



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114046854 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 15

(21) 申请号 202111328230.7

(22) 申请日 2021.11.10

(71) 申请人 四川泛华航空仪表电器有限公司

地址 610500 四川省成都市新都工业东区
兴业路389号

(72) 发明人 杜昕鹏 杜昕鲲

(74) 专利代理机构 成都君合集专利代理事务所
(普通合伙) 51228

代理人 何巍

(51) Int. Cl.

G01F 23/263 (2022.01)

G01F 25/20 (2022.01)

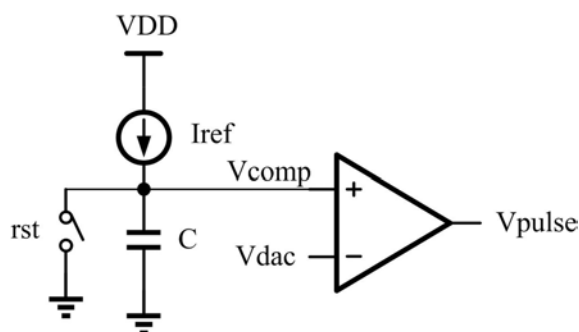
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统
温度补偿方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,包括以下步骤:(1)构建占空比检测电路;(2)使用CPU计算单元以采样周期确定采样频率,获得占空比检测电路输出的补偿信号,并控制DAV转换器对占空比检测电路进行平衡控制;(3)获得电容变化量与环境温度的线性关系;(4)CPU计算单元根据电容变化量与环境温度的线性关系,以当前温度值的变化量,即可得到电容变化量,然后以该电容变化量对测量电容进行补偿,已获得补偿的实际电容,将该实际电容电信号转化为当前油量测量。



1. 一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 构建占空比检测电路,定义常温为工作参数,定义占空比检测电路中电容C的大小,并确定充满电容的时间 t_{full} ,由此得出所需充电恒流源大小,并设常温状态线下,采样周期T为 t_{full} 的2倍;

(2) 使用CPU计算单元以采样周期确定采样频率,获得占空比检测电路输出的补偿信号,并控制DAV转换器对占空比检测电路进行平衡控制;

(3) 构建占空比检测电路、电容式传感器、温度传感器的计算模型,获得电容变化量与环境温度的线性关系;

(4) CPU计算单元根据电容变化量与环境温度的线性关系,以当前温度值的变化量,即可得到电容变化量,然后以该电容变化量对测量电容进行补偿,已获得补偿的实际电容,将该实际电容电信号转化为当前油量测量。

2. 根据权利要求1所述的一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,其特征在于,所述步骤(1)中构建的占空比检测电路中的脉冲为ns级宽度脉冲,其能够在采样周期内比较实际输出电压 V_{comp} 与额定输出电压 V_{ref} 的大小,占空比检测电路在常温状态工作时, $V_{comp}=V_{ref}$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,其特征在于,所述步骤(2)中,CPU计算单元控制的DAV转换器的精度为8位BIT单元。

4. 根据权利要求3所述的一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,其特征在于,所述步骤(2)中,CPU计算单元以采样频率获得占空比检测电路输出的补偿信号的具体过程为:

(2.1) 当时钟上升沿来临时,产品ns级宽度的脉冲,当 V_{comp} 测量信号 $>V_{ref}$ 信号时,同相比较器补偿信号逻辑置1;

(2.2) 当 V_{comp} 测量信号 $\leq V_{ref}$ 信号时,再平衡补偿信号为逻辑0,信号输出 V_{ref} ;;

(2.3) CPU计算单元接受平衡补偿信号,通过DAV转换器对占空比检测电路进行平衡,当检测到平衡补偿信号由逻辑1变为逻辑0时, V_{comp} 与 V_{ref} 达到平衡,DAV转换器的数据为补偿测量值,用于刷新 V_{comp} 初始态。

5. 根据权利要求4所述的一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,其特征在于,所述步骤(2)中,DAV转换器的精度为8位BIT单元,因此DAC初始值为10000000;所述DAV转换器的数据的具体获得过程为,当温度上升时,电容增大,则充满电容的时间 t_{full} 减小;构造for循环,DAC初始码值N为10000000,逐次递减i--,直到检测到 $t_{full}/T - 0.5 \leq \Delta t_{full}/T$ 误差判别量,回读当前DAC码值,与初始值做差,得到偏移量,用于补偿当前温度下的电容;对于呈现为负温系数电容,只需在初始码值下逐次递增即可。

