



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01130178.3

[45] 授权公告日 2005 年 11 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1228908C

[22] 申请日 2001.12.31 [21] 申请号 01130178.3

[71] 专利权人 艾默生网络能源有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区科技工业园科发路一号

[72] 发明人 盛小军 周党生

审查员 张 洁

[74] 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理有限公司

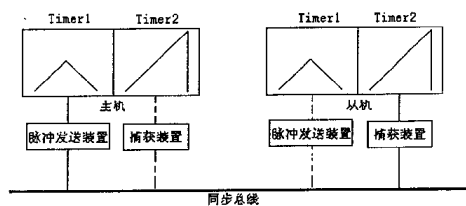
代理人 郭伟刚

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 5 页

[54] 发明名称 并联变换器系统的开关同步方法

[57] 摘要

本发明涉及一种并联变换器系统的开关同步方法，其中一个变换器为主机，其余变换器为从机，主机变换器中设有第一计时器及脉冲发送装置，从机变换器中设有第二定时器、脉冲沿捕获装置以及同步调节器，该变换器系统按以下步骤进行开关同步：主机变换器中的第一定时器在一个固定时刻  $T_{k1}$  通过所述脉冲发送装置向同步总线上发送同步脉冲；从机变换器中的所述第二定时器记录所述捕获装置从同步总线上接收到所述同步脉冲沿的时刻  $T_x$ ；所述同步调节器根据所述  $T_{k1}$  与  $T_x$  之间的关系，调节从机变换器中的第二定时器使之与主机变换器中的第一定时器同步，然后按预定协议调节从机变换器中的开关载波定时器，使之与主机变换器中的开关载波定时器同步。



1、一种并联变换器系统的开关同步方法，其特征在于，将其中一个变换器设为主机，其余变换器都设为从机，所述主机变换器中设有一个第一定时器及一个脉冲发送装置，所述从机变换器中设有一个第二定时器、一个脉冲沿捕获装置以及一个同步调节器，所述变换器系统按以下步骤进行开关同步：

主机变换器中的第一定时器在一个固定时刻 $T_{k1}$ 通过所述脉冲发送装置向同步总线上发送同步脉冲；

从机变换器中的所述第二定时器记录所述捕获装置从同步总线上接收到所述同步脉冲沿的时刻 $T_x$ ；

所述同步调节器根据所述 $T_{k1}$ 和 $T_x$ 实施同步算法，调节从机变换器中的第二定时器使之与主机变换器中的第一定时器同步，然后按预定协议调节从机变换器中的开关载波定时器，使之与主机变换器中的开关载波定时器同步。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述主机变换器中的第一定时器同时作为该变换器的开关载波定时器；从机变换器中的第二定时器同时作为该变换器的开关载波定时器。

3、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，在每一个变换器中，还设有一个定时器作为该变换器的开关载波定时器，主机变换器中的第一定时器与开关载波定时器之间、从机变换器中的第二定时器与开关载波定时器之间的关系服从预定的第一协议。

4、根据权利要求3所述的方法，其特征在于，所述第一协议规定主机变换器中的第一定时器与开关载波定时器之间保持同步；同一从机变换器中的第二定时器与开关载波定时器之间保持同步。

5、根据权利要求3所述的方法，其特征在于，所述第一协议规定主机变换器中的开关载波定时器超前或滞后于第一定时器一个固定时间；同一从机变换器中的开关载波定时器超前或滞后于第二定时器一个固定时间。

6、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，在所述主机变换器中增设一个第二定时器，同时在所述从机变换器中增设一个第一定时器；同一变换器中的第一定时器与第二定时器保持同步，两者之间的关系服从预定的第二协议。

7、根据权利要求6所述的方法，其特征在于，所述第二协议规定将第二定时器配置为单调计数模式，如果同一变换器中的第一定时器配置为上升/下降计数模式，则第二定时器的周期为第一定时器周期的2倍；如果同一变换器中的第一定时器配置为单调上升或单调下降计数模式，则第二定时器的周期与第一定时器的周期相同。

8、根据权利要求6所述的方法，其特征在于，每一个变换器中的第一定时器同时作为该变换器的开关载波定时器。

9、根据权利要求1至8中任一项所述的方法，其特征在于，所述同步算法为： $T_{p'} = T_p + K_p * \Delta T$ ， $T_p$ 为所述载波定时器周期， $T_{p'}$ 为微调后的载波定时器周期， $\Delta T = T_x - T_{k1}$ ， $K_p$ 是比例调节系数。

