

级联式多电平逆变器输出稳定性的研究

刘守邦, 周孟然

(安徽理工大学 电气与信息工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘 要:以 2H 桥级联电路为例, 通过对其主电路的分析, 控制策略的选择, 以及运用 MATLAB 对电路的输出波形进行仿真比较, 来验证级联式多电平逆变器随着功率单元的增加, 输出的波形的谐波含量越少, 输出更加稳定。

关键词:多电平逆变; 2H 桥级联; MATLAB 仿真

中图分类号: TM32

文献标识码: A

文章编号: 1008-8725(2010)12-0040-03

Research on Stability of Output for Cascaded Multilevel Inverter

LIU Shou-bang, ZHOU Meng-ran

(Institute of Electrical and Information Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: Article to 2H-bridge cascade circuits, for example, through an analysis of its main circuit and control strategy options, as well as the use of MATLAB for different number of cascaded H-bridge circuit simulation output waveform comparison, to verify the cascade multilevel inverter power unit with the increase in the output waveform of the harmonic content of less output more stable

Key words: multi-level inverter; 2H bridge cascade; MATLAB simulation

0 前言

在高压大功率交流电动机的变频调速系统中,

IPC 构成系统的操作站, 并结合 Ethernet 构成网络。过程的数据采集和过程的控制都由 PAC 来完成, IPC 完成数据显示、人机界面操作、历史数据存储、报表打印、及控制系统的管理等。达到的目标就是组态容易、操作简单、易于维护、系统的安全性及稳定性高。

监控系统主要解决以下几个问题: 设备各种参数状态数据的采集和控制信息的发送; 监控参数的图形动画显示和报警处理; 故障查询和分析; 网络的组建; 远程控制风机及视频传输; 网络 IP 电话。系统采用力控组态软件进行上位机软件开发, 实现各种功能。

4 系统的性能和特点

相对于系统安装前人工监测风机工况和国内同类风井主扇监测系统, 本系统具有如下特点:

(1) 系统的监控程度高, 能实现风机运行状态的各项参数实时监测。

(2) 系统有实时报警功能及历史报警查询功能, 对处理风机故障提供了快捷有效的途径。

为了很好地解决开关管的耐压、共模电压、电磁干扰等一系列问题, 大多采用功率单元串联叠加的级联式多电平逆变结构。级联结构主要解决了直流电

(3) 通过与矿 35 kV 变电站工控机的联网, 实现远程控制风机的关停。

(4) 通过与矿局域网连接, 实现了网络信息共享, 通过权限分配, 局域网上的任何一台电脑可以查看风机运行情况。

(5) 系统安装了网络 IP 电话, 解决了因天气影响通讯的状况。

5 结束语

该监控系统采用先进、可靠的传感器及计算机网络技术, 实现了主通风机的性能及状态的在线实时监控。能够在生产过程中实时掌握主通风机运行参数和状态, 改变了传统的设备管理方式, 提高了主通风机设备的自动化管理水平, 有力保证了主通风设备的经济、可靠运行, 为设备的管理和维护提供了可靠的依据。利用高可靠性的工控 PAC 实现通风机的在线监测及控制, 并通过与矿 35 kV 变电站的工业控制计算机联网, 实现了通风机的远程监视和控制。

(责任编辑 王秀丽)

收稿日期: 2010-04-23; 修订日期: 2010-08-25

作者简介: 刘守邦(1984-), 男, 山东济宁人, 硕士研究生, 研究方向: 控制理论、控制工程。

容不平衡问题,其实现方法是采用多个电气独立的直流电容分压,输出多个台阶的电平。级联式多电平逆变器,以 H 桥结构为基础,将多个 H 桥串联起来。并且以 SPWM 为核心,控制逆变开关的导通及关断,把直流电压变成等效于正弦波的一系列电压脉冲序列,以实现变频^[1]。文中以 2H 桥级联电路为例,对其工作状态的分析和控制策略的选择进行阐述,最后通过 MATLAB 进行仿真,从仿真结果上来研究级联式多电平逆变器随着功率单元的增加与输出的稳定性有何关联。

1 2H 桥主电路分析

2H 桥工作的 4 种工作状态,如图 2 表述。当开关 S_{11} 与 S_{14} 的时候图(a)所示,2H 桥₁处于正向导通状态,此时输出的电压为 E ;当开关是 S_{12} 与 S_{13} 时候,图(b)所示,2H 桥₁处于反向导通状态,此时输出的电压为 $-E$;当开关 S_{11} 与 S_{12} 导通的时候,图(c)所示,2H 桥₁处于反向旁路状态,此时输出电压为 0,但电流仍可正向导通,这样保证了 2H 桥₂~2H 桥_{n₂} 输出电压产生的电流都能通过 2H 桥₁;当开关 S_{13} 与 S_{14} 导通的时候,2H 桥₁处于反向旁路状态,图(d)所示,此时输出的电压为 0,但电流可反向流通^[2]。