6. 根据权利要求5所述的一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,其特征在于,构建占空比检测电路、电容式传感器、温度传感器的计算模型,获得电容变化量与环境温度的线性关系的具体过程为:将温度传感器与电容式传感器、占空比检测电路放入温箱中,在产品工作全温度范围内插入M个温度检测点,在每个传感器读出的温度点下重复校准流程,通过最小二乘法拟合出关于DAC码值—环境温度的曲线。

7. 根据权利要求6所述的一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,其

特征在于,所述步骤(4)的具体过程为,飞机燃油测量系统通过安装的信号器和温度传感器,感受油箱油面高度和温度,将油面高度信号转换成电容信号,将温度转换为电压信号,在经过处理后得到油箱的浸油高度和温度信息,实现燃油油量测量,可以实时补偿当前温度传感器反馈的环境温度,消除油量测量中温度带来表显误差。

一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法

技术领域

[0001] 本发明涉及液位测量技术领域,具体是指一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法。

背景技术

[0002] 现代飞机大多采用CPU控制下的数字化电路实现燃油油量测量,飞机燃油测量系统中采用燃油测量传感器测量飞机油箱油位高度信息,并将高度信息通过通信接口发送至机电管理计算机,用于油量解算。但是,在各种型号飞机的燃油系统中油量测量精度受限于环境温度,油量会出现测量数据超差或测量油量不准的问题。为此,在实际工程应用中,需要对传感器的技术指标及性能进行温度补偿,降低传感器温度误差并对信号进行非线性修正。传感器的温度误差主要零点温度漂移和灵敏度温度漂移,目前常见的温度补偿方法主要分为硬件补偿方法和软件补偿方法,相较而言,硬件补偿方法存在精度低,通用性差,调试困难等特点,不利于批量化应用,而基于数字信号处理技术的软件补偿方法则完美克服以上特点,成为了当前传感器温度补偿技术的研究热点。

[0003] 在某种场合,传感器电容的变化量往往仅有几个或者几十个皮法大小,这就对传感器源电路提出了更高要求。现有传统电容变化大多采用硬件方法补偿,软件进行校准。传统软件补偿是基于数字信号处理技术的补偿方法。该方法补偿精度较高,补偿过程需要上位机支持,体积较大且不方便携带。相比于硬件补偿,软件补偿该方法可充分发挥计算机的运算,判断力和记忆的功能。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种具有集成度高,体积小,成本低,精度高,使用简单,便于批量化生产的基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法。

[0005] 本发明通过下述技术方案实现:一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,包括以下步骤:

(1)构建占空比检测电路,定义常温为工作参数,定义占空比检测电路中电容C的大小,并确定充满电容的时间 t_{full} ,由此得出所需充电恒流源大小,并设常温状态线下,采样周期T为 t_{full} 的2倍;

(2)使用CPU计算单元以采样周期确定采样频率,获得占空比检测电路输出的补偿信号,并控制DAV转换器对占空比检测电路进行平衡控制;

(3)构建占空比检测电路、电容式传感器、温度传感器的计算模型,获得电容变化量与环境温度的线性关系;

(4)CPU计算单元根据电容变化量与环境温度的线性关系,以当前温度值的变化量,即可得到电容变化量,然后以该电容变化量对测量电容进行补偿,已获得补偿的实际电容,将该实际电容电信号转化为当前油量测量。

[0006] 本技术方案的工作原理为,通过构造电路实现恒定充电电流 I_{ref} 和电容两极板间

电压V,可以得到关于电容C和充电时间t的线性关系。当电容值出现变化时,充电时间将随之线性变化,如果改变电容两极板间电压,则充电时间可以维持不变。利用上述原理,通过对给定时钟频率不同温度下油量抽象模型逐周期采样得到的占空比信息进行数字化校准,到其燃油量逼近值并进行非线性补偿。

