断；另一种是通过并联一
只辅助开关管，同时加上必要的谐振电容、谐振电感来实现软开关技术。
中国专利号 96120581.4 公开了一种实现软开关脉宽调制的方法。它是双
管正激电路、谐振电路和连接上述两电路的二极管和控制电路组成的双管
正激软开关逆变电路完成的，请参照图 1A 所示的实现该方法的电路图。
20 其中，双管正激电路由主开关 S1、S2、直流电源 E_c 、负载等效电感 L_r
和负载等效电阻 R 组成；谐振电路由电容 C1、C2、电感 L、辅助开关 S3、
二极管 D3 串联组成；在双管正激电路中还接有箝位二极管 D5 和 D6。显
而易见，这种现有技术的电路中，是通过辅助开关 S3 产生谐振，并利用
谐振电路使主开关 S1 和 S2 上的电流实现自然过零，请参阅图 1B 所示的
25 各个元件之间的工作波形图，主开关 S1 和 S2 分别是在 T1 时刻开通并在

T2 时刻关断。然而采用这种现有技术的方法是由于增加谐振电路来实现的，相应地便增加了元器件，而谐振电感 L_r 和谐振电容 C_1 及 C_2 的体积均较大，因此较难满足提供提高功率密度的要求。

中国专利 98113189.1 公开了另一种现有技术的实现软开关的技术，
5 它包括一个主开关 103, 一个辅助开关 106, 一个与主开关 103 并联的续流二极管 100, 一个与主开关 103 并联连接的谐振电容 104, 一个电流源 109, 一个谐振电感 105, 一个主二极管 107, 一个馈能装置 108 和一个电压源 101 组成，如图 2 所示。该主开关 103 与辅助开关 106 都是周期地断开和接通，并且这种现有技术的电路需要在辅助开关 106 断开的同时接通主开关 103，在所述主开关 103 断开后一段时间又接通辅开关 106。由于电感 105 连接在电流源 109 与主二极管 107 同主开关 103 的连接点之间，如 B 点，所以辅二极管 108 在辅助开关断开时馈送谐振电感 105 的剩余能量，并同时馈送电流源 109 的能量。由此可见，这一电路仍然需要增加一个谐振电感元件，而且辅助开关 106 并非为零电流关断。

15 毫无疑问地，这些现有技术的实现软开关的方法无疑都是通过增加一个谐振电路实现的，其缺陷是器件增加较多。这样不但增加了成本，减低可靠性，而且控制部分也相当复杂。

本发明的一个目的在于提出一种实现功率开关的零电流开通和关断的控制方法，该方法通过控制设置在一变压器的副边侧的软开关的导通时
20 序，实现了功率开关的零电流的开通与关断。

本发明的又一个目的在于提供一种实现功率开关零电流开通和关断的控制的电路，通过与负载相串连的功率开关，实现将负载切除。

本发明的再一个目的在于提出一种实现功率开关的零电流开通和关断的控制方法，该方法通过将在一变压器的原边侧的全桥电路的两个桥臂
25 上分别设置软开关的导通时序，实现了功率开关的零电流的开通与关断。

本发明的再一个目的在于提供一种实现功率开关零电流开通和关断的控制的电路,通过将软开关设置在变压器的原边同样可以实现将负载切除。

本发明通过如下技术方案实现:

5 一种实现功率开关的零电流开通和关断的控制方法, 包括

a) 在一变压器的原边侧设置若干主功率开关;

b) 在一变压器的副边侧设置一软开关控制单元, 与负载相接;

c) 在所述主功率开关开通后一预定时刻开通所述软开关控制单元, 用于在所述主功率开关开通过程中阻断所述负载与所述变压器副边侧的
10 连接;

d) 在所述主功率开关关断前一预定时刻, 关断所述软开关控制单元, 用于在所述主功率开关关断过程中阻断所述负载与所述变压器副边侧的连接。

所述的方法, 其中还包括

15 e) 在所述负载与所述软开关控制单元之间设置一滤波单元;

f) 在所述变压器副边侧设置一续流元件, 与所述滤波单元构成回路, 用于在所述软开关控制单元关断后, 所述滤波单元的续流。

所述的方法, 其中还包括

g) 将所述主功率开关组成桥式电路;