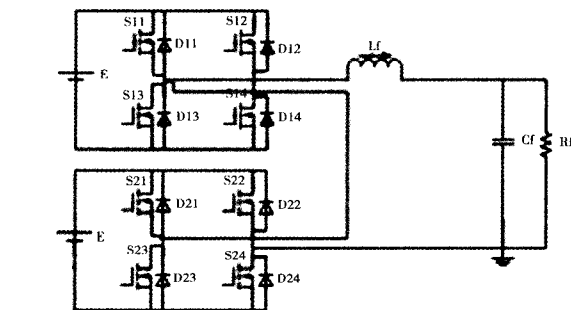


图 1 2H 桥级联主电路

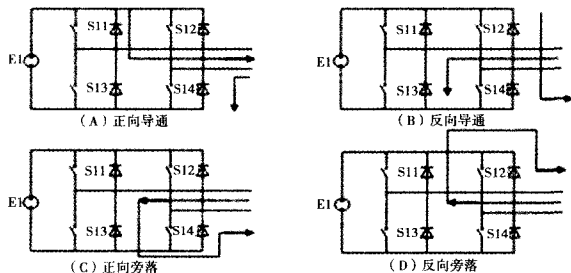


图 2 2H 桥的 4 种工作状态

串联 H 桥多电平逆变器属于阶梯波合成逆变器,由 N 个依次相移 π/N 的逆变单元输出的方波或矩形波叠加得到合成阶梯波,即多重移相叠加法,多重化逆变器输出阶梯波的阶高按正弦规律变化。这种方法输出阶梯波中的谐波含量显著减少,随着阶梯波数目越多,波形越接近正弦波,谐波含量越小^[2]。图 3 为根据 2H 桥工作状态得出的单桥臂输出的

电压波形的示意图,图 4 为根据输出规律得出的 2H 桥输出的电压波形示意图。两个图相比较,能看出 2H 桥输出的电压波形要比 2H 桥单桥臂输出波形较为接近于正弦波。

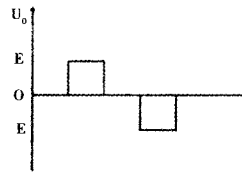


图 3 2H 桥单桥臂三电平输出波形

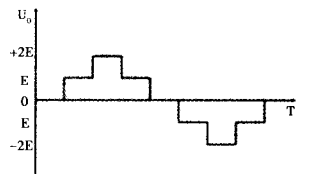


图 4 2H 桥五电平输出波形

2 控制策略分析

为了使得 2H 桥能获得上述 4 种工作方式,文中采取 PWM 控制方式。将 2H 桥的一个桥臂作为功率单元,采用双极性三角载波 PWM 控制方式。左桥臂的三角载波为 U_{c1} , 右桥臂的三角载波为 U_{c2} ,

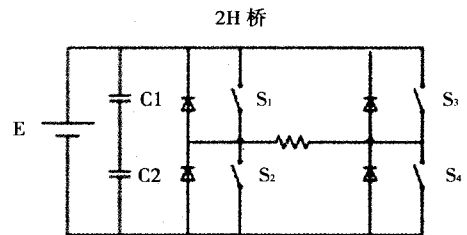


图 5 2H 桥电路

由图 6 可以看出 U_{c2} 超前 $U_{c1}180^\circ$ 。采用同一个正弦调制波 U_s 对 2H 桥两个桥臂进行调制,使得两个桥臂输出的电压具有大小相等方向相反的波形。2H 桥的左桥臂,将三角载波 U_{c1} 与正弦调制波 U_{c2} 相比较,当 $U_s > U_{c1}$ 时产生正脉冲,反之产生负脉冲。同理 2H 桥的右臂,将 U_{c2} 与 U_s 进行比较,当 $U_{c2} > U_s$ 的时候产生正脉冲,反之产生负脉冲。通过对左桥臂的开关 S_1 和 S_4 的控制得到输出电压 U_a ,通过对右桥臂开关 S_2 和 S_3 控制得到输出电压 U_b 。所以得出 2H 桥总输出电压为 $U_{ab} = U_a - U_b$ 。由图 6 可以看出,输出电压

