



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102353832 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 20

(21) 申请号 201110267339. 4

(22) 申请日 2011. 09. 09

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 姜建国 杨兴武 高淳 曹凯

赵剑飞 张宇华

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 郭国中

(51) Int. Cl.

G01R 19/25(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101581748 A, 2009. 11. 18,

CN 1514525 A, 2004. 07. 21,

Yindan Li 等. A Novel DC Voltage

Detection Technique in the CHB

Inverter-Based STATCOM. 《IEEE TRANSACTIONS

ON POWER DELIVERY》. 2008, 第 23 卷 (第 3 期),
雷霄等. 并联型级联多电平逆变器直流电容
电压控制方法. 《电网技术》. 2010, 第 34 卷 (第
7 期),

邱钢等. 直流电压不等级联型逆变器一维矢
量调制研究. 《电气传动》. 2010, 第 40 卷 (第 12
期),

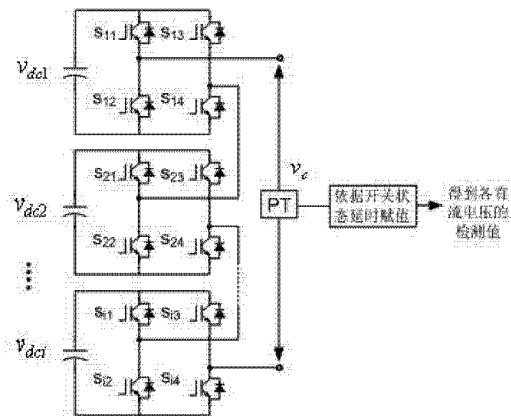
审查员 李晓惠

(54) 发明名称

级联型逆变器多路直流电压检测系统

(57) 摘要

本发明公开了一种级联型逆变器多路直流电压检测系统,包括一个用于测量级联型逆变器中各逆变器单元串联电压的电压检测元件、A/D 转换单元以及 FPGA 控制单元;所述电压检测元件检测到的电压信号经 A/D 转换单元转换成数字信号后输送至所述 FPGA 控制单元进行数据处理。相比每个逆变单元直流电压都需一个电压传感器来实现检测的传统方法,本发明利用一个电压传感器对级联后逆变器的交流输出侧电压的检测,借助于逆变器的开关状态,得出每个逆变单元的直流侧电压,大幅度减低检测电路的成本;同时加入对于测量元件的延时和采样过程延时的考虑,在减少检测元件的同时保证检测的准确性和稳定性。



权利要求书1页 说明书4页 附图2页

1. 一种级联型逆变器多路直流电压检测系统,其特征在于:包括一个用于测量级联型逆变器中各逆变器单元串联电压的电压检测元件、A/D 转换单元以及 FPGA 控制单元;所述电压检测元件检测到的电压信号经 A/D 转换单元转换成数字信号后输送至所述 FPGA 控制单元进行数据处理;

所述各逆变器单元的上桥臂开关管的状态与所述 FPGA 控制单元中逻辑信号等效。

2. 根据权利要求 1 所述的级联型逆变器多路直流电压检测系统,其特征在于:所述电压检测元件为电压传感器。

3. 根据权利要求 1 所述的级联型逆变器多路直流电压检测系统,其特征在于:所述各逆变器单元为由电容与四个开关管组成的单相全桥电路。

4. 根据权利要求 1 所述的级联型逆变器多路直流电压检测系统,其特征在于:所述 FPGA 控制单元还包括采集模块和赋值模块;所述采集模块接收所述 A/D 转换单元输出的数字电压信号并输送至所述赋值模块,所述赋值模块依据所述上桥臂开关管的触发信号判断对应的逆变器单元开关管的开关状态并依据所述数字电压信号对各逆变单元的直流侧电压进行赋值。

5. 根据权利要求 4 所述的级联型逆变器多路直流电压检测系统,其特征在于:所述赋值模块对逆变器单元的直流侧电压进行的赋值是延时赋值的。

6. 根据权利要求 5 所述的级联型逆变器多路直流电压检测系统,其特征在于:所述赋值模块延时赋值的延时时间包括所述电压检测元件的响应时间、所述采集模块的采样周期。

级联型逆变器多路直流电压检测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种级联型逆变器多路直流电压检测系统。

背景技术

[0002] 以 MOSFET 和 IGBT 为代表的集高频、高压和大电流于一身的功率半导体复合器件, 表明传统电力电子技术已经进入现代电力电子时代。随着级联多电平技术的发展, 功率器件通过串并联可实现在高压大功率场合的应用, 进一步推动了电力电子技术的发展。

