



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510037050.8

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100544188C

[22] 申请日 2005.9.2

[21] 申请号 200510037050.8

[73] 专利权人 江门市洗衣机厂

地址 529040 广东省江门市江海区江翠路
162 号

[72] 发明人 黄险峰 朱健昭 区长钊 卓春光

[56] 参考文献

CN1061686A 1992.6.3

US5552977A 1996.9.3

JP2004-120883A 2004.4.15

CN1325178A 2001.12.5

CN2520340Y 2002.11.13

两相异步电动机变频调速装置. 韩英桃,
吴斌. 微特电机, 第 1996 卷第 4 期. 1996

审查员 马永详

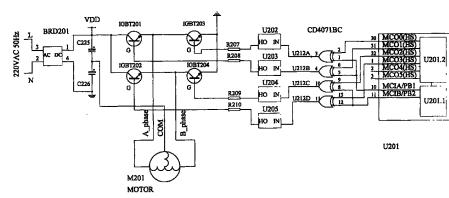
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 10 页

[54] 发明名称

一种经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系
统

[57] 摘要

一种经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统，直流电源正、负极间串联连接第 1 相上、下桥臂开关元件和串联连接第 2 相上、下桥臂开关元件；三相电动机端子接往直流电源公共端和所述串联回路；还包括单片机和第 1、2 相上、下桥臂控制异或门。单片机的第 1、2 相上、下桥臂调制信号口接往同相同桥臂控制异或门一输入，第 1、2 相选通口接往同相异或门另一输入；各异或门输出接往同相同桥臂开关元件控制端；同相上、下桥臂调制信号口输出一相双极性正弦波脉宽调制信号，且第 1、2 相信号相差 $\pi/3$ ；各选通口与调制信号口状态经各异或门输出为控制各相桥臂开关元件状态的空间电压矢量脉宽调制，达到使用现有 SPWM 方式专用单片机控制芯片实现 4 开关元件的 SVPWM。



1、一种经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统，包括由直流电源供电和受控于控制机构的逆变电路及其驱动的交流电动机；

——所述直流电源输出一正极、一负极和一零电位公共端；

——所述逆变电路为二相桥式，包括在正电源母线和负电源母线之间串联连接第1相上桥臂开关元件与第1相下桥臂开关元件，以及串联连接第2相上桥臂开关元件与第2相下桥臂开关元件；正电源母线、负电源母线分别接往所述直流电源正极、负极；

——所述电动机为三相电动机，其三相端子分别接往所述直流电源零电位公共端和逆变电路各相上桥臂开关元件与下桥臂开关元件的串联点；

——所述控制机构向逆变电路二相桥臂开关元件的控制端输出调制信号；

其特征在于：

——所述控制机构包括一单片机，其包括6个开关量输出口：第1相上桥臂调制信号口、第1相下桥臂调制信号口、第2相上桥臂调制信号口、第2相下桥臂调制信号口、第1相选通口、第2相选通口；

——所述控制机构包括4个异或门：第1相上桥臂控制异或门、第1相下桥臂控制异或门、第2相上桥臂控制异或门和第2相下桥臂控制异或门；所述各调制信号口分别接往同相同桥臂控制异或门的一个输入，各选通口的输出分别接往同相异或门的另一个输入，各异或门的输出接往逆变电路同相同桥臂开关元件的控制端；

——所述单片机控制所述4个调制信号口的输出特性为：同相上桥臂调制信号口的输出与下桥臂调制信号口的输出互补，按照电压正弦双极性调制法输出一相双极性正弦波脉宽调制信号，并且第1相调制正弦参考信号与第2相调制正弦参考信号的相位差为 $\pi/3$ ；

——所述单片机控制所述各选通口与调制信号口的状态经各异或门输出构成控制所述逆变电路各相桥臂开关元件开关状态的空间电压矢量脉宽调制（SVPWM）。

2、按照权利要求1所述经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统，其特征在于：所述单片机控制包括一中断程序，该中断程序包括如下步骤：

——检查所述开关状态和按该状态设置选通口状态；

——对所述空间电压矢量脉宽调制的电压矢量指令改变规定电角度；

——按照所述电压矢量改变规定电角度后所处区间，设置所述开关状态和调制信号口状态。

3、一种经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统，包括由直流电源供电和受控于控制机构的逆变电路及其驱动的交流电动机；

——所述直流电源输出一正极、一负极和一零电位公共端；

——所述逆变电路为二相桥式，包括在正电源母线和负电源母线之间串联连接第1相上桥臂开关元件与第1相下桥臂开关元件，以及串联连接第2相上桥臂开关元件与第2相

下桥臂开关元件；正电源母线、负电源母线分别接往所述直流电源正极、负极；

——所述电动机为对称二相电动机，其二相绕组的公共端接往所述直流电源零电位公共端，各相绕组的另一端分别接往逆变电路各一相桥臂的中点；

——控制机构，向逆变电路二相桥臂开关元件的控制端输出调制信号；

其特征在于：

——所述控制机构包括一单片机，其包括 6 个开关量输出口：第 1 相上桥臂调制信号口、第 1 相下桥臂调制信号口、第 2 相上桥臂调制信号口、第 2 相下桥臂调制信号口、第 1 相选通口、第 2 相选通口；

——所述控制机构包括 4 个异或门：第 1 相上桥臂控制异或门、第 1 相下桥臂控制异或门、第 2 相上桥臂控制异或门和第 2 相下桥臂控制异或门；所述各调制信号口分别接往同相同桥臂控制异或门的一个输入，各选通口的输出分别接往同相异或门的另一个输入，各异或门的输出接往逆变电路同相同桥臂开关元件的控制端；

——所述单片机控制所述 4 个调制信号口的输出特性为：同相上桥臂调制信号口的输出与下桥臂调制信号口的输出互补，按照电压正弦双极性调制法输出一相双极性正弦波脉宽调制信号，并且第 1 相调制正弦参考信号与第 2 相调制正弦参考信号的相位差为 $\pi / 2$ ；

——所述单片机控制所述各选通口与调制信号口的状态经各异或门输出构成控制所述逆变电路各相桥臂开关元件开关状态的空间电压矢量脉宽调制（SVPWM）。

4、按照权利要求 3 所述经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统，其特征在于：所述单片机控制包括一中断程序，该中断程序包括如下步骤：

——检查所述开关状态和按该状态设置选通口状态；

——对所述空间电压矢量脉宽调制的电压矢量指令改变规定电角度；

——按照所述电压矢量改变规定电角度后所处区间，设置所述开关状态和调制信号口状态。

一种经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统

技术领域

本发明涉及一种经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统，在国际专利分类表中，功能分类可属于 H02P7/00。

背景技术

典型的交流电动机变频驱动系统，是对直流电源供电的三相桥式 6 单元逆变电路以正弦脉宽调制方式控制，转换成变频的对称三相电源，驱动三相交流电动机。这样的系统目前已有成熟的设计，包括各器件生产商已大量提供的专用单片机控制芯片和驱动芯片。因而，在系统设计时尽量采用这些芯片和器件生产商推荐的典型程序，可以大大减少设计工作量和更有利于保证系统的性能。

为节省成本，本申请人提出了适用于家用小功率电动系统的经济型交流电动机变频驱动系统，可见于中国发明专利说明书 CN1184735C《变频驱动的洗衣机》和 CN1164824C《变频三相驱动的洗衣机》。其相对于前述典型的交流电动机变频驱动系统的变动主要是以二相桥式 4 单元逆变电路代替三相桥式 6 单元逆变电路，驱动二相或三相电动机，因而节省了 2 个单元电路。

此外，现有技术近年推出的磁通正弦脉宽调制（SVPWM）方式（又称空间电压矢量 PWM 法），相对于目前最广泛使用的电压、电流正弦脉宽调制（SPWM）方式，可以使系统模型简化，便于微处理器实时处理，可降低转矩脉动、噪声、开关损耗和桥路直通故障率，电源电压利用率可提高 15%；用于二相桥式 4 单元逆变电路驱动三相电动机时，还可改善线电压的波形和对称性。

但是，目前专用单片机控制芯片和驱动芯片主要是 SPWM 方式的，尤其是尚未有用于二相桥式 4 单元逆变电路的 SVPWM 方式的专用单片机控制芯片和驱动芯片，因而影响了 SVPWM 方式在经济型交流电动机变频驱动系统的推广应用。