10、根据权利要求1-8中任何一项所述的方法，其特征在于，所

---

述同步调节器为比例积分调节或比例调节。

## 并联变换器系统的开关同步方法

### 技术领域

本发明涉及并联变换器系统，更具体地说，涉及多台并联变换器组成并联变换器系统工作时，在各种工况下保持开关同步的方法。

### 背景技术

目前并联逆变器比较常见，而并联整流器系统不多，在目前的并联逆变器系统中，对各台逆变器的开关控制，通常采用以下几种方法：

方法一是对并联逆变器采用集中控制，如图1所示，并联逆变器由一个共同的控制器控制，所述逆变器的开关完全一致，从而克服并联逆变器之间的高频环流。如图2所示，两个并联逆变器由一个共同的控制器控制，这样各逆变器的桥臂驱动波形实质上是一个，加在电感之前的电压波形也相同，所以在逆变器滤波电感之间不存在高频环流。但是这种方法具有控制方式不灵活，控制线有可能很长，容易受干扰等缺点，目前只是在模块化的并联逆变器上使用，在大功率逆变器并联中一般不采用。

方法二是对并联逆变器采用分散控制，开关频率恒定，对高频环流不处理，这时逆变器之间的开关行为在图3所示的两种状态之间滑动。在图3所示的状态1中，当不同逆变器开关频率完全同步时，逆变器之间高频电压差为零，

所以没有高频环流；在图3所示的状态2中，当不同逆变器开关波形完全反向时，逆变器之间高频电压差最大，所以高频环流达到最大。这两种状态之间的滑动频率由晶振精度决定，一般需要数秒时间能够完成一次循环。这种方法的缺点是环流大小在一段时间内变化，并且在上述状态2中，环流会很大，往往导致输出电压稳波大，而且有波动，滤波电容电流大，容易导致温度过高。

方法三是并联逆变器采用分散控制，但开关频率采用变频控制，目前主要是采用这种方法，即各逆变器的开关频率在不停的变化，这时在工频周期中，逆变桥大多数输出状态介于图3两种状态之间，这样实质上将图3所示的状态1和状态2下的高频环流加以平均化，其环流的大小由逆变器滤波电感决定。这种方法的缺点是开关频率变化大，不容易控制，并且仍然存在较大高频环流。

### 发明内容

本发明要解决的技术问题在于，针对现有技术的上述缺陷，提供一种并联变换器系统的开关同步方法，在数字化的分散并联控制、开关频率基本恒定的情况下实现并联变换器之间开关频率的同步，减少各变换器之间的高频环流，有助于实现可靠并联。

本发明的技术方案在于，构造一种并联变换器系统的开关同步方法，其特征在于，将其中一个变换器设为主机，其余变换器都设为从机，所述主机变换器中设有一个第一定时器及一个脉冲发送装置，所述从机变换器中设有一个第二定时器、一个脉冲沿捕获装置以及一个同步调节器，所述变换器系统按以下步骤进行开关同步：

主机变换器中的第一定时器在一个固定时刻 $T_{k1}$ 通过所述脉冲发送装置

向同步总线上发送同步脉冲；

从机变换器中的所述第二定时器记录所述捕获装置从同步总线上接收到所述同步脉冲沿的时刻 $T_x$ ；

所述同步调节器根据所述 $T_{k1}$ 和 $T_x$ 实施同步算法，调节从机变换器中的第二定时器使之与主机变换器中的第一定时器同步，然后按预定协议调节从机变换器中的开关载波定时器，使之与主机变换器中的开关载波定时器同步。

根据本发明所述的方法，当变换器中只有一个定时器时，主机变换器中的第一定时器同时作为该变换器的开关载波定时器；从机变换器中的第二定时器同时作为该变换器的开关载波定时器。当所述同步调节器将从机变换器中的第二定时器调节到与主机变换器中的第一定时器同步的同时，也就实现了主从变换器的开关载波定时器的同步。

