

ENSURING GAS SAFETY VIA MICROPROCESSOR BASED GAS DETECTING DEVICE

ASHOT KHACHATRYAN

Head of Physics Department in SEUA
Doctor of Physics and Mathematics, Professor
ashot.khachatryan@gmail.com

ARAM SAHAKYAN

Software engineer "Smartrans" LLC
YSU Master's student
arammm1995@gmail.com

Abstract

This article is devoted to the design and production of micro-processor based gas analyzing and detecting device of the new generation. Two methods were chosen for the gas detection process, one of which is the catalytic combustion method based on heat generated by combustible gas burning on an oxidation catalyst, and the second one is electrochemical principle-based measurements which use an electrochemical sensor to detect gas concentration by measuring current based on the electrochemical principle, which utilizes the electrochemical oxidation process of target gas on the working electrode inside the electrolytic cell, the current produced in the electrochemical reaction of the target gas is in direct proportion with its concentration while following Faraday law, then concentration of the gas could be get by measuring value of current.

The combination of these sensors provides low consumption, high precision, high sensitivity, wide linear range, good anti-interference ability, excellent repeatability and stability of the detector results.

Adding a microprocessor to the sensors which work by the above-mentioned methods, we assembled gas detecting and analyzing device "ELAR", which is a microprocessor-based and software-controlled device (hereinafter referred to as the "signalling device"), used in rooms to detect leaks of natural gas (CH_4) and increased concentration of incompletely burnt carbon monoxide (Co). When triggered, the alarm emits a loud sound and light signal and also sends a command to close the solenoid valve, cut off the supply of combustible gas, to prevent an explosion from gas leakage, fire or human casualties.

As a result, it is expected to have gas analyzing and detecting device of a new generation which won't react to other gases apart from CH_4 and Co, will have a self-calibration function with special software, 0 adjustments, auto-calibration when in use, alarming when detectors are out of order, as well as will register data by time and incidents in non-volatile memory. They will have the ability to read incidents using a computer program.

Keywords and phrases

Catalytic combustion method, compensation element, lower-explosion-limit (LEL), electrochemical oxidation process, electrolytic cell, electrochemical reaction.

**ԳԱԶԻ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ԱՊԱՀՈՎՈՒՄ ՄԻԿՐՈՊՐՈՑԵՍՈՐԱՅԻՆ ՀԻՄՔՈՎ
ԳԱԶԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՈՂ ՍԱՐՔԻ ՄԻՋՈՑՈՎ**

ԱՇՈՏ ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՀԱՊՀ ֆիզիկայի ամբիոնի վարիչ

ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր

ashot.khachatrian@gmail.com

ԱՐԱՄ ՍԱՀԱԿՅԱՆ

Ինժեներ ծրագրավորող

«Սմարթթրանս» ՍՊԸ

ԵՊՀ մագիստրանտ

arammm1995@gmail.com

Համառոտագիր

Սույն հոդվածը նվիրված է նոր սերնդի միկրոպրոցեսորային հիմքով գազի վերլուծության և հայտնաբերման սարքի նախագծմանը և արտադրությանը: Գազի հայտնաբերման գործընթացի համար ընտրվել է երկու մեթոդ, որոնցից մեկը կատալիտիկ այրման եղանակն է, որը հիմնված է օքսիդացման կատալիզատորի վրա այրվող գազի այրման արդյունքում առաջացած ջերմության վրա, երկրորդը էլեկտրաքիմիական սկզբունքի վրա հիմնված չափումներն են, որտեղ կիրառվում է էլեկտրաքիմիական զգայուն տարր, որը թիրախային գազի էլեկտրաքիմիական օքսիդացման պրոցեսն օգտագործում է էլեկտրոլիտիկ բջջի ներսում գործող էլեկտրոդի վրա, և թիրախային գազի էլեկտրաքիմիական ռեակցիայի մեջ արտադրվում է հոսանք, որը, Ֆարադեյի օրենքի համաձայն, ուղիղ համեմատական է իր կոնցենտրացիային, ուստի գազի կոնցենտրացիան կարող է ստացվել հոսանքի արժեքը չափելու միջոցով:

Այս զգայուն տարրերի համադրությունը ապահովում է ցածր սպառում, բարձր ճշգրտություն, բարձր զգայունություն, լայն գծային տիրույթ, ինչպես նաև դետեկտորի արդյունքների գերազանց կրկնություն և կայունություն:

Վերոհիշյալ մեթոդներով աշխատող զգայուն տարրերին ավելացնելով միկրոպրոցեսոր՝ մենք հավաքեցինք սենյակներում օգտագործվող «ELAR» գազ հայտնաբերող և վերլուծող սարքը, որը միկրոպրոցեսորի վրա հիմնված և ծրագրակազմով կառավարվող սարք է (այսուհետ՝ ազդանշանային սարք) նախատեսված բնական գազի արտահոսք (CH_4) և թերի այրված ածխածնի օքսիդի (Co) ավելացված կոնցենտրացիա հայտնաբերելու և վերլուծելու համար: Գործարկվելիս սարքը արձակում է ուժեղ ձայնային և լուսային ազդանշան, ինչպես նաև հրաման է ուղարկում փակել էլեկտրական փականը, դադարեցնել բնական գազի

մատակարարումը, որպեսզի կանխվեն գազի պայթյունը, արտահոսքը և մարդկային զոհերը:

Արդյունքում ակնկալվում է ունենալ նոր սերնդի գազի վերլուծող և հայտնաբերող սարք, որը չի ազդի այլ գազերի վրա, բացի CH₄-ից և Co-ից, կունենա ինքնակարգաբերման գործառույթ՝ հատուկ ծրագրակազմով, 0-ի կարգաբերում, ավտոմատ տրամաչափարկում շահագործման ժամանակ, ձայնային ազդանշանում զգայուն տարրերի շարքից դուրս գալու դեպքում, ինչպես նաև կգրանցի տվյալները ըստ ժամանակի և միջադեպերի էներգաանկախ հիշողության մեջ և կունենա համակարգչային ծրագրի միջոցով միջադեպեր կարդալու հնարավորություն:

Բանալի բառեր և բառակապակցություններ

Կատալիտիկ այրման մեթոդ, փոխհատուցման տարր, պայթյունի ստորին սահման (LEL), էլեկտրաքիմական օքսիդացման պրոցես, էլեկտրոլիտային բջիջ, էլեկտրաքիմիական ռեակցիա:

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГАЗОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПОМОЩЬЮ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ГАЗ АНАЛИЗАТОРА

АШОТ ХАЧАТРЯН

заведующий кафедрой физики НПУА
доктор физико-математических наук, профессор
ashot.khachatrian@gmail.com

АРАМ СААКЯН

инженер-программист ООО «Смарттранс»
магистр ЕГУ
arammm1995@gmail.com

Аннотация

Статья посвящена разработке и производству газоанализатора нового поколения на базе микропроцессора. Для процесса обнаружения газа были выбраны два метода, один из которых - метод каталитического сжигания, основанный на тепле, выделяемом при сжигании горючего газа на катализаторе окисления, а второй - измерения на основе электрохимического принципа, основанные на электрохимическом принципе, который использует процесс электрохимического окисления целевого газа на рабочем электроде внутри электролитической ячейки, и ток, возникающий при электрохимической реакции целевого газа, который прямо пропорционален его концентрации, следуя закону Фарадея, а концентрацию газа можно получить путем измерения силы тока.

Комбинация этих датчиков обеспечивает низкое потребление, высокую точность, высокую чувствительность, широкий линейный диапазон, хорошую защиту от помех, отличную повторяемость и стабильность результатов детектора.

Добавив микропроцессор к датчикам, которые работают по вышеупомянутым методам, мы собрали устройство для обнаружения и анализа газа «ЭЛАР», которое представляет собой микропроцессорное устройство с программным управлением (далее именуемое «сигнальное устройство»), используемое в помещениях для обнаружения утечек природного газа (CH_4) и повышенной концентрации не полностью сгоревшего окиси углерода (CO). При срабатывании сигнализации детектор издает громкий звуковой и световой сигнал, а также посылает команду на закрытие электромагнитного клапана, прекращается подача горючего газа, чтобы предотвратить взрыв от утечки газа, пожара или человеческих жертв.