涉及本发明有关术语和设计的理解可见于如下资料：

- [1] 李华德，白晶等 交流调速控制系统 北京：电子工业出版社，2003
- [2] 李永东 交流电机数字控制系统 北京：机械工业出版社，2002
- [3] 冯国强 经济型变频洗衣机变频控制系统的试验研究 2005 年 6 月 清华大学硕士论文
- [4] 张建明 一种变频洗衣机的驱动板研究 2004 年 6 月 清华大学硕士论文

- [5] 曾令远 二相电源驱动二相异步电动机的变频洗衣机 2003 年 12 月 清华大学硕士论文
- [6] Blaabjerg F,Freysson S. A new optimized space vector modulation strategy for a component minimized voltage source inverter. IEEE Trans on Pe,1997,12(2):705~714
- [7] Peters G L, Covic G A. Elimination output distortion in four switch inverters with three-phase. IEE Proc-electro Power. 1998,145(2):326~332

发明内容

本发明所要解决的技术问题是，提出一种经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统，其使用二相桥式 4 单元逆变电路和现有 SPWM 方式的专用单片机控制芯片，但可以实现 SVPWM。

本发明解决技术问题的一个技术方案是，一种经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统，包括由直流电源供电和受控于控制机构的逆变电路及其驱动的交流电动机；

——所述直流电源输出一正极、一负极和一零电位公共端；

——所述逆变电路为二相桥式，包括在正电源母线和负电源母线之间串联连接第 1 相上桥臂开关元件与下桥臂开关元件，以及串联连接第 2 相上桥臂开关元件与下桥臂开关元件；正电源母线、负电源母线分别接往所述直流电源正极、负极；

——所述电动机为三相电动机，其三相端子分别接往所述直流电源公共端、第 1 相上桥臂开关元件与下桥臂开关元件的串联点、第 2 相上桥臂开关元件与下桥臂开关元件的串联点；

——所述控制机构向所述各相桥臂开关元件的控制端输出调制信号；

——所述控制机构包括一单片机，其包括 6 个开关量输出口：第 1 相上桥臂调制信号口、第 1 相下桥臂调制信号口、第 2 相上桥臂调制信号口、第 2 相下桥臂调制信号口、第 1 相选通口、第 2 相选通口；

——所述控制机构包括 4 个异或门：第 1 相上桥臂控制异或门、第 1 相下桥臂控制异或门、第 2 相上桥臂控制异或门和第 2 相下桥臂控制异或门；所述各调制信号口分别接往同相同桥臂控制异或门的一个输入，各选通口的输出分别接往同相异或门的另一个输入，各异或门的输出接往逆变电路同相同桥臂开关元件的控制端；

——所述单片机控制所述 4 个调制信号口的输出特性为：同相上桥臂调制信号口的输出与下桥臂调制信号口的输出互补，按照电压正弦双极性调制法输出一相双极性正弦波脉宽调制信号，并且第 1 相调制正弦参考信号与第 2 相调制正弦参考信号的相位差为 $\pi / 3$ ；

——所述单片机控制所述各选通口与调制信号口的状态经各异或门输出为控制所述逆变电路各相桥臂开关元件开关状态的空间电压矢量脉宽调制 (SVPWM)。

本发明解决技术问题的另一个技术方案是，一种经济型交流电动机脉宽调制变频驱动系统，包括包括由直流电源供电和受控于控制机构的逆变电路及其驱动的交流电动机；

——所述直流电源输出一正极、一负极和一零电位公共端；

——所述逆变电路为二相桥式，包括在正电源母线和负电源母线之间串联连接第1相上桥臂开关元件与下桥臂开关元件，以及串联连接第2相上桥臂开关元件与下桥臂开关元件；正电源母线、负电源母线分别接往所述直流电源正极、负极；

——所述电动机为对称二相电动机，其二相绕组的公共端接往所述直流电源公共端，各相绕组的另一端分别接往第1相上桥臂开关元件与下桥臂开关元件的串联回路、第2相上桥臂开关元件与下桥臂开关元件的串联回路；

——控制机构，向所述各相桥臂开关元件的控制端输出调制信号；

——所述控制机构包括一单片机，其包括6个开关量输出口：第1相上桥臂调制信号口、第1相下桥臂调制信号口、第2相上桥臂调制信号口、第2相下桥臂调制信号口、第1相选通口、第2相选通口；

——所述控制机构包括4个异或门：第1相上桥臂控制异或门、第1相下桥臂控制异或门、第2相上桥臂控制异或门和第2相下桥臂控制异或门；所述各调制信号口分别接往同相同桥臂控制异或门的一个输入，各选通口的输出分别接往同相异或门的另一个输入，各异或门的输出接往逆变电路同相同桥臂开关元件的控制端；

——所述单片机控制所述4个调制信号口的输出特性为：同相上桥臂调制信号口的输出与下桥臂调制信号口的输出互补，按照电压正弦双极性调制法输出一相双极性正弦波脉宽调制信号，并且第1相调制正弦参考信号与第2相调制正弦参考信号的相位差为 $\pi/2$ ；

——所述单片机控制所述各选通口与调制信号口的状态经各异或门输出为控制所述逆变电路各相桥臂开关元件开关状态的空间电压矢量脉宽调制（SVPWM）。

以上方案对现有SPWM方式专用单片机控制芯片巧妙设置规定程序控制的选通口经异或门对相位差改为 $\pi/3$ （驱动三相电动机时）或 $\pi/2$ （驱动二相电动机时）的二相双极性正弦波脉宽调制信号取舍，结果获得4开关状态空间电压矢量脉宽调制（SVPWM）信号。

以上方案进一步设计单片机的控制包括一中断程序，该中断程序包括如下步骤：

——检查所述开关状态和按该状态设置选通口状态；

——对所述空间电压矢量脉宽调制的电压矢量指令改变规定电角度；

——按所述电压矢量改变规定电角度后所处区间设置开关状态和调制信号口状态。

本发明技术方案和效果将在具体实施方式中结合附图作进一步的说明。

附图说明

图1是现有技术一种交流电动机脉宽调制变频驱动系统的电气图；

图2是图1所示交流电动机脉宽调制变频驱动系统调制信号波形图；

- 图 3 是图 1 所示交流电动机脉宽调制变频驱动系统主程序流程图；
 图 4 是图 1 所示交流电动机脉宽调制变频驱动系统中断程序流程图；
 图 5 是本发明第 1 实施例电气图；
 图 6 是本发明第 1 实施例中断程序流程图；
 图 7 是本发明第 1 实施例中断程序设置选通口流程图；
 图 8 是本发明第 1 实施例中断程序设置调制信号口流程图；
 图 9 是本发明第 1 实施例中断程序调用的子程序流程图；
 图 10 是本发明第 1 实施例异或门输入输出波形图。

具体实施方式

本发明实施例交流电动机脉宽调制变频驱动系统是在现有技术一种交流电动机脉宽调制变频驱动系统的基础上改造而成。

现有技术该系统电气图如图 1 所示，桥式整流器 BRD201 的交流 (AC) 输入端 2 和 3 分别连接 220V(AC50HZ) 的单相交流电源的中性线 N 和相线 L，直流 (DC) 输出端 1 和 4 连接由电容器 C225 组成的滤波电路，输出直流母线 VDD 对地母线的电压约 300V。逆变电路由绝缘栅双极晶体管 IGBT201 和 IGBT202 组成的 A 相桥，IGBT203 和 IGBT204 组成的 B 相桥，IGBT205 和 IGBT206 组成的 C 相桥跨接于直流母线 VDD 和地母线之间。三相交流电动机 (MOTOR) M201 的三相端子 A-phase、B-phase 和 C-phase 分别接往逆变电路同相桥中点。单片机 U201 选用型号为 ST7FMC1K276，为专用变频控制芯片，其内部除包括 CPU 和 I/O 口等常见单片机结构 U201.1 外，还有一个三相互补的 SPWM 波形发生器 U201.2，所配置的 6 个专用的三相 SPWM 调制信号开关量输出口：30 (定义 MC00.HS)、31 (定义 MC01.HS)、32 (定义 MC02.HS)、1 (定义 MC03.HS)、2 (定义 MC04.HS) 和 3 (定义 MC05.HS) 号脚分别经驱动芯片 U202、U203、U204、U205、U206 和 U207 (选用型号：IR2125) 的输入 (IN) 输出 (HO)，限流电阻 R207、R208、R252、R253、R209 和 R210，接往各 IGBT 的 G 极。单片机 U201 除写入如图 3 根据机器具体任务调速控制要求自编的主程序外，还写入制造商推荐的包括保护等功能的多个中断程序，尤其是如图 4 产生 SPWM 波形的中断程序。