根据本发明所述的方法，在每一个变换器中还可增设一个定时器作为该变换器的开关载波定时器，主机变换器中的第一定时器与开关载波定时器之间、从机变换器中的第二定时器与开关载波定时器之间的关系服从预定的第一协议。其中，所述第一协议可规定主机变换器中的第一定时器与开关载波定时器之间保持同步；同一从机变换器中的第二定时器与开关载波定时器之间保持同步。也可以规定主机变换器中的开关载波定时器超前或滞后于第一定时器一个固定时间；同一从机变换器中的开关载波定时器超前或滞后于第二定时器一个固定时间。

根据本发明所述的方法，可以在所述主机变换器中增设一个第二定时器，同时在所述从机变换器中增设一个第一定时器；同一变换器中的第一定时器与第二定时器保持同步，两者之间的关系服从预定的第二协议。当所述同步调节器将从机变换器中的第二定时器调节到与主机变换器中的第一定时器同步的同时，从机变换器中的第一定时器也被调节到与主机变换器中的第一定

时器同步，从而实现了主从变换器的开关载波定时器的同步。

根据本发明所述的方法，当变换器中有两个定时器时，所述第二协议规定将第二定时器配置为单调计数模式，如果同一变换器中的第一定时器配置为上升/下降计数模式，则第二定时器的周期为第一定时器周期的2倍；如果同一变换器中的第一定时器配置为单调上升或单调下降计数模式，则第二定时器的周期与第一定时器的周期相同。

根据本发明所述的方法，当变换器中有两个定时器时，每一个变换器中的第一定时器同时作为该变换器的开关载波定时器。

将本发明的方法应用于并联UPS中，能够有效地实现并联变换器之间开关保持同步，抑制并联变换器之间的高频环流。

下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明。

## 附图说明

图1是现有技术中对各个并联变换器采用集中控制的原理框图；

图2是现有技术中采用集中控制的两个变换器在相同控制信号下工作时的示意图；

图3a和图3b是现有技术中采用分散控制的两个变换器分别在两种不同控制信号下工作时的状态示意图；

图4是本发明并联变换器系统的示意图；

图5是本发明主机及从机变换器中的定时器、脉冲发送装置、捕获装置及同步总线的连接示意图；

图6a和图6b分别是本发明中比例积分同步调节器和比例同步调节器的原理图；

图7是本发明实施例一中的并联逆变器系统示意图；

图8a和图8b分别是本发明实施例一中的并联逆变器开关可能存在的两种状态；

图9是本发明实施例一中的并联逆变器系统中主机逆变器及从机逆变器在同步过程中的定时器状态图；

图10是本发明实施例二中并联整流器系统示意图；

图11a和图11b分别是本发明实施例二中并联整流器开关可能存在的两种状态；

图12是本发明实施例二中的并联整流系统中主机整流器及从机整流器在同步过程中的定时器状态图；

图13所示是本发明实施例三中每个逆变器只有一个定时器时的同步过程状态图。

### 具体实施方式

为实施本发明的方法，需要将并联变换器系统中的其中一个变换器设为主机，其余变换器都设为从机。在图4和图5所示的变换器系统中，每一个变换器中设有两个定时器、一个脉冲发送装置、一个脉冲沿捕获装置（CAPTURE）以及一个同步调节器，所述两个定时器中的第一定时器Timer1通过脉冲发送装置连接到同步总线，第二定时器Timer2经所述捕获装置连接到同步总线。

其中，第一定时器Timer1的定时周期为 $T_p$ ，可配置为上升/下降计数模式，也可配置为单调上升模式或者单调下降模式。

主机变换器中的Timer1在某个固定时间 $T_{k1}$ 向同步总线发送同步脉冲，此处的时间 $T_{k1}$ 一般可选定时器计数为0或定时器计数到定时周期等时刻，发送同步脉冲的速度可以固定也可以变化。并且一般为了简单，第一定时器Timer1同时作为变换器开关载波定时器。

本发明中需要将第二定时器Timer2配置为单调上升计数模式或者单调下降模式，为了简单一般将第一定时器与第二定时器保持同步，即第一定时器与第二定时器同时开始计数，可以同时从零开始累加计数，也可以一个从零开始累加计数的同时另一个从最大值开始减法计数，Timer2的定时周期由Timer1决定，如果Timer1配置为上升/下降计数模式，则Timer2的定时周期设定为 $2T_p$ ；如果Timer1配置为单调上升或单调下降计数模式，则Timer2的定时周期与Timer1相同，设定为 $T_p$ 。

