

文章编号: 2095-2163(2019)01-0165-04

中图分类号: TN86

文献标志码: A

# 一种新型油田远距低功耗死点开关的设计

曹庆年, 杨宏兴, 孟开元, 王 瑶

(西安石油大学 计算机学院, 西安 710065)

**摘要:**为解决当前油田三线制电压式抽油机死点开关存在的供电电压高、信号传输距离短、非接触距离近、功耗大、抗干扰能力差、成本高等问题,设计了一种新型两线制远距低功耗抽油机死点开关。该死点开关主要由 MSP430F1611IPM 芯片、电源模块、探头模块、无线通讯模块和复位模块 5 部分组成。通过采用电流传输抽油机冲次和位置信号,增强了信号传输的抗干扰能力,增加了信号传输距离;通过采用低功耗的大动态范围 TMR 线性传感器、微瓦级别的功放和两线制的接线,极大地降低了功耗和成本。

**关键词:** 死点开关; 远距; 低功耗; 电流传输

## A new long distance and low power consumption design of dead-spot switch for oilfields

CAO Qingnian, YANG Hongxing, MENG Kaiyuan, WANG Yao

(School of Computer Science, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

**【Abstract】** The three-wire dead-spot switch transmitting signal by voltage and working for oil pumping unit in oilfields has many deficiencies, such as high - supply - voltage, short signal transmission distance, short non - contact distance, large power consumption, poor capability of anti-jamming and high cost. In order to solve these problems, a new long distance and low power consumption of dead-spot switch is designed. The new dead-spot switch consists of the MSP430F1611IPM chip, power module, switch-probe module, wireless communication module and reset module. The new dead-spot switch enhances the anti-jamming capability of signal transmission and increases signal transmission distance by using current to transmit the frequency signal and position signal of oil pumping unit. The new dead-spot switch greatly reduces power consumption and cost by using TMR linear sensor, microwatt-level power amplifier and two-wire connection.

**【Key words】** dead-spot switch; long distance; low power consumption; current transmission

## 0 引言

抽油机控制系统和各类仪表为油田的生产带来了极大的便利,为油田实现远程监测和控制提供了基础<sup>[1]</sup>。死点开关又称为接近开关或限位开关<sup>[2]</sup>,是监测抽油机死点位置的重要设备。死点开关主要分为接触式和非接触式 2 种类型<sup>[3]</sup>,非接触式中又分为电感式、电容式、霍尔式、交直流型、光电性等。目前,非接触式死点开关多采用三线电压信号传输死点位置信号,这种传输方式主要存在以下问题:供电电源需要的电压等级高,通常需要 5 V 以上电源供电;探头非接触距离近,只有 2-3 cm;信号传输的抗干扰能力差,电压信号容易受到空间辐射和传导辐射的干扰,造成信号失真;信号传输距离短,通常小于 3 m;传输电压信号需要 3 根传输线,成本相对较高等。

本文设计的新型油田远距低功耗死点开关采用电流传输位置信号,增强了信号的抗干扰能力,增加了信号传输距离。此外,死点探头通过采用大动态范围 TMR 线性传感器<sup>[4]</sup>、微瓦级别的功放和两线制的接线,降低了死点开关的功耗和成本。

## 1 新型死点开关的作用和组成

### 1.1 新型死点开关的作用

死点开关主要用于监测抽油机的冲次和死点位置<sup>[5]</sup>,通过 ZigBee 无线网络传输采集到的抽油机数据。新型死点开关的油田监测系统如图 1 所示。油田监测系统通过新型死点开关,可快速判断抽油机的运行状态,实现对抽油机的智能监控,降低成本,提高效益。

### 1.2 新型死点开关的结构与模块组成

本死点开关模块主要由 MSP430F1611IPM 芯

**作者简介:** 曹庆年(1963-),男,教授,主要研究方向:计算机网络与通信;杨宏兴(1993-),男,硕士研究生,主要研究方向:通信与信息系统;孟开元(1968-),男,副教授,主要研究方向:计算机网络与通信;王 瑶(1994-),女,硕士研究生,主要研究方向:计算机应用技术。

收稿日期: 2018-10-31

哈尔滨工业大学主办 ◆ 系统开发与应用

片、电源模块、探头模块、无线通讯模块、复位模块 5 部分组成。其中 MSP430F1611IPM 芯片是该新型死点开关的核心,其集成了电源模块、探头模块、无线通讯模块、复位模块。新型死点开关的组成如图 2 所示。