如图 3 所示主程序，首先进行常规的读入文件、定义和各变量的初始化 (如步骤 001 和 002)，然后开始发生 SPWM 波形的中断程序 (如步骤 003)，并重复地与上位机通信 (如步骤 004)，获得按照机器具体任务确定的电动机运行方式状态 (代号 state) 字，并按照该状态字执行电动机运行方式 1 或 2 或 3 (如步骤 005)，其中包括改变频率的设定 (使用变量 MTCstatute)。

如图 4 所示中断程序，使用变量 Y 用于计算调制参考正弦信号电角度。原数据入栈 (如步骤 010) 后，首先按照频率是否改变装入相应于具体频率的新角度增量：读状态字——变量 MTCstatute 的零位，若非零，频率改变，装入新角度增量，并使 MTCstatute 的零位

赋值为零，否则维持原角度增量（如步骤 011、012 和 013）。步骤 014 对电角度 Y 增加新的或原有的角度增量。之后如步骤 014~027，按该增加角度增量后的电角度 Y 和以下公式：

$$C = C_0 + M \sin Y \quad (\text{式中 } C_0 \text{ 为初值, } M \text{ 为常数})$$

查正弦表计算第 1 相 PWM 脉冲宽度，所得值 C 送入 W 相寄存器；进一步移相 $2\pi/3$ 查正弦表计算第 2 相 PWM 脉冲宽度，所得值 C 送入 U 相寄存器；又进一步移相 $2\pi/3$ 查正弦表计算第 3 相 PWM 脉冲宽度，所得值 C 送入 V 相寄存器；最后，变量 Y 原数据出栈，中断返回。

发生 SPWM 波形的中断程序自开始后不断地定时进行，以各相寄存器的值控制波形发生器 U201.2，使 30 和 31, 32 和 1, 2 和 3 号脚的输出互补，并按照电压正弦双极性三角波调制法各输出一相双极性正弦波脉宽调制信号；并且各相调制正弦参考信号的相位依次相差 $2\pi/3$ 。图 2(d) 表示了在该程序使用现有技术由调制三角波 U_c 分别和三相参考正弦信号 U_{mA} 、 U_{mB} 和 U_{mc} 相交获得各相双极性正弦波脉宽调制信号的原理，(a)、(b)、(c) 分别表示所生成的第 1、2、3 相调制信号 U_{dA} 、 U_{dB} 、 U_{dC} 的脉宽调制波形。 U_{dA} 脉冲系列的上半部分是 30 号脚发出和驱动芯片 U202 接收的波形，下半部分是 31 号脚发出和驱动芯片 U203 接收的波形； U_{dB} 脉冲系列的上半部分是经 31 号脚发出和驱动芯片 U204 接收的波形，下半部分是经 1 号脚发出和驱动芯片 U205 接收的波形； U_{dC} 脉冲系列的上半部分是经 2 号脚发出和驱动芯片 U206 接收的波形，下半部分是经 3 号脚发出和驱动芯片 U207 接收的波形。以上均属于现有技术。

本发明第 1 实施例交流电动机脉宽调制变频驱动系统电气图如图 5 所示，其相对于图 1 所示现有技术交流电动机脉宽调制变频驱动系统有以下修改：

- a) 桥式整流器 BRD201 的直流(DC)输出端 1 和 4 连接的滤波电路增加电容器 226，该电容器与电容器 225 串联后跨接于直流母线 VDD 和地母线间，构成以电容器 225 与 226 的串联回路为公共端，经直流母线 VDD 和地母线输出各约 150V 的一正电源和一负电源；
- b) 逆变电路中取消由 IGBT205 和 IGBT206 组成的 C 相桥，驱动芯片 U206 和 U207，电阻 R209 和 R210

c) 三相交流电动机(MOTOR)M201 的二相端子 A-phase 和 B-phase 仍分别接往逆变电路同相桥中点，但第 3 相端子 C-phase 改接电容器 225 与 226 的串联回路；

d) 关于单片机 U201，其专用的三相 SPWM 调制信号开关量输出口仍在用的 4 个：30、31、32 和 1 号脚原分别接往驱动芯片 U202、U203、U204 和 U205 的电路，各插入一异或门 U212A、U212B、U212C 和 U212D (选用型号：CD4071BC)；启用 2 个新的开关量输出口 10 (定义 MCIA/PB1) 和 11 (定义 MCIB/PB2) 号脚；U212A 的输出端 3 号脚连接驱动芯片 U202 的输入，输入端 2 和 1 号脚分别连接单片机 U201 的 30 和 10 号脚；U212B 的输出端 4 号脚连接驱动芯片 U203 的输入，输入端 6 和 5 号脚分别连接单片机 U201 的 31 和 10 号脚；U212C 的输出端 10 号脚连接驱动芯片 U204 的输入，输入端 9 和 8 号脚分别连接单片机 U201 的 2 和 11 号脚；U212D 的输出端 11 号脚连接驱动芯片 U205 的输入，输入端 13 和 12 号脚

分别连接单片机 U201 的 3 和 11 号脚；

本发明第 1 实施例交流电动机脉宽调制变频驱动系统的主程序沿用图 3 所示现有技术交流电动机脉宽调制变频驱动系统的主程序，产生 SVPWM 控制的中断程序取代了图 4 所示现有技术交流电动机脉宽调制变频驱动系统产生 SPWM 波形的中断程序。

产生 SVPWM 控制的如图 6 所示：

——首先从步骤 100 中断开始，然后按照步骤 101~105 判断是否改变控制状态和若需改变时进入 I 或 II 或 III 或 IV 区，或者均无需改变；接着按照步骤 106~108 判断频率是否改变和若需改变时装入新角度增量或者均不变，电角度叠加新的或原有角度增量；进一步按照步骤 109~117 对叠加新的或原有角度增量后的新的电角度判断所在工作区间在 I 或 II 或 III 或 IV 区，相应设置控制状态字和调用子程序 SUBW1 和 SUBU1，或者 SUBW1 和 SUBU2，或者 SUBW2 和 SUBU2，或者 SUBW2 和 SUBU1；

——图 6 中步骤 100~105 更详细的流程见于图 7。从步骤 100 中断开始，步骤 201 使变量 Y 原数据入栈，之后步骤 202~217 依次对变量 Qjstatute 的 0#~7#位的状态进行判断调整和对选通口状态变量 PCDR 赋值，即首先按图 7 中(a) 步骤 202~205，检查 Qjstatute 的 0#和 1#位的状态，确定是否控制状态进入 I 区并对选通口状态变量 PCDR 赋值为 F4H；否则按图 7 中(b) 步骤 206~209 检查 Qjstatute 的 2#和 3#位的状态，确定是否电角度 Y 控制状态进入 II 区，并对选通口状态变量 PCDR 赋值为 F1H；否则按图 7 中(c) 步骤 210~213 检查 Qjstatute 的 4#和 5#位的状态，确定电角度 Y 控制状态进入 III 区，并对选通口状态变量 PCDR 赋值为 F2H，否则按图 7 中(d) 步骤 214~217 检查 Qjstatute 的 6#和 7#位的状态，确定电角度 Y 控制状态进入 IV 区并对选通口状态变量 PCDR 赋值为 F6H；对选通口状态变量 PCDR 赋值的结果即确定作为选通口的单片机 U201 的 10 和 11 号脚的状态；

——图 6 中步骤 106~118 更详细的流程见于图 8。其中步骤 301~304 类似于图 4 步骤 011~014，仍使用变量 Y，但计算的是空间电压矢量的电角度。首先按照频率是否改变装入相应于具体频率的新角度增量：读状态字——变量 MTCstatute 的零位，若非零，频率改变，装入新角度增量，并使 MTCstatute 的零位赋值为零，否则维持原角度增量，最后对电角度 Y 增加新的或原有的角度增量；进一步按照步骤 305~320，检查叠加新的或原有角度增量后的新的电角度 Y 所在范围，若 $75 < Y \leq 315$ ，检查 Qjstatute 的零位是否为 1，是则依次调用子程序 SUBW1 和 SUBU1，否则赋值为 1 后再调用(见图 8 中(a) 步骤 305~308)；若 $75 < Y \leq 165$ ，检查 Qjstatute 的第 2 位是否为 1，是则依次调用子程序 SUBW1 和 SUBU2，否则赋值 Qjstatute 为 04H 后再调用(见图 8 中(b) 步骤 309~312)；若 $165 < Y \leq 255$ ，检查 Qjstatute 的第 4 位是否为 1，是则依次调用子程序 SUBW2 和 SUBU2，否则赋值 Qjstatute 为 10H 后再调用(见图 8 中(c) 步骤 313~316)；若 $255 < Y \leq 345$ ，检查 Qjstatute 的第 6 位是否为 1，是则依次调用子程序 SUBW2 和 SUBU1，否则赋值 Qjstatute 为 40H 后再调用(见图 8 中(d) 步骤 317~320)；最后按图 8 中(e) 步骤 321 使变量 Y 原数据出栈和步