В результате ожидаем получить ализатор и детектор газа нового поколения, который не будет реагировать на другие газы, кроме CH_4 и CO , и будет иметь функцию самокалибровки со специальным программным обеспечением, регулировку 0, автокалибровку при использовании, сигнализацию, когда детекторы вышли из строя, а также будет регистрировать данные по времени и инцидентам в энергонезависимую память и будет иметь возможность считывать инциденты с помощью компьютерной программы.

Ключевые слова и фразы

Метод каталитического сжигания, компенсационный элемент, нижний предел взрываемости (LEL), процесс электрохимического окисления, электролитическая ячейка, электрохимическая реакция.

Introduction

Many accidents connected with natural gas leakage and explosions have taken place in our country in recent years. Many households prefer to unplug the gas detector device in use, as it reacts to different sources and switches off the valve from the gas meter. Apart from it, there is no possibility to calibrate and adjust the thresholds of gas detecting device, which causes difficulties in gas safety control and lowers the quality of gas distribution end-result. For good control and monitoring of gas safety in households, it became necessary to produce gas detectors and analyzers with above-mentioned functions and online transfer and registration of accidents (gas leakage), which will allow reacting pre-actively to the accidents.

Theoretical and methodological bases

We have used two different methods in one device to achieve the target function. One of the methods is the catalytic combustion method based on heat generated by combustible gas burning on an oxidation catalyst. Sensors that work based on the method mentioned above consists of a detector element and a compensation element. The detector element consists of a coil of a precious metal wire and an oxidant catalyst active against combustible gas, sintered on the coil and alumina support. The element burns in reaction to any detectable gas. The compensation element consists of a coil of a precious metal wire and a glass inactive against combustible gas, sintered on the coil and alumina support. This element corrects the effect of the atmosphere (fig. 1a). The precious-metal wire coil heats the detector element from 300°C to 450 °C, then a combustible gas burns on the surface of the detector element, increasing the element's temperature. With changes in temperature, the precious-metal wire coil, a component of the element, changes resistance. The resistance changes almost in proportion to the concentration of the gas. The bridge circuit shown in the figure (fig. 1b) below allows the sensor to recognize the change in resistance as the voltage determines the gas concentration.

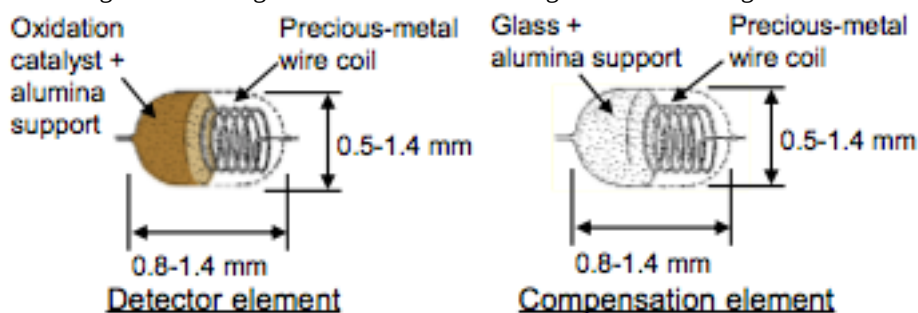


fig. 1a. Sensor elements

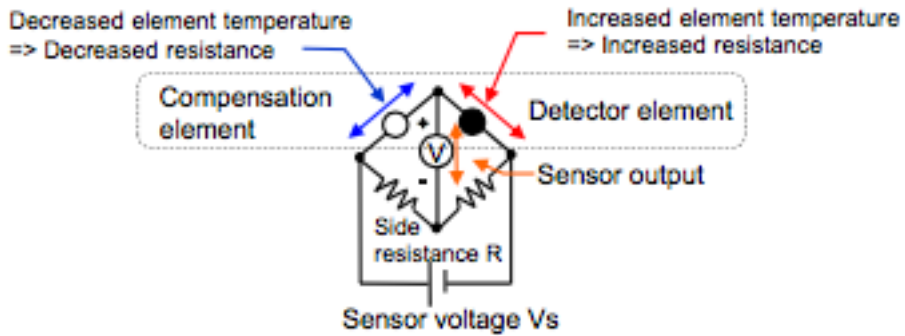


fig. 1b. Bridge circuit

These sensors have the following features

- Output characteristics

The precious-metal wire coil, the heat source, linearly changes in temperature resistance coefficient. In the lower-explosion-limit (LEL) concentration region, the burning reaction is proportional to the gas concentration. In this region, the output from the sensor slowly changes according to the change in gas concentration (fig. 2a).