20 h) 在所述变压器副边侧的正半周工作电路中设置第一软开关控制元件, 用于所述桥式电路的工作在正半周的功率开关开通后的一预定时刻之前以及关断前一预定时刻切除所述负载与所述变压器副边侧的连接和用于正半周输出整流;

i) 在所述变压器副边侧的负半周工作电路中设置第二软开关控制元
25 件, 用于所述桥式电路的工作在负半周的功率开关开通后的一预定时刻之

前以及关断前一预定时刻切除所述负载与所述变压器副边侧的连接和用于负半周输出整流。

一种实现功率开关的零电流开通和关断的电路，包括

一变压器，其原边侧与一电源相接，副边侧与负载相接，其特征在于，

5 所述电路包括

一主开关单元，包含若干功率开关，分别设置在所述变压器原边侧的正负半周工作电路；和

一软开关控制单元，与负载端相串连，用于在所述主开关单元的所述每一功率开关开通后的一预定时刻之前以及关断前一预定时刻切除所述
10 负载与所述变压器副边侧的连接。

所述的电路，其中，所述软开关控制单元为一功率开关元件，其漏极和源极连接在所述变压器和所述负载之间。

所述的电路，其中，所述电路还包括滤波单元，包含

一输出滤波电感，与所述负载相串连；和

15 一电容，自所述滤波电阻与所述负载的节点与所述负载相并联。

所述的电路，其中，所述电路还包括一续流元件，自所述软开关控制单元与所述滤波电感的节点与所述电感和所述电容构成回路。

所述的电路，其中，所述续流元件为一二极管，其阴极与所述软开关控制单元与所述滤波电感的节点相接。

20 所述的电路，其中，所述续流元件为一电容元件。

所述的电路，其中，所述电路还包括输出整流单元，连接在所述软开关元件与所述变压器副边之间。

所述的电路，其中，所述主开关单元为桥式电路。

所述的电路，其中，所述软开关控制单元包含

25 第一功率开关，连接在所述变压器副边侧，用于所述主开关单元的工

作在正半周的功率开关开通后的一预定时刻以及关断前一预定时刻切除所述负载与所述变压器副边侧的连接和用于正半周输出整流；

第二功率开关，连接在所述变压器副边侧，用于所述主开关单元的工作在负半周的功率开关开通后的一预定时刻以及关断前一预定时刻切除

5 所述负载与所述变压器副边侧的连接和用于负半周输出整流。

一种实现功率开关的零电流开通和关断的控制方法，包括

a) 在一变压器的原边侧设置由主功率开关构成的全桥控制电路；

b) 将所述全桥控制电路的正半周及负半周工作的两个桥臂上的任一开关设置成软开关控制单元；

10 c) 所述任一桥臂上的主功率开关开通后一预定时刻开通所述软开关控制单元，用于在所述主功率开关开通过程中通过切除负载实现该主功率开关的零电流开通；

d) 所述任一桥臂上的所述主功率开关关断前一预定时刻，关断所述软开关控制单元，用于在所述主功率开关关断过程中通过切除负载实现所
15 述主功率管的零电流关断。

一种实现功率开关的零电流开通和关断的电路，包括

一变压器，其原边侧与一电源相接，副边侧与负载相接；和

一全桥控制电路，由功率开关管组成，连接在所述变压器的原边侧，其中，所述全桥控制电路包括

20 第一桥臂，用于所述电路的正半周控制，具有一主开关和一软开关，其中该软开关分别在该主开关开通后的一预定时刻之前开通以及在该主开关关断前一预定时刻关断；和

第二桥臂，用于所述电路的负半周控制，具有一主开关和一软开关，其中该软开关分别在该主开关开通后的一预定时刻之前开通以及在该主
25 开关关断前一预定时刻关断。

根据本发明的一个方面,本发明由于在负载与输出端之间加入一个辅助功率开关管,通过将负载切除的方法来实现功率开关管的零电流开通和关断,因此不需要在电路上加谐振电感或谐振电容来实现软开关。

根据本发明的再一个方面,辅助开关管由于关断速度快,同时由于箝位元件的作用,该辅助开关关断前后的电压差很小,可以实现零电压关断。因此,本发明的电路结构简单,同时实现了主功率开关、辅助开关的软开关,从而可以明显提高变换器工作效率,具有广泛的应用前景。

下面结合附图通过对本发明较佳实施例的描述,将使本发明的上述目的和优点显而易见。

10 图 1A 是一种现有技术的利用谐振电路的自然过零来实现软开关的电路图;

图 1B 是图 1A 所示电路的工作波形图;

图 2 是又一种现有技术的同时利用辅助开关和谐振电路来实现的软开关的电路图;

15 图 3 是本发明的一个较佳实施例的电路图,其中辅助开关设置在变压器的副边侧;

图 4A-4C 是图 3 所示电路的功率管的驱动波形图;

图 5 是本发明又一个较佳实施例的电路图,其中利用一个电容元件作为箝位元件;

20 图 6 是本发明另一个较佳实施例的电路图,其中输出整流电路元件同时作为软开关的控制元件;

图 7A-7C 是图 6 中功率开关管的驱动波形图;