骤 118 使中断返回。以上调用的子程序 SUBW1、SUBU1、SUBW2 和 SUBU2 的详细流程分别见于图 9 中(a) 步骤 401~404, 图 9 中(b) 步骤 501~504, 图 9 中(c) 步骤 601~604 和图 9 中(d) 步骤 701~704, 分别首先对电角度 Y 叠加 $\pi/6$ (对 SUBW1 和 SUBW2) 或 $\pi/3$ (对 SUBU1 和 SUBU2), 然后按该叠加后的电角度 Y 和以下公式查正弦表计算指定相的 PWM 脉冲宽度的计数值 C:

$$C = C_0 \pm M \sin Y$$

式中, C_0 为初值; M 为常数; “±”号对 SUBW1 和 SUBU1 取“-”, 对 SUBW2 和 SUBU2 取“+”。均最后把 C 送入 W 相寄存器 (对 SUBW1 和 SUBW2) 或 U 相寄存器 (对 SUBU1 和 SUBU2), 进而通过波形发生器 U201.2 控制 U201 的 4 个仍在用的专用的 SPWM 调制信号开关量输出口 (30、31、32 和 11 号脚) 输出第 1 和第 2 相双极性正弦波脉宽调制信号, 其调制原理仍可参考图 2 中(d) 和 (a)、(b), 但要把图 2 中该二相波形的相位差由 $2\pi/3$ 改为 $\pi/3$ 。

图 3 所示每一异或门对其输入的选通口和调制信号的输出波形关系见于图 10 中(a)、(b) 和 (c)。各异或门的输出经驱动芯片 U202、U203、U204 和 U205 对 IGBT201、IGBT202、IGBT203 和 IGBT204 组成的二相桥式 4 单元逆变电路驱动三相电动机 M201, 实现如下定义的电压矢量指令控制:

各相电压矢量定义于三相交流电动机 (MOTOR) M201 的各相端子 A-phase、B-phase 和 C-phase 到其理论中性点 n 的瞬时电压 U_{an} 、 U_{bn} 、 U_{cn} 。又命名这些相端子与地母线的电压为 U_{ao} 、 U_{bo} 、 U_{co} 。电容器 225 与 226 的容量足够大, U_{ao} 可恒为直流母线 VDD 对地母线的电压 U_{dc} 的一半, 即 $1/2U_{dc}$ 。 U_{bo} 和 U_{co} 的值取决于 IGBT201、IGBT202、IGBT203 和 IGBT204 的状态, 见表 1。

表 1 开关状态矢量 (各相桥臂开关元件开关状态) 表

U_{bo}	U_{co}	开关状态矢量 (各相桥臂开关元件开关状态)
U_{dc}	U_{dc}	1, 1 (IGBT201、IGBT203 通, IGBT202、IGBT204 断)
0	0	0, 0 (IGBT202、IGBT204 通, IGBT201、IGBT203 断)
U_{dc}	0	1, 0 (IGBT201、IGBT204 通, IGBT203、IGBT202 断)
0	U_{dc}	0, 1 (IGBT203、IGBT202 通, IGBT203、IGBT202 断)

电压 U_{an} 、 U_{bn} 、 U_{cn} 可通过下式计算:

$$U_{an} = U_{ao} - U_{n0} = \frac{2}{3}U_{ao} - \frac{1}{3}(U_{bo} + U_{co})$$

$$U_{bn} = U_{bo} - U_{n0} = \frac{2}{3}U_{bo} - \frac{1}{3}(U_{ao} + U_{co})$$

$$U_{cn} = U_{co} - U_{n0} = \frac{2}{3}U_{co} - \frac{1}{3}(U_{ao} + U_{bo})$$

并有如表 2 开关状态矢量与逆变电路输出电压的关系。

表 2 开关状态矢量与输出电压关系

Ubo	Uco	Uan	Ubn	Ucn	开关状态矢量
Udc	Udc	-Udc /3	Udc /6	Udc /6	1 1
0	0	-Udc /3	-Udc /6	-Udc /6	0 0
Udc	0	0	Udc /2	-Udc /2	1 0
0	Udc	0	-Udc /2	Udc /2	0 1

按照表 2 各开关状态矢量，可对 Uan、Ubn、Ucn 定义为统一的以二轴坐标系表示的电压矢量 Us：

$$U_s = \frac{2}{3} \left[U_{an} + U_{bn} \cdot e^{j(\frac{2}{3}\pi)} + U_{cn} \cdot e^{j(\frac{4}{3}\pi)} \right]$$

本实施例单片机 U201 也可以采用输出三相对称双极性正弦波脉宽调制信号的其它芯片，尤其是具有片内 SPWM 波形发生器的芯片，例如 intel 公司的 8XC196MC 系列产品。异或门 U212A、U212B、U212C 和 U212D 也可以采用其它逻辑电路代替，只需总的输出与输入保持异或门关系即可。此外，也可以使用具有成对输入输出偶数（常见为 2）单元驱动芯片，这些成对输入输出如果除跟随放大关系外，还有其它逻辑关系，则有关电路和程序的设计可按现有技术，综合这些逻辑关系，使单片机 U201 的 30、31、32、11 号脚与 10、11 号脚至各 IGBT 的 G 极维持前述控制关系。

本发明第 2 实施例与第 1 实施例的差异仅在于：

——如图 3 所示电气框图中，(MOTOR) M201 改为对称二相交流电动机，二相端子 A-phase 和 B-phase 仍分别接往逆变电路同相桥中点；但其公共端子 COM 代替原三相电动机的第 3 相端子 C-phase 连接电容器 225 与电容器 226 的串联点；

——图 9 中(a)、(b)、(c)和(d)的 步骤 401、501、601 和 701 中，对电角度叠加 $\pi/6$ 改为 0，叠加 $\pi/3$ 改为 $\pi/2$ 。

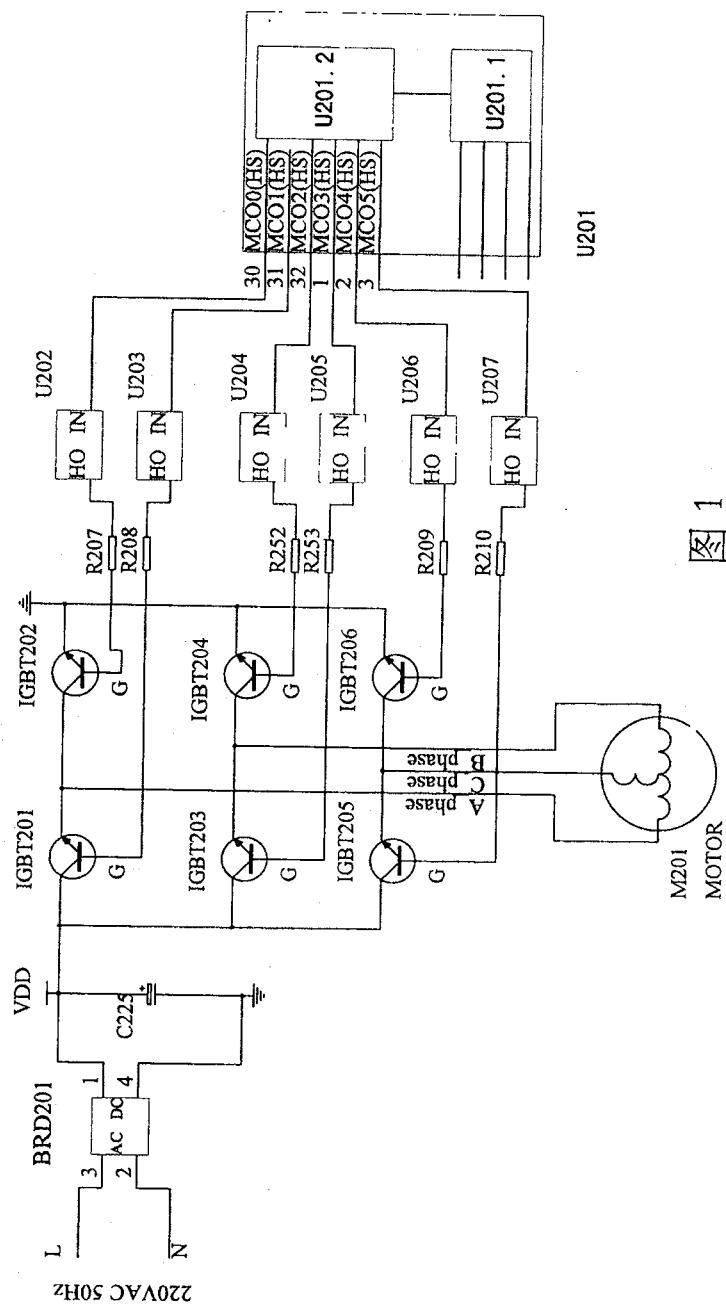
本发明第 2 实施例电动机使用传统单相电容运转电动机空间相差 $\pi/2$ 电角度的二相对称磁路结构，甚至二相绕组也对称的结构（例如洗衣机电动机）。当然，也可以使用二相磁路或绕组欠对称的电动机。此时，通过计算或实验，调整调制电路的控制信号，使逆变电路输出的二相电流 I_a 和 I_b ，按照电动机二相绕组的有效匝数（绕组系数 \times 实际匝数） $K_{dpn}W_n$ 和 $K_{dpb}W_b$ ，完全符合以下公式表示的二相电动机对称运行的圆形旋转磁势条件：