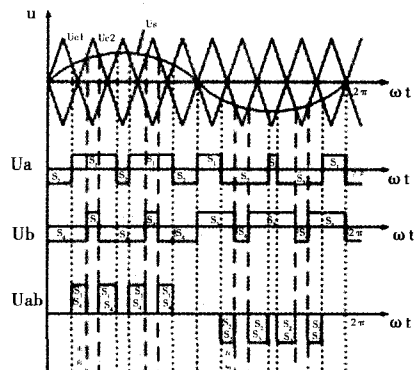


图 6 PWM 控制方式

的正半周,2H 桥工作在正向导通和正向旁路状态;在输出电压的负半周,2H 桥工作在反向导通与反向旁路状态^[4]。

为了得到理想的输出波形,控制电路需要有能够产生 N 个顺序超前 π/N 相位角的三角波发生器,还需要有一个能够产生可改变幅值与频率的三项正弦波发生器,以及可以将正弦波信号与三角载波进行比较以产生出 2H 桥开关驱动信号的比较器。图 7 为 2H 桥级联式多电平逆变器控制电路的原理图。正弦波发生器产生一个幅值频率给定的正弦波用于调制。三角波发生器通过取负后在 2H 桥的两个桥臂上产生 2 个大小相等相位相反的波形作为载波。各个 2H 桥的左桥臂的三角载波的初相位角依次超前 π/N 。文中讨论 $N=2$ 的情况下逆变后输出

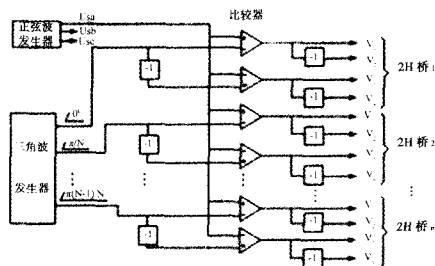


图 7 2H 桥级联式多电平逆变器控制电路

的波形。图 8 为当 $N=2$ 的情况下 2H 桥级联式多电平逆变器的仿真控制电路图形。

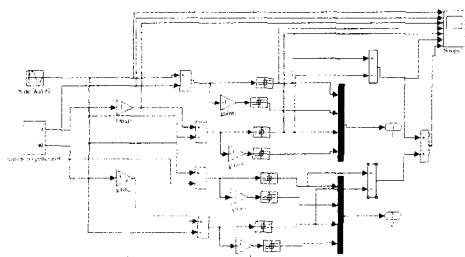


图 8 控制电路仿真电路图

3 仿真结果

为了证明随着级联式多电平逆变器的功率单元增加,输出波形的稳定性越好,对 2H 桥逆变进行了仿真。图 9 为仿真电路的主电路图采取 PWM 控制方式进行仿真。

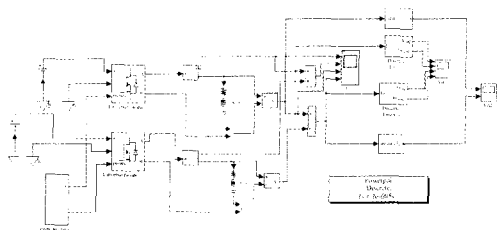


图 9 仿真电路的主电路

图 10 依次向下分别是通过 H 桥输出的电流仿真波形;2H 桥级电路输出的电流仿真波形;H 桥输出三电平 PWM 电压仿真波形;2H 桥级联电路输出五电平的仿真波形。从图中可对比得出随着 H 桥个数的增加输出的波形越趋于正弦波,越加稳定。

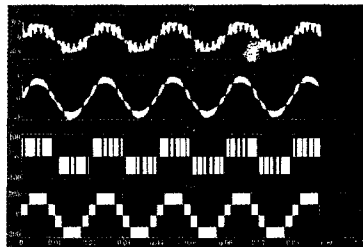


图 10 MATLAB 仿真结果波形图

图 11 为仿真电压畸变率(THD)。从图中可以看出两个 H 桥级联后电压的畸变率较一个 H 桥相比有较大幅度降低。

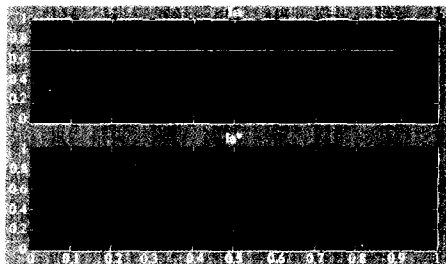


图 11 MATLAB 仿真电压畸变(THD)

4 结论

为了分析级联型逆变器输出电压波形的稳定性与 H 桥单元个数的关系,搭建了 2H 桥仿真电路,从仿真结果和最后仿真电压畸变得出随着 H 桥单元个数的增加,输出波形也越来越接近正弦波,谐波含量也就越小。而且由于级联式多电平逆变器每个功率单元构造相同,容易实现模块化,易于扩展。当某一桥出现问题后可以旁路掉用其余模块继续供电,便于维护。

输出电压波形电平数较多,非常接近正弦波,对电网谐波污染小,无需任何功率因数补偿。因此级联式多电平逆变器在高压大功率场合应用越来越广泛。

参考文献:

- [1] 刘凤君.多电平逆变技术及其应用[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [2] 邱阳.串联 H 桥多电平逆变器输出规律的研究[J].苏州:苏州市职业大学学报,2006.
- [3] 陈坚.电力电子变换和控制技术[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [4] 牟伟,关振宏.级联多电平逆变器的工作原理分析[J].电气传动自动化,2006,28(3):22-26.

(责任编辑 王秀丽)