如图5所示，捕获装置CAPTURE可从同步总线上接收同步脉冲沿(上升或下降沿)，并记录此时Timer2的计数 $T_x$ 。从图5中可以看出，主机向同步总线发送同步脉冲，从机从同步总线上接收同步脉冲信号。

同步算法控制器如图6所示，它计算 $T_x$ 与 $T_{k1}$ 时间差 $\Delta T = T_x - T_{k1}$ ，利用比例调节(P调节)、比例积分调节(PI调节)或其他复杂调节器在定时周期 $T_p$ 基础之上微调从机变换器的载波周期 $T_p'$ ，使 $T_p' = T_p + f(\Delta T)$ ，利用同步调节器微调并联变换器中的从机开关载波定时周期，以同步载波的方法实现从机开关与主机开关的同步。同步算法控制器会因为第二定时器的配置不同而要求有所改变。

本发明实施例一中以并联逆变器系统为例，下面具体说明其工作过程。

如图7所示，两个单相逆变器并联系统，直流母线电压为 $2V_{dc}$ ，L、C为逆变器滤波电容，C1为母线滤波电容，K1和K2为逆变器1的两个开关，K1'和K2'为逆变器2的两个开关。从机开关周期滞后于主机，为了减小两个逆变器之间的环流，需要控制开关K1和K1'，K2和K2'保持动作一致。

如图8a所示为K1和K1'，K2和K2'动作一致的情况，此时两个逆变器同时向负载供能，相互之间没有高频电流；如图8b所示为K1和K1'，K2和K2'动作不一致的情况，此时在两个滤波电感之间有 $2V_{dc}$ 的压降，必然导致两个逆变

器之间有较大的高频环流。

在本实施例中，每一台逆变器中的第一定时器同时作为开关载波定时器，如果实现了并联逆变器系统中每台逆变器第一定时器的同步，也就可以实现开关的同步。

并联逆变器系统中，每台逆变器第一定时器设定为上升/下降计数模式，计数周期为 $T_p$ ，第二定时器设定为单调上升计数模式，计数周期为 $2T_p$ 。

### 1、同步信号产生

如图9所示，图中作为主机的逆变器1只画出Timer1，而作为从机的逆变器2画出了Timer1和Timer2（以虚实线区分），并且Timer1和Timer2同时从零开始计数，本发明的最终目的是实现主机Timer1和从机Timer1在同步控制后的下一个开关周期进行同步。

首先，主机逆变器中的脉冲发送装置在第一定时器的固定时间 $T_{k1}=T_p$ 时，以固定的或变化的周期向同步总线发出同步脉冲。

### 2、同步信号接收

如图9所示，所有从机逆变器第二定时器周期为 $2T_p$ ，都利用捕获装置在同步总线上捕获同步脉冲沿信息，并记录此时从机中第二定时器的时间状态 $T_x=T_1$ 。

### 3、从机实施同步算法

所有的从机逆变器实施同步算法，调整其开关载波周期，从而实现与主机开关同步，调整的具体过程如下：

计算捕获记录时间 $T_x$ 与 $T_{k1}$ 之差 $\Delta T$

$$\Delta T = T_x - T_{k1} = T_1 - T_p$$

利用P调节在定时载波定时周期 $T_p$ 基础之上微调从机逆变器的载波周期 $T_p'$ ，为了实现调整后的下一开关周期实现载波同步，可取比例调节系数

$K_p=0.5$ :

$$T_p' = T_p + K_p \cdot \Delta T = T_p + (T_1 - T_p) / 2 = (T_1 + T_p) / 2$$

从图9可以看出，从机第一定时器在调整后的下一开关周期就可以实现同步，从而实现开关载波的同步。

本发明实施例二中以并联整流器系统为例，下面具体说明其工作过程。

如图10所示，两个单相整流器并联系统， $L_1$ 和 $L_2$ ， $L_1'$ 和 $L_2'$ 分别为两个整流器电感， $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$ 和 $K_1'$ 、 $K_2'$ 、 $K_3'$ 、 $K_4'$ 分别为两整流器整流器开关， $C$ 为滤波电容。从机开关周期滞后于主机，为了减小两个整流器之间的能量流动，需要将两个整流器对应开关同时驱动。