$$I_a K_{dpn}W_n = \pm j I_b K_{dpb}W_b$$

对于空间电角度 θ 为任意值的非正交轴的二相绕组电动机，该条件的公式是：

$$I_a K_{dpn}W_n = I_b K_{dpb}W_b e^{j(\pi \pm \theta)}$$

即逆变电路产生关于二相电动机的对称二相控制。



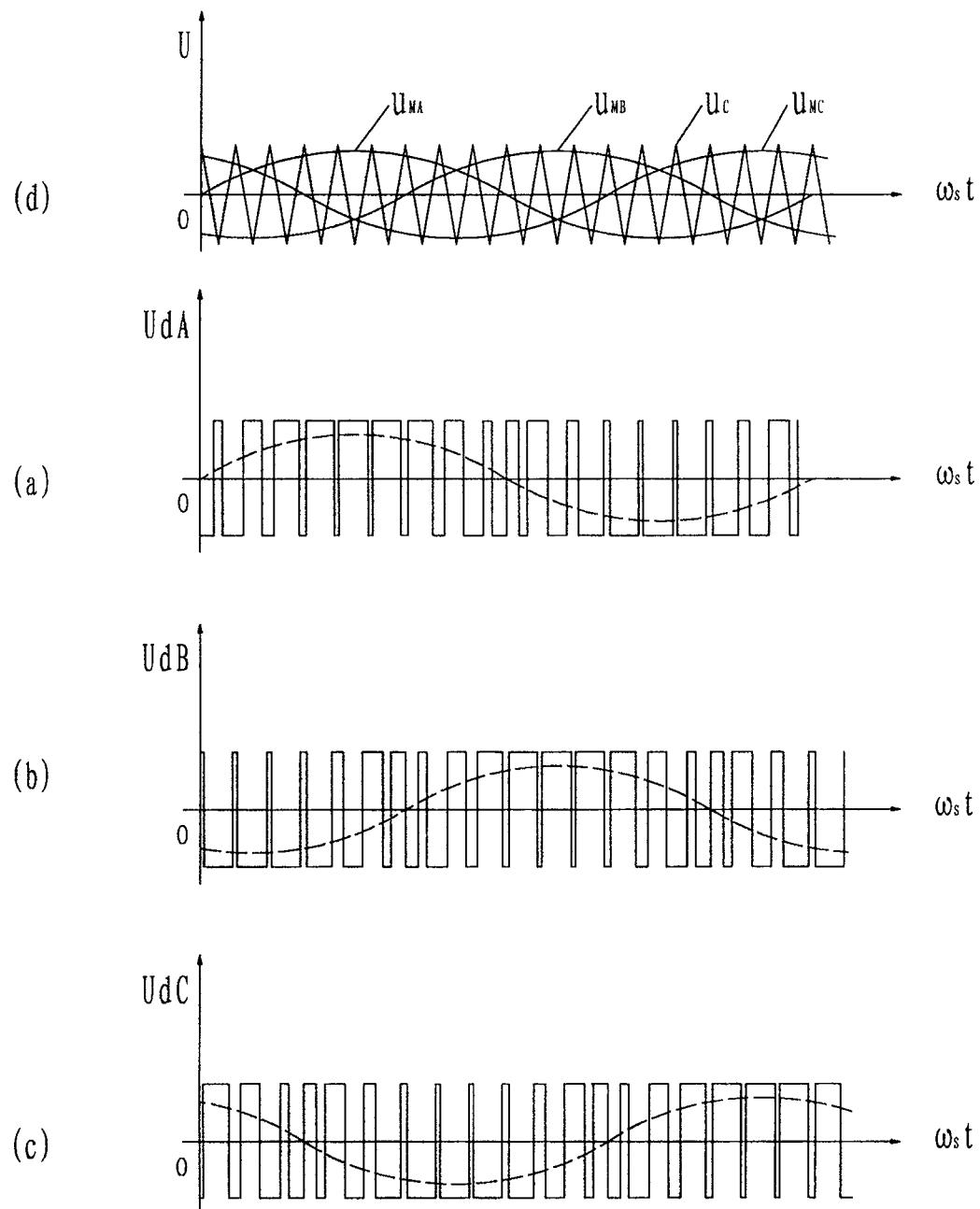
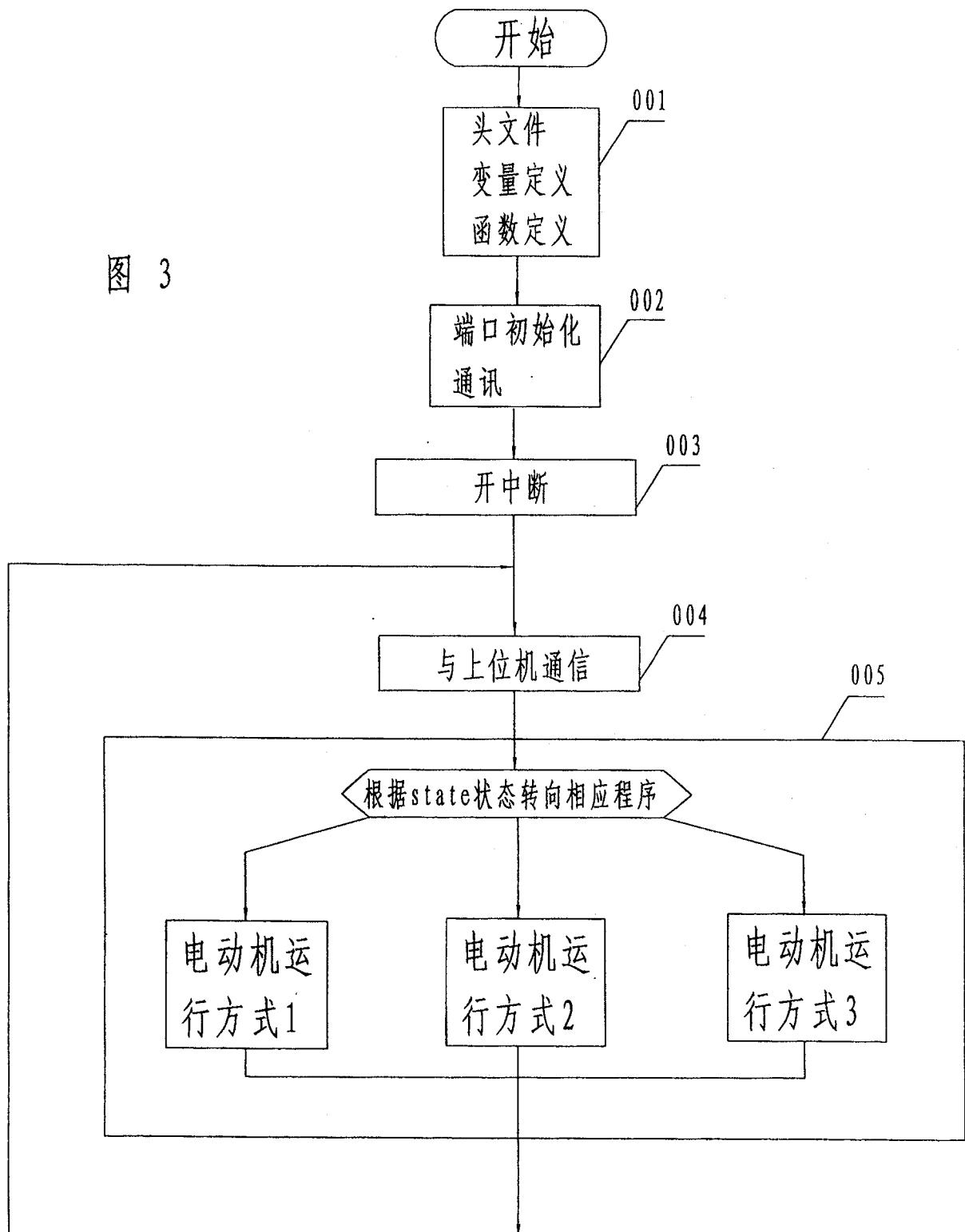


