

基于 DSP 的混合型矿用应急电源逆变器的研制

郭殿林, 王印秋

(黑龙江科技学院 电气与信息工程学院, 哈尔滨 150027)

摘 要: 论述了以 DSP 为控制器, 利用不规则采样法产生 SPWM 波、输出电压的 FFT 变换以及恒压频比(V/F)控制算法实现了应急电源逆变器变频起动以及稳态时利用 PI 调节实现电压稳定输出, 实验验证了设计的可行性, 性能达到了国标要求。

关键词: DSP; 应急电源; 恒压频比

中图分类号: TM46; TM714.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-0794(2008)05-0114-04

Develop of Inverter of Mixed Type Emergency Power Supply in Mine Based on DSP

GUO Dian - lin, WANG Yin - qiu

(Electric and Information Engineering College, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China)

Abstract: SPWM wave produced by the anomalous sampling method, FFT conversion of output voltage and (V/F) constant voltage frequency ratio control arithmetic is used to complete frequency conversion start of emergency power supply, also the PI adjusting method is to stabilize the output voltage in the steady state, experiments indicated the design is feasible, the performance reach requirements of country standard.

Key words: DSP; EPS; V/F

0 引言

驱动力, 设置相应参数, 确定 COSMOSMotion 选项, 输入仿真参数: 持续时间 10 s, 帧数设为 50。图 5、图 6 分别为 1 帧数和 50 帧数时液压支架的运动位置。

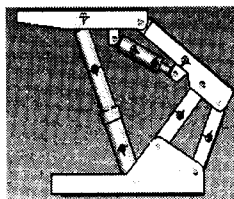


图 5 1 帧数时的模型

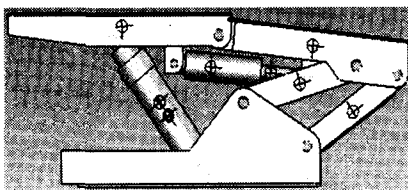


图 6 50 帧数时的模型

通过运动仿真分析液压支架装配体干涉情况。若发现液压支架零部件间存在干涉, 则分析产生干涉的具体零部件, 并弄清具体是哪些尺寸不合理引起了干涉现象, 再返回到液压支架参数化设计界面, 调整设计尺寸参数, 并再生符合实际要求的液压支架模型。

改变参数后再生模型, 按照上述方法进行运动仿真与干涉检查, 最终结果表明: 由液压支架参数化

随着社会信息化、现代化的发展, 对供电可靠性

设计系统所生成的模型各零部件之间没有干涉现象, 符合企业实际要求。

本课题开发的液压支架参数化设计系统已在某企业开始应用, 运行稳定, 实现了液压支架产品快速、系列化设计, 大大提高了设计效率, 为企业的良性发展奠定了基础。

6 结语

本文论述了基于特征的液压支架参数化设计系统的研制方法, 重点介绍了液压支架参数化模型的创建, 应用该系统可协助设计者通过计算机快速完成系列化生产的设计任务。本文采用的液压支架参数化设计方法与思路同样适用于其他系列产品快速生成和创建, 为设计其他系列产品提供了有价值的参考。

参考文献:

- [1] 王国法. 液压支架技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1998.
- [2] 童秉枢. 参数化计算机绘图与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [3] Hilderick A. vander Meiden, Willem F. Bronsvort. A constructive approach to calculate parameter ranges for systems of geometric constraints[J]. Computer Aided Design, 2006(38): 275 - 283.
- [4] 蒋妮, 朱长才, 高小山. 参数化 CAD 中参数的有效范围[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(8): 1 016 - 1 019.

作者简介: 钱俊梅(1979 -), 女, 江苏南通人, 江苏信息职业技术学院教师, 主要从事 CAD/CAE 方面的研究工作, 电子信箱: lindakjm@126.com.

