

同轴相位法找水仪混频器的耐温电路设计研究

刘翠玲¹ 姜旭¹ 王进旗² 秦彬彬¹

(1. 北京工商大学计算机与信息工程学院 北京 100048; 2. 东北石油大学地球科学学院 大庆 163318)

摘要: 井下环境复杂多变, 高温高压环境对于各种仪器的性能指标有着非常重要的影响。同轴相位法找水仪高温电路的研究对于提高仪器耐温性能指标的有着十分重要的意义, 根据同轴相位法找水仪的测量原理和井下环境的温度要求和测量电路的总体方案, 分析了该仪器的混频器电路, 设计并优化了适合同轴相位法找水仪的混频器电路, 并且通过温度实验, 得到了测量数据, 达到了 140℃ 的耐温条件, 降低了功耗, 消除了温度变化对混频器测量相位产生的影响。

关键词: 同轴相位法; 找水仪; 混频器; 耐温; 含水率

中图分类号: TN709 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1010

Frequency mixer heat-resistant circuit of the coaxial phase method for water detection instrument design and research

Liu Cuiling¹ Jiang Xu¹ Wang Jinqi² Qin Binbin¹

(1. School of computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;

2. School of Earth Sciences, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

Abstract: As the downhole has complex and changeable environment, high temperature and high pressure environment has a very important influence on various kinds of instrument performance. The research of the coaxial phase method for water detection instrument high temperature circuit to improve the instrument performance has very important significance. According to the measuring principle, requirement of the environment and the whole project, designed and optimized the frequency mix circuit. Through the temperature experiment has reached the requirement of heat-resistant at 140℃ and reduced the power consumption, eliminated the influence of temperature variation on the mixer measuring phase.

Keywords: coaxial phase method; water detection instrument; frequency mixer; heat-resistant; moisture content

1 引言

测量原油中的含水率属于生产测井的重要项目, 现有的通过测量油水混合介质的介电常数的含水率计主要有电容测量仪和短波型持水率计。前者适用于低含水率油井测量, 后者适用于高含水率油井测量, 单纯用于低含水率和高含水率测量已经不能满足油井的动态测量要求, 同轴相位法找水仪可以满足含水率 0~100% 的测量要求, 不仅有较高的分辨能力而且也有较好的一致性和稳定性。同轴相位法找水仪利用同轴线作为测量传感器装置, 油水混合介质在传感器的内外导体流过, 作为传播电磁波能量的载体, 通过测量电磁波的相位特性可以得到油水混合介质的介电特性, 不同含水率的油水混合介质的谐振频率与含水率由对应的关系^[1], 再通过介电模型转换可以得到含水率测量数据。

混频器是含水率计的重要组成部分, 针对测量要求设计和优化的混频器电路可以满足井下高温环境的要求, 采用适当的电路实现方法, 通过温度实验得到不同温度下的数据, 验证设计的电路是否满足耐温要求, 提高了混频器电路和整个电路的温度性能。

2 同轴相位法找水仪的测量原理

同轴相位法找水仪的核心部分是含水率计, 它是由同轴线传感器、发射与接收电路部分、本机振荡电路、混频电路、鉴相电路以及压频转换电路等组成的。发射电路产生 2 路高频电磁波信号: 一路为 75 MHz 高频信号送至同轴线传感器, 电磁波在传输过程中相位发生了移动, 幅值发生了衰减, 通过接收电路并经过放大后送入混频器电路; 另一路 75 MHz 的高频信号则直接送入

混频器。本机振荡器产生两路 75.02 MHz 的高频信号分别送入混频器,对于高频信号的鉴相是很困难的,因此混频器的作用就是将 75 MHz 和 75.02 MHz 的高频信号进行混频,之后产生 2 路 20 kHz 的中频信号,鉴相器对 2 路中频信号进行鉴相,输出脉宽与相位成正比的脉冲信号,积分器将脉宽信号转换为直流电压,再通过压频转换器转换为可以反应相位变化的数字信号。提高了信号的抗干扰能力,最后送入计算机进行处理^[2-3]。如图 1 所示即为同轴相位法含水率计的原理。

