



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103018285 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 03

(21) 申请号 201310005109. X

(22) 申请日 2013. 01. 06

(71) 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路  
38 号

(72) 发明人 黄志尧 常亚 林翀 王保良  
冀海峰 李海青

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公  
司 33200

代理人 张法高

(51) Int. Cl.

G01N 27/02 (2006. 01)

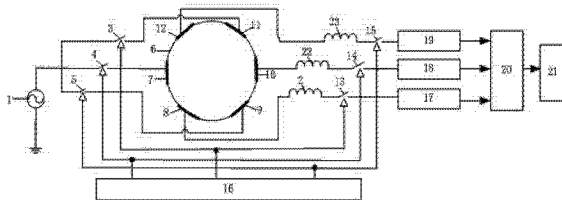
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种非接触式电导气液两相流相含率测量装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种非接触式电导气液两相流相含率测量装置及方法。包括交流激励源、绝缘管道、六个电极、电感模块、电子开关、电子开关控制逻辑电路、信号处理模块、数据采集模块以及微型计算机。本发明开发了一种六电极非接触式电导传感器,实现了将六电极非接触式电导传感器用于气液两相流体相含率的测量。本发明是一种适用于气液两相流体连续相为导电液体的新型非接触式电导测量技术,传感器电极不与流体直接接触,从而对气液两相流体的流型无影响,而且有效地避免了传统接触式电导测量方法存在的电极极化和电化学腐蚀等问题,并在一定程度上克服了流型变化对相含率测量的影响,为气液两相流体相含率测量提供一条有效的途径。



1. 一种非接触式电导气液两相流相含率测量装置,其特征在于包括交流激励源(1)、第一电感模块(2)、第一电子开关(3)、第二电子开关(4)、第三电子开关(5)、绝缘管道(6)、第一电极(7)、第二电极(8)、第三电极(9)、第四电极(10)、第五电极(11)、第六电极(12)、第四电子开关(13)、第五电子开关(14)、第六电子开关(15)、电子开关控制逻辑电路(16)、第一信号处理模块(17)、第二信号处理模块(18)、第三信号处理模块(19)、数据采集模块(20)、微型计算机(21)、第二电感模块(22)、第三电感模块(23);第一电极(7)、第二电极(8)、第三电极(9)、第四电极(10)、第五电极(11)、第六电极(12)均匀分布在绝缘管道(6)外壁周围,第一电极(7)与第二电子开关(4)的一端相连,第二电极(8)与第一电感模块(2)的一端相连,第三电极(9)与第三电子开关(5)的一端相连,第四电极(10)与第二电感模块(22)的一端相连,第五电极(11)与第一电子开关(3)的一端相连,第六电极(12)与第三电感模块(23)的一端相连,第一电子开关(3)的另一端、第二电子开关(4)的另一端、第三电子开关(5)的另一端分别与交流激励源(1)相连,第一电感模块(2)的另一端与第四电子开关(13)的一端相连,第二电感模块(22)的另一端与第五电子开关(14)一端相连,第三电感模块(23)的另一端与第六电子开关(15)一端相连,第四电子开关(13)的另一端与第一信号处理模块(17)的输入端相连,第五电子开关(14)的另一端与第二信号处理模块(18)的输入端相连,第六电子开关(15)的另一端与第三信号处理模块(19)的输入端相连,第一电子开关(3)的控制端、第四电子开关(13)的控制端与电子开关控制逻辑电路(16)的第一输出端相连,第二电子开关(4)的控制端、第五电子开关(14)的控制端与电子开关控制逻辑电路(16)的第二输出端相连,第三电子开关(5)的控制端、第六电子开关(15)的控制端与电子开关控制逻辑电路(16)的第三输出端相连,第一信号处理模块(17)的输出端与数据采集模块(20)的第一输入端相连,第二信号处理模块(18)的输出端与数据采集模块(20)的第二输入端相连,第三信号处理模块(19)的输出端与数据采集模块(20)的第三输入端相连,数据采集模块(20)的输出端与微型计算机(21)相连;第一电极(7)、第三电极(9)、第五电极(11)为激励电极,第二电极(8)、第四电极(10)、第六电极(12)为检测电极。

2. 一种使用如权利要求1所述装置的非接触式电导气液两相流相含率测量方法,其特征在于它的步骤如下:

