



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201656804 U

(45) 授权公告日 2010. 11. 24

(21) 申请号 200920273283. 1

(22) 申请日 2009. 12. 11

(73) 专利权人 澳门大学

地址 中国澳门氹仔徐日昇寅公馬路澳门大学科技学院

(72) 发明人 陆耀强 黄民聪 戴宁怡 黄志刚

(74) 专利代理机构 广州新诺专利商标事务有限公司 44100

代理人 华辉

(51) Int. Cl.

H02M 7/48(2007. 01)

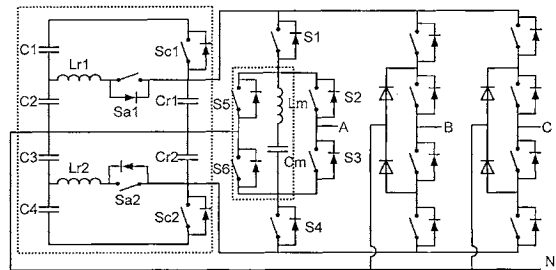
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 实用新型名称

直流电压自平衡软开关三电平逆变器

(57) 摘要

本实用新型涉及直流电压自平衡软开关三电平逆变器,属于电气工程中的变流技术领域,目的是为需要使用三电平逆变器的高压、大容量应用,提供一种同时有软开关和直流电压自平衡能力的三电平逆变器,以减小开关损耗,简化控制电路。为了实现以上目的,本实用新型在现有的含准谐振软开关电路的三电平逆变器其中一个桥臂上,由电压自平衡电路取代箝位二极管,其中电压自平衡电路由两个开关元件,并联一个电容加电感的串联支路组成。本实用新型有益效果在于:不需要额外的直流电压控制算法,简化了控制电路,同时不影响软开关的效果。该技术方案同时适用于单相、三相或多桥臂的三电平逆变器,也同时适用于三相三线和三相四线的电力系统。



1. 一种直流电压自平衡软开关三电平逆变器,其特征在于,在含准谐振软开关电路的三电平逆变器其中一个桥臂上,由电压自平衡电路取代箝位二极管,其中电压自平衡电路由两个开关元件,并联一个电容加电感的串联支路组成。

2. 一种基于权利要求 1 所述直流电压自平衡软开关三电平逆变器的控制系统,其特征在于,包括:

PWM 发生器,提供脉宽调制信号给电压自我平衡单元、新模式检测单元及锁存电路;

锁存电路,暂存最近的脉宽调制信号;

新模式检测单元,当检测到脉宽调制信号改变时,触发准谐振软开关电路产生零直流电压;

零转换检测单元,当检测到准谐振软开关电路的直流电压谐振到接近零时,控制锁存电路发送最近的脉宽调制信号给三电平逆变器的相应开关元件;

谐振检测单元,通过测量得到的三电平逆变器两个直流电容上的电压值,根据直流电压差是否达到所设的临界值,判定自平衡电路的投入时间。

## 直流电压自平衡软开关三电平逆变器

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及电力系统中的三电平逆变器,尤其是直流电压自平衡软开关三电平逆变器,属于电气工程中的交流技术领域。

### 背景技术

[0002] 多电平逆变器一直以来有着灵活性高、输出电压谐波少的优点,而三电平逆变器已经在中电压、大功率的应用中得到广泛使用。逆变器的开关损耗在降低能量转换效率的同时,也限制了系统工作的最高频率和形成电磁干扰,这一问题在高压、大容量的应用中尤为突出。引入软开关技术可以改善以上提出的问题,减轻开关器件上的电压和电流的压力,并提高逆变器的效率和性能。

[0003] 文献“两电平和三电平逆变器软开关电路的模块化设计”(IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 21, No. 1, January 2006:131-139)中将准谐振直流环节软开关电路加入三电平二极管箝位逆变器中。如图1中较大方框内部分所示,软开关电路由两个对称且独立运行的模块组成,每个模块首先将三电平二极管箝位逆变器直流侧两个电容中的一个替换为两个大小相等的串联直流电容,两个串联电容的中点连接一个由谐振电感和一个开关元件组成的串联支路,该串联支路的另一端通过谐振电容连接到直流母线的中点,并通过一个开关元件连接到直流母线的正端或负端;谐振电感和谐振电容是小容量的能量存储器件,在固定工作频率共振;软开关电路工作时,令储存在谐振电容的能量转移至谐振电感中,使谐振电容所维持的直流母线电压瞬间下降到零,为开关的动作提供零电压的条件,从而降低了整个系统的开关损耗;该软开关电路具有控制系统简单、辅助元件少的优点。