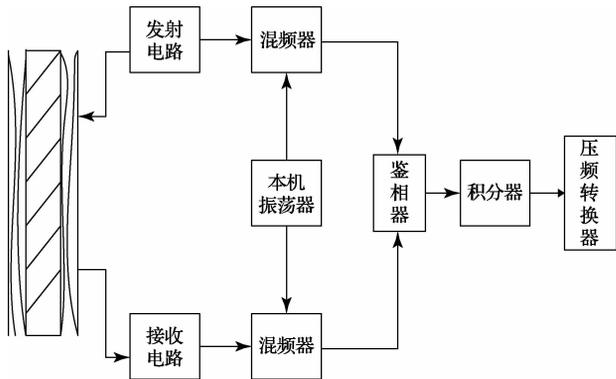


图 1 同轴线相位法含水率计原理

同轴相位法找水仪数学模型如图 2 所示^[4]。

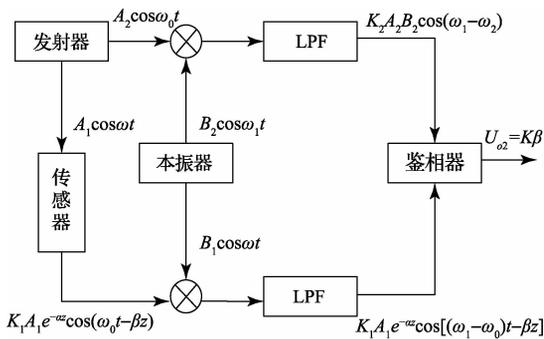


图 2 同轴相位法找水仪数学模型

3 混频器原理

3.1 混频器的变频作用

在高频电子线路中,实现对高频电子信号的鉴相是很困难的事情,通常来说需要用混频器把高频信号转换为中频信号,并且保持被测信号的幅值和相位不变,之后对中频信号进行鉴相。采用晶体管混频器把 75 MHz 的高频信号转换成 20 kHz 的中频信号,然后再对中频信号进行鉴相处理,这样才能保证鉴相的精度。但是,混频器受温度的影响较大,因此,在同轴线相位法含水率计的电路设计中应引起足够的重视^[5]。

将频谱进行线性搬移是混频器的重要作用,它由一个

三端口网络构成,主要有 2 个输入信号;一个输入信号是高频调制波信号 $u_c(f_L)$;另一个则是本地振荡信号 $u_l(f_l)$,输出为中频信号 $u_i(f_i)$ 。其中心频率为: $f_i = f_L \pm f_c$ 。设输入已调波信号: $u_c = [U_c \cos \omega t] \cos \omega_c t$, 本振信号为 $u_l = U_L \cos \omega_l t$, 那么 2 个信号的乘积项 $u_i = U_c U_L \cos \omega t [\cos \omega_c t \cos \omega_l t] = \frac{1}{2} U_c U_L \cos \omega t [\cos(\omega_L + \omega_c)t + \cos(\omega_L - \omega_c)t]$,最后取差频可以得到差频信号。

3.2 混频器的主要性能指标

混频器电路的性能指标主要要从以下几个方面考虑:变频增益、噪声系数、失真与干扰、选择性等方面。变频增益主要可以分为变频电压增益: $A_u = \frac{\text{输出中频电压振幅}}{\text{输入高频电压振幅}} = \frac{U_i}{U_s}$,变频功率增益 $G_p = \frac{P_i}{P_c}$ 。噪声系数是指输入信号噪声功率比输出端中频信号噪声功率比的比值。混频器的失真主要就是频率失真,在混频器中,由于各种外界因素总会多少混入一些与中频信号频率比较接近的干扰信号,为了抑制不需要的干扰,要求中频输出回路具有良好的选择性。

4 混频器电路的设计

基于对混频器低功耗的考虑,设计如图 3 所示混频器电路图^[6-8]。V 端与 S 端是输入端。设计的混频器采用晶体管共发射极混频器,测量信号电压由基极输入而本振信号电压由发射极注入,可以抑制本振信号与输入信号产生的相互干扰。

如图 R_1, R_3, R_6 构成支流偏置电路, R_4 是集电极负载电阻, C_3, C_4, L_1 构成一个去耦电路,用来消除电路之间的相互影响。设计要求输出的频率为 $20 \text{ kHz} \pm 3 \text{ kHz}$,故可以通过改变 C_3, C_4, L_1 的大小来实现要求,其中 A 端和 B 端与放大输出板连接。