图 8 是本发明的再一个较佳实施例的电路图,其中利用全桥电路的两个桥臂中分别设置一软开关。

25 图 9A-9D 是图 8 所示电路中功率开关的驱动波形图。

下文，将详细描述本发明。

图3所示的是本发明的第一个较佳实施例的电路200，它包括一变压器（T1）202；一连接在该变压器202原边侧的全桥电路，由Q1A、Q2A、Q1B和Q2B组成；一设置在变压器副边侧的输出整流电路206，由D1和D2组成；
5 一与该输出整流电路206相接的开关管208（Q3）；一输出滤波电路210，由滤波电感L1和C1组成；和，一续流元件212。

一般的全桥电路的驱动波形如图4A-4B所示，在这种驱动脉冲的驱动下，功率开关管是硬开关，开关损耗大。为了便于全桥电路中的功率管零电流开通和关断，本发明的电路200与一般桥式电路相比，其输出侧加入
10 了一个开关管208，在全桥电路204的管Q1A，Q1B，Q2A，Q2B关断前，先令开关管208关断，这样相当于变压器负载被切除掉，变压器202是空载的。于是如果忽略激磁电流，管Q1A，Q1B，Q2A，Q2B的电流为零，这样管Q1A，Q1B，Q2A，Q2B是在电流几乎为零的情况下关断。同样地，本发明在管Q1A，Q1B，Q2A，Q2B开通后才开通Q3，这样在管Q1A，Q1B，
15 Q2A，Q2B的开通过程中，相当于变压器202空载，于是功率管Q1A，Q1B，Q2A，Q2B实现了零电流开通。

其具体的工作过程分别参阅图4A所示的Q1A、Q2B的驱动波形，图4B所示的Q2A、Q1B的驱动波形和图4C所示的辅助开关208的驱动波形。

设在一个周期的开始时刻，功率管Q1A、Q1B、Q2A、Q2B、Q3均
20 处于关断状态，输出滤波电路210的电感L1通过续流元件212，如二极管D3续流，负载（未示出）由输出滤波电感L1和电容C1供电。在T0时刻开通Q1A、Q2B，由于此刻管208关断，通过Q1A、Q2B的电流仅有激磁电流，无负载电流，激磁电流非常小，于是Q1A、Q2B在零电流状态下开通。

在T1时刻，功率管208开通，负载端接入变压器202，流经管Q1A、
25 Q2B的电流逐步增大，续流二极管D3关断，负载由变压器202原边提供能

量。

在T2时刻，功率管208关断，二极管D3导通，电感L1通过二极管D3续流。

在T3时刻，由于负载已被切除，变压器T1空载，功率管Q1A、Q2B
5 的电流为零（忽略变压器激磁电流），此刻关断管Q1A、Q2B是零电流关断。

在T4时刻，开通Q1B、Q2A，此时由于功率管208处于关断状态，变压器是空载，管Q1B、Q2A零电流开通。

在T5时刻，功率管Q3开通，负载端接入变压器，流经Q2A、Q1B的
10 电流逐步增大，续流二极管D3关断，负载由变压器202的原边提供能量。

在T6时刻，功率管208关断，二极管D3导通，电感L1通过二极管D3续流。

在T7时刻，由于负载已被切除，变压器空载，功率管Q2A、Q1B的
电流为零（忽略变压器激磁电流），此刻管Q2A、Q1B是在零电流状态下
15 关断。

在T8时刻，新一个周期的开始。

特别的是，电路200中增加的功率开关管208，关断速度很快。由于
二极管D3结电容较大，该管的关断是零电压关断的。值得一提的是，主
开关与本发明的辅助开关Q3开通或关断的间隔时间是与开关Q3本身的特
20 性参数相关的。

图5所示的是本发明的另一个实施例的电路300，是将续流元件312
用小电容C2替换了图3所示实施例中的二极管D3，这样可以进一步地消除
了该二极管D3的导通损耗。

图6所示的是本发明又一个实施例的电路400，其中输出整流电路406
25 是利用功率开关管S5、S6替换了图3所示电路200的整流输出电路206中的

输出整流二极管D1、D2，通过控制开关管S5和S6的驱动波形，同样可以实现主开关零电流的导通和关断，如图7A-7C所示的驱动波形图。

设在一个周期开始时刻，功率管S1—S4和输出整流管S5—S6均处于关断状态，输出滤波电路410的电感L1通过续流元件412，如二极管D1续流，负载（未示出）由输出滤波电感L1和电容C1供电。在T0时刻在正半周开通S1和S4，由于此刻正半周输出整流的管S5关断，通过管S1和S4的电流仅有激磁电流，无负载电流，激磁电流非常小，于是S1和S4在零电流状态下开通。