在图11a中， $K_1$ 与 $K_1'$ ， $K_4$ 与 $K_4'$ 同时驱动，则整流器之间没有能量流动；在图11b中， $K_1$ 与 $K_1'$ ， $K_4$ 与 $K_4'$ 不同步，则整流器1电感 $L_1$ 通过 $K_1$ ， $K_3'$ 与整流器2电感 $L_2'$ 之间有能量流动，即两个整流器之间存在环流。

本实施例中，每台整流器以第一定时器为开关载波定时器，并且同时作为主机发送同步脉冲时刻控制，那么实现并联整流器系统中每台整流器第一定时器同步就可以实现开关的同步。

并联整流器系统中，每台整流器第一定时器设定为上升/下降计数模式，计数周期为 $T_p$ ，第二定时器设定为单调下计数模式，计数周期为 $2T_p$ 。

### 1、同步信号产生

如图12所示，图中作为主机的整流器1只画出Timer1，而作为从机的整流器2画出了Timer1和Timer2，并且Timer1和Timer2保持同步，其中Timer1从零开始上升，Timer2从 $2 \times T_p$ 开始下降，最终目的是实现主机Timer1和从机Timer1在同步控制后的下两个开关周期进行同步。

首先，主机整流器中的脉冲发送装置在第一定时器的固定时间 $T_{k1}=T_p$ 以固定的或变化的周期向同步总线发出同步脉冲。

## 2、同步信号接收

如图12所示，所有从机整流器第二定时器周期为 $2 \times T_p$ ，都利用捕获装置在同步总线上捕获同步脉冲沿信息，并记录此时从机中第二定时器的时间状态 $T_x = T_1$ 。

## 3、从机实施同步算法

所有的从机整流器实施同步算法，调整其开关载波周期，从而实现与主机开关同步，调整的具体过程如下：

计算捕获记录时间 $T_x$ 与 $T_{k1}$ 之差 $\Delta T$

$$\Delta T = T_x - T_{k1} = T_1 - T_p$$

利用P调节在定时载波定时周期 $T_p$ 基础之上微调从机整流器的载波周期 $T_p'$ ，为了实现调整后的下两个开关周期载波同步，可取比例调节系数 $K_p = 0.25$ ：

$$T_p' = T_p + K_p * \Delta T = T_p + (T_p - T_1) / 4 = (5 * T_p - T_1) / 4$$

从图12可以看出，从机第一定时器在调整后的下两周期就可以实现同步，从而实现开关载波的同步。

在上面的实施例中，每一个逆变器或整流器中同时设有两个定时器，实际上在每个变换器中只设一个定时器也可实现同步，下面以图7所示并联逆变器系统为例，具体说明本发明每个逆变器只有一个定时器的的工作过程，也就是说主机中只有一个第一定时器，从机中只有一个第二定时器。

主机逆变器中的第一定时器通过脉冲发送装置发送同步脉冲时刻控制，并且同时作为主机开关载波定时器；从机中的第二定时器同时作为从机开关载波定时器。如果实现了从机逆变器第二定时器与主机逆变器第一定时器的同步，也就可以实现开关的同步。

其中，从机逆变器中以第二定时器记录脉冲捕获装置从同步总线上捕获

到脉冲沿的时刻，每台逆变器中的定时器都设定为单调上升计数模式，计数周期为 $T_p$ (固定不变)。

### 1、同步信号产生

如图13所示，被设为主机的逆变器1中的脉冲发送装置在第一定时器的固定时间 $T_{k1}=T_p$ 以固定的或变化的周期向同步总线发出同步脉冲。

### 2、同步信号接收

如图13所示，从机逆变器2利用捕获装置在同步总线上捕获同步脉冲沿信息，并记录此时从机中第二定时器的时间状态 $T_x=T_1$ 。

### 3、从机实施同步算法

从机逆变器2实施同步算法，调整其开关载波周期，从而实现与主机开关同步，调整的具体过程如下：

计算捕获记录时间 $T_x$ 与 $T_{k1}$ 之差

$$\Delta T = T_x - T_{k1} = T_1 - T_p$$

利用P调节在定时载波定时周期 $T_p$ 基础之上微调从机逆变器的载波周期 $T_p'$ ，为了实现调整后的下一开关周期实现载波同步，可取比例调节系数 $K_p=1$ ：

$$T_p' = T_p + K_p * \Delta T = T_p + (T_1 - T_p) = T_1$$

从图13可以看出，从机第二定时器在调整后的下一开关周期就可以实现同步，从而实现开关载波的同步。

本发明的方法并不限于上述的实施例，例如在实施例三中，还可以在每一个逆变器中增设一个定时器作为该逆变器的开关载波定时器，主机逆变器中的第一定时器与开关载波定时器之间、从机逆变器中的第二定时器与开关载波定时器之间的关系服从预定的第一协议。其中，所述第一协议可规定主机逆变器中的第一定时器与开关载波定时器之间保持同步；同一从机逆变器中的第二定时器与开关载波定时器之间保持同步。也可以规定主机逆变器中的