图 2

图 3



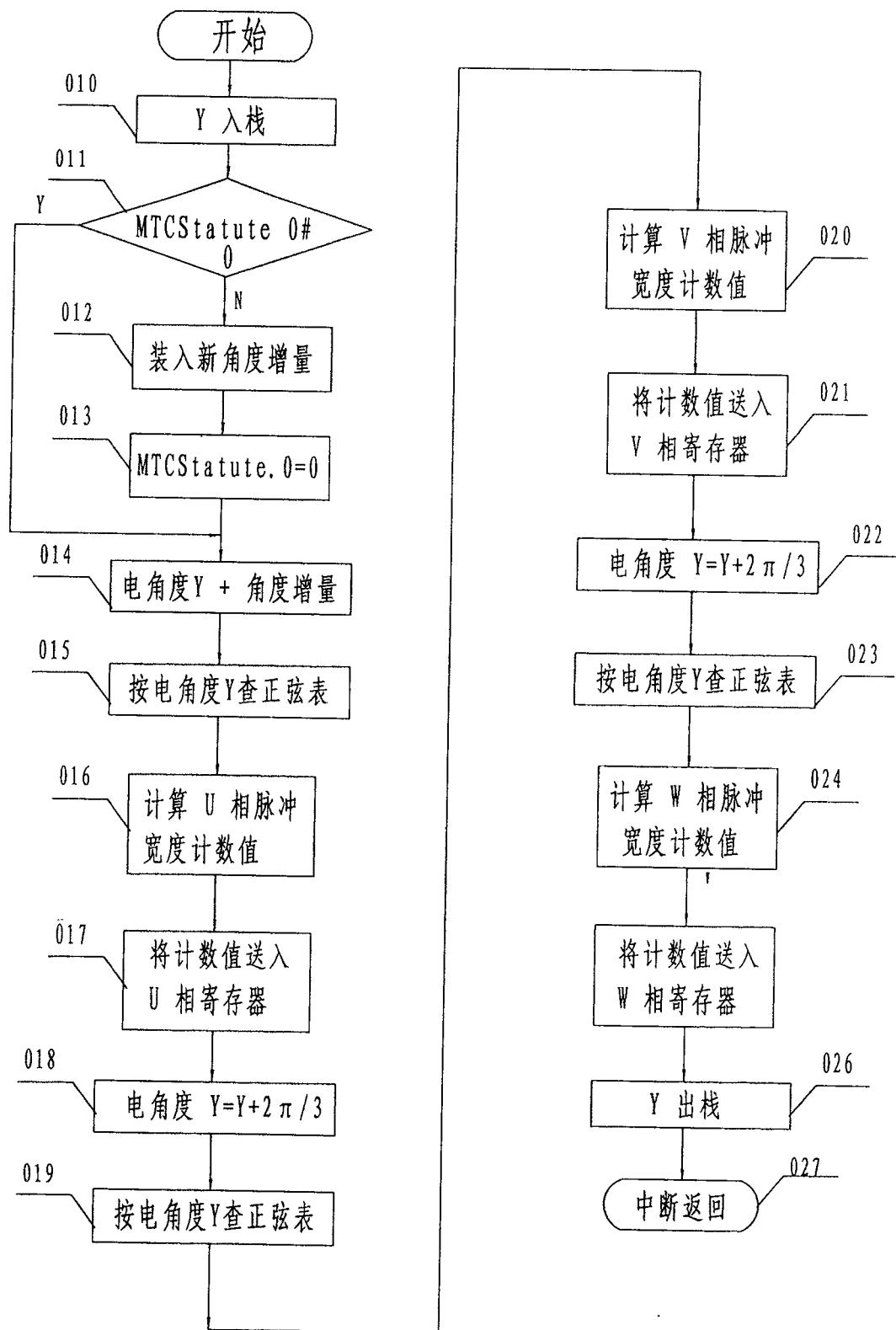


图 4

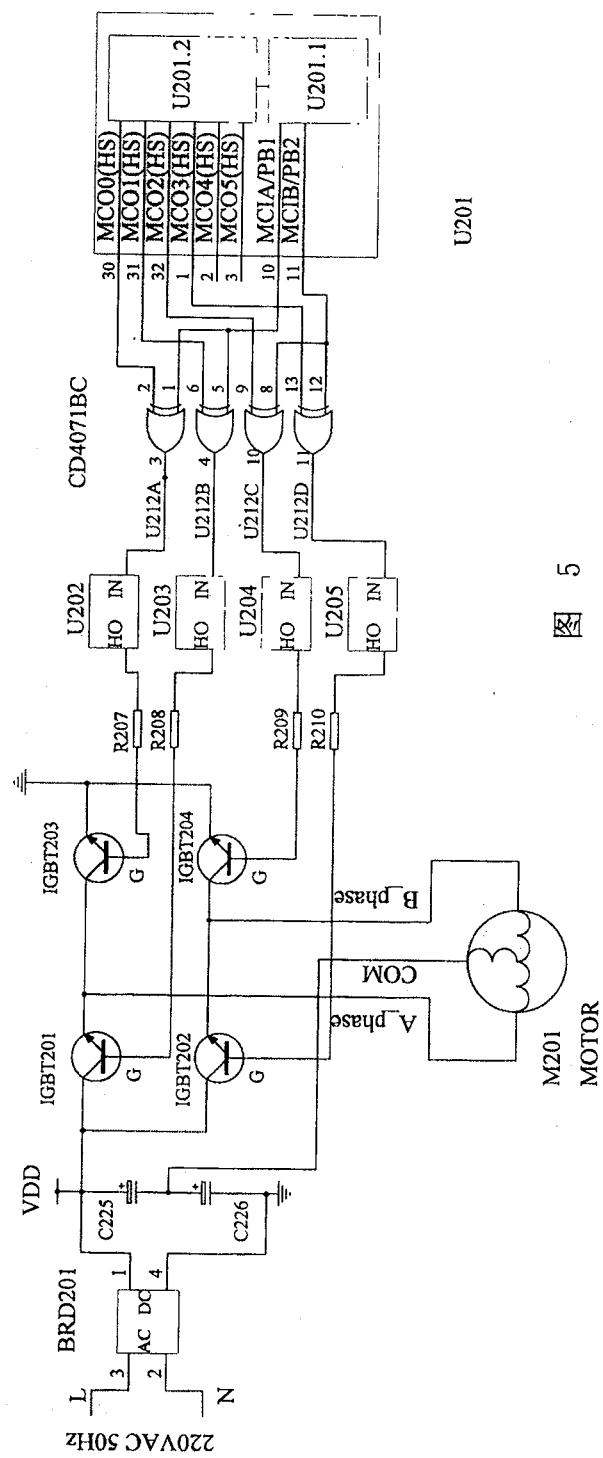