在T1时刻，功率管S5开通，负载端接入变压器402，流经管S1和S4的电流逐步增大，续流二极管D1关断，负载由变压器402原边提供能量。

在T2时刻，管S5关断，二极管D1导通，电感L1通过二极管D1续流。

在T3时刻，由于负载已被切除，变压器402空载，功率管S1和S4的电流为零（忽略变压器激磁电流），此刻关断管S1和S4是零电流关断。

在T4时刻，开通负半周工作的管S3和S2，此时由于负半周输出整流的管S6处于关断状态，变压器是空载，管S3和S2是零电流开通。

在T5时刻，功率管S6开通，负载端接入变压器402，流经管S3和S2的电流逐步增大，续流二极管D1关断，负载由变压器402原边提供能量。

在T6时刻，管S6关断，二极管D1导通，电感L1通过二极管D1续流。

在T7时刻，由于负载已被切除，变压器402空载，功率管S3和S2的电流为零（忽略变压器激磁电流），此刻关断管S3和S2是零电流关断。

在T8时刻，新一个周期的开始。

由此可见，本发明的实施例中同时将输出整流功率管用作软开关控制单元，从而可以去掉图3所示实施例中的辅助开关管Q3。

根据本发明的技术方案，图8所示的是再一个较佳实施例，即电路500。在变压器502的原边侧设置全桥电路204，包括功率管Q1A、Q1B、

Q2A、Q2B;副边侧连接有输出整流电路506,包含二极管D1和D2;输出滤波电路510,包括电感L1和电容C1;以及续流元件,如二极管D3。

本发明将该整流电路的两个桥臂中均设置成一个主开关和一个辅助开关,例如正半周桥臂上设管Q1A为主开关,而管Q2B为辅助开关;负半周桥臂上设管Q2A为主开关,Q2B是辅助开关。其驱动波形图请参见图9A-9D所示。

设在一个周期的开始时刻,功率管Q1A、Q1B、Q2A、Q2B均处于关断状态,输出滤波电路510的电感L1通过续流元件212,如二极管D3续流,负载(未示出)由输出滤波电感L1和电容C1供电。在T0时刻开通Q1A,由于此刻管Q2B关断,于是Q1A在零电流状态下开通。