[0007] 对于一个电容而言,存储的电荷量取决于其电容量与加在两极板间的电压,结合电荷的定义式,可重写为:

$$Q=C \times V_{\text{ref}}=I_{\text{ref}} \times t$$

通过构造电路实现恒定充电电流 I_{ref} 和电容两极板间电压V,可以得到关于电容C和充电时间t的。当电容值出现变化时,充电时间将随之线性变化,如果改变电容两极板间电压,则充电时间可以维持不变。利用上述原理,通过对给定时钟频率不同温度下油量抽象模型逐周期采样得到的占空比信息进行数字化校准,得到其燃油量逼近值并进行非线性补偿。

[0008] 飞机燃油测量系统通过安装的燃油测量传感器(集成有信号器和温度传感器)感受油箱油面高度和温度,将油面高度信号转换成电容信号,将温度转换为电压信号,在经过处理后得到油箱的浸油高度和温度信息,最后在CPU控制下数字化电路实现燃油油量测量,可以实时补偿当前温度传感器反馈的环境温度,消除油量测量中温度带来表显误差。

[0009] 通过给定时钟频率不同温度下油量抽象模型逐周期采样得到的占空比信息进行数字化校准,可以实时补偿当前温度传感器反馈的环境温度,消除油量测量中温度带来表显误差。采用该补偿方案后油箱测量精度理论上提高7%左右,可以较好实现温度补偿效果。该技术方案巧妙结合了软件灵活、可重构、可移植,硬件检测精度高等特点,还可以充分利用误差补偿理论的最新研究成果,通过设定数字量和初始值进行比较然后修正,提高了传感器的补偿效率和精度,具有较高的性价比和优秀的补偿效果。对智能传感器应用于测量领域有着重要的意义,对其他传感器受环境影响的补偿可以提供一种思路。

[0010] 为更好的实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(1)中构建的占空比检测电路中的脉冲为ns级宽度脉冲,其能够在采样周期内比较实际输出电压 V_{comp} 与额定输出电压 V_{ref} 的大小,占空比检测电路在常温状态工作时, $V_{\text{comp}}=V_{\text{ref}}$ 。

[0011] 为更好的实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(2)中,CPU计算单元控制的DAV转换器的精度为8位BIT单元。

[0012] 为更好的实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(2)中,CPU计算单元以采样频率获得占空比检测电路输出的补偿信号的具体过程为:

(2.1)当时钟上升沿来临时,产品ns级宽度的脉冲,当 V_{comp} 测量信号 $>V_{\text{ref}}$ 信号时,同相比较器补偿信号逻辑置1;

(2.2)当 V_{comp} 测量信号 $\leq V_{\text{ref}}$ 信号时,再平衡补偿信号为逻辑0,信号输出 V_{ref} ;;

(2.3)CPU计算单元接受平衡补偿信号,通过DAV转换器对占空比检测电路进行平衡,当检测到平衡补偿信号由逻辑1变为逻辑0时, V_{comp} 与 V_{ref} 达到平衡,DAV转换器的数据为补偿测量值,用于刷新 V_{comp} 初始态。

[0013] 为更好的实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(2)中,DAV转换器的精度为8位BIT单元,因此DAC初始值为10000000;所述DAV转换器的数据的具体获得过程为,当温度上升时,电容增大,则充满电容的时间 t_{full} 减小;构造for循环,DAC初始码值N为10000000,逐

次递减 $i--$,直到检测到 $t_{full}/T - 0.5 \leq \Delta t_{full}/T$ 误差判别量,回读当前DAC码值,与初始值做差,得到偏移量,用于补偿当前温度下的电容;对于呈现为负温系数电容,只需在初始码值下逐次递增即可。

[0014] 为更好的实现本发明的方法,进一步地,构建占空比检测电路、电容式传感器、温度传感器的计算模型,获得电容变化量与环境温度的线性关系的具体过程为:将温度传感器与电容式传感器、占空比检测电路放入温箱中,在产品工作全温度范围内插入M个温度检测点,在每个传感器读出的温度点下重复校准流程,通过最小二乘法拟合出关于DAC码值—环境温度的曲线。

[0015] 为更好的实现本发明的方法,进一步地,所述步骤(4)的具体过程为,飞机燃油测量系统通过安装的信号器和温度传感器,感受油箱油面高度和温度,将油面高度信号转换成电容信号,将温度转换为电压信号,在经过处理后得到油箱的浸油高度和温度信息,实现燃油油量测量,可以实时补偿当前温度传感器反馈的环境温度,消除油量测量中温度带来表显误差。