[0003] 在二极管箝位多电平、电容箝位多电平、H 桥级联型多电平、模块化多电平等几种主要的多电平技术中, H 桥级联型多电平应用比较广泛, 原因在于该拓扑有独立的直流侧电容、控制相对简单且易模块化实现等

[0004] H 桥级联型多电平逆变器的一个主要难点在于其直流侧难以实现平衡控制, 为了使级联型逆变器稳定工作, 各个直流侧电容电压必须进行平衡控制, 控制的前提是首先对直流侧电容电压的检测, 然后依据不平衡情况借助一些辅助控制方法实现直流电压的平衡。传统的直流侧检测方法, 每个逆变单元均需要一个电压传感器来实现直流侧电压检测, 这样对一个三相每相有 n 个单元级联的逆变器, 需使用 $3n$ 个电压传感器来实现各单元的直流侧电压的检测。

[0005] 经对现有技术文献的检索发现, Yidan Li 等人在 IEEE Transaction on Power Delivery 上所发表的 A Novel DC Voltage Detection Technique in the CHB Inverter - Based STATCOM (H 桥级联型 STATCOM 的一种新的直流电压检测技术) 介绍了一种用单一电压传感器同时测量多个模块直流电压的方法, 但该方法没有考虑到测量元件的延时和采样过程延时, 这样容易造成误采样, 严重影响了采样精度。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术的缺陷, 提供一种级联型逆变器多路直流电压检测系统。该系统采用一个电压传感器可实现级联型逆变器多个逆变单元直流电压的高精度检测, 同时由于减少直流侧电压检测原件从而实现了降低硬件成本的目的。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

[0008] 本发明涉及的一种级联型逆变器多路直流电压检测系统, 包括一个用于测量级联型逆变器中各逆变器单元串联电压的电压检测元件、A/D 转换单元以及现场可编程门阵列 (FPGA) 控制单元; 所述电压检测元件检测到的电压信号经 A/D 转换单元转换成数字信号后输送至所述 FPGA 控制单元进行数据处理。

[0009] 优选的, 所述电压检测元件为电压传感器。

[0010] 优选的, 所述各逆变器单元为由电容与四个开关管组成的单相全桥电路。

[0011] 优选的, 所述各逆变器单元的上桥臂开关管的状态与所述 FPGA 控制单元中逻辑信号等效。

[0012] 优选的, 所述 FPGA 控制单元还包括采集模块和赋值模块; 所述采集模块接收所述

A/D 转换单元输出的数字电压信号并输送至所述赋值模块,所述赋值模块依据所述触发信号判断对应的逆变单元开关管的开关状态并依据所述数字电压信号对各逆变单元的直流侧电压进行赋值。

[0013] 优选的,所述赋值模块对逆变单元的直流侧电压进行的赋值是延时赋值的。

[0014] 优选的,所述赋值模块延时赋值的延时时间包括所述电压检测元件的响应时间、所述采集模块的采样周期。

[0015] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0016] 1、本发明可用一个电压检测元件实现多路直流电压的检测,大幅度减低检测电路的成本。

[0017] 2、加入对于测量元件的延时和采样过程延时的考虑,在减少检测元件的同时保证检测的准确性和稳定性。

附图说明

[0018] 图 1 是 H 桥级联逆变器单相结构图;

[0019] 图 2 是多路直流电压同时检测的原理图;

[0020] 图 3 是 FPGA 依据不同开关状态的逻辑组合的赋值过程图;

[0021] 图 4 是电压传感器的响应时间引起的延时示意图,其中,图 4a 是逆变器输出波形与检测电路输出波形图,图 4b 为图 4a 的局部放大图;

[0022] 图 5 是系统采样过程中存在的延时示意图。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细的描述。

实施例

[0024] 一种级联型逆变器多路直流电压检测系统,包括一个用于测量级联型逆变器中各逆变器单元串联电压的电压检测元件(电压传感器)、A/D 转换单元以及 FPGA 控制单元;所述电压检测元件检测到的电压信号经 A/D 转换单元转换成数字信号后输送至所述 FPGA 控制单元进行数据处理。

[0025] 如图 1 所示的 H 桥级联逆变器单相结构图,每个 H 桥单元由电容 C_x 与开关管 S_{i1} , S_{i2} , S_{i3} , S_{i4} 组成的单相全桥电路;由一个电压传感器测量它们的串联电压;级联单元的直流侧电容电压设为 V_{dc1} , V_{dc2} , \dots , V_{dcn} , 第 i 个单元模块的第 j 个开关管的触发状态用 s_{ij} 表示。