1) 六电极非接触式电导传感器由均匀分布在绝缘管道(6)外管壁圆周上的六个电极组成,六个电子开关分为三对电子开关实现三种工作状态,三对电子开关分别为:第一电子开关(3)与第四电子开关(13)、第二电子开关(4)与第五电子开关(14)、第三电子开关(5)与第六电子开关(15),电子开关控制逻辑电路(16)由555定时器( $U_1$ )、移位寄存器( $U_2$ )、或非门( $U_3$ )组成,电子开关控制逻辑电路(16)产生的顺序脉冲时序用于控制三对电子开关依次切换工作状态,使得三对电子开关依次处于闭合状态,当第一电子开关(3)与第四电子开关(13)处于闭合状态时,第二电子开关(4)、第五电子开关(14)、第三电子开关(5)、第六电子开关(15)断开,当第二电子开关(4)、第五电子开关(14)处于闭合状态时,第一电子开关(3)、第四电子开关(13)、第三电子开关(5)、第六电子开关(15)断开,当第三电子开关(5)、第六电子开关(15)处于闭合状态时,第一电子开关(3)、第四电子开关(13)、第二电子开关(4)、第五电子开关(14)断开;

2) 设置交流激励源(1)的激励频率为 $f$ ,输出电压为 $U_{in}$ ,当第一电子开关(3)与第四电子开关(13)处于闭合状态时,第二电子开关(4)、第五电子开关(14)、第三电子开关(5)、

第六电子开关(15)断开,由交流激励源(1)、第一电子开关(3)、第五电极(11)、绝缘管道(6)、第二电极(8)、第一电感模块(2)、第四电子开关(13)形成第一条交流通路,第一条交流通路的等效电路阻抗为 $Z=R_{x1}+j(2\pi fL_1-\frac{c_1+c_2}{2\pi fc_1c_2})$ ,其中, $L_1$ 为第一电感模块(2)的电感,第一耦合电容 $C_1$ 为第五电极(11)、绝缘管道(6)与管道内流体形成的耦合电容,第二耦合电容 $C_2$ 为第二电极(8)、绝缘管道(6)与管道内流体形成的耦合电容,第一流体等效电阻 $R_{x1}$ 为第五电极(11)和第二电极(8)间的流体的等效电阻,当交流激励源(1)的激励频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_1+c_2}{L_1c_1c_2}}$$

时,第一条交流通路处于串联谐振状态,则第一条交流通路的等效电路阻抗虚部为零,第一条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性,当第二电子开关(4)、第五电子开关(14)处于闭合状态时,第一电子开关(3)、第四电子开关(13)、第三电子开关(5)、第六电子开关(15)断开,由交流激励源(1)、第二电子开关(4)、第一电极(7)、绝缘管道(6)、第四电极(10)、第二电感模块(22)、第五电子开关(14)形成第二条交流通路,第二条交流通路的等效电路阻抗为 $Z=R_{x2}+j(2\pi fL_2-\frac{c_3+c_4}{2\pi fc_3c_4})$ ,其中, $L_2$ 为第二电感模块(22)的电感,第三耦合电容 $C_3$ 为第一电极(7)、绝缘管道(6)与管道内流体形成的耦合电容,第四耦合电容 $C_4$ 为第四电极(10)、绝缘管道(6)与管道内流体形成的耦合电容,第二流体等效电阻 $R_{x2}$ 为第一电极(7)和第四电极(10)间的流体的等效电阻,当交流激励源(1)的激励频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_3+c_4}{L_2c_3c_4}}$$

时,第二条交流通路处于串联谐振状态,则第二条交流通路的等效电路阻抗虚部为零,第二条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性,当第三电子开关(5)、第六电子开关(15)处于闭合状态时,第一电子开关(3)、第四电子开关(13)、第二电子开关(4)、第五电子开关(14)断开,由交流激励源(1)、第三电子开关(5)、第三电极(9)、绝缘管道(6)、第六电极(12)、第三电感模块(23)、第六电子开关(15)形成第三条交流通路,第三条交流通路的等效电路阻抗为 $Z=R_{x3}+j(2\pi fL_3-\frac{c_5+c_6}{2\pi fc_5c_6})$ ,其中, $L_3$ 为第三电感模块(23)的电感,第五耦合电容 $C_5$ 为第三电极(9)、绝缘管道(6)与管道内流体形成的耦合电容,第六耦合电容 $C_6$ 为第六电极(12)、绝缘管道(6)与管道内流体形成的耦合电容,第三流体等效电阻 $R_{x3}$ 为第三电极(9)和第六电极(12)间的流体的等效电阻,当交流激励源(1)的激励频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_5+c_6}{L_3c_5c_6}}$$

