(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 114844197 B
(45)授权公告日 2025.05.09

(21)申请号 202210522578.8

(22)申请日 2022.05.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114844197 A

(43)申请公布日 2022.08.02

(73)专利权人 河北工业大学
地址 300130 天津市红桥区丁字沽光荣道8号河北工业大学东院330#

(72)发明人 李练兵 段光欣 张佳伟 李脉 刘艳杰 宋清翔 康伟伟 高国强

(74)专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务所(普通合伙) 12210
专利代理师 赵凤英

(51)Int.Cl.
H02J 9/06(2006.01)
H02J 7/34(2006.01)
H02M 1/12(2006.01)
H02M 7/5387(2007.01)

(56)对比文件
CN 104242434 A,2014.12.24
CN 107689635 A,2018.02.13

审查员 吴肖志

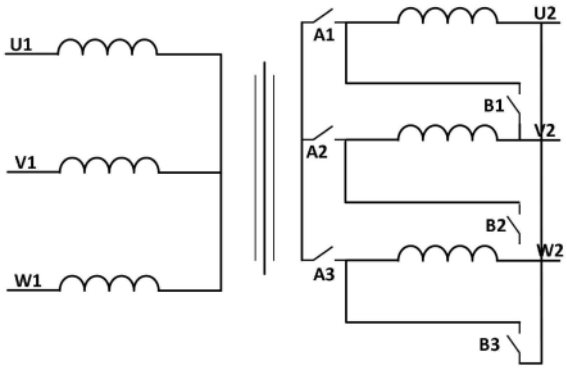
权利要求书3页 说明书13页 附图5页

(54)发明名称

一种煤矿局部通风机应急储能电源系统

(57)摘要

本发明为一种煤矿局部通风机应急储能电源系统。该系统包括电池部分、逆变单元、变压器单元、信息采集单元、充电单元、控制单元、显示单元、按键单元以及局部通风机;其连接关系为:控制单元通分别和电池部分、显示单元、按键单元、信息采集单元、充电单元、逆变单元连接;电池部分、逆变单元、变压器单元、局部通风机依次相连;信息采集单元还分别和电池部分、逆变单元、变压器单元、局部通风机相连;电池部分和充电单元相连。本发明可以提升电能质量,降低谐波对通风机的损害,减少无功损耗与降低发热。



CN 114844197 B

1.一种煤矿局部通风机应急储能电源系统,其特征为该系统包括电池部分、逆变单元、变压器单元、信息采集单元、充电单元、控制单元、显示单元、按键单元以及局部通风机;

其连接关系为:控制单元通分别和电池部分、显示单元、按键单元、信息采集单元、充电单元、逆变单元连接;电池部分、逆变单元、变压器单元、局部通风机依次相连;信息采集单元还分别和电池部分、逆变单元、变压器单元、局部通风机相连;电池部分和充电单元相连;

所述的变压器单元中,变压器变比为220V/660V或者380V/1140V;其组成为U1、V1、W1为变压器低压侧抽头,为星形连接;U2、V2、W2为变压器高压侧抽头,当闭合接触器A1、A2、A3时高压侧为星形连接,当闭合接触器B1、B2、B3时高压侧为三角形连接;

所述的逆变单元包括2个接触器S1、S2,2个电容C1,C2,6个IGBT模块以及三个滤波电容和三个滤波电感;其中,电源的正极和接触器S1的一端相连,接触器S1的另一端和接触器S2的一端串联,接触器S2同时并联有一个电阻;电容C1和电容C2串联,电容C1的正极和接触器S2的另一端相连,电容C1的负极与电容C2的正极连接,电容C2的负极端和电源的负极相连;6个IGBT相互并联,每个IGBT的正极与电容C1的正极相连,负极与电容C2的负极相连,其中T1、T2为一组,T1、T2的输出端连接在一起;T3、T4为一组,T3、T4的输出端连接在一起;T5、T6为一组,T5、T6的输出端连接在一起;每组的输出端分别串联滤波电感L1、L2、L3;滤波电容分别并联在滤波电感后。

2.如权利要求1所述的煤矿局部通风机应急储能电源系统,其特征为所述的充电单元由1140V/380V降压变压器与直流充电机组成,直流充电机输入端与降压变压器低压侧抽头相连,输出端与电池部分连接;

所述的电池部分具体为满足煤矿安全规程的160个串联的铅酸蓄电池组成320V铅酸电池。

3.如权利要求1所述的煤矿局部通风机应急储能电源系统,其特征为所述的显示单元为TFT彩屏,按键单元为485总线16路输入输出母板;均采用RS-485通信。

4.如权利要求1所述的煤矿局部通风机应急储能电源系统的运行方法,其特征为包括如下步骤:

步骤1:检测是否故障:

信息采集单元中的电压传感器、电流传感器实时采集煤矿井下主备电源状态,将信息传输至控制单元MCU,MCU决断是否故障;MCU判断电压传感器是否有大于600V的交流电压存在,存在则主备电源无故障,反之则主备电源发生故障;

当煤矿井下主备电源无故障时,变压器单元中的变压器高压侧抽头接触器,B1,B2,B3闭合,A1,A2,A3断开;此时变压器高压侧为三角形连接,用作降压变压器,为直流充电机供电,充电机为电池进行充电;电池时刻处于浮充状态,当电池电量在一定范围内时,MCU控制接触器停止充电;

当煤矿井下主备电源发生故障时,运行步骤2;

步骤2:控制单元MCU控制变压器单元中的变压器高压侧抽头接触器A1,A2,A3闭合,B1,B2,B3断开,此时变压器高压侧为星形连接,对逆变模块输出电压进行逆变;MCU控制逆变单元的接触器S1,S2闭合,对电容C1,C2进行预充电,进行能量缓冲;

步骤3:

步骤3.1:上述逆变单元的接触器闭合后,控制单元MCU将大小随时间按正弦规律变化,

时间相位相差120°的三相电合成为空间电压矢量U_{ref};MCU计算式(1)与式(2)判断空间电压矢量U_{ref}所处扇区;

$$U_1 = U_\beta$$
$$U_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}U_\alpha - \frac{U_\beta}{2} \qquad (1)$$
$$U_3 = -\frac{\sqrt{3}}{2}U_\alpha - \frac{U_\beta}{2}$$

其中,U_α,U_β为经过CLARK变换后静止坐标系下的坐标轴,U_1,U_2,U_3分别决定电压矢量U_{ref}所处扇区的判断数值;

定义U_1>0,A=1,否则A=0;U_2>0,B=1,否则B=0;U_3>0,C=1,否则C=0;判断扇区公式为:

N=4*C+2*B+A (2)

步骤3.2:MCU计算根据各扇区基本空间矢量的作用时间的关系计算出各扇区基本空间矢量作用时间:

扇区	时间	
I	$T_4 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$	$T_x = T_4$
	$T_6 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$	$T_y = T_6$
II	$T_4 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$	$T_x = T_2$
	$T_6 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3$	$T_y = T_3$
III	$T_4 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$	$T_x = T_3$
	$T_6 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3$	$T_y = T_1$
IV	$T_4 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$	$T_x = T_1$
	$T_6 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$	$T_y = T_2$

V

$$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3 \qquad T_x=T_3$$

$$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2 \qquad T_y=T_2$$

VI

$$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3 \qquad T_x=T_3$$

$$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1 \qquad T_y=T_1$$

其中,T_S为矢量作用一周期时间,T_1、T_2、T_3、T_4、T_5、T_6为各个扇区各向量作用时间,U_{dc}为直流母线电压,T_x为每个扇区中先发生的矢量作用时间,T_y为每个扇区中后发生的矢量作用时间;

根据式(3)计算出每段时间对应的PWM占空比,

$$\begin{cases} T_{Nx}=\dfrac{T_x}{T_S}\times NTPWM \\ T_{Ny}=\dfrac{T_y}{T_S}\times NTPWM \end{cases} \tag{3}$$

其中,NTPWM为MCU生成PWM中断的自动重装值;T_{Nx}为每个扇区中先作用的矢量作用时间转化后的PWM占空比;T_{Ny}为每个扇区中后作用的矢量作用时间转化后的PWM占空比;