---

开关载波定时器超前或滞后于第一定时器一个固定时间；同一从机逆变器中的开关载波定时器超前或滞后于第二定时器一个固定时间。

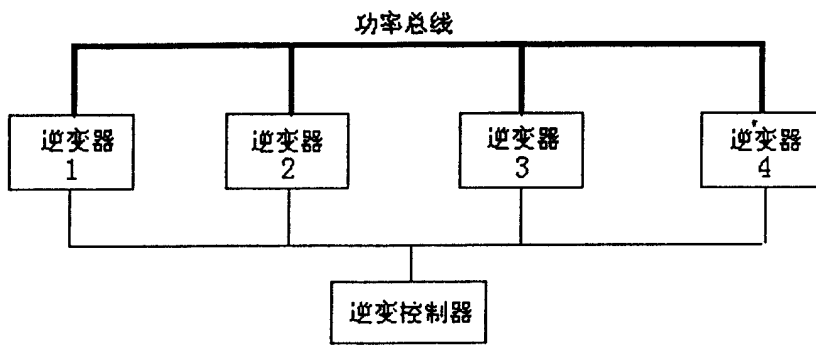


图1

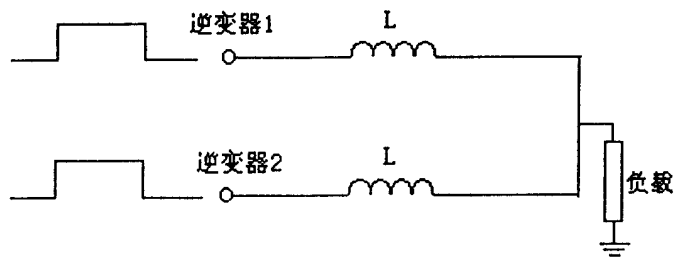


图2

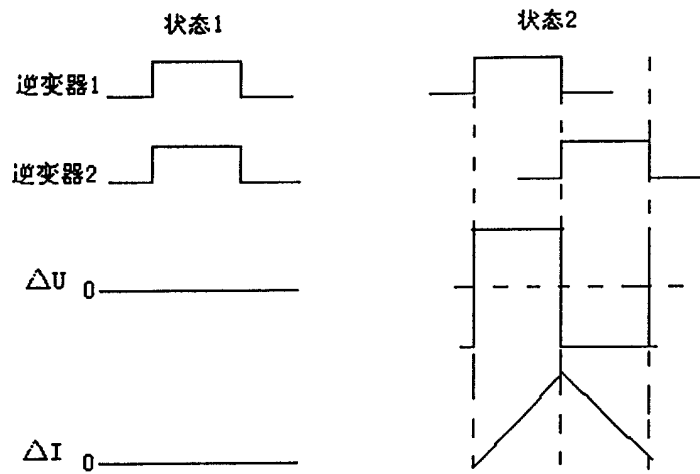


图3a

图3b

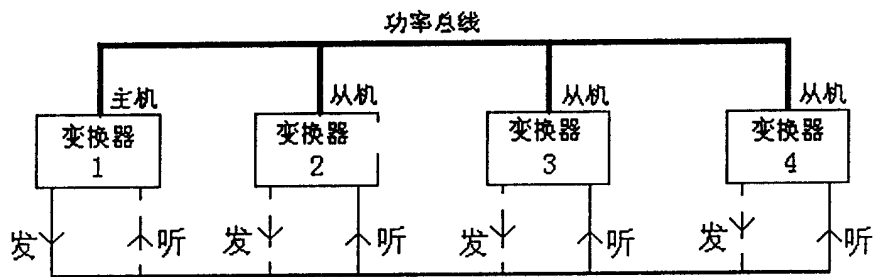


图4