时,第三条交流通路处于串联谐振状态,则第三条交流通路的等效电路阻抗虚部为零,第三条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性;

3) 在串联谐振状态下,第一条交流通路的等效电路、第二条交流通路的等效电路、第三条交流通路的等效电路成纯阻性,在电子开关控制逻辑电路(16)产生的顺序脉冲时序控制作用下,当第一电子开关(3)与第四电子开关(13)处于闭合状态,第二电极(8)通过第一电感模块(2)直接与第一信号处理模块(17)的输入端相连,第一信号处理模块(17)的输入端从第二电极(8)获得一组独立电导信号,当第二电子开关(4)与第五电子开关(14)处于闭合状态,第四电极(10)通过第二电感模块(22)直接与第二信号处理模块(18)的输入端相连,第二信号处理模块(18)的输入端从第四电极(10)获得一组独立电导信号,当第三电

子开关(5)与第六电子开关(15)处于闭合状态,第六电极(12)通过第三电感模块(23)直接与第三信号处理模块(19)的输入端相连,第三信号处理模块(19)的输入端从第六电极(12)上获得一组独立电导信号,三组独立电导信号分别经第一信号处理模块(17)、第二信号处理模块(18)、第三信号处理模块(19)的电流/电压转换、整流、滤波、直流放大处理后,由数据采集模块(20)采集到微型计算机(21)中;

4) 微型计算机(21)存储和处理三组独立电导信号,三组独立电导信号反映了绝缘管道(6)内不同方向上气液两相流体气相含率的信息,三组独立电导信号经平均处理,得到的平均电导变化量能更有效地反映气液两相流相含率变化的信息,采用最小二乘线性回归方法,建立了气液两相流相含率测量预测模型,根据预测模型得到气液两相流相含率测量值。

## 一种非接触式电导气液两相流相含率测量装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及气液两相流相含率测量技术,尤其涉及一种非接触式电导气液两相流相含率测量装置及方法。

### 背景技术

[0002] 气液两相流广泛存在于石油、化工、能源、动力等众多工业过程中。相含率是表征气液两相流特性的重要参数之一,它的在线测量对于两相流系统的状态监控、实时控制、安全运行、节能增效等均有重要的作用。目前虽有很多的相含率测量方法,但是由于气液两相流流动的复杂性,现有的检测方法还未能满足工业中的实际应用需求,相含率的在线测量方法仍需进一步的研究发展。

[0003] 在两相流参数测量领域,基于电导和电容检测的气液两相流相含率测量是两相流研究领域的主要方面。目前已有多种电导检测技术应用于两相流相含率的测量。然而,现有的电导检测技术主要为接触式电导测量方法,主要用于气液两相流体连续相导电的气液两相管流,传感器电极安装于被测管道内壁,电极表面与管道内被测流体直接接触,易发生电极极化、电化学腐蚀等问题,从而对测量造成了一定的影响,其实际的应用也受到了限制。基于电容检测的气液两相流相含率传感器电极安装于被测管道外壁周围,其电极可避免与被测流体接触。但是,基于电容的检测方法主要用于气液两相流体连续相为非导电液体的测量。

[0004] 电容耦合式非接触电导测量技术是一种新型的非接触式电导测量技术。其电极不与流体直接接触,有效地避免了传统接触式电导测量方法存在的电极极化和电化学腐蚀等问题,而且具有结构简单、鲁棒性好等优点。然而,目前该技术的研究与应用主要局限于分析化学等领域中毛细管或以下管径溶液电导、离子浓度等的测量,在气液两相流相含率测量方面的应用还处于起步阶段,文献报道还比较少。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是克服现有技术的不足,提供一种可行的、有效的非接触式电导气液两相流相含率测量装置及方法。

[0006] 非接触式电导气液两相流相含率测量装置包括交流激励源、第一电感模块、第一电子开关、第二电子开关、第三电子开关、绝缘管道、第一电极、第二电极、第三电极、第四电极、第五电极、第六电极、第四电子开关、第五电子开关、第六电子开关、电子开关控制逻辑电路、第一信号处理模块、第二信号处理模块、第三信号处理模块、数据采集模块、微型计算机、第二电感模块、第三电感模块;第一电极、第二电极、第三电极、第四电极、第五电极、第六电极均匀分布在绝缘管道外壁周围,第一电极与第二电子开关的一端相连,第二电极与第一电感模块的一端相连,第三电极与第三电子开关的一端相连,第四电极与第二电感模块的一端相连,第五电极与第一电子开关的一端相连,第六电极与第三电感模块的一端相连,第一电子开关的另一端、第二电子开关的另一端、第三电子开关的另一端分别与交流激