[0004] 由于三电平逆变器的直流侧采用了两个串联的直流电容,直流电压不平衡会导致逆变器的中点电压漂移,直接影响逆变器的输出效果,较大的直流电压不平衡还将使逆变器不能稳定运行,因而直流电压平衡控制是三电平逆变器运行时必须要解决的一个重要问题。而包含软开关电路的三电平逆变器,其电路和控制已经比普通三电平逆变器复杂,更加需要简单有效的直流电压平衡控制。而加入直流电压平衡控制后,如何能与原有的软开关电路同时运行而又不互相影响,也是一个需要解决的问题。

### 实用新型内容

[0005] 本实用新型提供一种同时有软开关和直流电压自平衡能力的三电平逆变器,目的是为需要使用三电平逆变器的高压、大容量应用,以减小开关损耗,简化控制电路。

[0006] 上述目的由以下技术方案实现:

[0007] 一种直流电压自平衡软开关三电平逆变器,其特征在于,在含准谐振软开关电路的三电平逆变器其中一个桥臂上,由电压自平衡电路取代箝位二极管,其中电压自平衡电路由两个开关元件,并联一个电容加电感的串联支路组成。

[0008] 上述技术方案通过使直流电压自平衡电路上的两个开关元件与三电平逆变器该

桥臂上的原有开关元件配合导通,使得电压自平衡电路的电容与直流侧的两个电容交替并联,从而实现对两个直流电容上的电压平衡控制;为了减低电容并联时的冲击电流,本方案还加入了电感与电压自平衡电路中的电容串联。

[0009] 本实用新型进而提供一种基于上述直流电压自平衡软开关三电平逆变器的控制系统,由以下技术方案实现:

[0010] 一种基于上述直流电压自平衡软开关三电平逆变器的控制系统,其特征在于,包括:PWM 发生器,提供脉宽调制信号给电压自我平衡单元、新模式检测单元及锁存电路;锁存电路,暂存最近的脉宽调制信号;新模式检测单元,当检测到脉宽调制信号改变时,触发准谐振软开关电路产生零直流电压;零转换检测单元,当检测到准谐振软开关电路的直流电压谐振到接近零时,控制锁存电路发送最近的脉宽调制信号给三电平逆变器的相应开关元件;谐振检测单元,通过测量得到的三电平逆变器两个直流电容上的电压值,根据直流电压差是否达到所设的临界值,判定自平衡电路的投入时间。

[0011] 在应用本实用新型的控制系统中,直流电压自平衡电路根据所设直流电压差的临界值,去判定自平衡电路的投入时间,软开关谐振模块与电压自平衡单元之间透过不同的检测电路以确保两者功能相互配合而不会相互影响。

[0012] 本实用新型所提出的直流电压自平衡软开关三电平逆变器与现有技术相比,其有益效果在于:不需要额外的直流电压控制算法,简化了控制电路,同时不影响软开关的效果。该技术方案同时适用于单相、三相或多桥臂的三电平逆变器,也同时适用于三相三线和三相四线的电力系统。

#### 附图说明

[0013] 图 1 为加入直流自平衡电路的软开关三电平逆变器;

[0014] 图 2 为实施例的逆变器控制原理方框图;

[0015] 图 3 为仿真例中的非线性负载电流;

[0016] 图 4 为仿真例中的无直流自平衡单元时的不平衡直流母线电压;