在T1时刻,管Q2B开通,流经管Q1A、Q2B的电流逐步增大,续流二极管D3关断,负载由变压器502原边提供能量。

在T2时刻,管Q2B关断,二极管D3导通,电感L1通过二极管D3续流。

在T3时刻,由于负载已被切除,变压器T1空载,功率管Q1A的电流为零(忽略变压器激磁电流),此刻关断管Q1A是零电流关断。

在T4时刻,开通Q2A,此时由于管Q1B处于关断状态,管Q2A零电流开通。

在T5时刻,管Q1B开通,负载端接入变压器,流经Q2A、Q1B的电流逐步增大,续流二极管D3关断,负载由变压器502的原边提供能量。

在T6时刻,管Q1B关断,二极管D3导通,电感L1通过二极管D3续流。

在T7时刻,由于负载已被切除,变压器空载,功率管Q2A、Q1B的电流为零(忽略变压器激磁电流),此刻管Q2A是在零电流状态下关断。

在T8时刻,新一个周期的开始。

由此可见,如果将辅助开关设置在变压器的原边侧,同样可以利用将负载切除的方法实现主功率开关的零电流开通或关断。

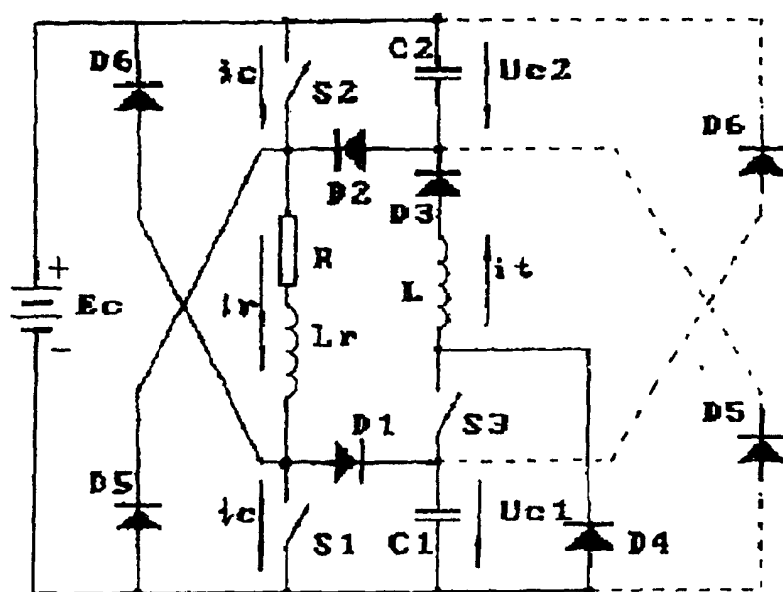


图 1A

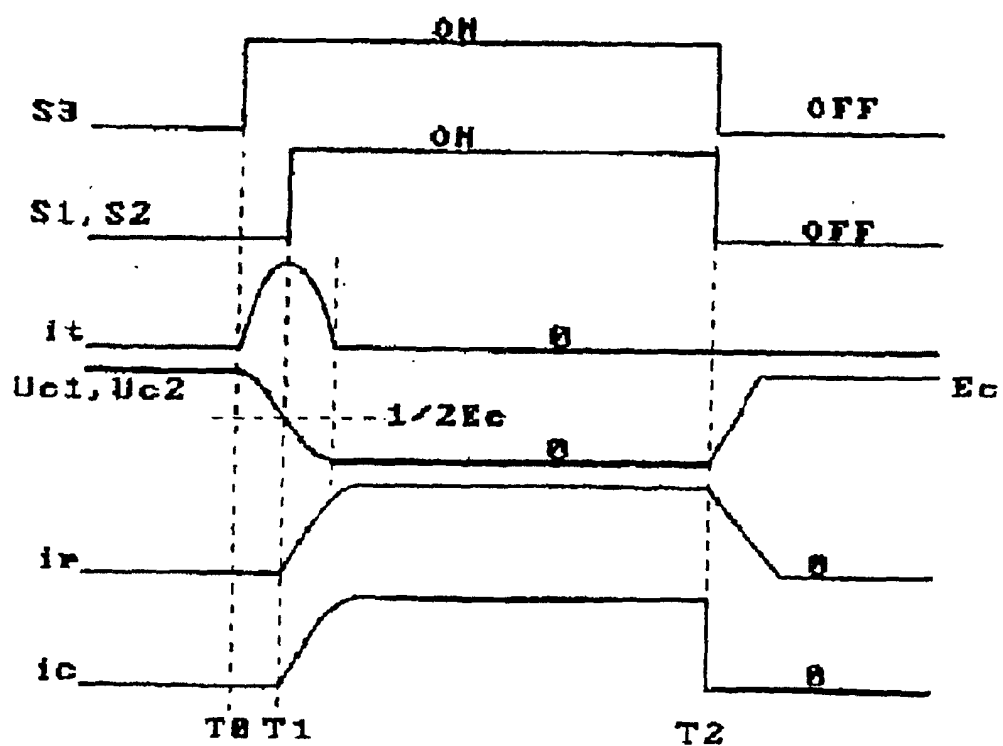


图 1B

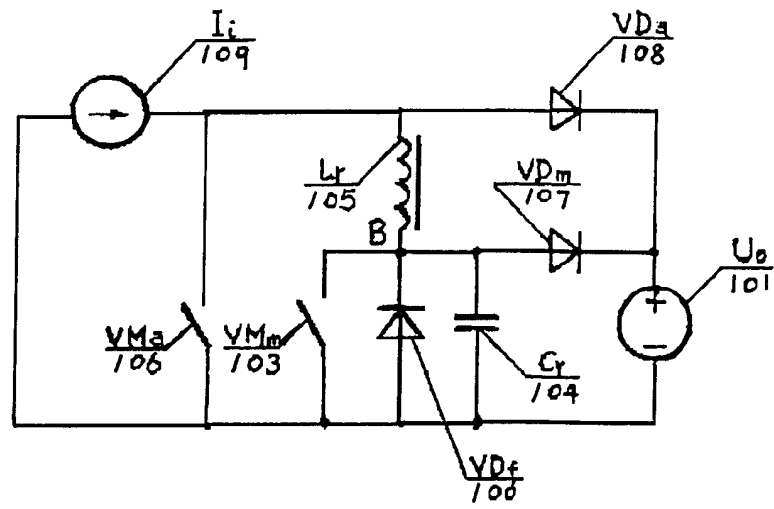


图 2

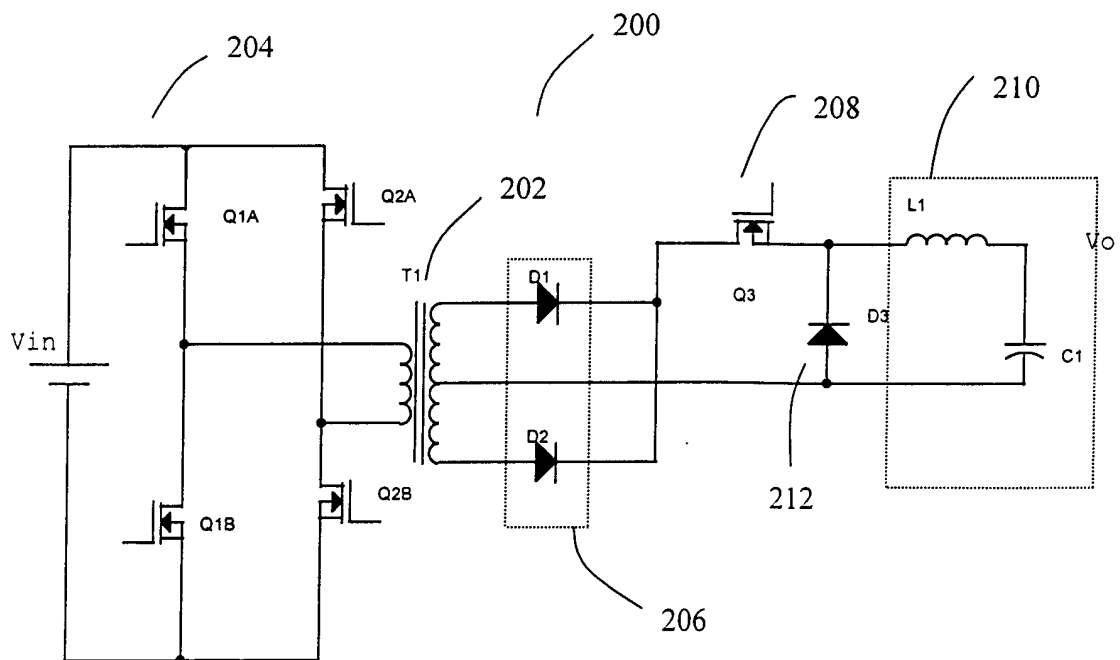


图 3

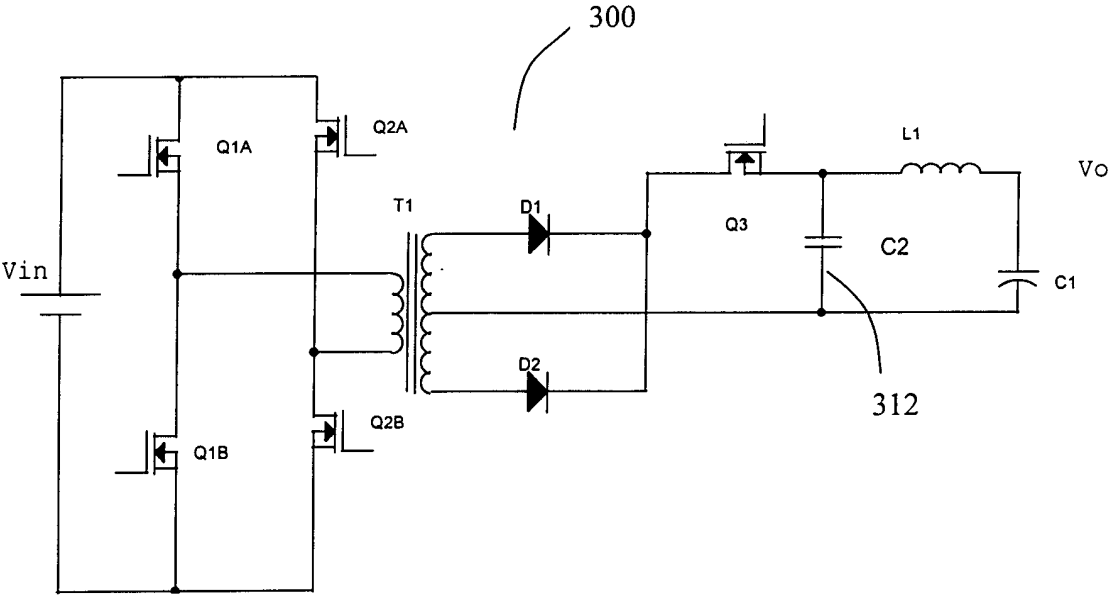
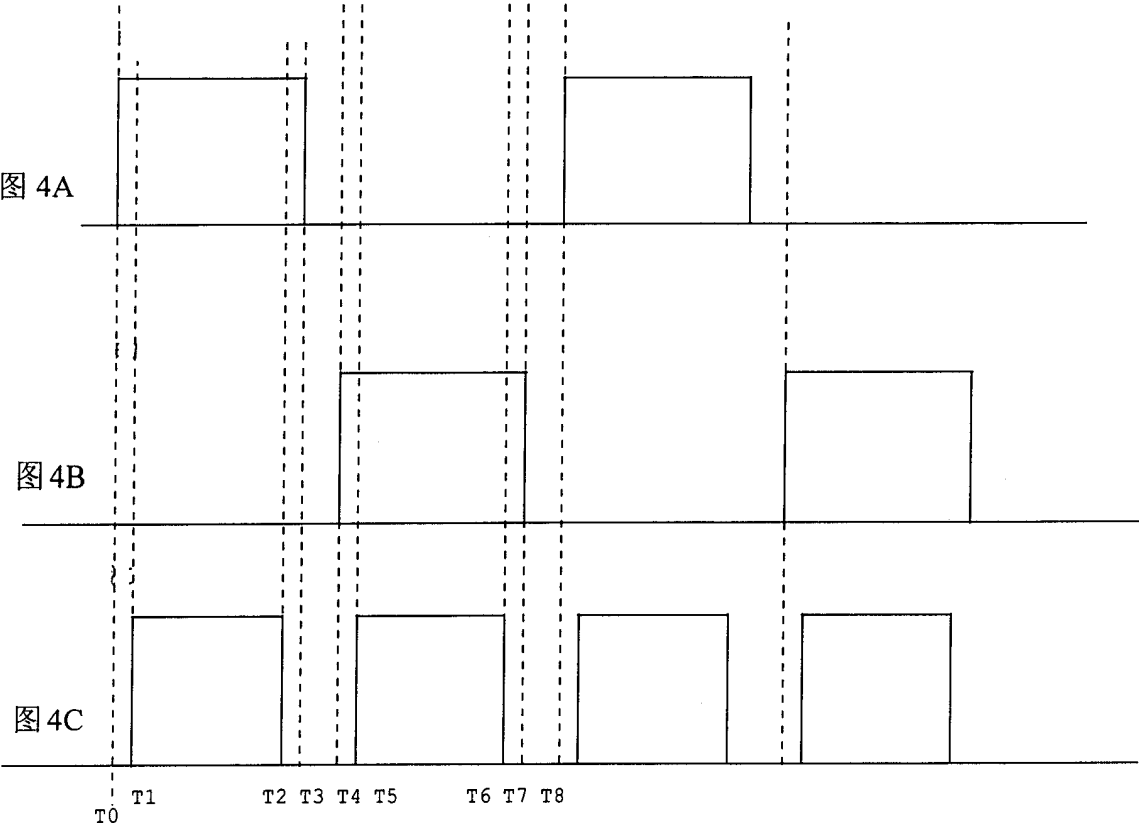