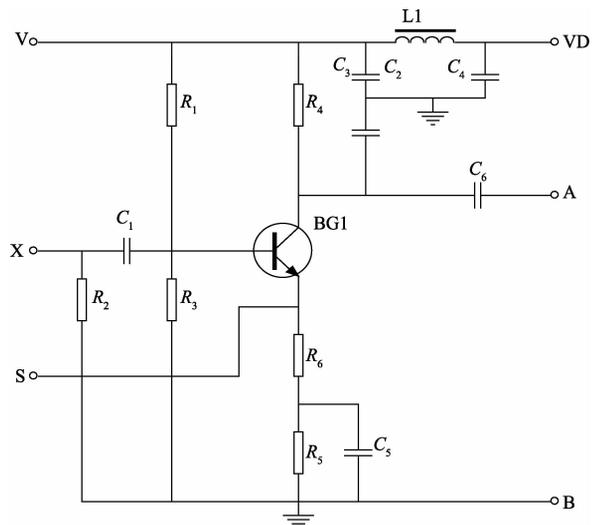


图 3 混频器电路

5 混频器的温度实验

电路板的实现通常有3种方法:PCB方法、集成电路方法和混合电路方法。考虑低功耗和成本费用的要求,以及整个含水率计电路采用分布式模块化硬件设计^[9-10],混频器电路采用PCB方法不仅成本较低设计简单而且可以达到所需的温度要求。

在同轴相位法找水仪电路中,受到温度等因素影响最大的就是混频器电路,找水仪的重要作用是测量含水率,因此混频器的温度特性对测量含水率的性能有着直接的影响。电路设计采用PCB方法,对混频器进行温度实验,从表1测量数据中可以观察到随着温度的升高,混频器的脉宽基本呈现线性变化^[11-12],即温度每提高 1°C ,混频器输出的脉宽增加 $0.0171\ \mu\text{s}$ 。混频器电路温度实验如表1所示。

表1 混频器电路温度实验

| | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 温度/ $^{\circ}\text{C}$ | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 脉宽/ μs | 24.63 | 24.79 | 24.94 | 25.11 |
| 温度/ μs | 80 | 100 | 120 | 140 |
| 脉宽/ μs | 25.43 | 25.67 | 25.98 | 26.28 |

利用共模抗干扰的功能,几乎可以消除温度的变化对于混频器测量相位的影响作用。

6 结 论

综上所述,采用PCB电路设计目的是降低功耗,目前国内的大部分测井仪器电路可以达到 125°C ,通过温度实验,同轴线相位法找水仪混频器电路耐温可以达到 140°C ,使得随温度的变化脉宽呈线性变化。通过温度实验达到了要求,对整个同轴相位法找水仪电路的设计研究有着重要意义。

参考文献

- [1] 陈彬,刘阁.基于HHT包络谱的油中水分含量检测研究[J].仪器仪表学报,2014,35(2):337-342.
- [2] 刘翠玲,李亮亮,王进旗.同轴相位法井下原油含水率温度特性的实验研究[J].仪表技术与传感器,2012(3):

82-84.

- [3] 冯永伟,李洪军,王进旗,等.同轴线相位法找水仪在脱气油井中的应用[J].黑龙江科技信息,2010(4):56.
- [4] 宋京.溢气型同轴线相位法找水仪含水率特性的研究[D].大庆:大庆石油学院,2010.
- [5] 刘再斌,吴锡令.阵列电磁传感器测量气水层状流持水率实验研究[J].测井技术,2011,35(4):303-307.
- [6] 孙方霞.采用半本振信号的CMOS混频器电路设计[J].煤炭技术,2009,28(12):138-140.
- [7] 李雷,刘兴斌,胡金海,等.阻抗含水率计激励源电路动态特性研究[J].石油仪器,2010,24(3):17-19.
- [8] BROWN L, IDE M, WOLFE P. Measuring Oil in Water: A Sanity Check [C]. Offshore Technology Conference. Offshore Technology Conference, 2009.
- [9] 任平江.井下仪器高温电路设计方法探析[J].科技传播,2010(8):88-90.
- [10] 陈宝伟,周天,鲁东,等.形位测量仪分布式模块化硬件设计与实现[J].电子测量与仪器学报,2013,27(1):83-88.
- [11] 孙英侠,李压利,宁宇鹏.频谱分析原理及频谱分析仪使用技巧[J].国外电子测量技术,2014,33(7):76-80.
- [12] 明建成,祁舒喆.实时频谱分析仪中重叠帧频谱分析技术研究[J].电子测量技术,2013,36(12):32-34.

作者简介

刘翠玲(通讯作者),工学博士,教授,研究生导师,主要研究方向为智能检测与过程控制等教学、科研工作。

E-mail:sim688@163.com

姜旭,硕士研究生。主要研究方向为检测技术与自动化装置。

E-mail:jiangxubtu@163.com

王进旗,博士后,教授,研究生导师。主要研究方向为多相流检测技术及仪器研制。

E-mail:wjq163000@163.com

秦彬彬,硕士研究生。主要研究方向为检测技术与自动化装置。

E-mail:ljez37.5qinbin@163.com