然后,根据式(4)计算出逆变单元每一相IGBT的PWM占空比;

$$\begin{cases} N_{taon}=0 \\ N_{tbon}=T_{Nx} \\ N_{tcon}=N_{tbon}+T_{Ny} \end{cases} \tag{4}$$

其中,N_{taon}为A相IGBT接收PWM的占空比;N_{tbon}为B相IGBT接收PWM的占空比;N_{tcon}为C相IGBT接收PWM的占空比;

将个扇区空间矢量的作用时间换算为PWM的占空比,即采用改进的V/F五段式矢量控制算法,产生6路PWM;

步骤3.3:将6路PWM传送至12个IGBT,每一相的两个上桥臂接收同样的PWM,下桥臂接收同样的PWM,逆变模块将电池输出的直流电进行逆变,逆变为一定电压幅值的三相交流电,传送至变压器;

逆变模块部分的电感、电容与变压器中的电感组成LCL滤波器,对IGBT输出的电压进行滤波,产生三相相位上互差120°的交流电,拖动局部通风机工作。

一种煤矿局部通风机应急储能电源系统

技术领域

[0001] 本发明设计属于煤矿供电设备技术,用于煤矿掘进工作面局部通风机以及煤矿电网发生故障时做局部通风机的应急电源。

背景技术

[0002] 安全生产是煤矿生产的重中之重。煤矿易发生因瓦斯浓度过高引起的瓦斯爆炸,造成巨大的经济损失,造成人员伤亡。在煤矿掘进工作面要做到不间断通风。由于煤矿井下工作面环境恶劣、井下潮湿以及工作人员操作不当等因素,容易造成井下供电线路故障、局部通风机故障以及设备老化等问题,出现工作面停电停风的现象,影响生产工作的正常进行以及工作人员的生命安全。这就要求供电系统不仅要向负载提供高质量的电能质量外,还要保证供电的连续性,保证井下电网以及局部通风机发生故障后有及时的备用方案,保留充足的时间裕量,为检修人员检修提供时间,及时对工作面进行通风,防止出现瓦斯堆积和爆炸事故。因此,要设计研究出一种煤矿局部通风机应急储能电源系统是十分必要的。

[0003] 现有的局部通风机系统不存在滤波器,输出电压波形为方波,存在电压谐波严重,谐波严重会影响通风机使用寿命,容易发生故障。如专利一种煤矿掘进工作面的应急供电装置专利号CN104242434提供了一种用于煤矿掘进工作面局部通风机停电时应急供电的装置,其技术方案为:由应急电源部分和控制部分组成,其组成大致为电池部分、充电单元、控制单元、变频器、局部通风机,其连接关系如图10所示。其工作机理为将电池的直流电通过变频器逆变出可以拖动局部通风机的电压。该专利的电池由276个串联的锂离子蓄电池组成,电压范围为690V—1035V,变频器无滤波器,输出电压波形为方波。该装置串联电池组较多,体积大,使用不灵活,电池电压等级高,存在一定危险性,变频器输出电压谐波较大,对局部通风机存在一定损害,会对电池的能量浪费,发热较大。

[0004] 本发明设计出利用变压器漏感的LCL滤波器,对逆变器输出的方波进行滤波,改善电能质量。煤矿井下电网为660V/1140V,现有的局部通风机为直接将电池逆变出660V/1140V,需要直流母线电压较高,导致储能电池体积大,成本消耗高,本发明采用变压器升压的方法,将逆变后的电压通过升压变压器将电压升压至局部通风机电机的额定电压,减少体积,使用灵活,减少成本消耗。

发明内容

[0005] 本发明的目的为针对当前煤矿工作掘进工作面断电停风后易发生瓦斯堆积的的问题,提供一种煤矿局部通风机应急储能电源系统。该系统利用了变压器的电感与滤波器构成LCL滤波电路,提升了电能质量;通过对变压器进行双向分时复用,对变压器高压侧的抽头利用接触器的不同组合,对高压侧进行Y/△的切换,在井下主备风机发生断电或故障时,根据工作面需求启动时间,及时启动系统,拖动井下大功率局部通风机对工作面进行通风;该系统采用满足煤矿安全规程的320V铅酸电池作为为系统提供能量的直流源;采用IGBT将直流电压逆变为220V/50Hz的交流电,并将逆变后的交流电通过升压变压器将电压

升压至660V,满足煤矿大功率局部通风机的电压使用条件,为局部通风机提供电能质量较高的供电条件。煤矿局部通风机应急储能电源系统为井下大功率备用通风机供电,保证工作面通风机正常运转,通风不间断,避免矿井下瓦斯堆积、瓦斯爆炸的事故发生,保障井下生产工作安全。

[0006] 本发明是采用以下技术方案实现的:

[0007] 一种煤矿局部通风机应急储能电源系统,该系统包括电池部分、逆变单元、变压器单元、信息采集单元、充电单元、控制单元、显示单元、按键单元以及局部通风机;

[0008] 其连接关系为:控制单元通分别和电池部分、显示单元、按键单元、信息采集单元、充电单元、逆变单元连接;电池部分、逆变单元、变压器单元、局部通风机依次相连;信息采集单元还分别和电池部分、逆变单元、变压器单元、局部通风机相连;电池部分和充电单元相连;

[0009] 所述的变压器单元中,变压器变比为220V/660V或者380V/1140V;其组成为U1、V1、W1为变压器低压侧抽头,为星形连接;U2、V2、W2为变压器高压侧抽头,当闭合接触器A1、A2、A3时高压侧为星形连接,当闭合接触器B1、B2、B3时高压侧为三角形连接。

[0010] 所述的显示单元为TFT彩屏,按键单元为485总线16路输入输出母板;均采用RS-485通信。

[0011] 所述的逆变单元包括2个接触器S1、S2,2个电容C1,C2,6个IGBT模块(每个IGBT模块包括一个上桥臂和一个下桥臂)以及三个滤波电容和三个滤波电感;其中,电源的正极和接触器S1的一端相连,接触器S1的另一端和接触器S2的一端串联,接触器S2同时并联有一个电阻;电容C1和电容C2串联,电容C1的正极和接触器S2的另一端相连,电容C1的负极与电容C2的正极连接,电容C2的负极端和电源的负极相连;6个IGBT相互并联,每个IGBT的正极与电容C1的正极相连,负极与电容C2的负极相连,其中T1、T2为一组,T1、T2的输出端连接在一起;T3、T4为一组,T3、T4的输出端连接在一起;T5、T6为一组,T5、T6的输出端连接在一起;每组的输出端分别串联滤波电感L1、L2、L3;滤波电容分别并联在滤波电感后。

[0012] 所述的充电单元由1140V/380V降压变压器与直流充电机组成,直流充电机输入端与降压变压器低压侧抽头相连,输出端与电池部分连接;

[0013] 所述的电池部分具体为满足煤矿安全规程的160个串联的铅酸蓄电池组成320V铅酸电池。

[0014] 所述的煤矿局部通风机应急储能电源系统的运行方法,包括如下步骤:

[0015] 步骤1:检测是否故障:

[0016] 信息采集单元中的电压传感器、电流传感器实时采集煤矿井下主备电源状态,将信息传输至控制单元(MCU),MCU决断是否故障;MCU判断电压传感器是否有大于600V的交流电压存在,存在则主备电源无故障,反之则主备电源发生故障;

[0017] 当煤矿井下主备电源无故障时,变压器单元中的变压器高压侧抽头接触器,B1,B2,B3闭合,A1,A2,A3断开;此时变压器高压侧为三角形连接,用作降压变压器,为直流充电机供电,充电机为电池进行充电;电池时刻处于浮充状态,当电池电量在一定范围内时,MCU控制接触器停止充电;

[0018] 当煤矿井下主备电源发生故障时,运行步骤2;

[0019] 步骤2:控制单元(MCU)控制变压器单元中的变压器高压侧抽头接触器A1,A2,A3闭

合,B1,B2,B3断开,此时变压器高压侧为星形连接,对逆变模块输出电压进行逆变;MCU控制逆变单元的接触器S1,S2闭合,对电容C1,C2进行预充电,进行能量缓冲;

[0020] 步骤3:

[0021] 步骤3.1:上述逆变单元的接触器闭合后,控制单元(MCU)将大小随时间按正弦规律变化,时间相位相差120°的三相电合成为空间电压矢量U_{ref};MCU计算式(1)与式(2)判断空间电压矢量U_{ref}所处扇区;