图 5

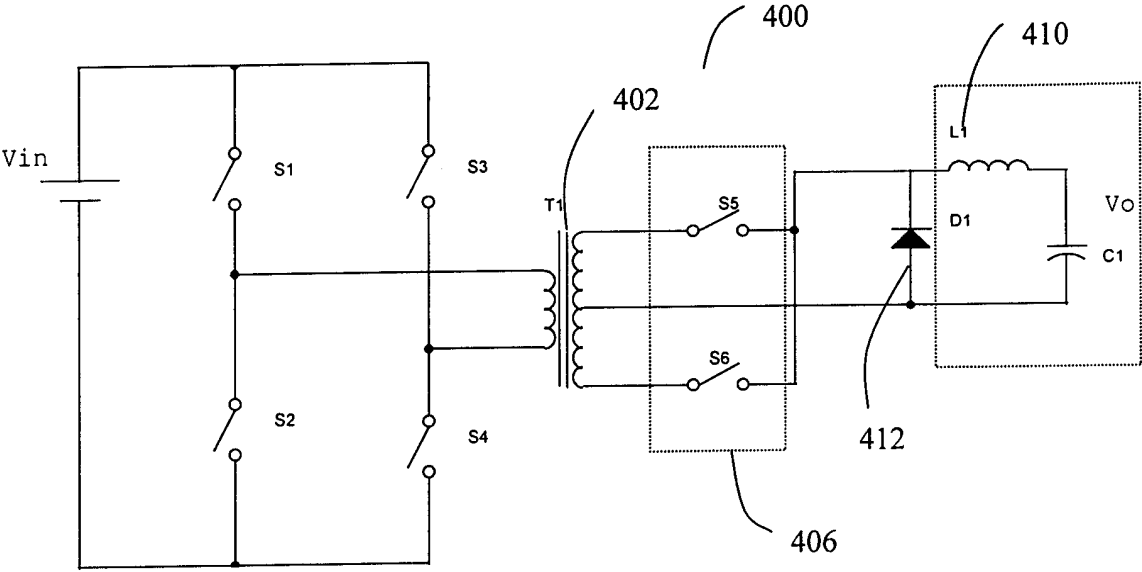
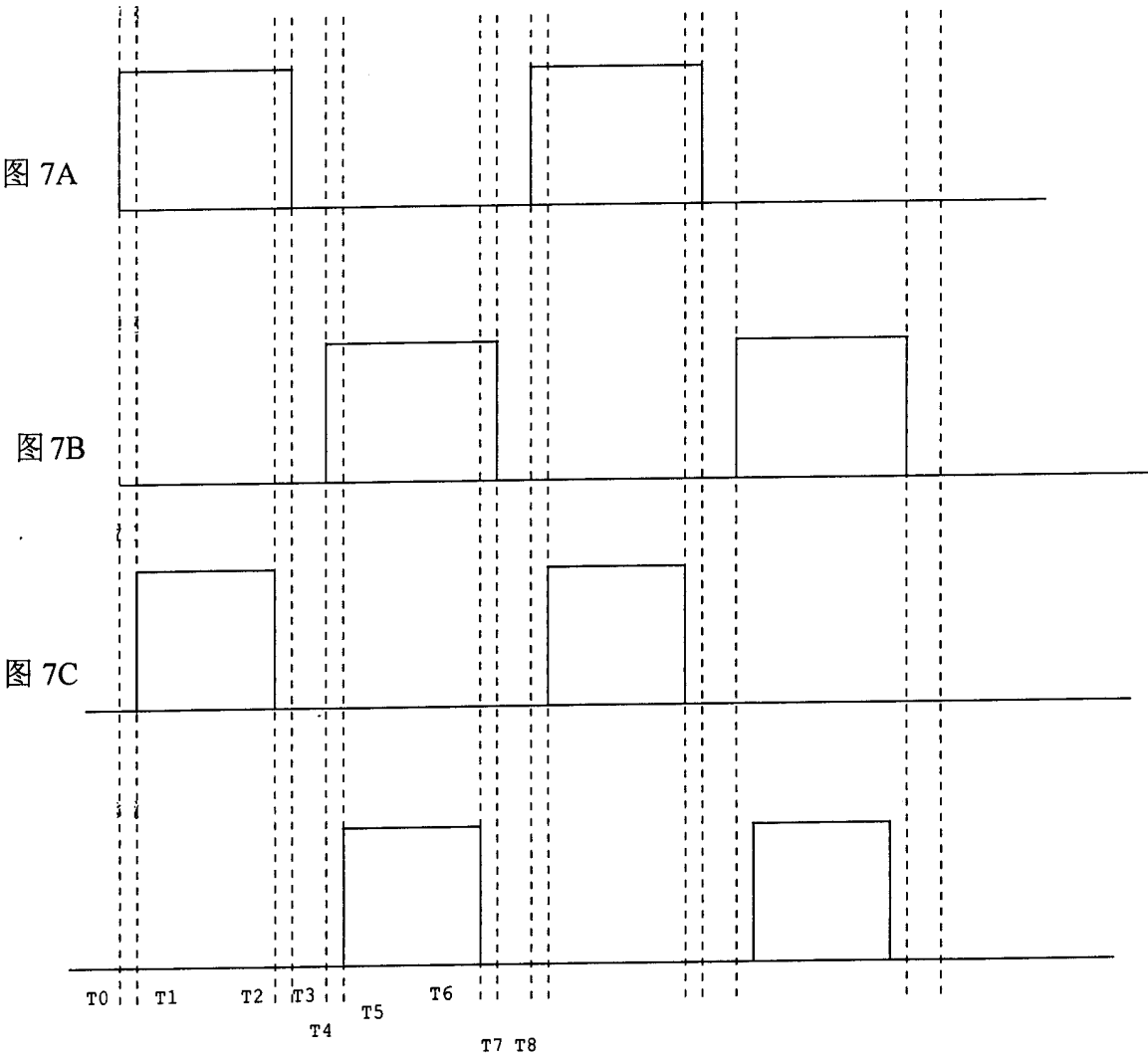