励源相连,第一电感模块的另一端与第四电子开关的一端相连,第二电感模块的另一端与第五电子开关一端相连,第三电感模块的另一端与第六电子开关一端相连,第四电子开关的另一端与第一信号处理模块的输入端相连,第五电子开关的另一端与第二信号处理模块的输入端相连,第六电子开关的另一端与第三信号处理模块的输入端相连,第一电子开关的控制端、第四电子开关的控制端与电子开关控制逻辑电路的第一输出端相连,第二电子开关的控制端、第五电子开关的控制端与电子开关控制逻辑电路的第二输出端相连,第三电子开关的控制端、第六电子开关的控制端与电子开关控制逻辑电路的第三输出端相连,第一信号处理模块的输出端与数据采集模块的第一输入端相连,第二信号处理模块的输出端与数据采集模块的第二输入端相连,第三信号处理模块的输出端与数据采集模块的第三输入端相连,数据采集模块的输出端与微型计算机相连;第一电极、第三电极、第五电极为激励电极,第二电极、第四电极、第六电极为检测电极。

[0007] 非接触式电导气液两相流相含率测量方法的步骤如下:

[0008] 1) 六电极非接触式电导传感器由均匀分布在绝缘管道外管壁圆周上的六个电极组成,六个电子开关分为三对电子开关实现三种工作状态,三对电子开关分别为:第一电子开关与第四电子开关、第二电子开关与第五电子开关、第三电子开关与第六电子开关,电子开关控制逻辑电路由 555 定时器、移位寄存器、或非门组成,电子开关控制逻辑电路产生的顺序脉冲时序用于控制三对电子开关依次切换工作状态,使得三对电子开关依次处于闭合状态,当第一电子开关与第四电子开关处于闭合状态时,第二电子开关、第五电子开关、第三电子开关、第六电子开关断开,当第二电子开关、第五电子开关处于闭合状态时,第一电子开关、第四电子开关、第三电子开关、第六电子开关断开,当第三电子开关、第六电子开关处于闭合状态时,第一电子开关、第四电子开关、第二电子开关、第五电子开关断开;

[0009] 2) 设置交流激励源的激励频率为  $f$ , 输出电压为  $U_{in}$ , 当第一电子开关与第四电子开关处于闭合状态时,第二电子开关、第五电子开关、第三电子开关、第六电子开关断开,由交流激励源、第一电子开关、第五电极、绝缘管道、第二电极、第一电感模块、第四电子开关形成第一条交流通路,第一条交流通路的等效电路阻抗为  $Z = R_{x1} + j(2\pi fL_1 - \frac{c_1 + c_2}{2\pi f c_1 c_2})$ , 其中,

$L_1$  为第一电感模块的电感,第一耦合电容  $C_1$  为第五电极、绝缘管道与管道内流体形成的耦合电容,第二耦合电容  $C_2$  为第二电极、绝缘管道与管道内流体形成的耦合电容,第一流体等效电阻  $R_{x1}$  为第五电极和第二电极间的流体的等效电阻,当交流激励源的激励频率为

$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{L_1 c_1 c_2}}$  时,第一条交流通路处于串联谐振状态,则第一条交流通路的等效电路阻

抗虚部为零,第一条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性,当第二电子开关、第五电子开关处于闭合状态时,第一电子开关、第四电子开关、第三电子开关、第六电子开关断开,由交流激励源、第二电子开关、第一电极、绝缘管道、第四电极、第二电感模块、第五电子开关形成第二条交流通路,第二条交流通路的等效电路阻抗为  $Z = R_{x2} + j(2\pi fL_2 - \frac{c_3 + c_4}{2\pi f c_3 c_4})$ , 其中,

$L_2$  为第二电感模块的电感,第三耦合电容  $C_3$  为第一电极、绝缘管道与管道内流体形成的耦合电容,第四耦合电容  $C_4$  为第四电极、绝缘管道与管道内流体形成的耦合电容,第二流体等效电阻  $R_{x2}$  为第一电极和第四电极间的流体的等效电阻,当交流激励源的激励频率为

$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_3 + c_4}{L_2 c_3 c_4}}$  时, 第二条交流通路处于串联谐振状态, 则第二条交流通路的等效电路阻抗虚部为零, 第二条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性, 当第三电子开关、第六电子开关处于闭合状态时, 第一电子开关、第四电子开关、第二电子开关、第五电子开关断开, 由交流激励源、第三电子开关、第三电极、绝缘管道、第六电极、第三电感模块、第六电子开关形成第三条交流通路, 第三条交流通路的等效电路阻抗为  $Z = R_{x3} + j(2\pi f L_3 - \frac{c_5 + c_6}{2\pi f c_5 c_6})$ , 其中,

$L_3$  为第三电感模块的电感, 第五耦合电容  $C_5$  为第三电极、绝缘管道与管道内流体形成的耦合电容, 第六耦合电容  $C_6$  为第六电极、绝缘管道与管道内流体形成的耦合电容, 第三流体等效电阻  $R_{x3}$  为第三电极和第六电极间的流体的等效电阻, 当交流激励源的激励频率为

$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_5 + c_6}{L_3 c_5 c_6}}$  时, 第三条交流通路处于串联谐振状态, 则第三条交流通路的等效电路阻抗虚部为零, 第三条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性;

抗虚部为零, 第三条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性;

[0010] 3) 在串联谐振状态下, 第一条交流通路的等效电路、第二条交流通路的等效电路、第三条交流通路的等效电路成纯阻性, 在电子开关控制逻辑电路产生的顺序脉冲时序控制作用下, 当第一电子开关与第四电子开关处于闭合状态, 第二电极通过第一电感模块直接与第一信号处理模块的输入端相连, 第一信号处理模块的输入端从第二电极获得一组独立电导信号, 当第二电子开关与第五电子开关处于闭合状态, 第四电极通过第二电感模块直接与第二信号处理模块的输入端相连, 第二信号处理模块的输入端从第四电极获得一组独立电导信号, 当第三电子开关与第六电子开关处于闭合状态, 第六电极通过第三电感模块直接与第三信号处理模块的输入端相连, 第三信号处理模块的输入端从第六电极上获得一组独立电导信号, 三组独立电导信号分别经第一信号处理模块、第二信号处理模块、第三信号处理模块的电流 / 电压转换、整流、滤波、直流放大处理后, 由数据采集模块采集到微型计算机中;

[0011] 4) 微型计算机存储和处理三组独立电导信号, 三组独立电导信号反映了绝缘管道内不同方向上气液两相流体气相含率的信息, 三组独立电导信号经平均处理, 得到的平均电导变化量能更有效地反映气液两相流相含率变化的信息, 采用最小二乘线性回归方法, 建立了气液两相流相含率测量预测模型, 根据预测模型得到气液两相流相含率测量值。

[0012] 本发明与现有技术相比具有有益效果:

[0013] 1) 六电极非接触式电导传感器可以得到反映气液两相流相含率信息的三组独立电导信号, 三对电极间的电导变化量能更有效的反映气液两相流相含率变化信息, 借助于电子开关技术, 在任何检测的瞬间只有一对电极上存在电场, 可以避免相邻电极间的电场相互干扰;

[0014] 2) 电子开关控制逻辑电路由 555 定时器、移位寄存器与或非门组成, 可精确产生三对电子开关依次闭合所需的顺序脉冲控制时序, 此电路不需要控制器或者附加译码电路, 结构简单;

[0015] 3) 测量方式为非接触式, 电极不与管道中流体接触, 因此电极不受流体冲击、腐蚀、极化作用, 而且压力损失小, 也不会影响被测两相流体的流动特性、流场, 适用于气液两相流相含率的测量;

[0016] 4) 串联谐振方法的应用,消除了耦合电容对测量范围和分辨率造成的不利影响;

### 附图说明

[0017] 图 1 是非接触式电导气液两相流相含率测量装置的结构示意图;

[0018] 图 2 是本发明的六电极非接触式电导传感器等效电路图;

[0019] 图 3 是本发明的六电极非接触式电导传感器在串联谐振状态时等效电路图和  
工作原理示意图;

[0020] 图中:交流激励源 1、第一电感模块 2、第一电子开关 3、第二电子开关 4、第三电子开关 5、绝缘管道 6、第一电极 7、第二电极 8、第三电极 9、第四电极 10、第五电极 11、第六电极 12、第四电子开关 13、第五电子开关 14、第六电子开关 15、电子开关控制逻辑电路 16、第一信号处理模块 17、第二信号处理模块 18、第三信号处理模块 19、数据采集模块 20、微型计算机 21、第二电感模块 22、第三电感模块 23。

### 具体实施方式

[0021] 如图 1 所示,非接触式电导气液两相流相含率测量装置包括交流激励源 1、第一电感模块 2、第一电子开关 3、第二电子开关 4、第三电子开关 5、绝缘管道 6、第一电极 7、第二电极 8、第三电极 9、第四电极 10、第五电极 11、第六电极 12、第四电子开关 13、第五电子开关 14、第六电子开关 15、电子开关控制逻辑电路 16、第一信号处理模块 17、第二信号处理模块 18、第三信号处理模块 19、数据采集模块 20、微型计算机 21、第二电感模块 22、第三电感模块 23;第一电极 7、第二电极 8、第三电极 9、第四电极 10、第五电极 11、第六电极 12 均匀分布在绝缘管道 6 外壁周围,第一电极 7 与第二电子开关 4 的一端相连,第二电极 8 与第一电感模块 2 的一端相连,第三电极 9 与第三电子开关 5 的一端相连,第四电极 10 与第二电感模块 22 的一端相连,第五电极 11 与第一电子开关 3 的一端相连,第六电极 12 与第三电感模块 23 的一端相连,第一电子开关 3 的另一端、第二电子开关 4 的另一端、第三电子开关 5 的另一端分别与交流激励源 1 相连,第一电感模块 2 的另一端与第四电子开关 13 的一端相连,第二电感模块 22 的另一端与第五电子开关 14 一端相连,第三电感模块 23 的另一端与第六电子开关 15 一端相连,第四电子开关 13 的另一端与第一信号处理模块 17 的输入端相连,第五电子开关 14 的另一端与第二信号处理模块 18 的输入端相连,第六电子开关 15 的另一端与第三信号处理模块 19 的输入端相连,第一电子开关 3 的控制端、第四电子开关 13 的控制端与电子开关控制逻辑电路 16 的第一输出端相连,第二电子开关 4 的控制端、第五电子开关 14 的控制端与电子开关控制逻辑电路 16 的第二输出端相连,第三电子开关 5 的控制端、第六电子开关 15 的控制端与电子开关控制逻辑电路 16 的第三输出端相连,第一信号处理模块 17 的输出端与数据采集模块 20 的第一输入端相连,第二信号处理模块 18 的输出端与数据采集模块 20 的第二输入端相连,第三信号处理模块 19 的输出端与数据采集模块 20 的第三输入端相连,数据采集模块 20 的输出端与微型计算机 21 相连;第一电极 7、第三电极 9、第五电极 11 为激励电极,第二电极 8、第四电极 10、第六电极 12 为检测电极。

[0022] 非接触式电导气液两相流相含率测量方法的步骤如下:

[0023] 1) 六电极非接触式电导传感器由均匀分布在绝缘管道 6 外管壁圆周上的六个电极组成,六个电子开关分为三对电子开关实现三种工作状态,三对电子开关分别为:第一电



子开关 3 与第四电子开关 13、第二电子开关 4 与第五电子开关 14、第三电子开关 5 与第六电子开关 15, 电子开关控制逻辑电路 16 由 555 定时器  $U_1$  (NE555)、移位寄存器  $U_2$  (CD4015)、或非门  $U_3$  (74HC02) 组成, 电子开关控制逻辑电路 16 产生的顺序脉冲时序用于控制三对电子开关依次切换工作状态, 使得三对电子开关依次处于闭合状态, 当第一电子开关 3 与第四电子开关 13 处于闭合状态时, 第二电子开关 4、第五电子开关 14、第三电子开关 5、第六电子开关 15 断开, 当第二电子开关 4、第五电子开关 14 处于闭合状态时, 第一电子开关 3、第四电子开关 13、第三电子开关 5、第六电子开关 15 断开, 当第三电子开关 5、第六电子开关 15 处于闭合状态时, 第一电子开关 3、第四电子开关 13、第二电子开关 4、第五电子开关 14 断开;

[0024] 2) 设置交流激励源 1 的激励频率为  $f$ , 输出电压为  $U_{in}$ , 当第一电子开关 3 与第四电子开关 13 处于闭合状态时, 第二电子开关 4、第五电子开关 14、第三电子开关 5、第六电子开关 15 断开, 由交流激励源 1、第一电子开关 3、第五电极 11、绝缘管道 6、第二电极 8、第一电感模块 2、第四电子开关 13 形成第一条交流通路, 第一条交流通路的等效电路阻抗为  $Z=R_{x1}+j(2\pi fL_1-\frac{c_1+c_2}{2\pi fc_1c_2})$ , 其中,  $L_1$  为第一电感模块 2 的电感, 第一耦合电容  $C_1$  为第五电极 11、绝缘管道 6 与管道内流体形成的耦合电容, 第二耦合电容  $C_2$  为第二电极 8、绝缘管道 6 与管道内流体形成的耦合电容, 第一流体等效电阻  $R_{x1}$  为第五电极 11 和第二电极 8 间的流体的等效电阻, 当交流激励源 1 的激励频率为  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_1+c_2}{L_1c_1c_2}}$  时, 第一条交流通路处于串联谐振状态, 则第一条交流通路的等效电路阻抗虚部为零, 第一条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性, 当第二电子开关 4、第五电子开关 14 处于闭合状态时, 第一电子开关 3、第四电子开关 13、第三电子开关 5、第六电子开关 15 断开, 由交流激励源 1、第二电子开关 4、第一电极 7、绝缘管道 6、第四电极 10、第二电感模块 22、第五电子开关 14 形成第二条交流通路, 第二条交流通路的等效电路阻抗为  $Z=R_{x2}+j(2\pi fL_2-\frac{c_3+c_4}{2\pi fc_3c_4})$ , 其中,  $L_2$  为第二电感模块 22 的电感, 第三耦合电容  $C_3$  为第一电极 7、绝缘管道 6 与管道内流体形成的耦合电容, 第四耦合电容  $C_4$  为第四电极 10、绝缘管道 6 与管道内流体形成的耦合电容, 第二流体等效电阻  $R_{x2}$  为第一电极 7 和第四电极 10 间的流体的等效电阻, 当交流激励源 1 的激励频率为  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_3+c_4}{L_2c_3c_4}}$  时, 第二条交流通路处于串联谐振状态, 则第二条交流通路的等效电路阻抗虚部为零, 第二条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性, 当第三电子开关 5、第六电子开关 15 处于闭合状态时, 第一电子开关 3、第四电子开关 13、第二电子开关 4、第五电子开关 14 断开, 由交流激励源 1、第三电子开关 5、第三电极 9、绝缘管道 6、第六电极 12、第三电感模块 23、第六电子开关 15 形成第三条交流通路, 第三条交流通路的等效电路阻抗为  $Z=R_{x3}+j(2\pi fL_3-\frac{c_5+c_6}{2\pi fc_5c_6})$ , 其中,  $L_3$  为第三电感模块 23 的电感, 第五耦合电容  $C_5$  为第三电极 9、绝缘管道 6 与管道内流体形成的耦合电容, 第六耦合电容  $C_6$  为第六电极 12、绝缘管道 6 与管道内流体形成的耦合电容, 第三流体等效电阻  $R_{x3}$  为第三电极 9 和第六电极 12 间的流

体的等效电阻,当交流激励源 1 的激励频率为  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_5 + c_6}{L_3 c_5 c_6}}$  时,第三条交流通路处于串联谐振状态,则第三条交流通路的等效电路阻抗虚部为零,第三条交流通路的等效电路总阻抗为纯阻性;

[0025] 3) 在串联谐振状态下,第一条交流通路的等效电路、第二条交流通路的等效电路、第三条交流通路的等效电路成纯阻性,在电子开关控制逻辑电路 16 产生的顺序脉冲时序控制作用下,当第一电子开关 3 与第四电子开关 13 处于闭合状态,第二电极 8 通过第一电感模块 2 直接与第一信号处理模块 17 的输入端相连,第一信号处理模块 17 的输入端从第二电极 8 获得一组独立电导信号,当第二电子开关 4 与第五电子开关 14 处于闭合状态,第四电极 10 通过第二电感模块 22 直接与第二信号处理模块 18 的输入端相连,第二信号处理模块 18 的输入端从第四电极 10 获得一组独立电导信号,当第三电子开关 5 与第六电子开关 15 处于闭合状态,第六电极 12 通过第三电感模块 23 直接与第三信号处理模块 19 的输入端相连,第三信号处理模块 19 的输入端从第六电极 12 上获得一组独立电导信号,三组独立电导信号分别经第一信号处理模块 17、第二信号处理模块 18、第三信号处理模块 19 的电流 / 电压转换、整流、滤波、直流放大处理后,由数据采集模块 20 采集到微型计算机 21 中;

[0026] 4) 微型计算机 21 存储和处理三组独立电导信号,三组独立电导信号反映了绝缘管道 6 内不同方向上气液两相流体气相含率的信息,三组独立电导信号经平均处理,得到的平均电导变化量能更有效地反映气液两相流相含率变化的信息,采用最小二乘线性回归方法,建立了气液两相流相含率测量预测模型,根据预测模型得到气液两相流相含率测量值。

[0027] 已利用气液两相流中常见的层状流在水平玻璃管道上对本发明中所提及的装置与方法进行了初步试验,验证了本发明的可行性,其中水平玻璃管道内径为 12.2mm,实验介质为空气和自来水。试验结果表明:利用本发明中所提及的装置与方法,可以实现气液两相流相含率的测量,并可取得较好的测量结果。

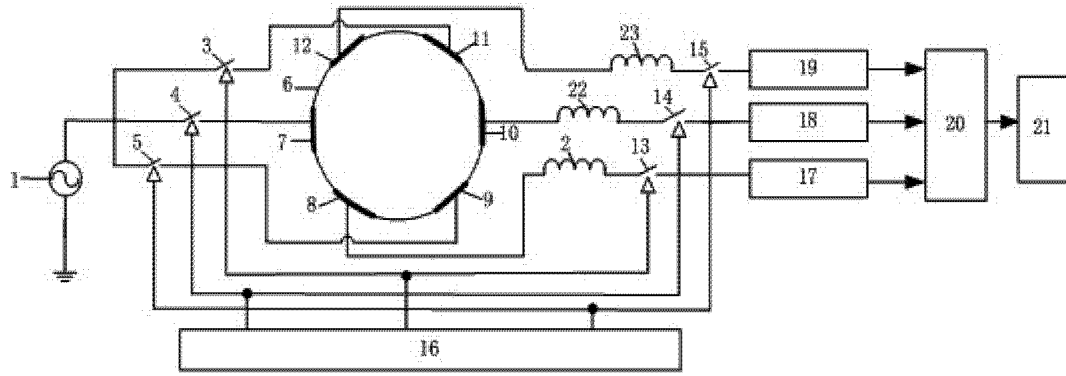


图 1

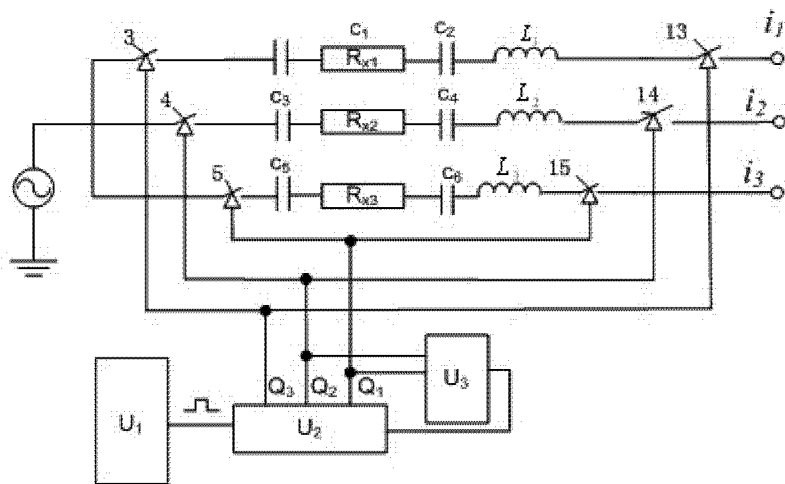


图 2

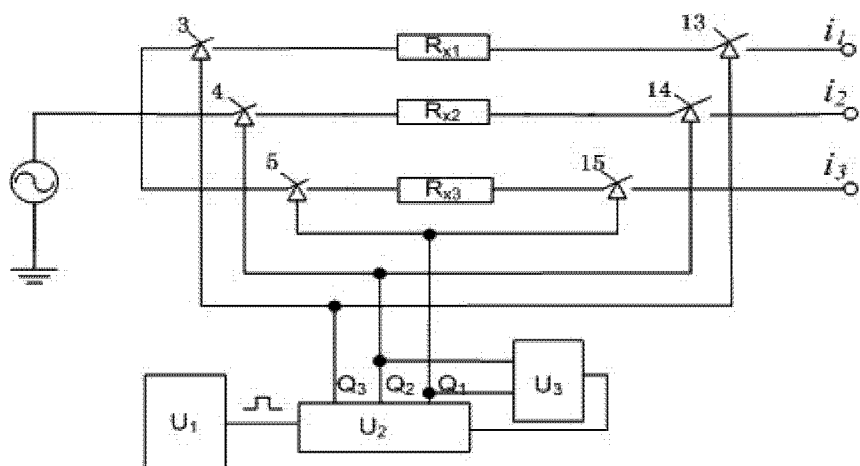


图 3