[0022]
$$\begin{aligned} U_1 &= U_\beta \\ U_2 &= \frac{\sqrt{3}}{2}U_\alpha - \frac{U_\beta}{2} \\ U_3 &= -\frac{\sqrt{3}}{2}U_\alpha - \frac{U_\beta}{2} \end{aligned} \qquad (1)$$

[0023] 其中,U_α,U_β为经过CLARK变换后静止坐标系下的坐标轴,U_1,U_2,U_3分别决定电压矢量U_{ref}所处扇区的判断数值;

[0024] 定义$U_1>0$,A=1,否则A=0;$U_2>0$,B=1,否则B=0;$U_3>0$,C=1,否则C=0;判断扇区公式为:

[0025] N=4*C+2*B+A (2)

[0026] 步骤3.2:MCU计算根据各扇区基本空间矢量的作用时间的关系计算出各扇区基本空间矢量作用时间:

[0027]

扇区	时间	
I	$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$	$T_x=T_4$
	$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$	$T_y=T_6$
II	$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$	$T_x=T_2$
	$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3$	$T_y=T_3$
III	$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$	$T_x=T_3$
	$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3$	$T_y=T_1$

[0028]

IV

$$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1 \qquad T_x=T_1$$

$$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2 \qquad T_y=T_2$$

V

$$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3 \qquad T_x=T_3$$

$$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2 \qquad T_y=T_2$$

VI

$$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3 \qquad T_x=T_3$$

$$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1 \qquad T_y=T_1$$

[0029] 其中,T_S为矢量作用一周期时间,T_1、T_2、T_3、T_4、T_5、T_6为各个扇区各向量作用时间,U_{dc}为直流母线电压,T_x为每个扇区中先发生的矢量作用时间,T_y为每个扇区中后发生的矢量作用时间;

[0030] 根据式(3)计算出每段时间对应的PWM占空比,

[0031]
$$\begin{cases} T_{Nx}=\dfrac{T_x}{T_S}\times NTPWM \\ T_{Ny}=\dfrac{T_y}{T_S}\times NTPWM \end{cases} \qquad (3)$$

[0032] 其中,NTPWM为MCU生成PWM中断的自动重装值;T_{Nx}为每个扇区中先作用的矢量作用时间转化后的PWM占空比;T_{Ny}为每个扇区中后作用的矢量作用时间转化后的PWM占空比。

[0033] 然后,根据式(4)计算出逆变单元每一相IGBT的PWM占空比。

[0034]
$$\begin{cases} N_{taon}=0 \\ N_{tbon}=T_{Nx} \\ N_{tcon}=N_{tbon}+T_{Ny} \end{cases} \qquad (4)$$

[0035] 其中,N_{taon}为A相IGBT接收PWM的占空比;N_{tbon}为B相IGBT接收PWM的占空比;N_{tcon}为C相IGBT接收PWM的占空比。

[0036] 将个扇区空间矢量的作用时间换算为PWM的占空比,即采用改进的V/F五段式矢量控制算法,产生6路PWM;

[0037] 步骤3.3:将6路PWM传送至12个IGBT,每一相的两个上桥臂接收同样的PWM,下桥臂接收同样的PWM,,逆变模块将电池输出的直流电进行逆变,逆变为一定电压幅值的三相交流电,传送至变压器;

[0038] 逆变模块部分的电感、电容与变压器中的电感组成LCL滤波器,对IGBT输出的电压进行滤波,产生三相相位上互差120°的交流电,拖动局部通风机工作。

[0039] 本发明的实质性特点为:

[0040] 当前技术中,逆变器不会添加变压器,只是直接为用电器供电,并且增加变压器之

后需要发明出更加适合于通过变压器间接控制电机的V/F软启动算法。本发明的创新点在于应用场景以及通过变压器间接控制电机,既减小了系统体积,增加了灵活性;又减少了系统生产购买电池的成本。

[0041] 本专利是一种应用在煤矿井下掘进工作面的备用煤矿局部通风机应急储能电源系统,当井下电网或主备通风机均发生故障时,可以根据煤矿需求设置启动时间,及时启动局部通风机应急储能电源系统,保证工作面持续通风,待井下电网或主备通风机故障排除后,自动切换至常用风机通风。

[0042] 本系统设计的拓扑结构中增加了一种变压器单元,变压器低压侧输入为220V,高压侧输出电压为660V或1140V;通过高压侧变压器抽头的连接,当高压侧接星形660V,变压器带动风机,通过控制变压器,间接控制局部通风机;当高压侧接三角形,低压侧为充电机供电;实现变压器双向复用功能。

[0043] 本系统采用矢量控制算法以及V/F软启动控制算法通过隔离变压器间接控制异步电机,对传统V/F控制算法进行改进使V/F控制算法更加适用于通过变压器控制电机。

[0044] 本发明的有益效果:

[0045] 本发明是一种煤矿局部通风机应急储能电源系统;安装在煤矿井下开采工作面,解决了煤矿电网或主备风机故障停电停风导致瓦斯浓度超标的问题,有效防止了开采工作面瓦斯堆积,避免矿井瓦斯爆炸事故,保障煤矿安全,确保安全生产。

[0046] 本系统在拓扑结构上与传统逆变器相比增加了升压变压器,在逆变电压生成后加入了滤波器,提升了电压质量。增加变压器可以大大减少直流侧电压,减少电池电压,从而减小了电池体积,在运输以及安装上更加灵活方便,应用更加方便快捷。也降低了煤矿在购买设备时购买电池的成本,降低了系统生产成本。

[0047] 传统逆变器逆变出660V电压需要直流侧电压至少为940V;用320V的防爆电池需三节;本发明用一套320V电池即可。

[0048] 本系统在控制算法上采用五段式矢量控制,减少了IGBT在每个周期中的开关次数,降低了IGBT的发热量;在电机的启动方式上,采用了改进后的V/F软启动控制算法,减小了风机的启动电流。

[0049] 本系统在程序控制上采用的是五段式矢量控制;七段式运行40分钟温升为50℃;采用五段式温升为25℃。

[0050] 本系统的显示单元、电池管理模块以及键盘单元与控制单元的通信均采用RS-485通信协议;增加了系统控制的可靠性与安全性。

[0051] 本系统安装并增加了漏电闭锁模块,可以实时对系统进行漏电保护;对过压、过流、过温填加了软件及硬件上的保护,增加了系统工作的可靠性与安全性。

[0052] 附图7-图9为系统效果图。在实施例1中已经进行了说明。目前市面上大多数逆变器并未加滤波器,输出均为方波,电压畸变率较高,大约为20%左右,本发明在系统中添加了滤波器,电压畸变率为0.78%。提升了电能质量。

[0053] 本发明可以提升电能质量,降低谐波对通风机的损害,减少无功损耗与降低发热。谐波严重会影响通风机使用寿命,容易发生故障。提升电能质量后,增加了系统使用的安全性,减少了损耗,延长了应急储能电源的使用时间。

附图说明

[0054] 下面结合附图和实例对本发明进一步说明。

[0055] 图1为系统功能框图;

[0056] 图2为变压器原理图;

[0057] 图3为逆变单元原理图;

[0058] 图4为控制单元功能框图;

[0059] 图5为改进后的V/F启动方式电压与频率关系图;

[0060] 图6为系统工作流程图;

[0061] 图7是输出电压电流波形图;

[0062] 图8是电压电流矢量图;

[0063] 图9是系统输出电能质量图;

[0064] 图10是专利CN104242434连接关系图;

具体实施方式

[0065] 本发明参照附图详细说明如下,但仅作说明而不是限制本发明。

[0066] 本发明为一种煤矿局部通风机应急储能电源系统,应用在煤矿井下掘进工作面。煤矿井下一般有两套电源系统分别为常用通风系统和备用通风系统供电。当井下两套电源系统或者常、备通风风机故障时,本发明自动工作,保障工作面正常通风,维持工作面风量要求,待故障排除后,常、备通风系统工作,自动投切到待机状态。

[0067] 本发明所述的煤矿局部通风机应急储能电源系统如图1所示,包括电池部分、逆变单元、变压器单元、信息采集单元、充电单元、控制单元、显示单元、按键单元以及局部通风机;

[0068] 其连接关系为:控制单元通过RS-485通信分别和电池部分、显示单元、按键单元连接;控制单元通过信号线与信息采集单元、充电单元、逆变单元连接;电池部分、逆变单元、变压器单元、局部通风机依次相连;信息采集单元还分别和电池部分、逆变单元、变压器单元、局部通风机相连;电池部分和充电单元相连;

[0069] 控制单元与逆变单元相连接,控制单元产生PWM控制逆变单元对电池部分输出的直流电进行逆变;电池部分与逆变单元的输入端正负极分别连接;充电单元与电池部分、控制单元相连接;信息采集单元与控制单元连接,信息采集单元采集电池电压、系统输出电压;IGBT温度、变压器温度;变压器低压侧、变压器高压侧电流等信息;将所采集到的信息汇总转换成电压信号传送到控制单元;逆变单元的输出端与变压器单元相连接,逆变单元将产生的电能经过滤波后产生三相交流电通过升压变压器对电能进行升压。

[0070] 所述的变压器单元如图2所示,变压器变比为220V/660V或者380V/1140V;其组成为U1、V1、W1为变压器低压侧抽头,为星形连接;U2、V2、W2为变压器高压侧抽头,当闭合接触器A1、A2、A3时高压侧为星形连接,当闭合接触器B1、B2、B3时高压侧为三角形连接。

[0071] 变压器为符合煤矿安全标准,额定容量60KVA,低压侧为星形连接,高压侧为星形/三角形可选,变比为220V/660V或380V/1140V,变压器高压侧抽头通过接触器的不同

[0072] 现有应急电源中无人使用变压器作为升压,通过控制变压器电压间接控制电机,本专利利用了变压器的电感进行滤波,提升电能质量,使用变压器分时复用的方法,在分时

复用时采用接触器切换属于新型电路。变压器虽然是公知器件,但是结构用法不同。结构不同在高压侧为660V/1140V为二选一,且可以通过控制接触器改变高压侧的绕组连接方式。

[0073] 变压器存在一定电感量,与逆变单元的滤波器构成LCL结构,对电能进行滤波与升压。

[0074] 井下电网电压一般为660V/1140V;采用变压器升压,减少了功率器件的使用,减少了系统的发热,提升了系统的安全性与灵活性;滤波提升了电能质量,减少了损耗,增加了煤矿局部通风机应急储能电源系统的使用时间与可靠性。

[0075] 低压侧为三角形连接,高压侧为可以选择的模式:当选择输出为660V,则高压侧为星形连接;当选择输出为1140V,则高压侧为三角形连接;高压侧六个变压器抽头均连接接触器,通过控制不同组合的的接触器实现Y/△的切换(A1 A2 A3闭合时为Y连接,B1 B2 B3闭合时为△连接);当高压侧为星形连接,即输出660V,变压器用作升压变压器,为风机供电;当高压侧为三角形连接,即高压侧为输入1140V,变压器用作降压变压器,为直流充电机供电;变压器用作升压变压器时,利用变压器的电感量,与滤波器组成LCL滤波电路(滤波器是逆变单元中IGBT输出每组之后串联的三个滤波电感且并联三个滤波电容作为滤波器),提升电能质量。

[0076] 所述的状态显示单元为TFT彩屏,按键单元为485总线16路输入输出母板;均采用RS-485通信。

[0077] 所述的逆变单元如图3所示,包括2个接触器S1、S2,2个电容C1,C2,6个IGBT模块(每个IGBT模块包括一个上桥臂和一个下桥臂)以及三个滤波电容和三个滤波电感;其中,电源的正极和接触器S1的一端相连,接触器S1的另一端和接触器S2的一端串联,接触器S2同时并联有一个电阻;电容C1和电容C2串联,电容C1的正极和接触器S2的另一端相连,电容C1的负极与电容C2的正极连接,电容C2的负极端和电源的负极相连;6个IGBT相互并联,每个IGBT的正极与电容C1的正极相连,负极与电容C2的负极相连,其中T1、T2为一组,T1、T2的输出端连接在一起;T3、T4为一组,T3、T4的输出端连接在一起;T5、T6为一组,T5、T6的输出端连接在一起;每组的输出端分别串联滤波电感L1、L2、L3;滤波电容分别并联在滤波电感后。

[0078] 两个接触器相串联,S2接触器还并联一个电阻作为预充电电阻;电容并联在接触器之后,作为支撑电容,之后6个并联的IGBT,其中T1、T2为一组,T3、T4为一组,T5、T6为一组;每组接收相同的PWM信号,每组之后串联滤波电感且并联滤波电容作为滤波器。IGBT两两为一组增大了每相的过流能力,扩大了IGBT的散热面积,加强了可靠性与安全性。

[0079] 所述的控制单元功能框图如图4所示;MCU监测矿井主备风机状态,通讯均采用RS-485通信;系统在软件、硬件上均存在错误诊断与保护;ADC信号来自信息采集模块;PWM驱动控制信号由MCU发出,经过光耦隔离模块转化成驱动IGBT的工作的PWM信号。

[0080] 所述的充电单元由1140V/380V降压变压器与直流充电机组成,直流充电机输入端与降压变压器低压侧抽头相连,输出端与电池部分连接;当煤矿井下常、备通风机正常工作时充电单元对电池部分进行充电,功能上实现实现“馈电自充、充满即停”,严禁长时间电池组浮充或过充,确保蓄电池组始终处于良好状态备用。

[0081] 所述的电池部分具体为满足煤矿安全规程的160个串联的铅酸蓄电池组成320V铅酸电池;电池管理单元采用普通库仑计电池管理系统。

[0082] 所述的信息采集单元具体为电压、电流、温度、风速等传感器的集合,且信息采集单元将信号整理后传输给控制单元;

[0083] 所述的控制单元具体为MCU,采用STM32F407ZET6,通过MCU与其他公知器件进行连接,分别组成通讯电路、控制信号输出电路、ADC信号采集电路、PWM驱动控制信号电路、错误诊断与保护电路等;通讯电路为RS—485通讯电路,分别与电池部分、显示单元、按键单元连接;控制信号输出电路与充电单元和电池部分连接;ADC信号采集电路与信息采集单元连接,PWM驱动控制信号电路与逆变单元连接;错误诊断与保护电路与逆变单元连接。

[0084] 所述的显示单元具体为工业级可编程彩屏;

[0085] 所述的按键单元具体为十六路输入输出母板;

[0086] 所述的局部通风机具体为煤矿井下相应的风机,分布在煤矿井下掘进工作面。

[0087] 本发明涉及的软件或协议均为公知技术。

[0088] 本发明提供了一种煤矿局部通风机应急储能电源系统。本系统可解决煤矿井下停电停风后瓦斯堆积问题,保持工作面通风。该系统安装在煤矿井下掘进工作面,作为井下电网或风机故障的备用方案;能够根据电网、常备风机状态根据实际情况设置系统自启动时间。

[0089] 本发明拓扑结构中添加了升压变压器单元;变压器变比为220V/660V或者380V/1140V;低压侧为星形连接,高压侧为可以选择的模式:当选择输出为660V,则高压侧为星形连接;当选择高压侧为1140V,则高压侧为三角形连接。增加升压变压器可减小直流母线电压,从而减小了电池的体积,增加了系统的灵活性,减小系统生产的成本。

[0090] 本发明在当井下两套电源系统或者常、备通风风机故障时,启动本设备,作为应急设备投入工作,本发明在逆变单元工作时,逆变单元采用改进的五段式矢量控制算法,为逆变单元拖动煤矿局部通风机提供控制过程算法。算法上采用五段式矢量控制,载波频率为5KHz,减少了系统在工作时IGBT的发热量;在电机启动方式上采用改进后的V/F软启动的算法,首先固定电压频率为10Hz,输出电压幅值逐渐增长;电压有效值增长到132V时,电压与频率以一定的压频比增长至电压660V,频率50Hz。

[0091] 控制算法上为贴合变压器控制对算法进行了改进。

[0092] 控制方法上采用五段式矢量控制具体步骤为:

[0093] 将大小随时间按正弦规律变化,时间相位相差120°的三相电合成为空间电压矢量U_{ref}。空间矢量调制的第一步是判断由U_α,U_β所决定的空间电压矢量所处扇区。通过推导,可得电压矢量U_{ref}所在扇区完全由U_β,$\sqrt{3}U_\alpha - U_\beta$,$-\sqrt{3}U_\alpha - U_\beta$三式决定,因此令:

[0094]
$$U_1 = U_\beta$$
$$U_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}U_\alpha - \frac{U_\beta}{2} \qquad (1)$$
$$U_3 = -\frac{\sqrt{3}}{2}U_\alpha - \frac{U_\beta}{2}$$

[0095] 其中,U_α,U_β为经过CLARK变换后静止坐标系下的坐标轴,U_1,U_2,U_3分别决定电压矢量U_{ref}所处扇区的判断数值。

[0096] 现定义$U_1>0$,A=1,否则A=0;$U_2>0$,B=1,否则B=0;$U_3>0$,C=1,否则C=0;判断

扇区公式为：

[0097] $N=4*C+2*B+A$ (2)

[0098] 其中，N为U_{ref}所处扇区标号；根据公式(2)可以判断出电压矢量U_{ref}所处扇区；确定扇区后可通过表1，计算各扇区基本空间矢量的作用时间。表1如下。

[0099] 表1各扇区基本空间矢量的作用时间

[0100]

扇区	时间	
I	$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$ $T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$	$T_x=T_4$ $T_y=T_6$
II	$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$ $T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3$	$T_x=T_2$ $T_y=T_3$
III	$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$ $T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3$	$T_x=T_3$ $T_y=T_1$
IV	$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$ $T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$	$T_x=T_1$ $T_y=T_2$
V	$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3$ $T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$	$T_x=T_3$ $T_y=T_2$

[0101]

VI	$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3$ $T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$	$T_x=T_3$ $T_y=T_1$

[0102] 其中，T_S为矢量作用一周期时间，T_1、T_2、T_3、T_4、T_5、T_6为各个扇区各向量作用时间，U_{dc}为直流母线电压，T_x为每个扇区中先发生的矢量作用时间，T_y为每个扇区中后发生的矢量作用时间；

[0103] 根据式(3)计算出每段时间对应的PWM占空比，

[0104] $$\begin{cases} T_{Nx}=\dfrac{T_x}{T_S}\times NTPWM \\ T_{Ny}=\dfrac{T_y}{T_S}\times NTPWM \end{cases} \quad (3)$$

[0105] 其中,NTPWM为MCU生成PWM中断的自动重装值;T_{Nx}为每个扇区中先作用的矢量作用时间转化后的PWM占空比;T_{Ny}为每个扇区中后作用的矢量作用时间转化后的PWM占空比。

[0106] 然后,根据式(4)计算出逆变单元每一相IGBT的PWM占空比。

[0107] $$\begin{cases} N_{taon}=0 \\ N_{tbon}=T_{Nx} \\ N_{tcon}=N_{tbon}+T_{Ny} \end{cases} \quad (4)$$

[0108] 其中,N_{taon}为A相IGBT接收PWM的占空比;N_{tbon}为B相IGBT接收PWM的占空比;N_{tcon}为C相IGBT接收PWM的占空比。

[0109] 通过MCU计算出每相开关管开通时间,确定MCU输出PWM的占空比,将计算出的六路PWM传送给逆变模块的12个IGBT模块(每一相的两个上桥臂接收同样的PWM,下桥臂接收同样的PWM)使逆变模逆变输出三相交流电,当井下两套电源系统或者常、备通风风机故障时,启动本设备,作为应急设备投入工作,拖动煤矿局部通风机工作。

[0110] 为贴合变压器控制方法,对传统V/F启动进行改进。传统V/F控制为电压与频率成一定比例增长。因为变压器当输入电压频率为0时,变压器短路,现将传统V/F改进为。以固定频率(以10Hz为例)起始,电压逐步增长至一定电压幅值,紧接着电压幅值频率以一定比例增长至所需求电压。例如所需电压为50Hz,幅值660V。其电压与频率关系如图5所示。

[0111] 将上述算法写为程序烧录到MCU中,在井下主备风机发生断电或故障时,及时启动煤矿局部通风机应急储能电源系统,采用上述算法及时启动煤矿局部通风机,对煤矿工作面进行通风。

[0112] 系统工作流程如图6所示。(图6中实线为工作流程方向,虚线为电信号方向)

[0113] 工作流程如下所述:

[0114] 步骤1:检测是否故障:

[0115] 信息采集单元中的电压传感器、电流传感器实时采集煤矿井下主备电源状态,将信息传输至控制单元(MCU),MCU决断是否故障;MCU判断电压传感器是否有大于600V的交流电压存在,存在则主备电源无故障,反之则主备电发生故障;

[0116] 当煤矿井下主备电源无故障时,变压器单元中的变压器高压侧抽头接触器,B1,B2,B3闭合,A1,A2,A3断开;此时变压器高压侧为三角形连接,用作降压变压器,为直流充电机供电,充电机为电池进行充电;电池时刻处于浮充状态,当电池电量在一定范围内时,MCU控制接触器停止充电;

[0117] 当煤矿井下主备电源发生故障时,运行步骤2;

[0118] 步骤2:控制单元(MCU)控制变压器单元中的变压器高压侧抽头接触器A1,A2,A3闭合,B1,B2,B3断开,此时变压器高压侧为星形连接,对逆变模块输出电压进行逆变;MCU控制逆变单元的接触器S1,S2闭合,对电容C1,C2进行预充电,进行能量缓冲;

[0119] 步骤3:

[0120] 步骤3.1:上述逆变单元的接触器闭合后,控制单元(MCU)将大小随时间按正弦规律变化,时间相位相差120°的三相电合成为空间电压矢量U_{ref};MCU计算式(1)与式(2)判断空间电压矢量U_{ref}所处扇区;

[0121]
$$U_1 = U_\beta$$
$$U_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}U_\alpha - \frac{U_\beta}{2} \qquad (1)$$
$$U_3 = -\frac{\sqrt{3}}{2}U_\alpha - \frac{U_\beta}{2}$$

[0122] 其中,U_α,U_β为经过CLARK变换后静止坐标系下的坐标轴,U_1,U_2,U_3分别决定电压矢量U_{ref}所处扇区的判断数值;

[0123] 定义U_1>0,A=1,否则A=0;U_2>0,B=1,否则B=0;U_3>0,C=1,否则C=0;判断扇区公式为:

[0124] N=4*C+2*B+A (2)

[0125] 步骤3.2:MCU计算根据各扇区基本空间矢量的作用时间的关系计算出各扇区基本空间矢量作用时间:

[0126]

扇区	时间	
I	$T_4 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$	$T_x = T_4$
	$T_6 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1$	$T_y = T_6$
II	$T_4 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2$	$T_x = T_2$
	$T_6 = \frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3$	$T_y = T_3$

[0127]

III

$$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1 \qquad T_x=T_3$$

$$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3 \qquad T_y=T_1$$

IV

$$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1 \qquad T_x=T_1$$

$$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2 \qquad T_y=T_2$$

V

$$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3 \qquad T_x=T_3$$

$$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_2 \qquad T_y=T_2$$

VI

$$T_4=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_3 \qquad T_x=T_3$$

$$T_6=\frac{\sqrt{3}T_S}{U_{dc}}U_1 \qquad T_y=T_1$$

[0128] 其中,T_S为矢量作用一周期时间,T_1、T_2、T_3、T_4、T_5、T_6为各个扇区各向量作用时间,U_{dc}为直流母线电压,T_x为每个扇区中先发生的矢量作用时间,T_y为每个扇区中后发生的矢量作用时间;

[0129] 根据式(3)计算出每段时间对应的PWM占空比,

[0130]
$$\begin{cases} T_{Nx}=\dfrac{T_x}{T_S}\times NTPWM \\ T_{Ny}=\dfrac{T_y}{T_S}\times NTPWM \end{cases} \qquad (3)$$

[0131] 其中,NTPWM为MCU生成PWM中断的自动重装值;T_{Nx}为每个扇区中先作用的矢量作用时间转化后的PWM占空比;T_{Ny}为每个扇区中后作用的矢量作用时间转化后的PWM占空比。