[0026] 如图 2 所示,以一个三单元级联的拓扑为例,选择一种常用的调制方法——载波相移正弦空间电压矢量调制。图 2 示出三单元 H 桥级联逆变器一相的各单元输出电压,总输出电压及相移载波信号与参考信号的波形,其中,图中(a)为相移载波信号和参考调制信号;(b)为一单元的理论输出电压 V_{H1} ;(c)为二单元的理论输出电压 V_{H2} ;(d)为三单元的理论输出电压 V_{H3} ;(e)为逆变器交流侧总的输出电压。总输出电压是各单元输出电压的叠加,可以看出当总输出电压为一个电平时,该输出电压即是某一个单元的直流电容电压。

[0027] 所述各逆变器单元的上桥臂开关管的状态与所述 FPGA 控制单元中逻辑信号相对

应(关断状态对应逻辑“0”,开通状态对应逻辑“1”)。所述 FPGA 控制单元还包括采集模块和赋值模块;所述采集模块接收所述 A/D 转换单元输出的数字电压信号并输送至所述赋值模块,所述赋值模块依据所述触发信号判断对应的逆变单元开关管的开关状态并依据所述数字电压信号对各逆变单元的直流侧电压进行赋值。如图 3 所示,重点说明如何判定总输出电压为一电平时,该输出电压是哪一个单元的直流电容电压。由于下桥臂开关管触发信号 Si2, Si4 分别与对应的上桥臂开关管 Si2, Si3 互补,所以只需有所有的上桥臂开关管的触发信号即可知道该对应关系。开关状态满足图 3 所给出逻辑时(在 FPGA 中高电平为逻辑“1”,低电平为逻辑“0”),可通过交流输出电压对各逆变单元的直流侧电压赋值。当逻辑 $(S11 \wedge S13) \wedge (S21 \sim S23) \wedge (S31 \sim S33)$ 为“1”,则只有逆变单元 1 有电平输出,其余单元输出为 0,则此时的逆变输出交流电压即对应逆变单元 1 的直流电压,可通过逆变输出交流电压检测值对逆变单元 1 的直流电压赋值。对上述逻辑符号说明如下:

[0028] “&”表示逻辑与,“^”表示逻辑或,“~”表示逻辑非,“Si j”中表示第 i 个单元的第 j 个开关器件。

[0029] 所述赋值模块对各逆变单元的直流侧电压进行的赋值是延时赋值的。在赋值过程中,如果开关状态满足特定逻辑起始,就进行赋值,这样会产生很大误差,因为在起始阶段逆变器输出电压从一个电平跳跃到另一个电平,电压传感器需要一个响应时间,所以不能在起始阶段赋值。为了提高检测精度,本发明采用延时赋值的方法。如图 4 所示,图 4a 示出逆变器输出波形与检测电路输出波形,图 4b 为图 4a 的局部放大。延时时间的大小有几个因素共同决定,由图 4b 中看出电压传感器和信号调理电路中的运算放大器的响应时间引起的检测电路的延时,因为电压传感器的响应时间比运算放大器的响应时间长,所以以电压传感器的响应时间为主。

[0030] 延时赋值的延时时间包括所述电压检测元件的响应时间、所述采集模块的采样周期。如图 5 所示的系统采样过程中存在的延时示意图,其中 a0, a1, a2, a3, a4 均为采样点。图中看出检测电路对不同电平的检测存在响应时间,如果当逆变器输出电压电平刚达到稳定就开始赋值,则此时的值可能是上个采样点 a1 的值,而上个采样点采得的电压是电平还没达到稳态时的值,所以对检测信号的赋值的延时时间还应加上一个采样周期。如此可确保电平到达稳态时的采样点对直流电压信号赋值,图中 a2 采样点可用于赋值。

[0031] 结合上述实施例,本发明是通过对级联型逆变器的交流输出电压的检测来实现对各逆变单元的直流侧电压的检测,其突出优点在于节省电压传感器,减少系统的设计成本。

[0032] 本发明的工作原理如下:

[0033] 1、利用一个电压检测元件(电压传感器)来检测级联后逆变器的交流输出侧电压,通过对逆变器交流侧 PWM 电压的检测,借助于 FPGA 对逆变器驱动信号的逻辑处理来实现用交流侧电压对各逆变单元直流侧电压的赋值。

[0034] 2、将检测信号送入 DSP,经 DSP 内部的 A/D 转换功能实现信号采样。具体是利用交流侧电压传感器对交流侧 PWM 电压进行隔离调理后的 0~3V 信号送入 A/D 转换单元,得到逆变器交流侧电压的数字信号值。