[0016] 本发明与现有技术相比,具有以下优点及有益效果:

(1)本发明通过给定时钟频率不同温度下油量抽象模型逐周期采样得到的占空比信息进行数字化校准,作为一种新型的软硬件结合的补偿方案,可以较好地解决传感器在环境影响下出现灵敏度漂移的问题;

(2)本发明能够根据当前环境温度对油量测量值进行实时补偿,具有补偿精度高,可重构,可移植性强等优点;

(3)本发明通过对给定时钟频率不同温度下油量抽象模型逐周期采样得到的占空比信息进行数字化校准,可以实时补偿当前温度传感器反馈的环境温度,消除油量测量中温度带来表显误差;

(4)本发明能利用该原理推广到其它基于电容式传感器测量的数字测量系统,还可应用于飞机燃油测量系统油量测量精度受限于不同环境影响的问题,适宜推广应用。

附图说明

[0017] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其他特征、目的和优点将会变得更为明显:

图1为本发明所述方法中占空比检测电路的原理示意图;

图2为本发明所述方法中单周期内占空比检测流程图;

图3为本发明所述方法中占空比校准时温度补偿核心算法流程图;

图4为本发明所述方法中温度油量测量误差示意图。

具体实施方式

[0018] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0019] 为使本发明的目的、工艺条件及优点作用更加清楚明白,结合以下实施实例,对本

发明作进一步详细说明,但本发明的实施方式不限于此,在不脱离本发明上述技术思想情况下,根据本领域普通技术知识和惯用手段,做出各种替换和变更,均应包括在本发明的范围内,此处所描述的具体实施实例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0020] 实施例1:

本实施例提供了一种基于占空比检测的飞机燃油测量系统温度补偿方法,步骤,具体包括以下步骤:

(1)构建占空比检测电路,定义常温为工作参数,定义占空比检测电路中电容C的大小,并确定充满电容的时间 t_{full} ,由此得出所需充电恒流源大小,并设常温状态线下,采样周期T为 t_{full} 的2倍;

(2)使用CPU计算单元以采样周期确定采样频率,获得占空比检测电路输出的补偿信号,并控制DAV转换器对占空比检测电路进行平衡控制;

(3)构建占空比检测电路、电容式传感器、温度传感器的计算模型,获得电容变化量与环境温度的线性关系;

(4)CPU计算单元根据电容变化量与环境温度的线性关系,以当前温度值的变化量,即可得到电容变化量,然后以该电容变化量对测量电容进行补偿,已获得补偿的实际电容,将该实际电容电信号转化为当前油量测量。

[0021] 其中,所述步骤(1)中构建的占空比检测电路中的脉冲为ns级宽度脉冲,其能够在采样周期内比较实际输出电压 V_{comp} 与额定输出电压 V_{ref} 的大小,占空比检测电路在常温状态工作时, $V_{comp}=V_{ref}$ 。

[0022] 所述步骤(2)中,CPU计算单元控制的DAV转换器的精度为8位BIT单元。

[0023] 所述步骤(2)中,CPU计算单元以采样频率获得占空比检测电路输出的补偿信号的具体过程为:

(2.1)当时钟上升沿来临时,产品ns级宽度的脉冲,当 V_{comp} 测量信号 $>V_{ref}$ 信号时,同相比较器补偿信号逻辑置1;

(2.2)当 V_{comp} 测量信号 $\leq V_{ref}$ 信号时,再平衡补偿信号为逻辑0,信号输出 V_{ref} ;;

(2.3)CPU计算单元接受平衡补偿信号,通过DAV转换器对占空比检测电路进行平衡,当检测到平衡补偿信号由逻辑1变为逻辑0时, V_{comp} 与 V_{ref} 达到平衡,DAV转换器的数据为补偿测量值,用于刷新 V_{comp} 初始态。

[0024] 所述步骤(2)中,DAV转换器的精度为8位BIT单元,因此DAC初始值为10000000;所述DAV转换器的数据的具体获得过程为,如图3所示,当温度上升时,电容增大,则充满电容的时间 t_{full} 减小;构造for循环,DAC初始码值N为10000000,逐次递减i--,直到检测到 $t_{full}/T - 0.5 \leq \Delta t_{full}/T$ 误差判别量,回读当前DAC码值,与初始值做差,得到偏移量,用于补偿当前温度下的电容;对于呈现为负温系数电容,只需在初始码值下逐次递增即可。