[0132] 然后,根据式(4)计算出逆变单元每一相IGBT的PWM占空比。

[0133]
$$\begin{cases} N_{taon}=0 \\ N_{tbon}=T_{Nx} \\ N_{tcon}=N_{tbon}+T_{Ny} \end{cases} \qquad (4)$$

[0134] 其中,N_{taon}为A相IGBT接收PWM的占空比;N_{tbon}为B相IGBT接收PWM的占空比;N_{tcon}为C相IGBT接收PWM的占空比。

[0135] 将个扇区空间矢量的作用时间换算为PWM的占空比,即采用改进的V/F五段式矢量控制算法,产生6路PWM;

[0136] 步骤3.3:将6路PWM传送至12个IGBT,每一相的两个上桥臂接收同样的PWM,下桥臂接收同样的PWM,,逆变模块将电池输出的直流电进行逆变,逆变为一定电压幅值的三相交

流电,传送至变压器;

[0137] 逆变模块部分的电感、电容与变压器中的电感组成LCL滤波器,对IGBT输出的电压进行滤波,产生三相相位上互差120°的交流电,拖动局部通风机工作。

[0138] 电压、电流传感器试试采集局部通风机的电压、电流信息进行闭环,实时调节局部通风机转速,在保证通风量的同事对电池电能进行节能。

[0139] 实施例1,

[0140] 以下为本系统功能测试结果,其中电池部分、状态显示单元、升压变压器单元、逆变单元均为装置主要功能测试;

[0141] 表2基本功能测试

[0142]

序号	检验项目	检验要求	测试结果
1	电池部分	电池管理、容量	符合要求
2	状态显示单元	功能齐全	符合要求
3	升压变压器单元	升压至 660V/1140V	符合要求
4	逆变单元	逆变出 220V 电压	符合要求
5	额定功率	60KW	符合要求
6	谐波畸变率	<5%	符合要求
7	效率	≥90%	符合要求
8	响应时间	1s（可根据用户需求更改）	符合要求

[0143] 本发明通过利用变压器升压,利用变压器的电感进行滤波,通过控制变压器间接控制电机,变压器的分时复用;变压器虽然是公知器件,但是变压器的结构电路,分时复用的电路,通过变压器间接控制电机,在传统逆变器的结构上进行了更改,改变了传统逆变器的结构。

[0144] 电池部分电池管理模块显示电池状态并像控制单元发送信息。

[0145] 状态显示单元显示输出电压、输出电流、风机风速、系统温度、主备风机状态等信息。显示完成。

[0146] 系统带载输出线电压为697.65V、697.45V、697.68V,频率50.26Hz,三相电压相位差120°,基本无谐波,输出电压畸变率0.77%,波形与正弦波一直,无抖动,效果图如图6、7、图8所示,符合要求。