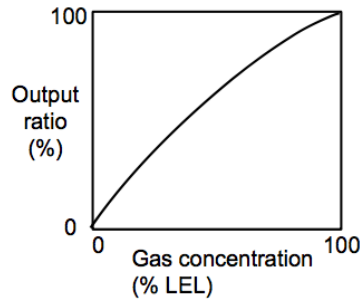


fig. 2a

- Responsiveness

The combustion heat produced on the surface of the detector element transfers to the precious-metal wire coil, changes the resistance of the bridge circuit, and then transforms into signals. With a high reaction rate, this sensor excels in responsiveness, accuracy, and reproducibility (fig. 2b).

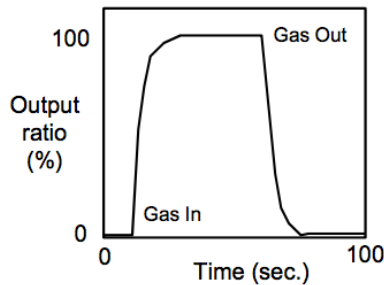


fig. 2b

- Temperature and humidity characteristics

The materials in the elements have high electrical resistance. They are less likely to be affected by the temperature and humidity in the use of the environment, allowing the reading to stay almost constant (fig. 2c).

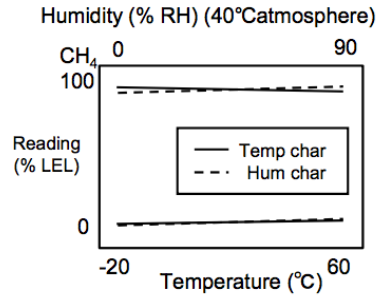


fig. 2c

- Catalyst development

The detector element uses a catalyst that promotes burning reaction. Having been developed in-house for gas sensors, this catalyst uses our proprietary know-how, providing long-term stability.

The second method is electrochemical principle-based measurements. We decided to use the electrochemical sensor to detect gas concentration by measuring current based on the electrochemical principle, which utilizes the electrochemical oxidation process of target gas on the working electrode inside the electrolytic cell, the current produced in the electrochemical reaction of the target gas is in direct proportion with its concentration while following Faraday law, then concentration of the gas could be get by measuring value of current. This method has the following features: low consumption, high precision, high sensitivity, wide linear range, good anti-interference ability, excellent repeatability and stability, which can be widely used in industrial and civilian areas to Detect Co concentration. For our gas detecting and analyzing devices, we have chosen ME2-CO electrochemical sensors, which have the following technical features.

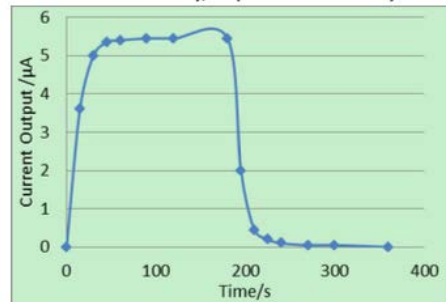


fig. 3a. Features of Sensitivity, response and recovery time

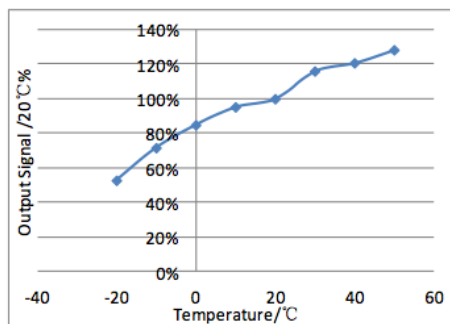


fig. 3b. Output under different temp.