图 6



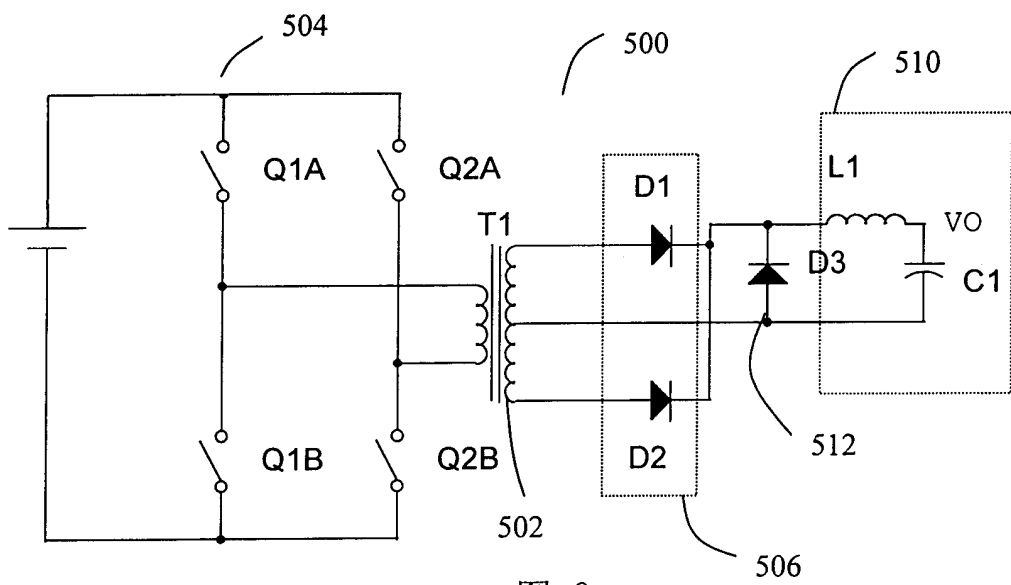


图 8