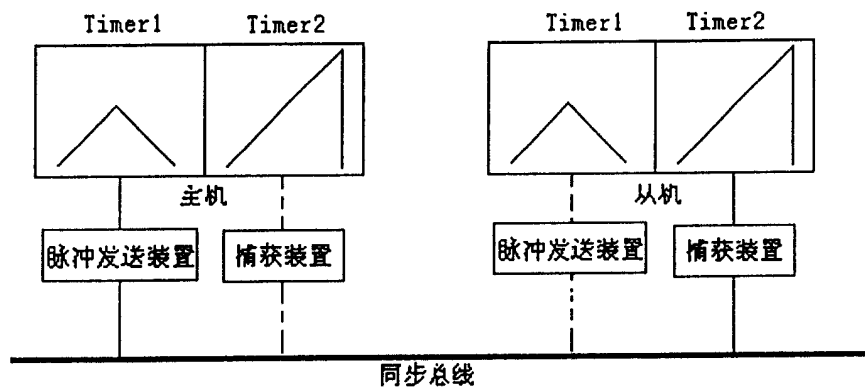


图5

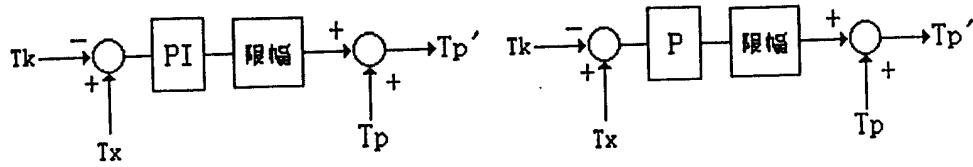


图6a

图6b

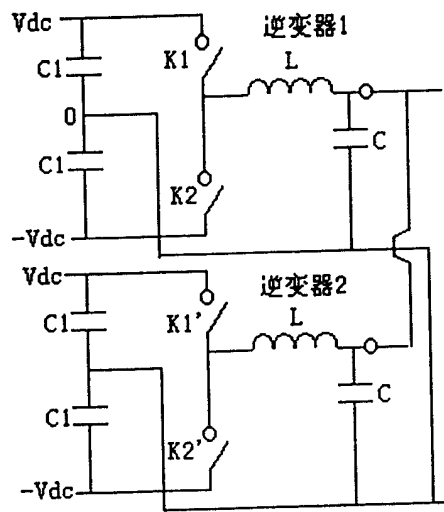


图7

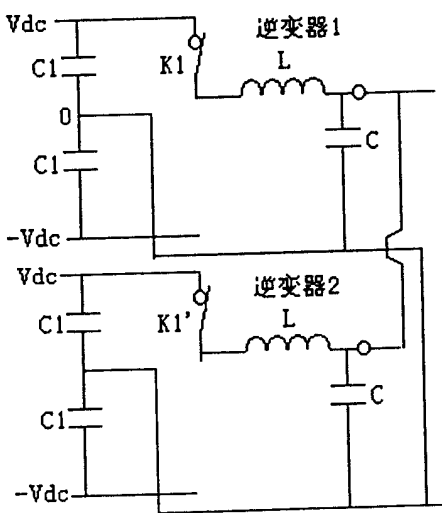


图8a

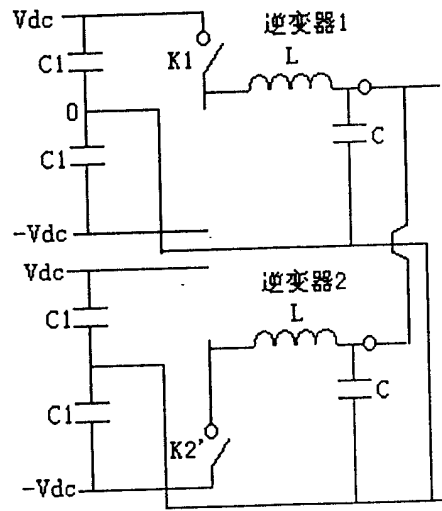


图8b

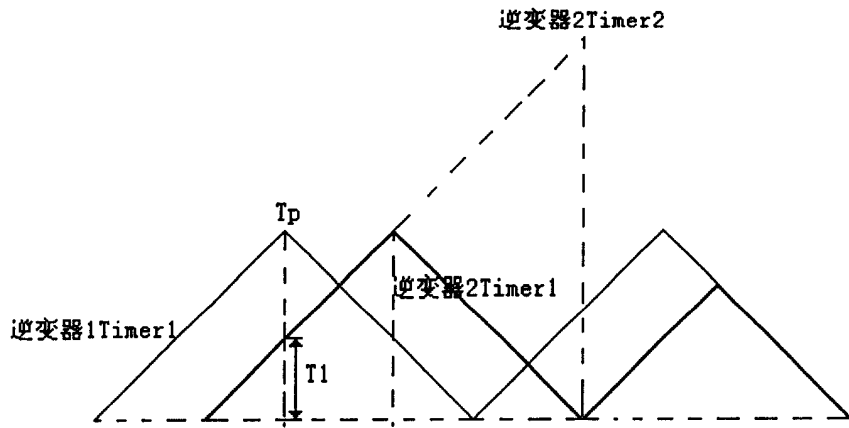


图9

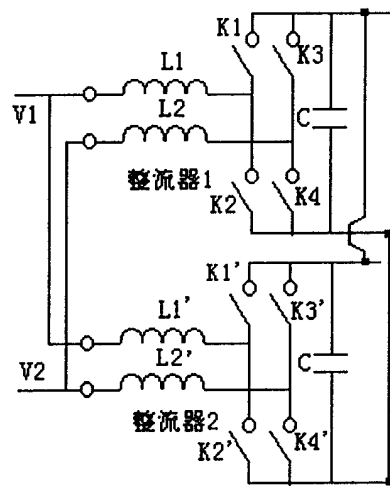


图10

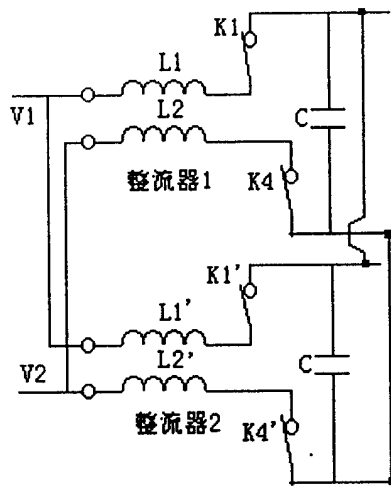


图11a

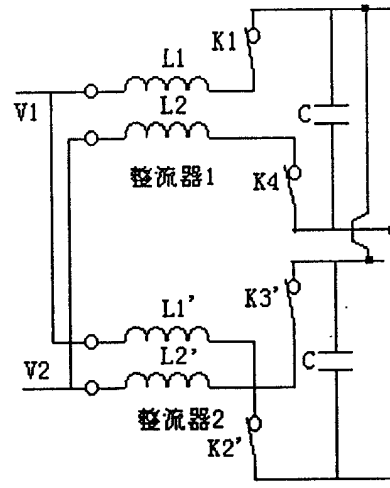


图11b

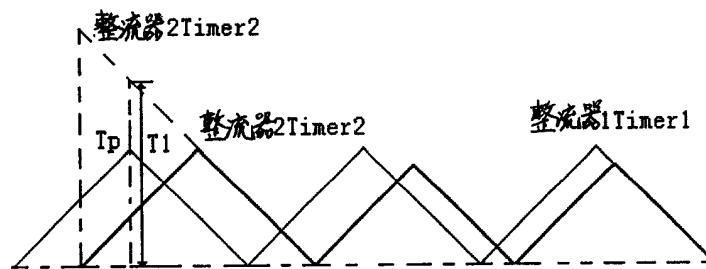


图12

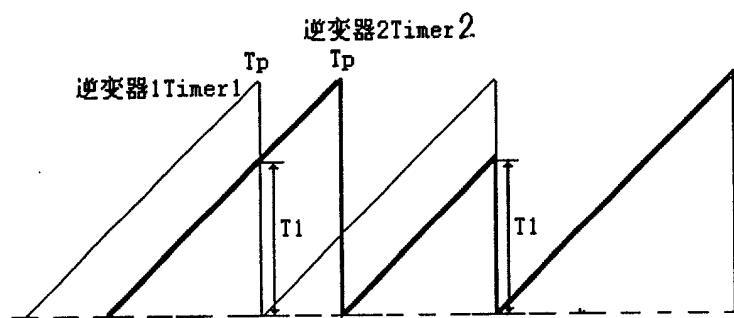


图13