[0147] 根据测试结果显示,说明系统功能均已实现。

[0148] 本发明未尽事宜为公知技术。

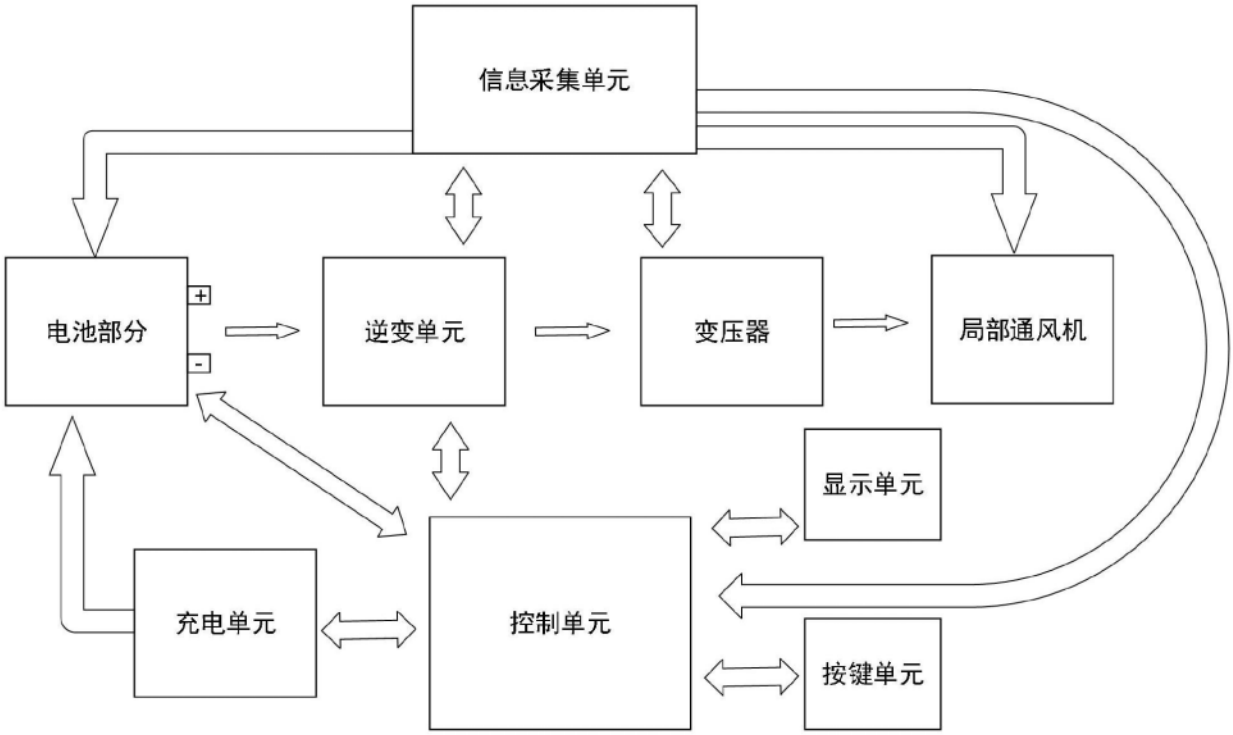

信息采集单元
电池部分
+
-
逆变单元
变压器
局部通风机
显示单元
充电单元
控制单元
按键单元

图1

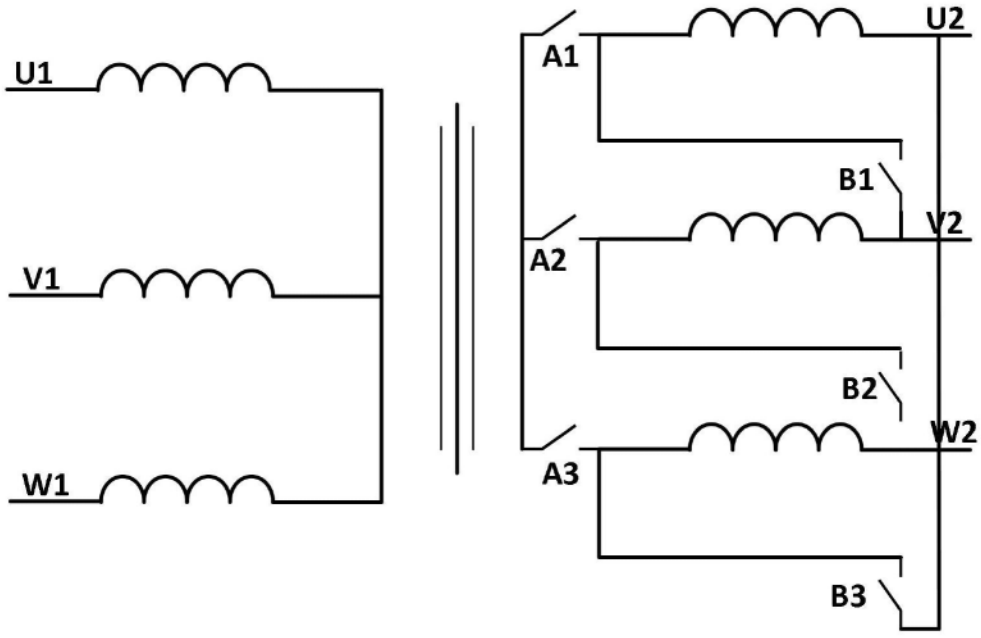

U1
V1
W1
A1
B1
A2
B2
A3
B3
U2
V2
W2

图2

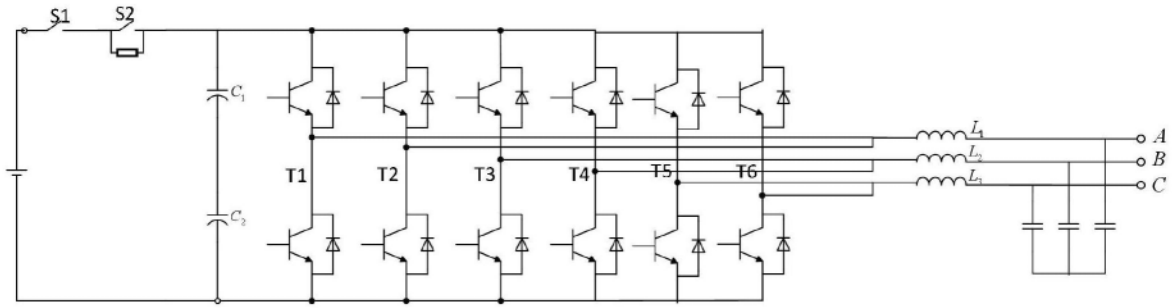

S1
S2
C1
C2
T1
T2
T3
T4
T5
T6
L1
L2
L3
A
B
C

图3

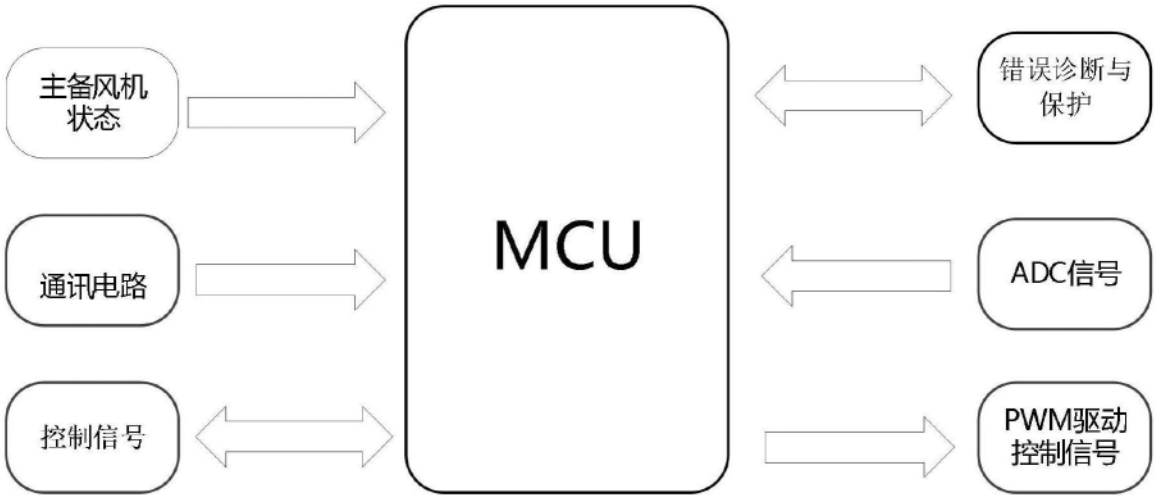

主备风机状态
通讯电路
控制信号
MCU
错误诊断与保护
ADC信号
PWM驱动控制信号

图4

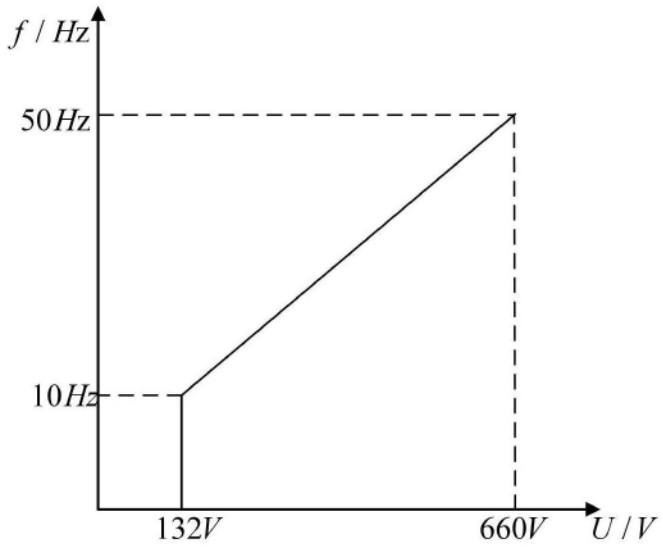

f / Hz
50Hz
10Hz
132V
660V
U / V

图5

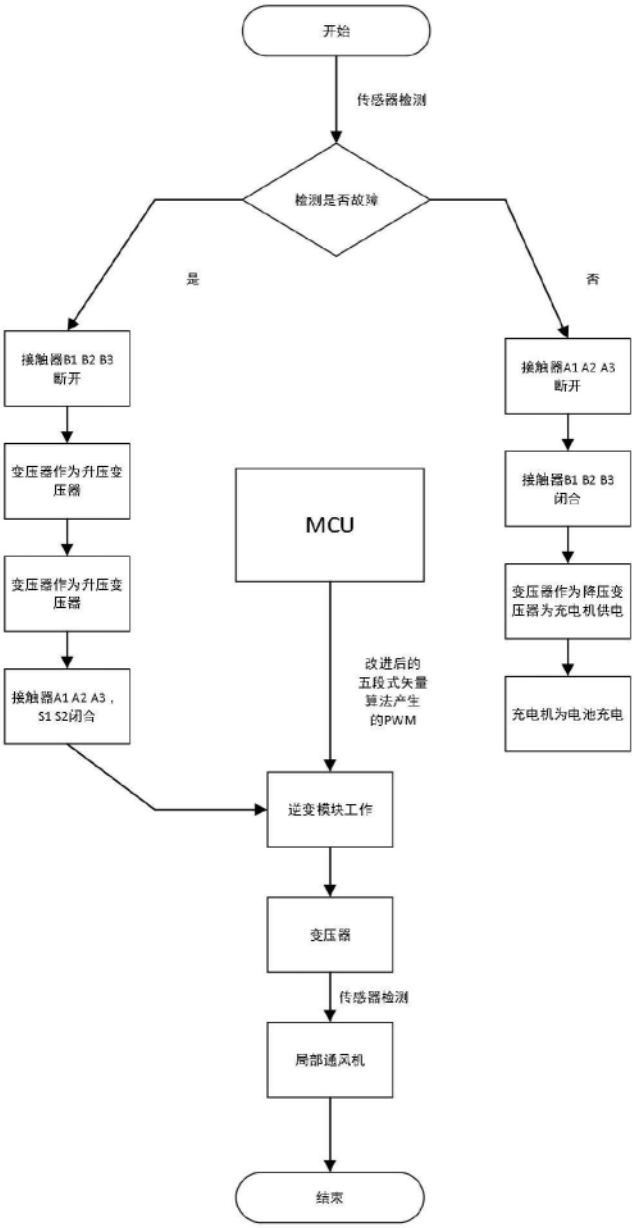

开始
传感器检测
检测是否故障
是
否
接触器B1 B2 B3 断开
变压器作为升压变压器
变压器作为升压变压器
接触器A1 A2 A3，S1 S2闭合
MCU
改进后的五段式矢量算法产生的PWM
接触器A1 A2 A3 断开
接触器B1 B2 B3 闭合
变压器作为降压变压器为充电机供电
充电机为电池充电
逆变模块工作
变压器
传感器检测
局部通风机
结束