[0017] 图 5 为仿真例中的通过所提出逆变器控制的平衡直流电压。

#### 具体实施方式

[0018] 下面结合附图与具体实施方式对本实用新型做进一步详细描述。

[0019] 如图 1 中较小方框内部分所示,A 相桥臂中的两个箝位二极管由两个可控开关器件所取代,再从中并联上一个电容  $C_m$  和电感  $L_m$  的串连支路,配搭加插在直流母线的准谐振软开关电路,成为了本方案在三相三电平逆变器中的一个实施例。透过控制 A 相桥臂中的六个开关,使电容  $C_m$  与软开关电路中的谐振电容  $C_{r1}$  和  $C_{r2}$  交替并联,从而使得直流母线上的电容  $C_{r1}$  和  $C_{r2}$  上的电压平衡,保证逆变器正常稳定运行;电感  $L_m$  起到缓冲的作用,降低直流电压不平衡较大时电容并联时的冲击电流。

[0020] 其中准谐振直流环节电路的谐振频率由  $C_r$  ( $C_r = C_{r1} = C_{r2}$ ) 的电容值和  $L_r$  ( $L_r = L_{r1} = L_{r2}$ ) 的电感值通过以下公式得到

$$[0021] \quad T = \pi \sqrt{L_r C_r}$$

[0022] 当开关 S1、S2 和 S6 导通时,逆变器输出  $V_{dc}/2$ , (当中  $V_{dc}$  为逆变器直流电压,即

直流电容 C1 至 C4 之间的电压,  $V_{dc} = V_{c1} + V_{c2} + V_{c3} + V_{c4}$ , 同时电容  $C_m$  和  $C_{r1}$  并联连接, 两个电容上的电压将相等。当开关 S3、S4 和 S5 被触发时, 逆变器输出为  $-V_{dc}/2$ , 此时电容  $C_m$  和  $C_{r2}$  并联且电压相等。逆变器该桥臂输出零电压时提供了两种电容并联的方式, 透过选择不同的零电压输出形式, 电容  $C_m$  可以与电容  $C_{r1}$  和  $C_{r2}$  交替并联, 将使得三个直流电容上的电压相等, 实现直流电压的自平衡。逆变开关组合如表 1 所示。

[0023] 表 1 新型逆变器的开关转换表

|        | 输出<br>电压    | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | 并联电容            |
|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|-----------------|
| [0024] | $V_{dc}/2$  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | $C_{r1} \& C_m$ |
|        | 0           | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | $C_{r1} \& C_m$ |
|        | 0           | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | $C_{r2} \& C_m$ |
|        | $-V_{dc}/2$ | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 0  | $C_{r2} \& C_m$ |

[0025] 同时, 每当逆变器要改变输出状态的前后, 软开关电路会先被触发。开关器件  $Sc1$  和  $Sc2$  打开  $Sa1$  和  $Sa2$  闭合, 使得电容  $C_{r1}$ ,  $C_{r2}$  和对应的电感  $L_{r1}$ ,  $L_{r2}$  产生谐振。谐振电容的电压因而瞬间下降到零, 为逆变器主要器件提供零电压的开关条件。透过直流电压自平衡和软开关的功能, 能改善三电平逆变直流母线电压不稳的问题, 减低开关损耗, 增加逆变的转换效率。

[0026] 本实施例运基于通用型直接脉宽调制技术来控制三电平逆变器, 图 2 所示为直流电压自平衡软开关三电平逆变器的控制系统图。PWM 发生器提供脉宽调制信号 PWMa、PWMb、PWMc 给电压自我平衡单元、新模式检测单元及锁存电路。新模式检测单元, 当检测到脉宽调制信号改变时, 触发准谐振软开关电路产生零直流电压。整个谐振过程会被监控, 当零转换检测单元检测到准谐振软开关电路的直流电压谐振到接近零时, 控制锁存电路发送最近的脉宽调制信号给三电平逆变器的相应开关元件, 使得逆变器的电力元件能实现零电压开关; 谐振检测单元通过测量得到的三电平逆变器两个直流电容上的电压值, 根据直流电压差是否达到所设的临界值, 判定自平衡电路的投入时间。

[0027] 谐振模块与电压自我平衡单元之间透过不同的检测电路以确保两者功能相互配合而不会相互影响。

[0028] 针对含准谐振直流环节的新型通用三电平逆变器, 在 PSCAD/EMTDC 中进行了仿真。仿真系统由一个三相四线通用三电平准谐振逆变器与一个三相四线非线性负载所构成。逆变器被设定成一个三相交流电压源去带动一个含零序电流的非线性负载, 用以演示直流侧电压的不平衡问题。