[0035] 3、通过 FPGA 内部的触发脉冲的逻辑实现用 DSP 的 A/D 采样值对各单元直流电容电压检测值 $V_{dc1}, V_{dc2}, \dots, V_{dcn}$ 进行幅值,从而完成对多个直流电容电压的检测。具体是各逆变单元的驱动信号高电平或低电平在 FPGA 中按照逻辑“1”或逻辑“0”表示, FPGA 在特

定开关状态的逻辑组合下,可将交流侧电压的数字值赋值给各逆变单元直流侧电压。利用逆变器交流侧电压给直流侧电压的赋值方法,还要考虑到在满足特定的开关状态逻辑组合的起始,交流侧电压电平还未达到稳定,这主要是由电压传感器的响应时间等因素引起的;所以为了使直流侧电压检测准确,开关状态满足特定的逻辑组合后,还需经过短暂延时,等交流侧电压电平稳定后再利用交流侧电压数字值给逆变单元直流侧电压赋值。延时时间大小由传感器的响应时间、采样周期和开关频率共同决定。

[0036] 综上所述,本发明的检测系统是基于级联单元开关状态来实现直流电压检测的,当级联逆变器工作时,由于逆变输出的交流侧电压是 PWM 波,当只有其中一个单元输出电压为 V_{dc} 或 $-V_{dc}$,其余单元输出电压为 0,则此时的交流输出电压 V_o 就是该单元的直流侧电压。也就是说,当交流输出电压只有一个电平时,交流输出电压的大小就等于级联逆变器其中某一个单元的直流侧电压,交流输出具体是对应哪一个单元的直流电压,由各单元的驱动信号很容易判断出,判断过程如下:逆变器单元(H桥单元)的两个桥臂的上管或下管同时导通则该单元输出电压为 0,如果一个桥臂的上管导通另一个桥臂的下管导通则该单元的输出为一个电平即 V_{dc} 或 $-V_{dc}$,从而可以判断出交流输出电压即为有一个电平输出的单元的直流电压。