[0025] 构建占空比检测电路、电容式传感器、温度传感器的计算模型,获得电容变化量与环境温度的线性关系的具体过程为:将温度传感器与电容式传感器、占空比检测电路放入温箱中,在产品工作全温度范围内插入M个温度检测点,在每个传感器读出的温度点下重复校准流程,通过最小二乘法拟合出关于DAC码值—环境温度的曲线。

[0026] 所述步骤(4)的具体过程为,如图4所示,飞机燃油测量系统通过安装的信号器和温度传感器,感受油箱油面高度和温度,将油面高度信号转换成电容信号,将温度转换为电

压信号,在经过处理后得到油箱的浸油高度和温度信息,实现燃油油量测量,可以实时补偿当前温度传感器反馈的环境温度,消除油量测量中温度带来表显误差。

[0027] 其检测电路的原理图如1所示,其检测流程如图2所示,具体如下:

在一个时钟采样周期来临时,脉冲宽度为10ns的rst信号控制开关导通,电容对地放电,刷新电容两极板间电压Vcomp初始态为0。开关断开后,恒定电流对电容以 I_{ref}/C 的斜率进行充电。当Vcomp充电至DAC设置电压Vdac时,比较器输出Vpulse由低翻高,直到下一个时钟采样周期来临时Vcomp被rst信号复位为0后拉低。设置DAC初始值为10000000, $Du = t_{full}/T = 0.5$, 根据 $C \times V_{dac} = I_{ref} \times (T - t_{full})$ 可推算出所需充电恒流源大小为 $I_{ref} = C \times V_{dac} / (T - t_{full})$

常温时设置Vcomp=Vref=VDD/ 2^8 bit,产品工作时,确定采样频率,即CPU分频时钟频率,得到采样周期T;当时钟上升沿来临时,产品ns级宽度的脉冲,当Vcomp测量信号>Vref信号时,同相比较器补偿信号逻辑置1;当Vcomp测量信号≤Vref信号时,再平衡补偿信号为逻辑0,信号输出Vref。CPU单元接受平衡补偿信号,并控制8位BIT单元的DA转换器进行平衡控制(可根据精度需要提高BIT量级)。当检测到平衡补偿信号由逻辑1变为逻辑0时,Vcomp与Vref达到平衡,此时DA转换器的数据就代表了传感器补偿测量值,用于刷新Vcomp初始态;

当环境温度改变时触发时CPU分频时钟高瞬态响应同相比较运算反馈电路,通过对定时钟频率不同温度下油量抽象模型逐周期采样得到的占空比信息进行数字化校准。

[0028] 其中,高温条件下,电容解算为:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \text{ (DAC补偿电容)}$$

低温条件下,电容解算为:

$$C = C_1 + C_2 + C_4 \text{ (DAC补偿电容)}$$

尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

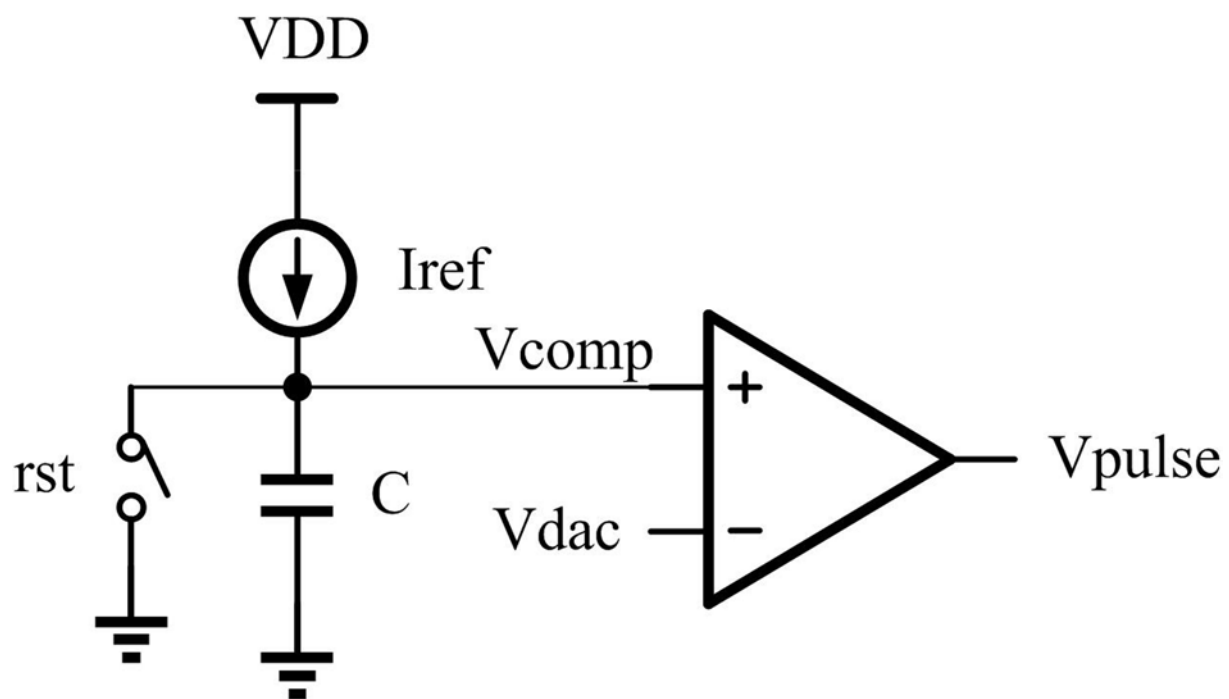


图1

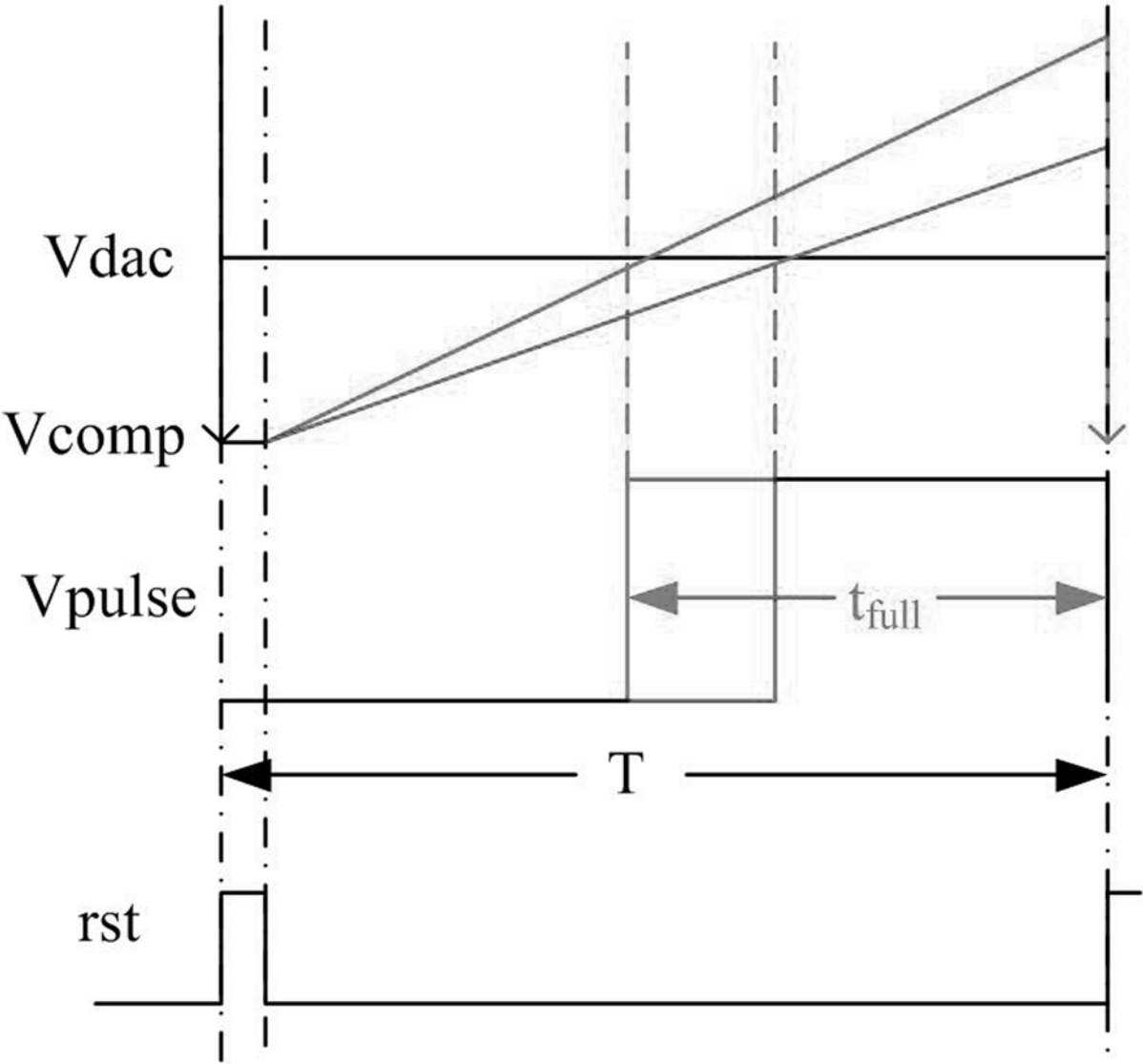