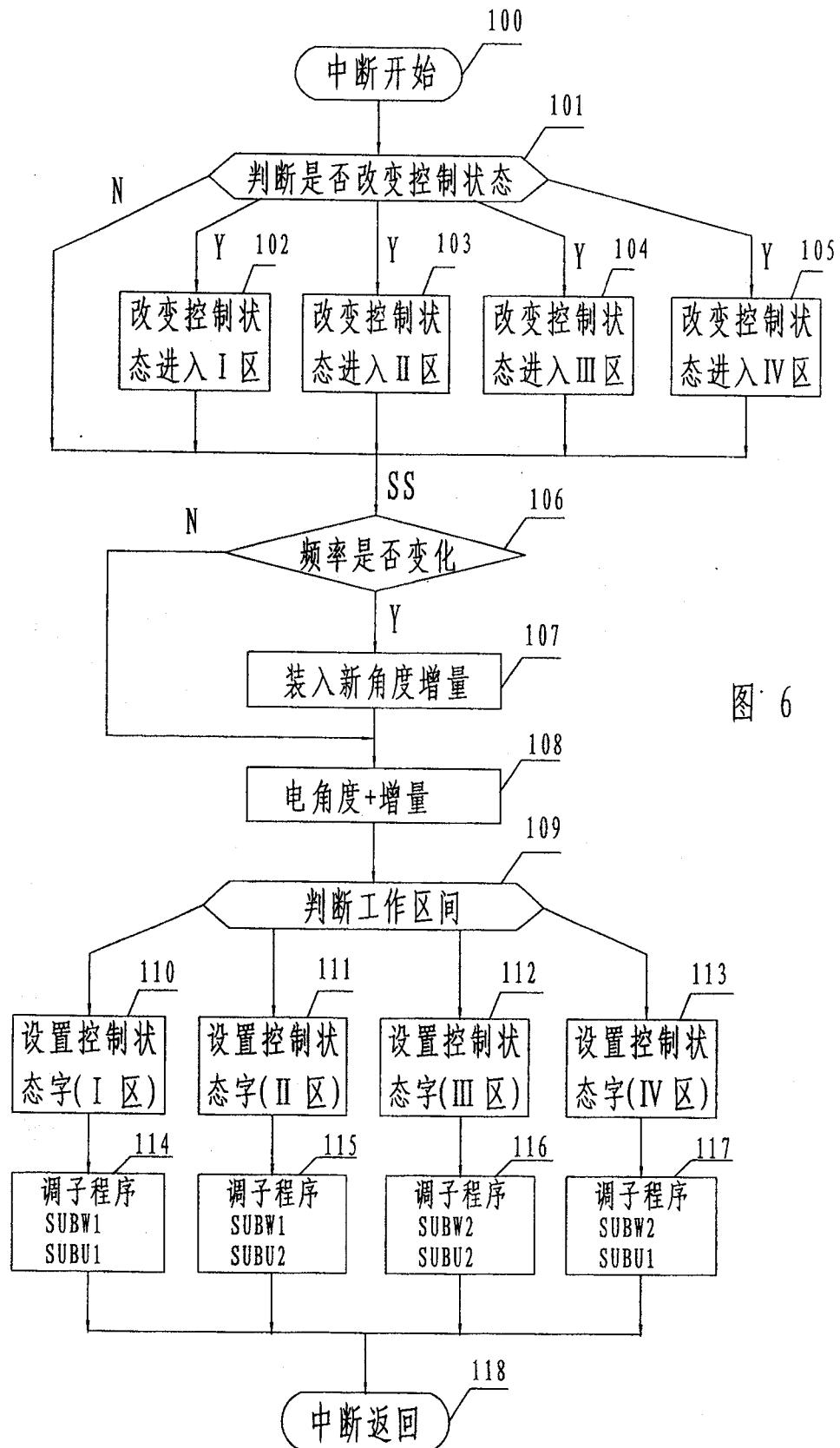
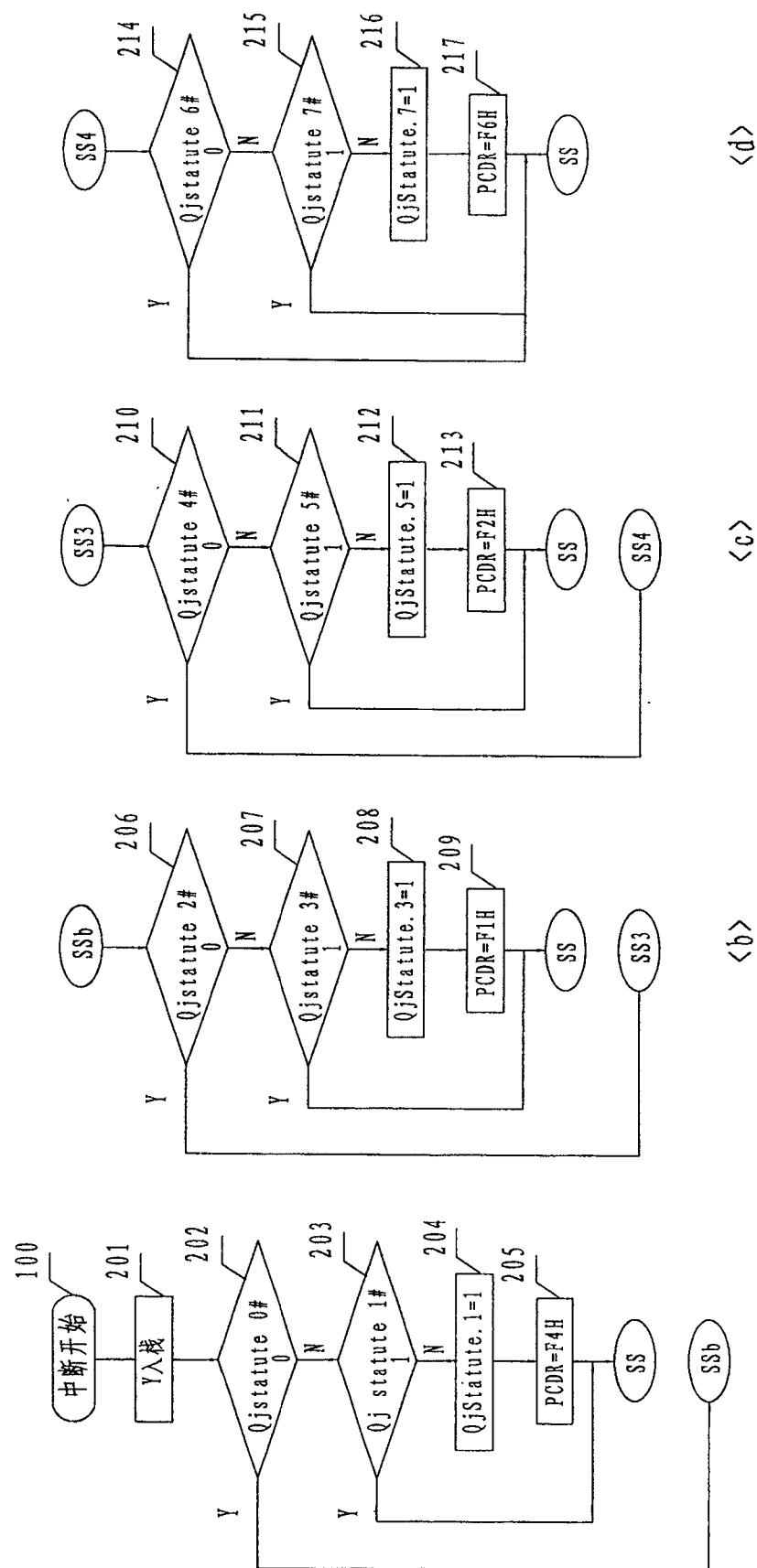


图 5





<a>

<c>

<d>

图 7

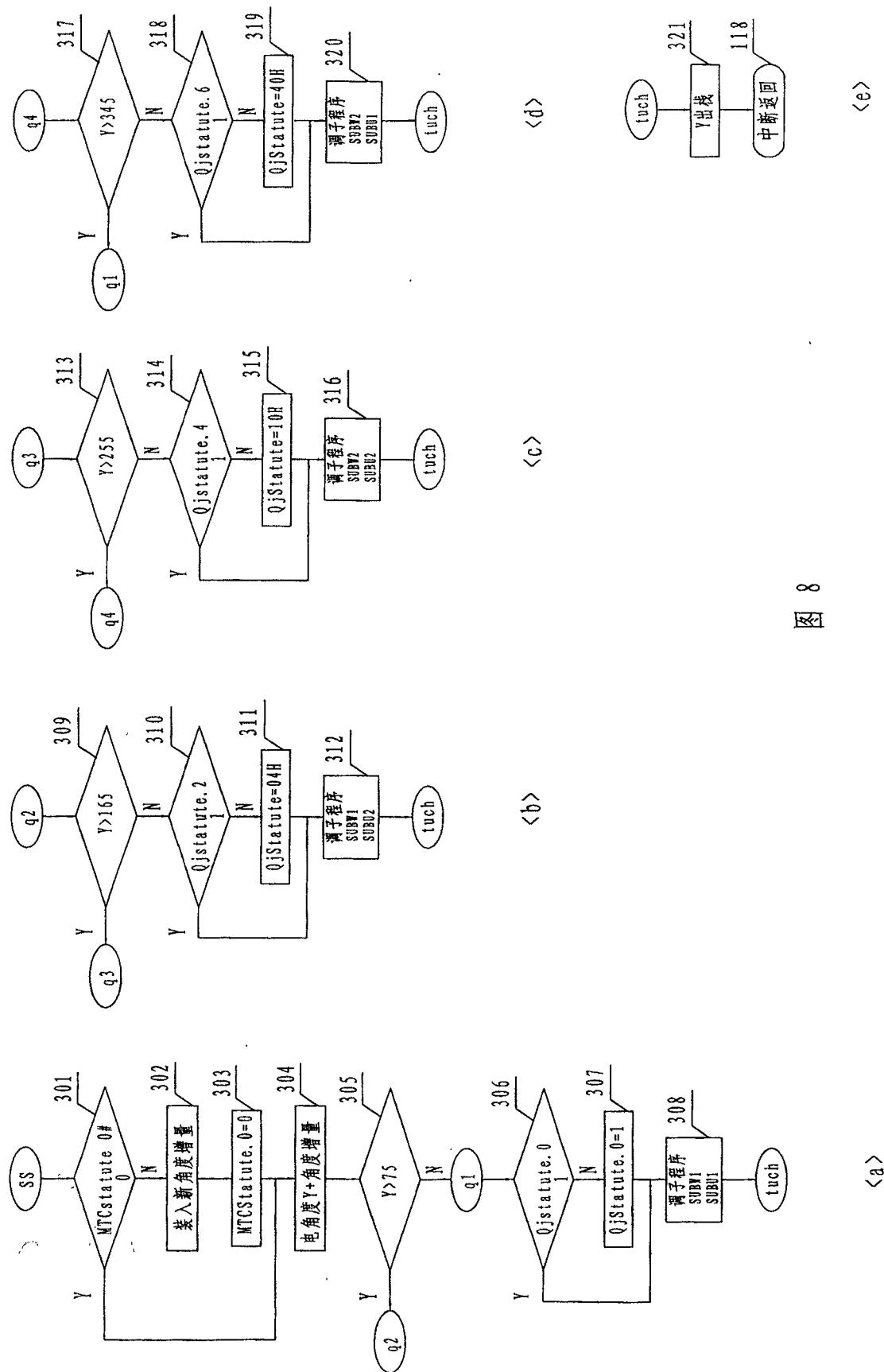


图 8

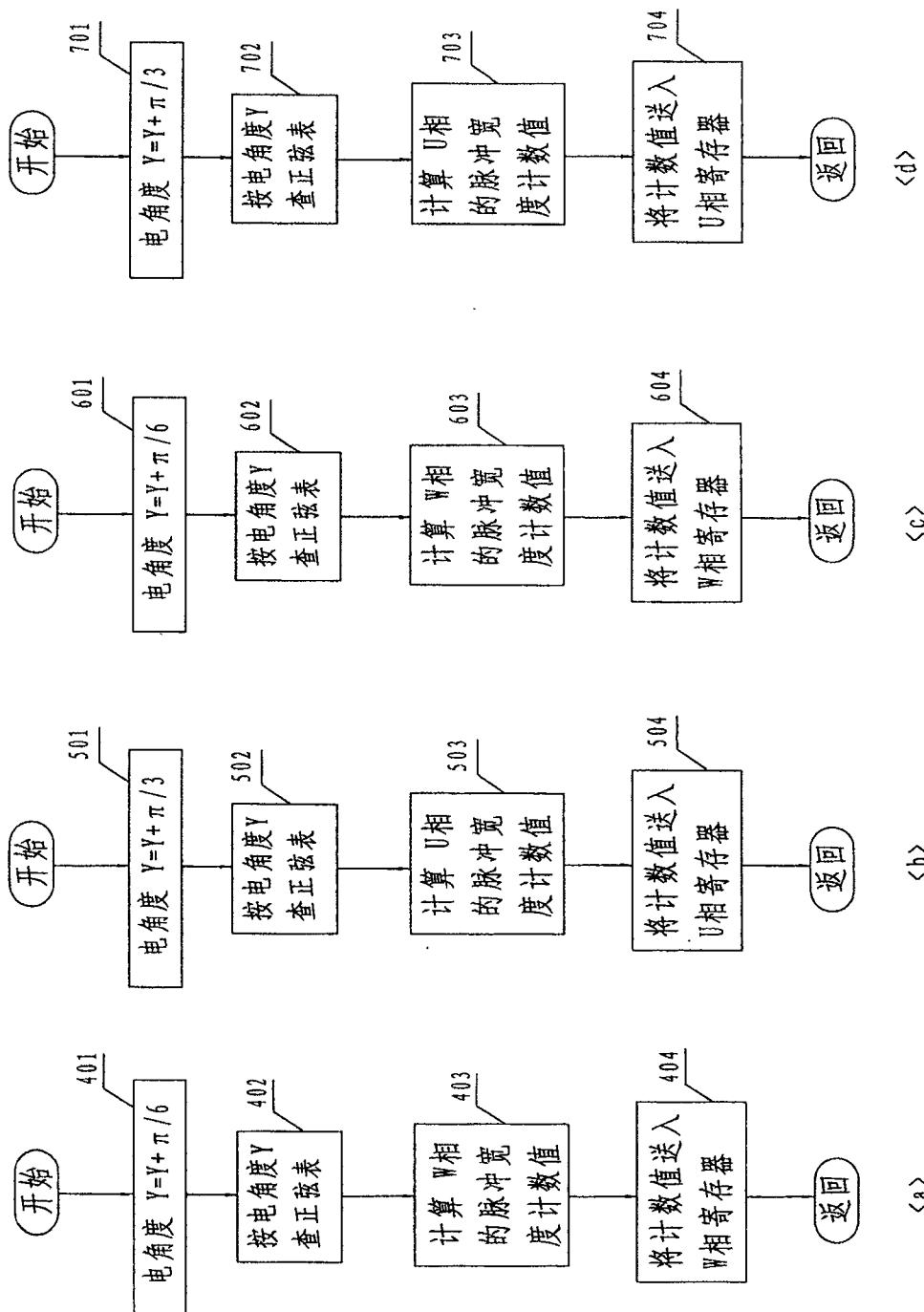


图 9

<a>

<c>

<d>

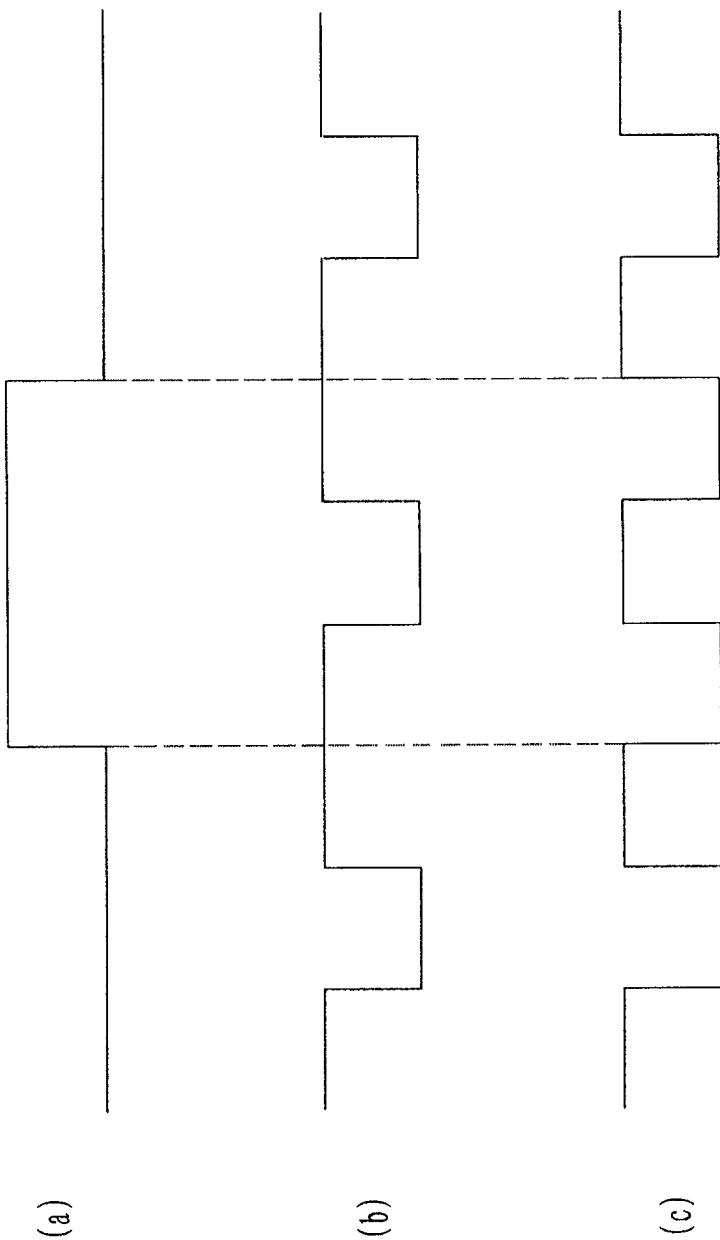


图 10