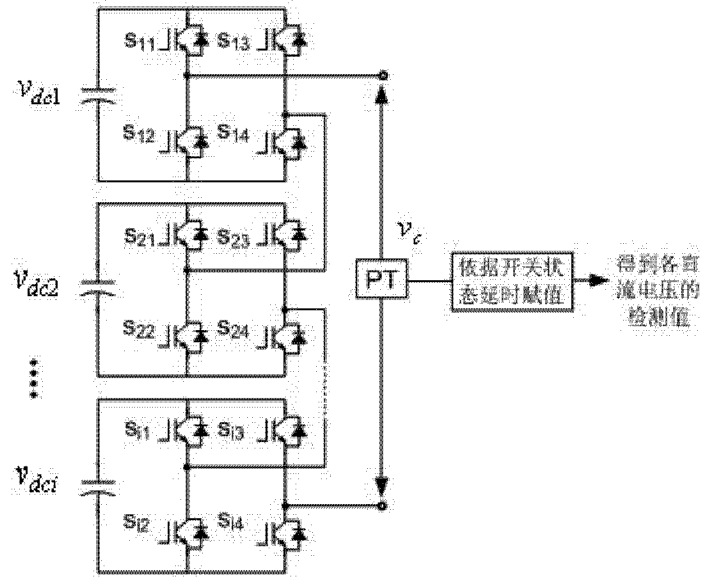


图 1

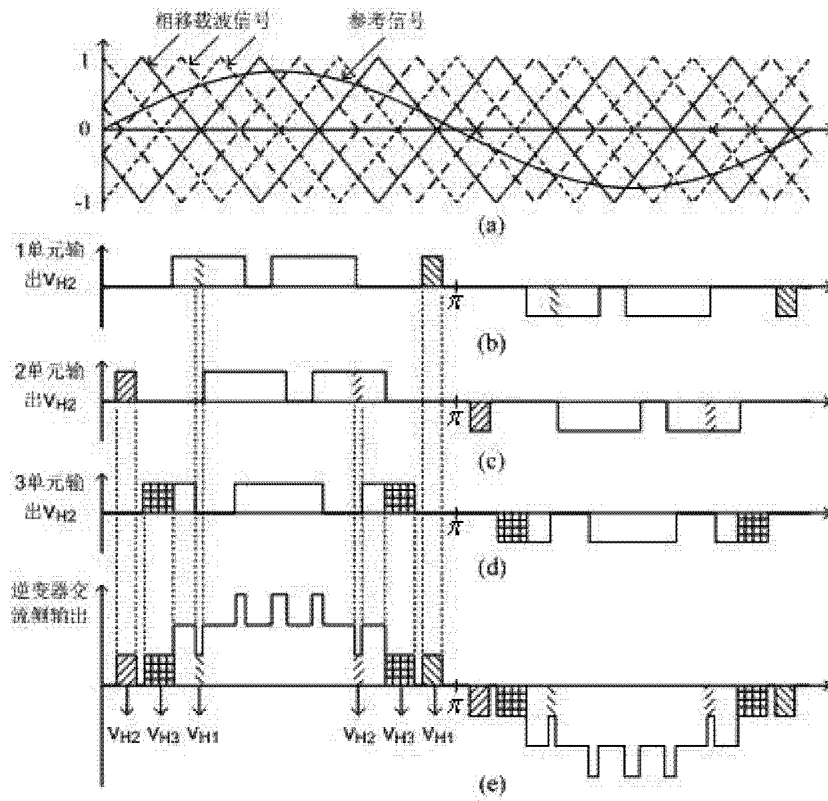


图 2

FPGA逻辑	各单元输出电压			各单元直流电压检测结果
	H1	H2	H3	
$(S_{11} \wedge S_{13}) \& (S_{21} \wedge S_{23}) \& (S_{31} \wedge S_{33})$	$\pm V_{dc}$	0	0	$V_{H1} \Leftarrow V_d $ V_{H2}, V_{H3} 保持不变
$(S_{11} \wedge S_{13}) \& (S_{21} \wedge S_{23}) \& (S_{31} \wedge S_{33})$	0	$\pm V_{dc}$	0	$V_{H2} \Leftarrow V_d $ V_{H1}, V_{H3} 保持不变
$(S_{11} \wedge S_{13}) \& (S_{21} \wedge S_{23}) \& (S_{31} \wedge S_{33})$	0	0	$\pm V_{dc}$	$V_{H3} \Leftarrow V_d $ V_{H1}, V_{H2} 保持不变
其他	其他			V_{H1}, V_{H2}, V_{H3} 保持不变

图 3

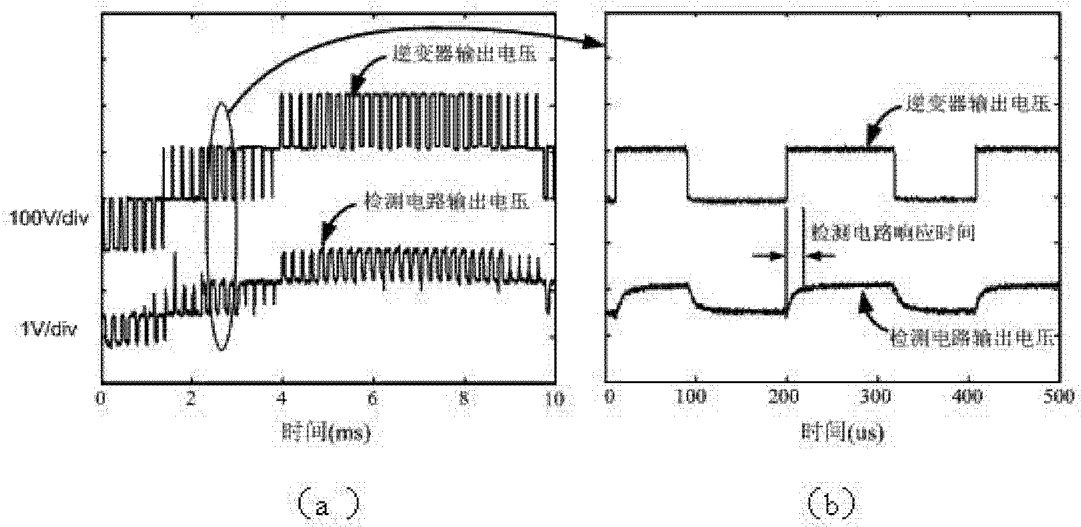


图 4

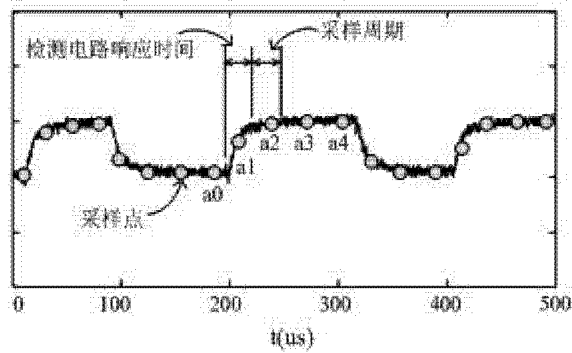


图 5