收稿日期: 2007-11-07

的要求越来越高,一旦供电系统突然发生故障而中断供电,将会破坏正常生活秩序,即供电线路停电时由备用电源供电,特别在消防灭火现场需要启动水泵和卷帘门都需要备用电源。

实际中负载多为碘钨灯和水泵的异步电动机的混合型负载,在负载功率一定时,如直接起动需要的 EPS 功率为 1:5,软起动为 1:3,变频起动功率比为 1:1,如用户在 EPS 之外另外安装软起动和变频设备将增加一笔不小开销,本文针对混合型应急电源的负载特点,提出了混合型应急电源的变频控制算法,使用的应急电源与变频器功能融为一体,实现了变频起动的功能。

1 总体方案

该应急电源系统可通过键盘设定起动频率,变频起动时为开环控制,起动结束后采用闭环 PI 调节实现输出电压的稳定,系统逆变器主电路采用电压型三相半桥式逆变器结构,功率器件为 IPM,控制器为 TI 公司的 DSP F2407A,采用 DSP 内部的 EVA 模块实现 SPWM 波形的产生和调节,A/D 模块用来采样输出电压。系统具有短路、过流、输出过欠压保护电路。

2 主电路的设计

主电路如图 1 所示。由于 2 个串联的电解电容两端并有足够大容量的蓄电池,可保证中点电位不偏移,具有抗完全不平衡负载的能力。

电源由 64 节 12 V 电池供电,系统上电时经过电阻 R_1 为电容 C_1 和 C_2 充电,DSP 检测电压的变化。当电压达到直流电压的 80% 时,吸合 K_1 实现上电软启动。由驱动装置控制功率器件的开关,实现 SPWM 控制,直流电经过逆变后输出高压 SPWM 波,通过 LC 滤波电路滤波得到纯正的 380 V 正弦波形的交流电,以达到设定的性能指标要求。

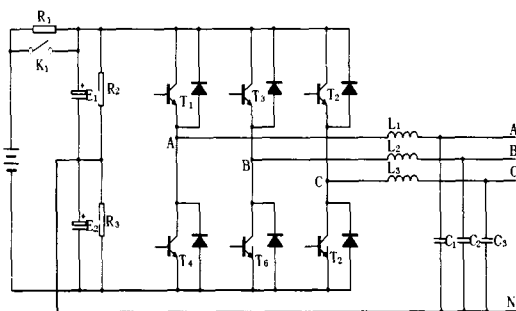


图 1 系统主电路

3 控制算法

(1) 恒压频比控制

图 2 为逆变器 V/F 控制方案图。

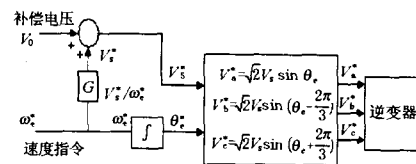


图 2 V/F 控制方案框图

频率 ω^* 是系统的主要控制变量,这是因为在忽略电机很小的转差率 s 时, ω^* 大致与速度 ω_r 相等。相电压给定值 V^* 直接由频率给定值与增益 G 相乘产生,如图 2 所示,从而保持磁链 ψ_s 为常数。若忽略电机定子电阻和漏感,则定子磁链将与气隙磁链 ψ_m 或转子磁链 ψ_r 保持相同。低速时随着频率变小,定子电压将主要耗在定子电阻上,这样将会弱化定子磁链。加入补偿电压 V_0 以使额定磁链和相应的转矩在系统速度为零时仍可被获得。在较高频率时可忽略补偿电压的影响。将 ω^* 信号积分产生角信号 θ^* ,相应的正弦相电压 (V_a^* 、 V_b^* 、 V_c^*) 由图 2 中的表达式产生。

(2) 不规则采样法的脉宽计算

对称规则采样法的数学模型非常简单,但是由于每个载波周期只采样 1 次,因此所形成的阶梯波与正弦波的逼近程度仍存在较大的误差。如果既在三角形的顶点对称轴位置采样,又在三角形的底点对称轴位置采样,也就是每个载波周期采样 2 次,这样所形成的阶梯波的逼近程度会大大提高,不对称规则采样法生成 SPWM 波如图 3 所示。