图2

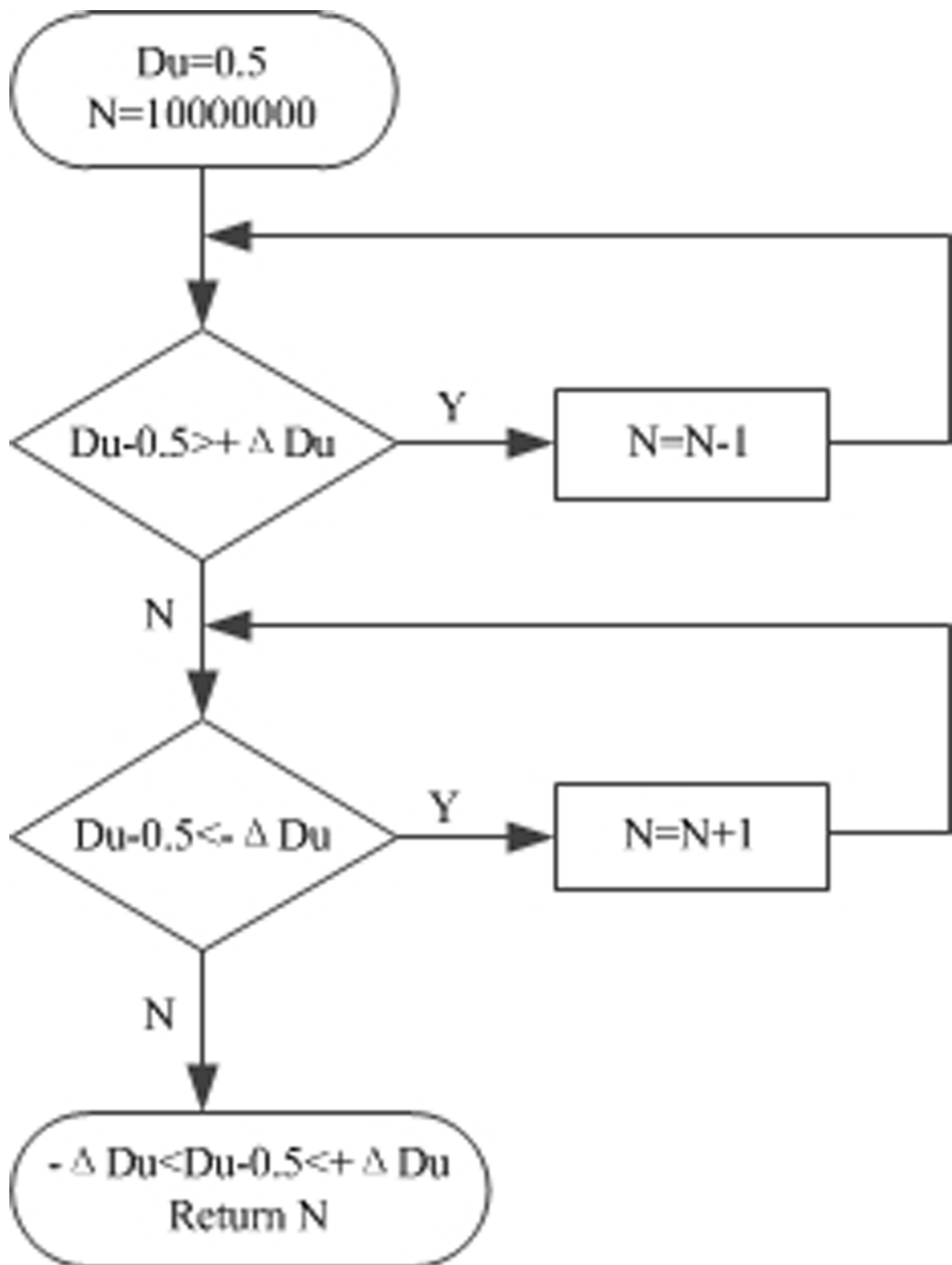


图3

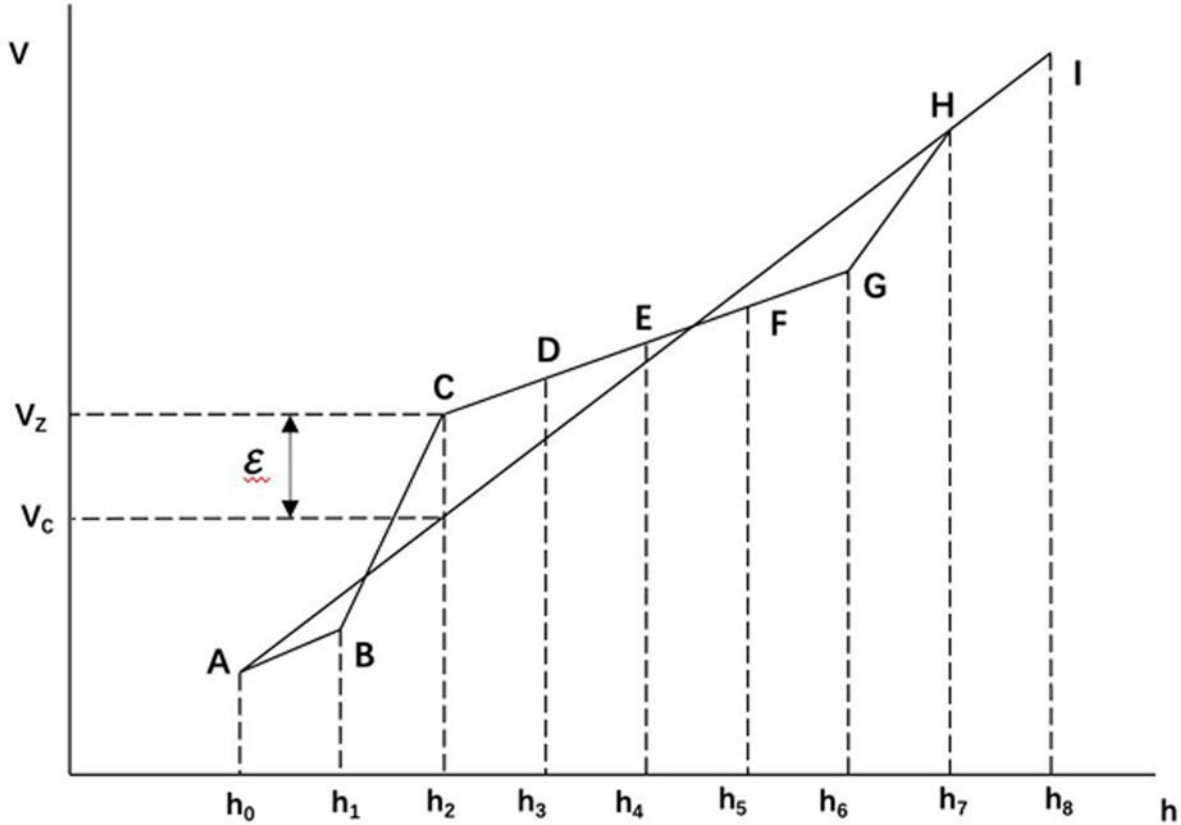


图4