[0029] 图 3 所示为系统的非线性负载电流与中线电流。当中的零序电流为逆变器带来了直流侧电压偏移。如果采用没有加入任何直流电压控制的传统的三电平逆变器, 直流侧电压差如图 4 所示会不断增加, 图中  $V_{dc1}$ 、 $V_{dc2}$  分别代表电容  $C_{r1}$  和  $C_{r2}$  上的电压; 而图 5 所示为直流电压自平衡的效果, 直流侧电压明显地受到了控制,  $V_{dc1}$ 、 $V_{dc2}$  基本上达到了平衡。

[0030] 本实施例采用了三相逆变器, 本实用新型也适用于各种单相、三相, 多相的逆变器。

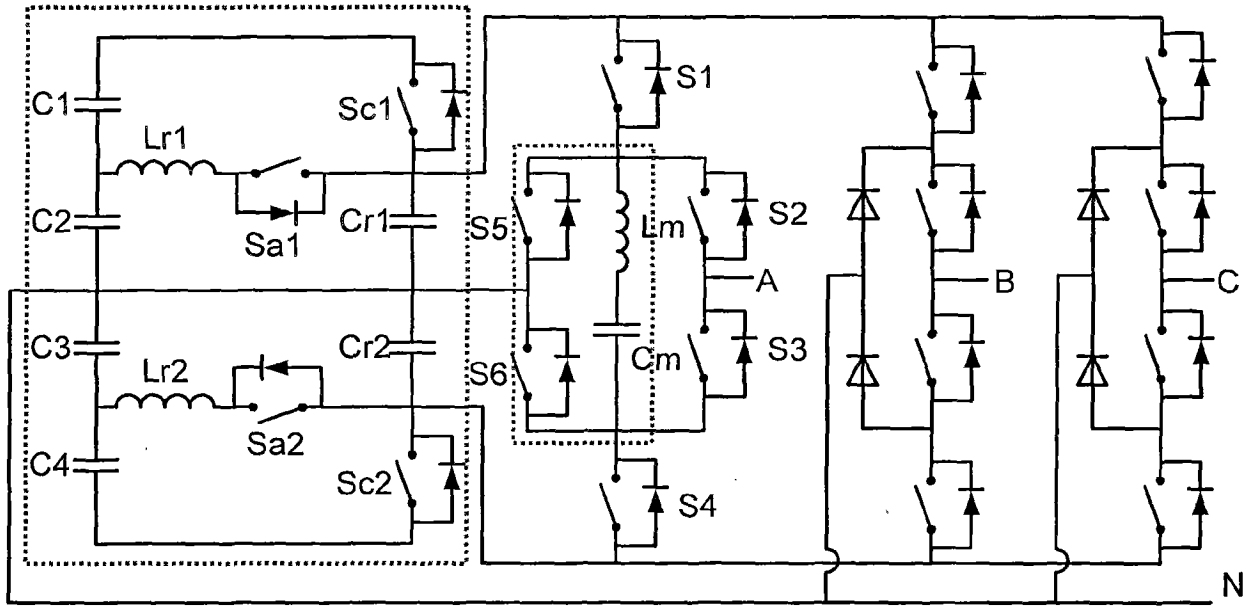


图 1

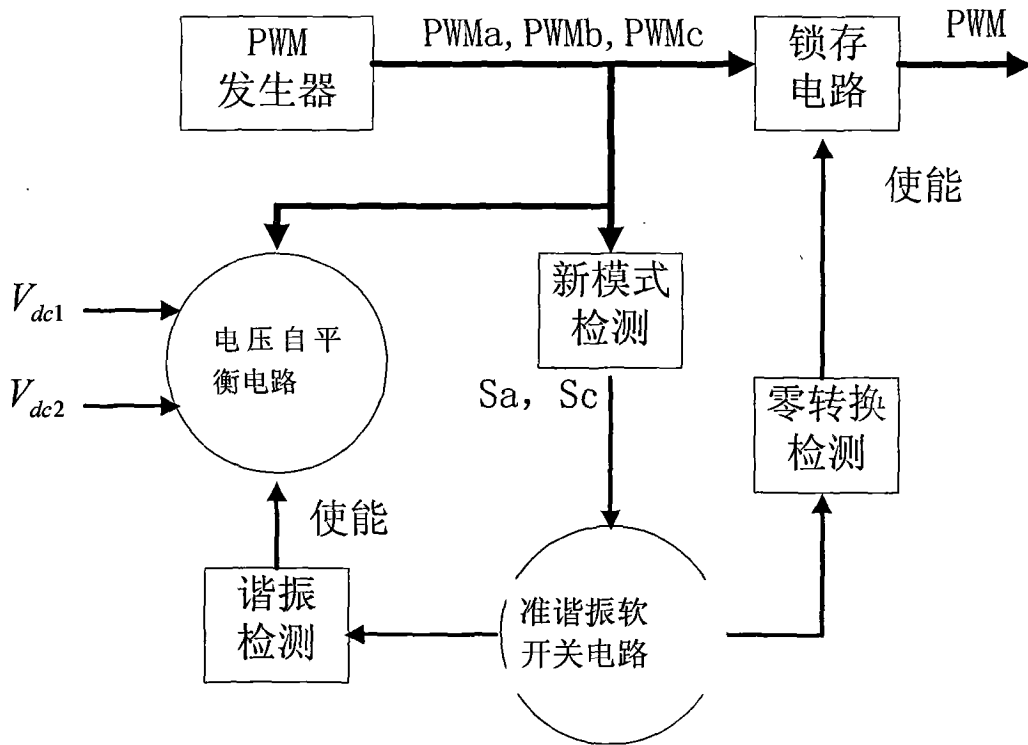


图 2

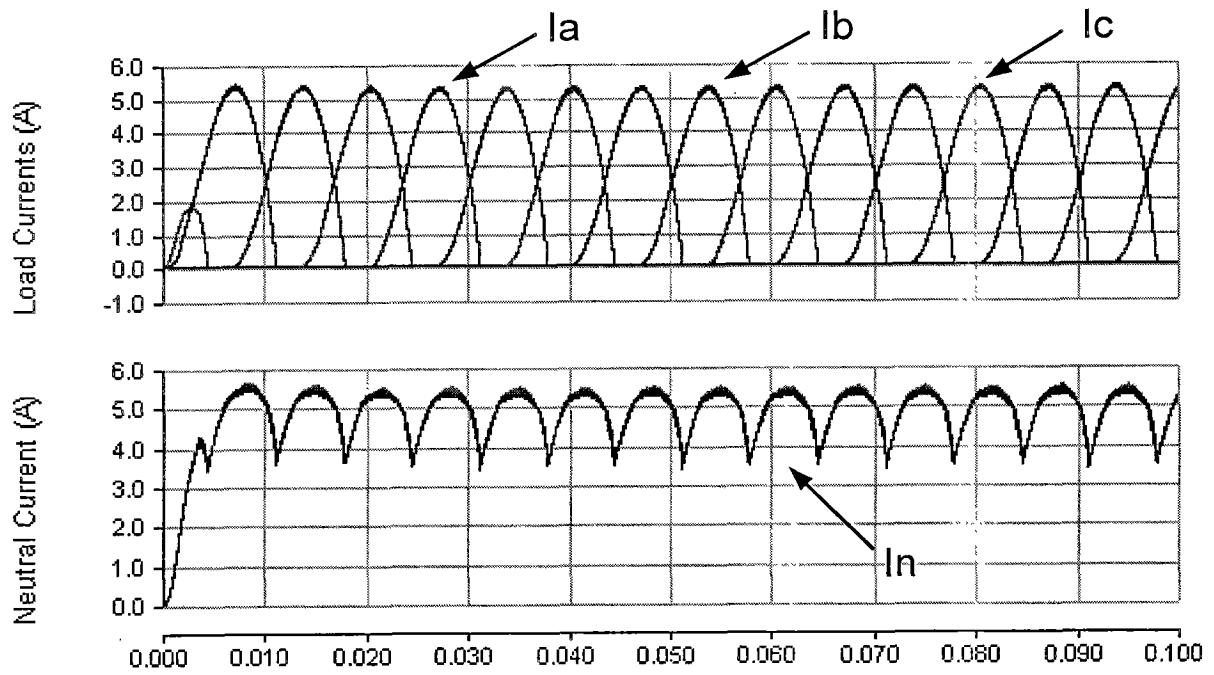


图 3

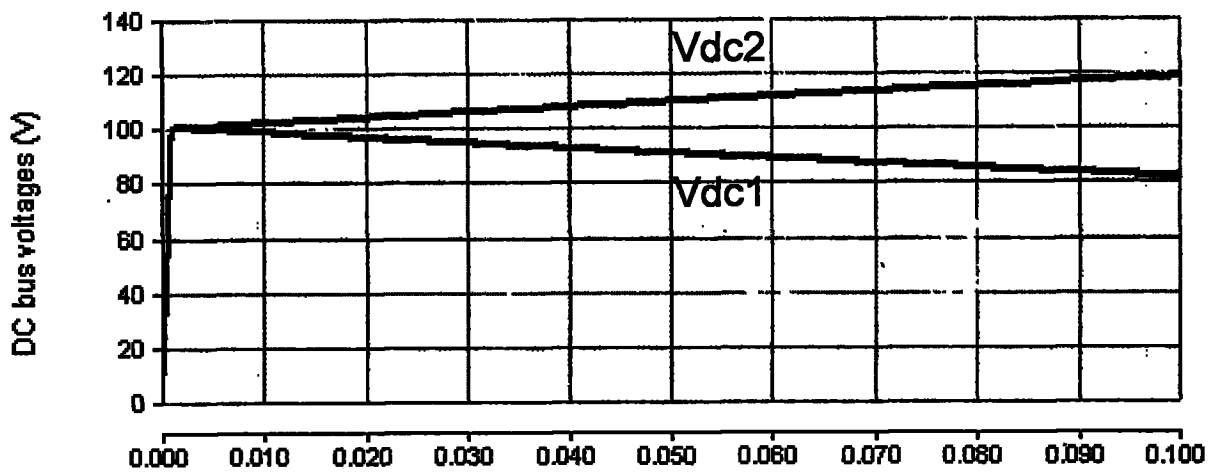


图 4

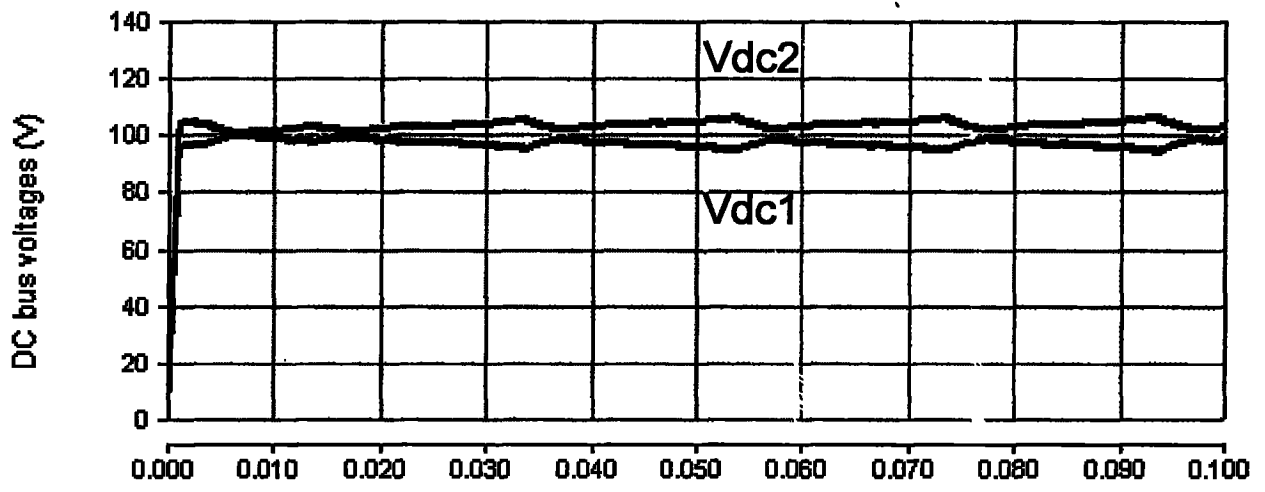


图 5