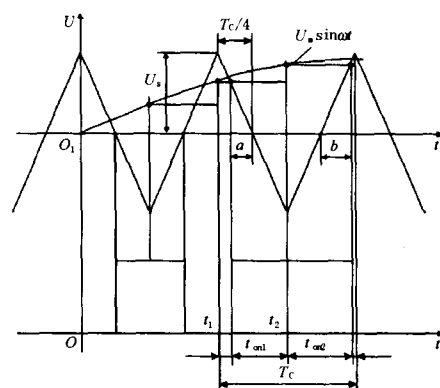


图 3 不对称规则采样法生成 SPWM 波顶点采样时有

$$t_{on1}^C = \frac{T_C}{4} [1 + M \sin (k \frac{\pi}{N})]$$

$$t_{on1}^B = \frac{T_C}{4} [1 + M \sin (k \frac{\pi}{N} + \frac{2\pi}{3})]$$

$$t_{on1}^A = \frac{T_C}{4} [1 + M \sin (k \frac{\pi}{N} + \frac{4\pi}{3})]$$

$(k = 0, 2, 4, \dots, 2N - 1)$

底点采样时有

$$t_{on2}^C = \frac{T_C}{4} [1 + M \sin(k \frac{\pi}{N})]$$

$$t_{on2}^B = \frac{T_C}{4} [1 + M \sin(k \frac{\pi}{N} + \frac{2\pi}{3})]$$

$$t_{on2}^A = \frac{T_C}{4} [1 + M \sin(k \frac{\pi}{N} + \frac{4\pi}{3})]$$

(k = 0, 1, 3, ..., 2N - 2)

式中 N——载波比;
M——调制度;
k——采样序号。

因此,三相 SPWM 波的每一相脉宽都可以计算如下

$$t_{on}^C = t_{on1}^C + t_{on2}^C$$

$$t_{on}^B = t_{on1}^B + t_{on2}^B$$

$$t_{on}^A = t_{on1}^A + t_{on2}^A$$

(3) 输出交流电压的计算—FFT 变换

为了提高输出电压的精度,将输出电压瞬时值采样,通过 FFT 变换求出一个周期电压的有效值,并将 10 个周期的有效值进行算术平均滤波得到实际电压值,有效值计算 FFT 变换算法如下:

假设无噪声的输入信号是频率为 ω 的正弦波电压

$$u(t) = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin(\omega_1 t + \psi)$$

$$\omega = \omega_1 + \Delta\omega t, \psi = \Delta\omega t + \varphi, \omega_1 = 2\pi f_0, f_0 = 50 \text{ Hz}$$

式中 φ ——初相位;
 ψ ——电压相角变化量;
A——幅值。

$u(t)$ 可用矢量 U 的虚部表示。由

$$U = A e^{j\psi} e^{j\omega_1 t}$$

$$= A [\cos \psi + j \sin \psi] [\cos(\omega_1 t) + j \sin(\omega_1 t)]$$

$$= A \cos \psi \cos(\omega_1 t) - A \sin \psi \sin(\omega_1 t) + j [A \sin \psi \cos(\omega_1 t) + A \cos \psi \sin(\omega_1 t)]$$

则

$$u(t) = A \sin \psi \cos(\omega_1 t) + A \cos \psi \sin(\omega_1 t)$$

若将 $A e^{j\psi}$ 看作 U 的复数振幅

$$U_m = A e^{j\psi} = A \cos \psi + j A \sin \psi \quad (1)$$

对 $u(t)$ 信号每周波采样 N 次,产生采样序列

$$\{u_k\} = A \sin(2\pi f_0 k \frac{T_0}{N} + \psi)$$

式中 $\frac{T_0}{N}$ ——采样间隔。

对 $\{u_k\}$ 进行离散傅立叶变换得到基波分量的频谱系数

$$u_1(k) = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k e^{-j(\pi/N)k}$$

$$= \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k \cos(\frac{2\pi k}{N}) - j \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k \sin(\frac{2\pi k}{N})$$

$$= u_I - j u_R \quad (2)$$

$$u_I = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k \cos(\frac{2\pi k}{N})$$

$$u_R = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} u_k \sin(\frac{2\pi k}{N})$$

式中 u_I, u_R ——余弦之和及正弦之和。

对正弦输入信号可以证明

$$u_I = A \sin \psi, u_R = A \cos \psi \quad (3)$$

$u_1(k)$ 是输入信号的基波频谱系数,由式(1)、式(2)、式(3)可得出 $u_1(k)$ 与 U_m 的关系。

$$j u_1(k) = j [u_I - j u_R] = u_R + j u_I = A \cos \psi + j A \sin \psi = U_m$$

可见, $u_1(k)$ 和 U_m 都是表示基波分量的复数振幅, u_I 和 u_R 分别为复数振幅的实部和虚部。

利用输入基波电压复数振幅的实部和虚部可以求得交流电压 U 的有效值,为此先将复数振幅的实部和虚部变成有效值,假定输入电压复数振幅的实部和虚部有效值用 U_R 和 U_I 表示,则输入电压的有效值

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_I^2}$$

4 硬件设计

为了实现 PWM 波的驱动控制和各种保护的处理,采用 CPLD 作为控制、保护的逻辑电路,其中 PWM1 ~ PWM6 为输入信号, S1 ~ S6 为输出驱动信号, SWITCH 为逆变输出控制信号, ACV1_FAULT ~ ACV3_FAULT 为逆变输出电压的故障信号, ACI1_FAULT ~ ACI3_FAULT 为 IPM 的电流故障信号, PDPINTA 为最终的故障保护信号,当有任意一路故障信号产生会导致 PDPINTA 为低电位,送到 DSP 的电机功率保护引脚禁止 PWM 的输出,起到保护 IPM 的作用,逻辑仿真控制框图如图 4 所示。

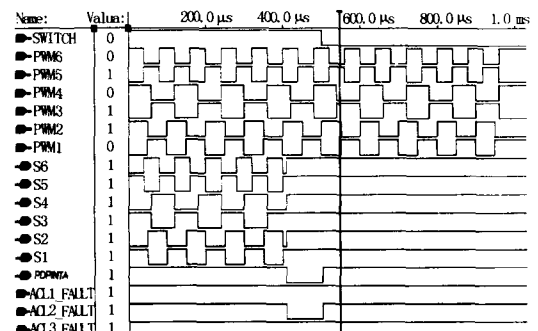


图 4 逻辑控制框图

5 软件流程

输出电压的控制分为 2 个部分,第 1 部分是变频起动。系统设置默认频率为 1 Hz,每完成几个周波增加频率,频率的变化为整数,起始频率的设定可以通过键盘设置。在载波一定时,改变调制波频率时,首先计算载波比 N ,然后套用脉宽计算公式,正余弦的计算采用调用函数库的方式。采用不规则采样法计算脉宽的流程如图 5 所示。另一部分是起动结束后输出电压的闭环控制;为了保证三相输出电压波形的纯正和电压的稳定,采用瞬时值的反馈和输出电压的有效值控制,分别对三相进行 PI 运算。

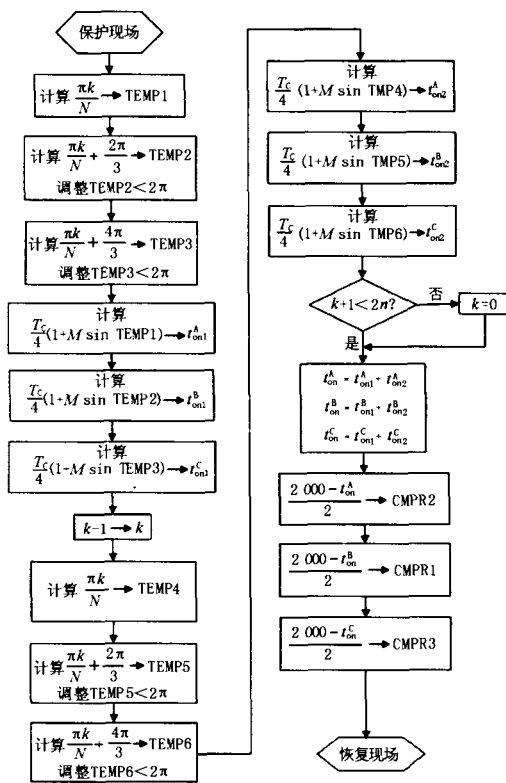


图 5 不规则采样法实现 SPWM 流程

6 实验

在完成应急电源的软、硬件设计后,在实验室完成一台 10 kW 应急电源逆变器样机,开关频率为 20 kHz,定时器周期值为 2 000。IPM 的驱动波形如图 6

所示,图 7 为逆变时 A 相变频起动波形,图 8 为稳态下输出电压波形,横坐标为时间,每格 5 ms,纵坐标电压为 70 V/格。

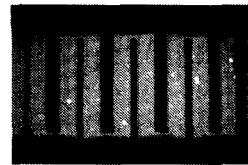


图 6 SPWM 驱动波形

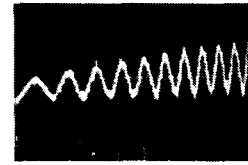


图 7 A 相变频起动波形

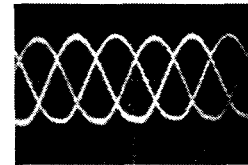


图 8 三相逆变输出电压波形

7 结语

基于 DSP 应急电源逆变器的实验表明,该应急电源能够实现变频起动功能,同时在起动后保持电压稳定,输出平滑的正弦波。该电源的研制解决了应急电源在起动水泵等设备需要起动功率较大的问题,满足了实际的需要,具有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] BIMAL K BOSE. Modern power electronic and AC drives [M]. Prentice Hall, 1986.
- [2] 王新明,王玲. 电动机的 DSP 控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2005.
- [3] 刘毅,孙莹光,杜祥岭. FFT 算法在电力监控计算中的应用[J]. 辽宁工学院学报, 2001, 21(4).
- [4] 刘和平. TMS320LF240x DSP 结构、原理及应用[M]. 北京:航空航天大学出版社, 2002.

作者简介: 郭殿林(1972 -), 内蒙古乌盟人, 讲师, 硕士, 毕业于中国矿业大学(北京), 从事电力电子与电力传动的研究, 电子信箱: gdl-wyq@163.com.

收稿日期: 2007-12-17

煤矿综合信息查询系统诞生

中国矿业大学成功地将 Intranet 和 ASP 技术应用于大屯煤电公司姚桥煤矿、兖州矿业(集团)公司济宁二号煤矿和国投新集能源有限公司的煤矿综合信息查询系统, 具有培训简单、使用方便、工作可靠等优点。

Intranet 是采用 Internet 技术的企业内部网, 经常是指位于防火墙内的企业局域网, 实际上是一种三层结构的 C/S 系统。Intranet 是形成未来企业信息系统的模式, 具有以下特点: 以 Web 技术为基础, 支持多种硬/软件平台和多种操作系统, 通过 ASP(Active Server Pages, 动态服务器主页)检索数据库, 使用户界面变得非常简单, 可以方便企业内部的信息交流。ASP 内含于 IIS 中, 提供一个服务器端的脚本环境, 从而产生和执行动态、交互式的站点服务器应用程序。站点服务器会自动地将 ASP 的程序代码解释为标准 HTML 格式的主页内容, 再送到用户端的浏览器上显示出来。用户端只要使用常规可执行 HTML 码的浏览器则可以浏览 ASP 所设计的主页内容。

李剑峰 供稿