图6

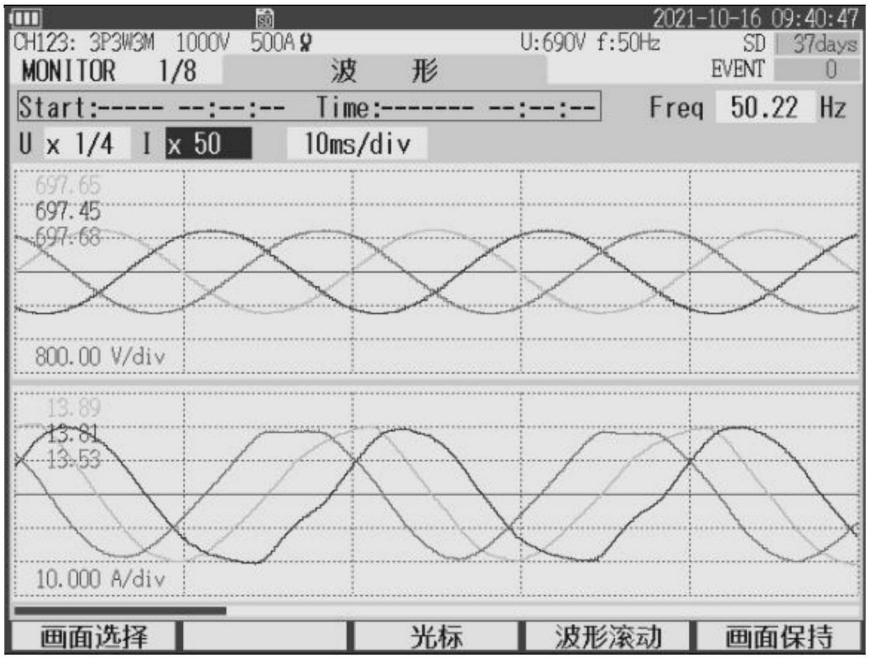

2021-10-16 09:40:47
CH123: 3P3W3M 1000V 500A
U:690V f:50Hz
SD 37days
MONITOR 1/8
波 形
EVENT 0
Start:----- --:--:-- Time:------- --:--:--
Freq 50.22 Hz
U x 1/4 I x 50 10ms/div
697.65
697.45
697.68
800.00 V/div
13.89
13.81
13.53
10.000 A/div
画面选择
光标
波形滚动
画面保持

图7

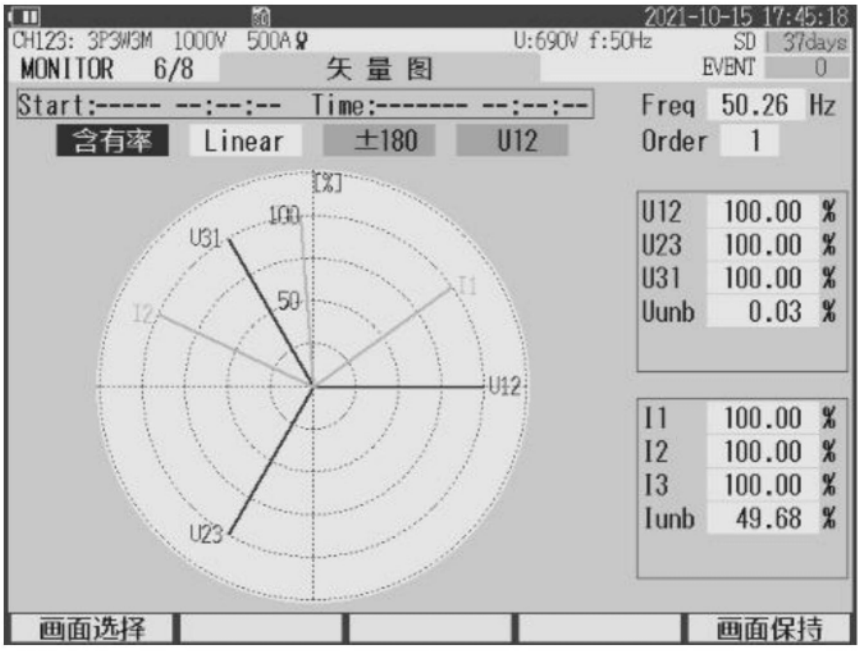

2021-10-15 17:45:18
CH123: 3P3W3M 1000V 500A
U:690V f:50Hz
SD 37days
MONITOR 6/8
矢 量 图
EVENT 0
Start:----- --:--:-- Time:------- --:--:--
Freq 50.26 Hz
含有率
Linear
±180
U12
Order 1
[%]
100
50
U31
U12
U23
I1
I2
U12 100.00 %
U23 100.00 %
U31 100.00 %
Uunb 0.03 %
I1 100.00 %
I2 100.00 %
I3 100.00 %
Iunb 49.68 %
画面选择
画面保持

图8

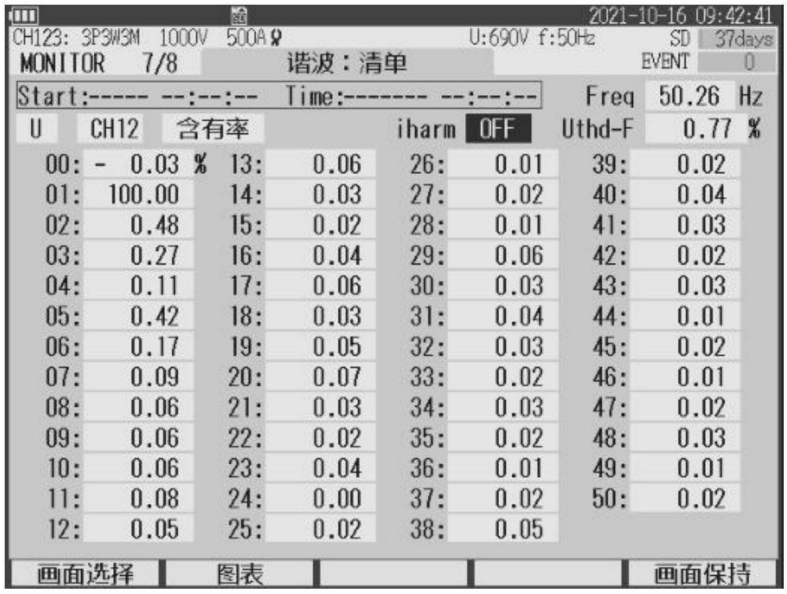

2021-10-16 09:42:41
CH123: 3P3W3M 1000V 500A
U:690V f:50Hz
SD 37days
MONITOR 7/8
谐波：清单
EVENT 0
Start:----- --:--:-- Time:------- --:--:--
Freq 50.26 Hz
U CH12 含有率
iharm OFF
Uthd-F 0.77 %
00: - 0.03 % 13: 0.06 26: 0.01 39: 0.02
01: 100.00 14: 0.03 27: 0.02 40: 0.04
02: 0.48 15: 0.02 28: 0.01 41: 0.03
03: 0.27 16: 0.04 29: 0.06 42: 0.02
04: 0.11 17: 0.06 30: 0.03 43: 0.03
05: 0.42 18: 0.03 31: 0.04 44: 0.01
06: 0.17 19: 0.05 32: 0.03 45: 0.02
07: 0.09 20: 0.07 33: 0.02 46: 0.01
08: 0.06 21: 0.03 34: 0.03 47: 0.02
09: 0.06 22: 0.02 35: 0.02 48: 0.03
10: 0.06 23: 0.04 36: 0.01 49: 0.01
11: 0.08 24: 0.00 37: 0.02 50: 0.02
12: 0.05 25: 0.02 38: 0.05
画面选择
图表
画面保持

图9

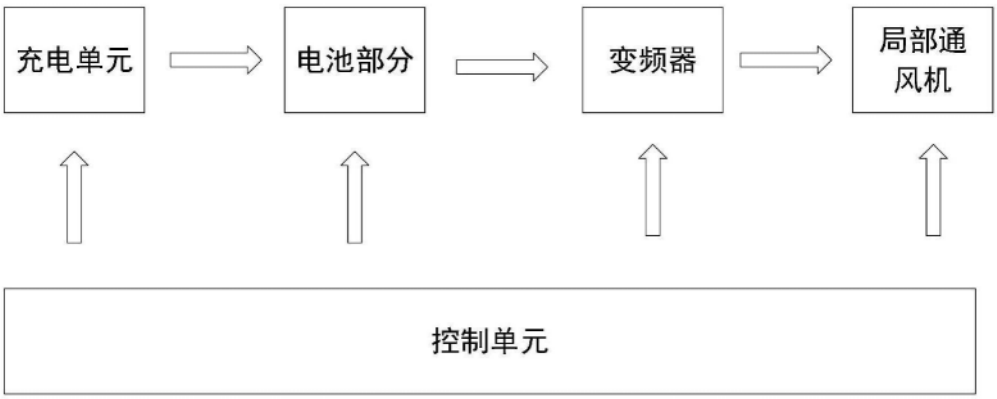

充电单元
电池部分
变频器
局部通风机
控制单元

图10