图 1 应用新型死点开关的油田监测系统

Fig. 1 Oilfield monitoring system that using a new dead-point switch

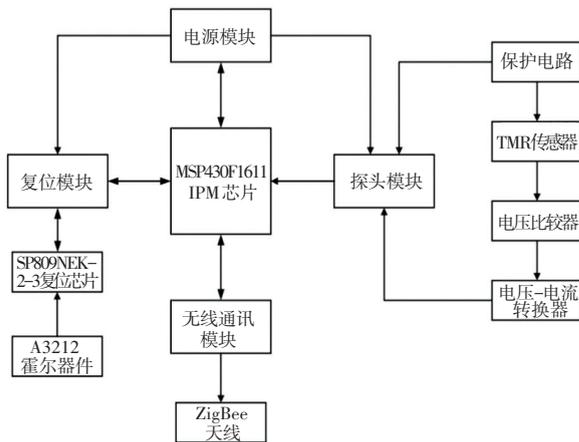


图 2 新型死点开关的模块组成

Fig. 2 Module composition of the new dead-spot switch

### 1.2.1 电源模块

本设计选用TPS62056DGS芯片作为电源模

块的转换器,该芯片是由 TI 公司研发的低功耗、高性能的电源转换器<sup>[6]</sup>,可实现将 2.7~10 V 的动态电压转化为 0.6~7 V 的稳定电压。

### 1.2.2 探头模块

探头模块主要是根据两线制电流传输的原则设计的,主要用来采集抽油机冲次和位置信号并转化为电流信号输出。探头模块的组成如图 3 所示,主要由直流电源、保护电路、大动态范围 TMR 线性传感器、电压比较器和电压-电流转换器 5 部分组成。采用低功耗的大动态范围 TMR 线性传感器采集抽油机冲次和位置信号,通过窗口比较器将差分电压信号转换为高低电平信号,最后再使用电压-电流转换器将高低电平信号转换为电流信号输出。

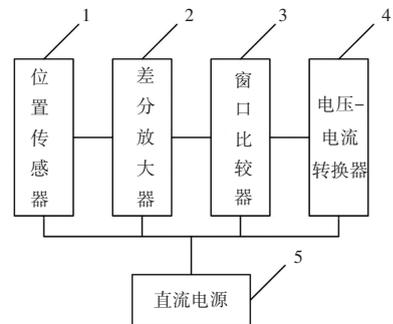


图 3 探头模块组成

Fig. 3 Probe module composition

TMR 线性传感器是一种电流传感器。通过对比可知 TMR 线性传感器比霍尔器件、AMR 和 GMR 元件具有功耗低、体积小、灵敏度高、精度高、线性范围宽、抗干扰能力强、分辨率高和温度稳定性好等优点。各传感器元件参数对比见表 1。

表 1 TMR 与 Hall、AMR、GMR 参数对比

Tab. 1 Comparison of TMR and Hall, AMR, GMR parameters

技术	功耗/mA	尺寸/mm	灵敏度/(mV/V/Oe)	工作范围/Oe	分辨率/mOe	温度特性/℃
TMR	0.001-0.01	0.5 * 0.5	20	0.001-200	0.015	<200
AMR	1-10	1 * 1	1	0.001-10	0.1	<150
GMR	1-10	2 * 2	3	0.1-30	2	<150
Hall	5-20	1 * 1	0.05	1-1 000	500	<150

探头模块的原理如图 4 所示。直流电源与外部电源模块相连,主要为电路提供动力;保护电路由二极管  $D_1$  和电容  $C_{in1}$  并联组成,用于解决电源反接和交直流误接的情况;大动态范围 TMR 线性传感器用于输出抽油机的冲刺和死点位置信号;电压比较器由放大器  $U_{3A}$  和  $U_{3C}$ 、电阻  $R_1$  和  $R_2$ 、二极管  $D_2$  和  $D_3$  组成,实现实际电压与参考电压的比较,输出预期的高低电平;电压-电流转换器是由电阻  $R_8$  和三极管组成的恒流源电路,用于将得到的高低电平转化为

电流信号。

### 1.2.3 无线通讯模块

本设计采用 XBEE-20 无线通讯模块将采集到的抽油机冲次和位置信号通过 ZigBee 网络传递给 RTU 或仪表网关。XBEE-20 模块是 Digi 公司采用 ZigBee 技术的无线模块<sup>[7]</sup>,通过串口实现与单片机等设备间的通信,能够快速地将设备接入到 ZigBee 网络。

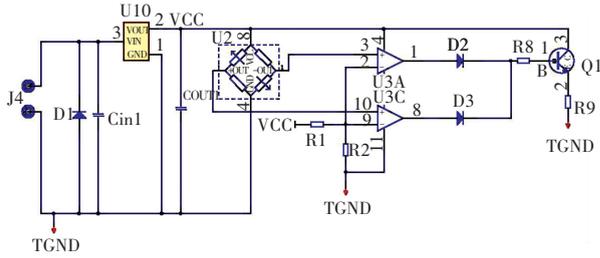


图 4 探头模块原理图

Fig. 4 Schematic diagram of the probe module

1.2.4 复位模块

复位电路主要由复位芯片 SP809NEK-2-3/TR 和霍尔器件 A3212 组成,当死点开关需要复位或重置时,只需用磁铁在复位模块处刷一下即可,比传统的按键重置更加简单实用。

2 新型死点开关的功耗与距离

2.1 新型死点开关的功耗

低功耗主要体现在探头模块上,探头模块具有待机和在工作 2 种模式。

(1) 待机模式。当探头远离磁铁时,TMR 线性传感器处于输出关闭状态,正向输出和负向输出均为 0,此时电路的功耗如式(1)所示:

$$P_{st} = P_{U_{10}} + P_{U_2} = I^2 R_{U_{10}} + I^2 R_{U_2} \quad (1)$$

(2) 工作模式。当探头靠近磁铁时,TMR 线性传感器处于输出通路状态,此时电路的功耗如式(2)所示:

$$P_{w0} = P_{U_{10}} + P_{U_2} + P_{U_{3A}} + P_{U_{3C}} + P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_8} + P_{Q_1} + P_{R_9} \quad (2)$$

2.2 新型死点开关的非接触距离

非接触距离可以通过电阻  $R_1$  和  $R_2$  的大小进行调节,电阻  $R_1$ 、 $R_2$  用于产生参考电压,可通过改变电阻大小调整参考电压的门限值,进而调节死点开关的非接触距离。调节最大非接触距离如式(3)所示:

$$\left. \begin{aligned} V_R &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} \\ V_{U_2(-OUT)} < V_R < V_{U_2(+OUT)} \\ D_{Max} &= \frac{V_R}{V_{U_2(+OUT)}} \times 9 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

其中,  $V_R$  是产生的参考电压,  $D_{Max}$  是不同参考电压下的最大非接触距离。

3 测试结果

在胜利油田对该新型死点开关的非接触距离、信号传输距离和功耗进行了现场测试。

3.1 非接触距离测试

测量了不同等级电源电压下的最大非接触距离、电流和功耗,其结果见表 2。

表 2 电压与最大非接触距离之间的关系

Tab. 2 Relationship between voltage and maximum non-contact distance

电压等级/V	最大非接触距离/cm	待机电流/mA	工作电流/mA	待机功耗/mW	工作功耗/mW
2.0	8-9	0.06	0.31	0.120	0.620
2.5	8-9	0.08	0.41	0.200	1.025
2.7	8-9	0.09	0.46	0.243	1.242
3.0	8-9	0.10	0.54	0.300	1.620
3.6	8-9	0.08	0.57	0.288	2.052

根据以上测试结果,可得出如下结论:

(1) 本设计的最大非接触距离约是常规三线制电压式死点开关的 3-4 倍,增加了非接触距离;

(2) 本设计可适应不同等级的电源电压,且在不同等级的电源电压下,均能达到最大的非接触距

离;

(3) 本设计的功耗为毫瓦级别,功耗较低。

3.2 死点探头的传输距离测试

选择在直流 3.6 V 电源下测量不同电流信号传输距离的非接触距离、电流和功耗,其结果见表 3。

表 3 3.6 V 电压下信号传输距离对其它因素的影响

Tab. 3 Effect of signal transmission distance on other factors at 3.6 V

电源电压/V	信号传输距离/m	最大非接触距离/cm	待机电流/mA	工作电流/mA	待机功耗/mW	工作功耗/mW
3.6	1	8-9	0.09	0.58	0.324	2.088
	2	8-9	0.08	0.58	0.288	2.088
	4	8-9	0.09	0.58	0.324	2.088
	6	8-9	0.09	0.57	0.324	2.052
	10	8-9	0.08	0.57	0.288	2.052

根据以上测试结果,可得出如下结论:

(1)增加死点开关的传输距离对开关的最大非接触距离影响不大;

(2)增加死点开关的传输距离对产品的功耗影响不大,功耗变化可忽略不计。

## 4 结束语

本文设计了以 MSP430F1611IPM 芯片为核心的两线制电流式抽油机死点开关,旨在解决油田三线制电压式抽油机死点开关存在的不足。该新型死点开关通过采用电流传输抽油机冲次和位置信号,增强了信号传输的抗干扰能力,增加了信号传输距离;通过采用低功耗的大动态范围 TMR 线性传感器、微瓦级别的功放和两线制的接线,极大地降低了功耗和成本。此外,可引入低功耗广域网(LPWAN)中的 LoRa 和 NB-IOT 技术进一步优化本设计,更好

地为油田服务。

## 参考文献

- [1] 王雅荟,杨雷鹏,范蟠果. 基于 ZigBee 技术的油田远程监控系统的设计[J]. 计算机测量与控制, 2013, 21(2): 374-376.
- [2] 周国华, 许建平. 开关变换器调制与控制技术综述[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(6): 815-831.
- [3] 郭小燕, 朱波涛, 胡旭喆. 死点位置在开关类设备中的应用[J]. 河北工业科技, 2015, 32(1): 50-54.
- [4] 王孟贤, 郗玉珠, 陈峙, 等. 用于测量油气井及其抽油机工况参数的装置: 中国, CN205477585U[P]. 2016-08-17.
- [5] 武伟伟, 黄毅, 王斌斌. 抽油机节能装置研究及应用[J]. 石油石化节能, 2015(4): 38-39, 42.
- [6] HUGHES A R. Loop-powered field instrument; US, WO/2006/127421[P]. 2006-11-30.
- [7] ARIYATHANGAM T. Advanced rescue system for industrial monitoring using ZIGBEE GSM and FPGA [J]. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 2014, 3(4): 1-4.
- [8] REN Shaoqing, HE Kaiming, GIRSHICK R, et al. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 2017, 39(6): 1137-1149.
- [9] UIJLINGS J R R, SANDE K E A, GEVERS T, et al. Selective search for object recognition[J]. International Journal of Computer Vision, 2013, 104(2): 154-171.
- [10] LIU W, ANGUELOV D, ERHAN D, et al. SSD: Single shot multiBox detector[J]. arXiv preprint arXiv:1512.02325, 2015.
- [11] HEATH M, BOWYER K, KOPANS D, et al. Current status of the digital database for screening Mammography [M]// KARSSEMEIJER N. Digital Mammography. Netherlands: Springer, 2001: 457-460.
- [12] RIBLI D, HORVÁTH A, UNGER Z, et al. Detecting and classifying lesions in mammograms with Deep Learning [J]. Scientific Reports, 2018, 8(1): 4165.
- [13] DHUNGEL N, CARNEIRO G, BRADLEY A P. Automated mass detection in mammograms using cascaded deep learning and Random Forests[C]// 2015 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA). Adelaide, SA, Australia: IEEE, 2015: 1-8.
- [14] ELTONSY N H, TOURASSI G D, ELMAGHRABY A S. A concentric morphology model for the detection of masses in mammography [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2007, 26(6): 880-889.
- [15] SAMPAT M P, BOVIK A C, WHITMAN G J, et al. A model-based framework for the detection of spiculated masses on mammography[J]. Medical Physics, 2008, 35(5): 2110-2123.

(上接第 164 页)

同层次不同尺度的特征层上对肿块目标进行检测。不同层次不同尺度的特征层中的每个神经元在原图像中所对应的感知区域大小不同,因此每个特征层对某一尺度级别的目标的检测性能相对于其它尺度级别更好。对不同层次不同尺度特征层的预测结果进行结合,可使得模型对尺度不一的目标都有较好的检测结果。本文在 DDSM 数据库上展开实验验证,结果表明基于多尺度特征的乳腺肿块病变检测方法的性能要优于目前在 DDSM 数据库上性能较佳的一些肿块检测方法,证实了本文方法的有效性。

## 参考文献

- [1] WHO. Cancer fact sheets [EB/OL]. [2018-02-07]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/index.html>.
- [2] DROMAIN C, BOYER B, FERRÉ R, et al. Computed-aided diagnosis (CAD) in the detection of breast cancer[J]. European Journal of Radiology, 2013, 82(3): 417-423.
- [3] ELMORE J G, JACKSON S L, ABRAHAM L, et al. Variability in interpretive performance at screening mammography and radiologists' characteristics associated with accuracy[J]. Breast Diseases A Year Book Quarterly, 2010, 21(4): 330-332.
- [4] GIRSHICK R. Fast R-CNN [J]. arXiv preprint arXiv:1504.08083, 2015.