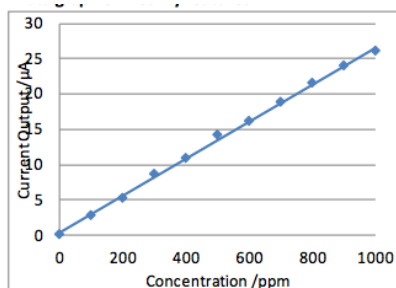


fig. 3c. Data graph of linearity features

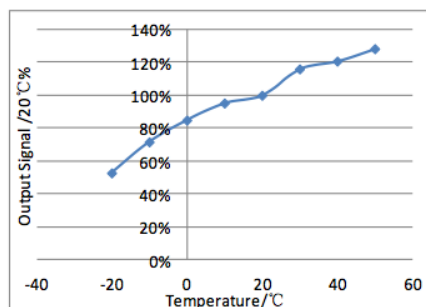


fig. 3d. Zero output under different temp.

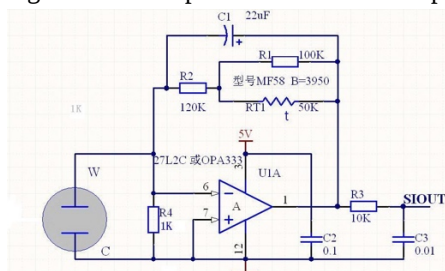


fig. 3e. Basic circuit

Main results

Based on the methods mentioned above, we assembled gas detecting and analyzing device "ELAR", which is a microprocessor-based device (hereinafter referred to as the "signalling device") used in rooms to detect leaks of natural gas (CH_4) and increased concentration of incompletely burnt carbon monoxide. When triggered, the alarm emits a loud sound and light signal. It also sends a command to close the solenoid valve, cut off the supply of combustible gas, and prevent an explosion from gas leakage, fire or human casualties.

The main features of the product:

- world-class advanced semiconductor gas sensors, with high sensitivity and stable performance, long service life and high noise immunity,
- anti-pollution design,
- calculates and corrects threshold deviations,
- registration of data by time, as well as incidents in non-volatile memory (in the format: year-month or hour-minute and type of incident (more than 100 records)) and the ability to read incidents using the Alarm computer program.

The advantages of the "ELAR" gas detector are the following:

- do not react to other gases apart from CH_4 and CO ,
- self-calibration function with special software,
- 0 adjustment,
- auto-calibration when in use,
- alarming when detectors are out of order.

The characteristics of the "ELAR" gas detector are the following:

Name	ELAR
Natural gas CH_4 (response threshold)	0.2% - 8% $\pm$ 5%
CH_4 semiconductor catalytic combustion detector	0.1 % - 10 %
Carbon monoxide CO (response threshold)	15-500 ppm
CO electrochemical detector $\text{ME}_2\text{-CO}$	0-1000 ppm
Temperature (response threshold)	70 ⁰ C $\pm$ 2.5 ⁰ C
Temperature (response threshold)	-10 ⁰ C + 100 ⁰ C
Lifetime	8-10 years
Saving data	more than 100 records
Data retrieval capability	yes
Warranty period	12 months
Indication and corresponding sound signal in case of failure of the sensor or parts of the power supply	yes
Signalling	yes
Closing the valve	yes
Calibration interval	Five years

Conclusion

“Elar” gas analyzers were tested in the Gazprom system and showed the following features:

- they do not react to other sources of air density (resulting from boiling or frying),
- the explosion can be prevented by detecting gas leakage as it is transferred online immediately to the corresponding structure,
- domestic producer produces it so it is easy and will take less time to repair, as well as
- it has a good economic impact.

REFERENCES

1. ME2-CO Electrochemical Carbon Monoxide sensor with UL certificate, Manual (Model:ME2-CO), Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd.
2. Catalytic combustion method. Sensor: HW-6239. Technical datasheet.
3. Технический паспорт газ анализатора «ELAR» РА, г. Ереван, Рубинянц 27/72, 2021.

Հոդվածը ներկայացվել է տպագրության 16.03.2021 թ.,
նվարկվել է գրախոսության 31.03.2021 թ., ընդունվել է տպագրության 06.04.2021 թ.: