



СИСТЕМА ЗА КОНТРОЛ НА ГАЗОВИ ЗАМЪРСЯВАНИЯ

SYSTEM FOR AIR PARAMETER CONTROL

Георги Димчев*

Технически университет – Габрово,

Статията е постъпила на 07.01.2013 г.; приета за отпечатване на 04.02.2013 г.

Abstract

The control of gas pollution is of utmost importance to environment protection and to ensuring healthy and safe working conditions. Modern development of industry, farming, transport is related to increasing the volume of emissions released in air and hence to the necessity of developing suitable technologies, equipment and filtering facilities for decreasing the emission of harmful substances and gases in the atmosphere. Air monitoring is also of great importance in order to prevent gas pollution which can spread over large territories for a short time. The present paper presents a system for control of gas pollution with: carbon dioxide, carbonic oxide, smoke, hydrogen, ammonia, nitric dioxide, ozone, hydrogen sulphide, methane, ethanol, hydrogen and volatile organic compositions (VOCs), as well as measurement of temperature and relative humidity. The system employs ZigBee technology and the user's interface allows monitoring of the above-listed gas pollutants and also alarm functions when the respective norms have been exceeded.

Keywords: air quality monitoring, gas pollution, control system, wireless sensors.

ВЪВЕДЕНИЕ

Контролът на газовите замърсявания е от изключителна важност за опазването на околната среда и осигуряването на здравословни и безопасни условия на труд. Съвременното развитие е свързано с увеличаване на обема на емисиите, отделяни във въздуха и оттам – с необходимостта от разработването на специални технологии, оборудване и филтриращи съоръжения за намаляване на излъчването на вредни вещества и газове в атмосферата. Газовите замърсявания могат за кратко време да обхванат големи територии. Затова техният мониторинг е от изключителна важност. Така се отговаря на екологичните изисквания за нормите на допустими емисии [1-5], както и за подобряване на позициите в европейската схема за търговия с квоти на емисии на парникови газове [6]. Освен индустрията (с основни източници на емисии от топлоенергетиката и химическата индустрия), селското стопанство и в частност – животновъдството, както и транспортът са също източници на вредни газове. За осигуряване на измервания на концентрацията на газове и реализиране на контрол в реално време са необходими съответни надеждни измервателни устройства и системи [7-14].

В настоящата работа се представя система за контрол на газови замърсявания на основата на безжични сензорни модули с металоокисни газови сензори. Системата позволява следене на въздушни замърсявания със въглероден диоксид (CO_2), въглероден оксид (CO), дим (smoke), водород (H_2), амоняк (NH_3), азотен диоксид (NO_2), озон (O_3), сероводород (H_2S), метан (CH_4), етанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), водород (H_2) и летливи органични съединения (VOCs), както и измерване на температура и относителна влажност. Системата използва ZigBee

технология, а потребителският ѝ интерфейс дава възможност за следене на указаните параметри на въздушната среда, както и алармени функции при превишаване на съответните норми.

МОДУЛИ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА СИСТЕМАТА

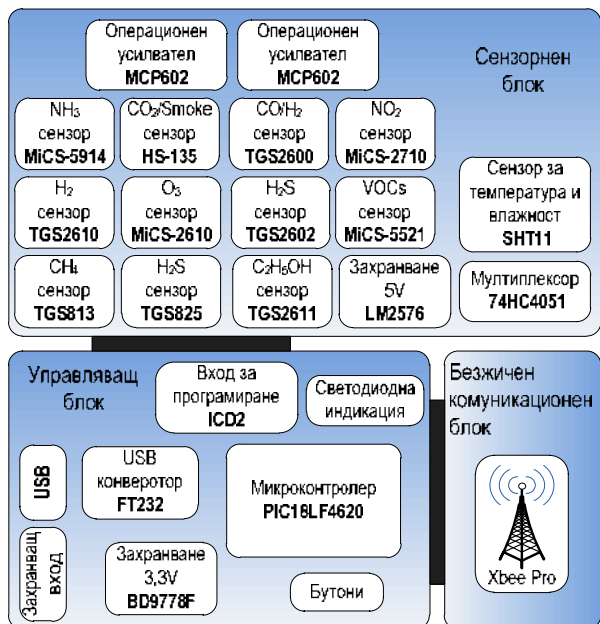
За изграждане на системата са разработени сензорен модул, координаторен модул и маршрутизатор с безжичен интерфейс.

Сензорният модул (СМ) е съставен от: управляващ блок, сензорен блок и безжичен комуникационен блок. Структурната му схема е представена на фиг.1.

Управляващият блок е изграден на основата на микроконтролер PIC18LF4620 [15], който се характеризира със следните основни параметри: работна честота 40MHz; програмна памет (bytes) – 65536; програмна памет (инструкции) – 32768; памет данни (bytes) – 3968; памет данни EEPROM (bytes) – 1024; 20 източника на прекъсване; пет входно-изходни порта; 4 таймера; серийна комуникация MSSP, UART; 13 канален 10 битов аналогово-цифров преобразувател (АЦП). Модулът има USB порт на основата на преобразувател UART-USB тип FT232RL.

Безжичният комуникационен блок е реализиран на основата на ZigBee модул XBee – PRO Series 2 RF Module [16]. Този тип модули са проектирани да отговарят на стандартите IEEE 802.15.4 и да удовлетворяват специфичните потребности на безжичните сензорни мрежи за ниска цена и ниска мощност. Модулите изискват минимална захранваща мощност и предоставят надеждна обмяна на данни между устройствата. Работят в нелицензирания 2,4GHz ISM обхват и са съвместими помежду си. Поддържат топологиите point-to-

* Тел.: (066 827 578); e-mail: georgedimchev@gmail.com



Фиг. 1. Блокова схема на сензорния модул

point, point-to-multipoint и peer-to-peer, mesh и могат да работят като координатор (управляващ възел), маршрутизатор или крайно устройство. Съдържат аналогово-цифрови преобразуватели и цифрови входове/изходи. При работа с тях не е необходимо първоначално конфигуриране за проста безжична комуникация. Осигурени са с безплатен тестов и конфигурационен софтуер X-CTU [17], AT и API командни режими за конфигуриране на параметрите, разширен команден набор, имат малки размери. XБee модулите се свързват към управляващото устройство посредством асинхронен сериен интерфейс UART. Чрез преобразувател на нивата на сигналите, модулите могат да се свързват към всяко устройство, поддържащо сериен интерфейс.

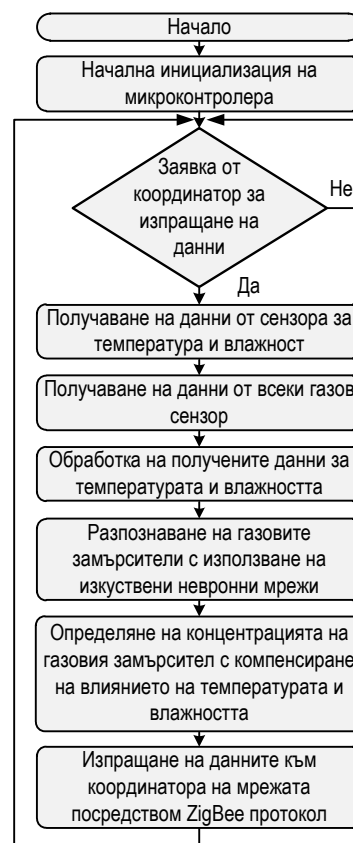
Сензорният блок включва сензор за влажност и температура тип SHT11 [18], сензор за CO₂ и дим – HS-135 [19], сензор за CO и H₂ – TGS2600 [19], сензор за NH₃ – MiCS5914 [20], сензор за NO₂ – MICS-2710 [21], сензор за O₃ – MICS-2610 [21], сензори за H₂S – TGS2602 [21] и TGS825 [21], сензор за CH₄ – TGS813 [20], сензор за H₂ – TGS2610 [20], сензор за C₂H₅OH – TGS2611 [20] и сензор за летливи органични съединения (VOCs) – MICS-5521 [21]. Тези сензори са от групата на металоокисните. При наличие на съответния газ, сензорът променя съпротивлението си.

Алгоритъмът на работа на сензорния модул е представен на фиг.2.

Чрез използване на АЦП на микроконтролера се определя падът на напрежение върху съответния сензорен елемент и след това косвено се изчислява неговото съпротивление. За компенсиране на влиянието на смущаващите фактори предварително се определя стойността на температурата и влажността [22]. След това на основата на предварително обучени ИНМ се извършва разпознаване на съответните газови замърсители.

За да може да се изгради мрежа от сензорните модули е разработен също и координатор. Неговата структу-

ра е аналогична на разработения сензорен модул като е съставен само от управляващ и безжичен комуникационен блок. Маршрутизаторът може да бъде със или без сензорен блок.



Фиг. 2. Алгоритъм на работа на сензорния модул

СТРУКТУРА НА СИСТЕМАТА И ПРОГРАМНО ОСИГУРЯВАНЕ

На основата на разработените модули се формира системата за контрол. Тя представлява сензорна мрежа, позволяваща мониторинг на газови замърсители в множество точки, разпределени в пространството и отдалечени на разстояние до 100m в затворени помещения и до 1600m на открито. Структурата на системата е показана на фиг. 3.

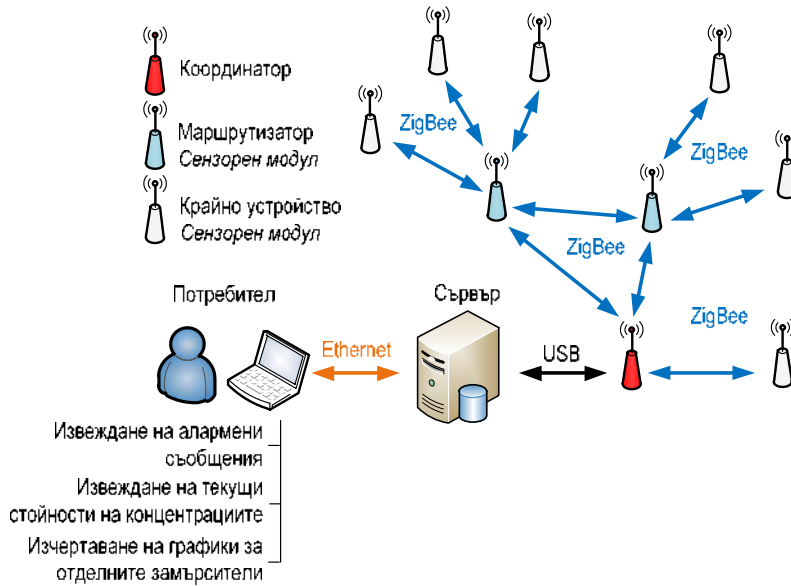
Предимството на този тип мрежи е, че мрежовият протокол предоставя възможност на устройствата да изграждат мрежа, да се асоциират с вече съществуваща сензорна мрежа или да напускат съответната мрежа, на която са принадлежали. Също така не се налага поддържане на таблица на съседство, съдържаща адресите на крайните устройства, директно свързани към съответния възел от мрежата – координатор или маршрутизатор.

Сензорните модули изпращат своите данни по ZigBee мрежата до координатора и след това посредством USB интерфейс се записват в база данни в персонален компютър. За начално конфигуриране на крайно устройство (сензорен модул), маршрутизатор или координатор е използван програмният продукт X-CTU.

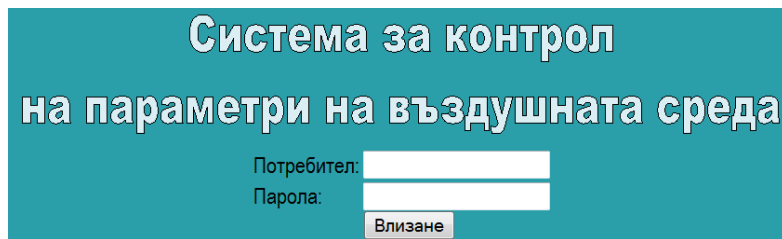
Разработен е потребителски интерфейс на основата на език за програмиране PHP. За достъп в системата е необходимо въвеждане на потребителско име и парола (фиг. 4).

При успешно въвеждане на потребителско име и парола се преминава към главния екран на програмата, който е представен на фиг. 5. В противен случай се извежда съобщение: „Грешно потребителско име или парола!“ и достъпът е забранен. На главния екран се следят всички устройства в мрежата. Зелена индикация „Online“ означава, че има комуникация с даденото

устройство и то изпраща данните си за съответните газови замърсители. Ако индикацията е в червено - „Offline“, това означава, че има някакъв проблем с устройството и данни от него не постъпват към координатора. За всяко едно устройство се индикират последните три алармени съобщения, като с червен цвят се отбелязва, ако има превишаване на допустим праг на



Фиг. 3. Структура на системата за контрол



Фиг. 4. Прозорец за вход в системата за контрол

Изход

Контрол на параметри на въздушната среда

Текущият период на отчитане е: 15 минути

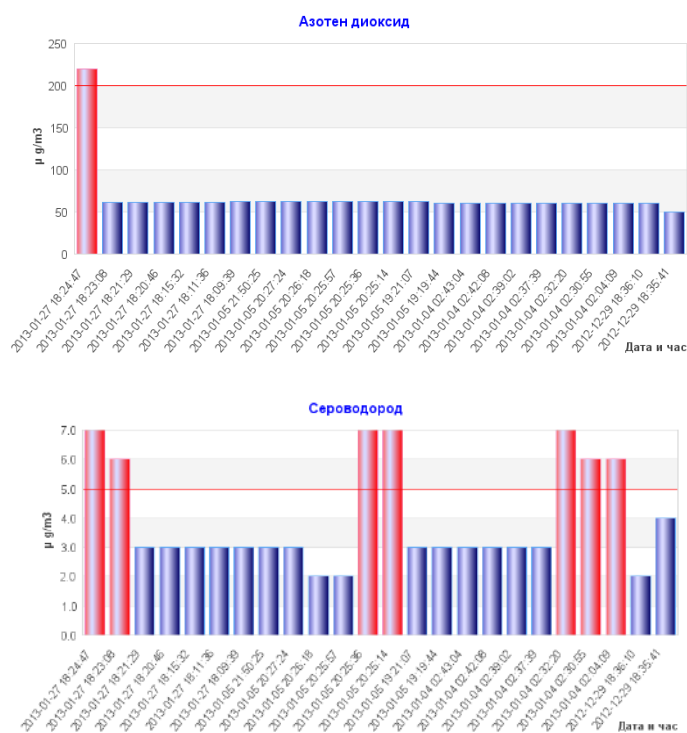
Промяна в периода на отчитане(min) 5 Промени

Сензорен модул № 1		Сензорен модул № 2		Сензорен модул № 3		Сензорен модул № 4	
Online		Online		Online		Online	
Текущи показания		Текущи показания		Текущи показания		Текущи показания	
Дата	Алармено съобщение	Дата	Алармено съобщение	Дата	Алармено съобщение	Дата	Алармено съобщение
2013-01-27 18:24:31	Повишена концентрация на Азотен диоксид	2013-01-27 18:21:35	Нормална концентрация на Озон	2013-01-27 18:11:42	Повишена концентрация на Изобутан	2013-01-26 21:58:30	Повишена концентрация на Озон
2013-01-27 16:24:54	Повишена концентрация на Сероводород	2013-01-27 18:16:40	Нормална концентрация на Изобутан	2013-01-27 18:09:47	Нормална концентрация на Озон	2013-01-26 20:27:25	Повишена концентрация на Дим
2013-01-27 18:23:14	Повишена концентрация на Сероводород	2013-01-27 18:16:40	Повишена концентрация на Озон	2013-01-27 18:09:47	Нормална концентрация на Дим	2013-01-26 20:25:59	Нормална концентрация на Сероводород
Сензорен модул № 5		Сензорен модул № 6		Сензорен модул № 7		Сензорен модул № 8	
Online		Online		Online		Online	
Текущи показания		Текущи показания		Текущи показания		Текущи показания	
Дата	Алармено съобщение	Дата	Алармено съобщение	Дата	Алармено съобщение	Дата	Алармено съобщение
2013-01-26 20:25:15	Повишена концентрация на Сероводород	2013-01-26 18:16:50	Повишена концентрация на Дим	2013-01-04 02:43:09	Нормална концентрация на Дим	2013-01-04 02:37:43	Нормална концентрация на Изобутан
2013-01-26 18:23:37	Повишена концентрация на Дим	2013-01-04 02:43:09	Повишена концентрация на Сероводород	2013-01-04 02:43:12	Повишена концентрация на Озон	2012-12-28 19:49:30	Нормална концентрация на Изобутан
2013-01-26 18:19:50	Нормална концентрация на Водород	2013-01-04 02:43:09	Нормална концентрация на Озон	2013-01-04 02:38:04	Повишена концентрация на Дим	2012-12-28 15:49:35	Нормална концентрация на Амониак

Фиг. 5. Главен екран на програмата за контрол на газови замърсители



Фиг. 6. Екран на отделен сензорен модул



Фиг. 7. Графично представяне на отделните газови замърсители

замърсяване, а в зелен цвят – когато замърсяването е отново в допустимите граници. Има възможност за промяна на текущия период на отчитане: 5мин, 10мин, 15мин, 20мин, 30мин, 40мин, 50мин и 60мин.

За преминаване в прозореца на отделен сензорен модул се натиска полето „Текущи показания” (фиг.6).

Показват се последните отчетени стойности на замърсителите, влажността и температурата. При превишаване на допустим праг, стойността се оцветява в червено и се индикира също в алармения лист. Тук се показват последните 20 алармени съобщения като е добавена и стойността на концентрацията, довела до алармено събитие. В зелен цвят се отбелязва, кога концентрацията е отново под допустимия праг. Така може да се пресметне колко време е имало замърсяване. Също така всяко отчитане на концентрация, температура и влажност се представя в графичен вид (фиг.7). Графиките са представени една под друга в прозореца на сензорния модул. С червена линия е отбелязан допустими-

ят праг като стойностите, които са над него, се изобразяват в червено. В графичен вид са представени последните 24 отчитания, като ако отчитането е на всеки час, графиката ще представя замърсяването за едно денонощие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената система за контрол на газови замърсители позволява следене на 12 вида газови замърсители, температурата и влажността в множество различни точки в пространството, които могат да са на разстояние до 100m в затворени помещения и до 1600m на открито. С помощта на удобен потребителски интерфейс се следи нивото на указаните параметри на въздушната среда. Данните се записват в база данни в персонален компютър и се визуализират както в цифров вид, така и графично. При превишаване на концентрацията на даден замърсител в някоя от контролираните точки се появява алармено съобщение. Разработените сензорни

модули могат да се използват и за разпознаване на газове в системи от типа „изкуствен нос”.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон за чистотата на атмосферния въздух. Обн. ДВ. бр.45 от 28 Май 1996 г.,изм. ДВ. бр.6 от 23 Януари 2009 г. (<http://eea.government.bg/>)
- [2] Наредба № 9 от 3 май 1999 г. за норми за серен диоксид, азотен диоксид, фини прахови частици и олово в атмосферния въздух (<http://www.econ.bg/law/enactments/>)
- [3] Наредба № 1 от 27 юни 2005 г. за норми за допустими емисии на вредни вещества (замърсители), изпускани в атмосферата от обекти и дейности с неподвижни източници на емисии (<http://www.econ.bg/law/enactments/>)
- [4] Наредба № 4 от 5 юли 2004 г. за норми за озон и алармени прагове за нивата на озон в атмосферния въздух (<http://www.econ.bg/law/enactments/>)
- [5] Наредба № 14 от 23 септември 1997 г. за норми за пределно допустимите концентрации на вредни вещества в атмосферния въздух на населените места (<http://www.econ.bg/law/enactments/>)
- [6] Индустриални филтри за вредни емисии. ЕНЕРГИЯ - Списание за оборудване, технологии и инженеринг, година III, брой 5, август 2011 (<http://energia.elmedia.net/bg/2011-5/>)
- [7] Pogfay, T.; Watthanawisuth, N.; Pimpao, W.; Wisitsoraat, A.; Mongpranet, S.; Lomas, T.; Sangworasil, M.; Tuantranont, A. Development of Wireless Electronic Nose for Environment Quality Classification. Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2010 International Conference on 19-21 May 2010, pp. 540 - 543.
- [8] Xiaochuan He; Shoushui Wei; Ruiqing Wang, Independent Component Analysis and Neural Network Applied on Electronic Nose System, Bioinformatics and Biomedical Engineering, 2008. ICBBE 2008. The 2nd International Conference on 16-18 May 2008, pp. 490 – 493
- [9] Charles, R.; Krupin, Y.; Holstead, J.; Trcka, A.; Pan, L.; Yang, S.X. Development of a New Electronic Nose for Odour Measurement Utilizing Wireless Sensor Networks. Networking, Sensing and Control, 2007 IEEE International Conference on 15-17 April 2007, pp. 455 - 459.
- [10] Darold Wobschall, A Wireless Gas Monitor with IEEE 1451 Protocol, Sensors Applications Symposium, 2006. Proceedings of the 2006 IEEE, pp. 162 – 164.
- [11] Young Wung Kim, Sang Jin Lee, Guk Hee Kim, Gi Joon Jeon, Wireless Electronic Nose Network for real-time Gas Monitoring System, Robotic and Sensors Environments, 2009. ROSE 2009. IEEE International Workshop, pp. 169 – 172.
- [12] Jong-Won Kwon Yong-Man Park Sang-Jun Koo. Design of Air Pollution Monitoring System Using ZigBee Networks for Ubiquitous-City. Convergence Information Technology, 2007. International Conference on 21-23 Nov. 2007. pp 1024 - 1031.
- [13] Jue Yang and Xinrong Li. Design and Implementation of Low-Power Wireless Sensor Networks for Environmental Monitoring, Wireless Communications, Networking and Information Security (WCNIS), 2010 IEEE International Conference 2010 pp. 593-597.
- [14] Víctor P. Gil Jiménez, Ana García Armada, Field Measurements and Guidelines for the Application of Wireless Sensor Networks to the Environment and Security, Sensors, Vol. 9, no. 12, pp. 10309-10325, December 2009
- [15] PIC18LF4620. Data Sheet. Microchip Technology Inc. (<http://seniordesign.ee.nd.edu/2007/Tech%20Docs/Specs/18f4620.pdf>)
- [16] XBee® & XBee-PRO® 802.15.4 OEM RF Modules. Digi International Inc. (<http://www.digi.com/products/wireless/point-multipoint/xbee-series1-ule.jsp#overview>).
- [17] X-CTU Software. (<http://www.digi.com/support/productdetail?pid=3352&osvid=57&type=utilities>)
- [18] Humidity and Temperature Sensor SHT11. Datasheet SHT1x . SENSIRION AG. (http://www.sensirion.com/en/pdf/product_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf)
- [19] Sencera Company Ltd. (www.sensorelement.com)
- [20] Gas Sensors. FIGARO Engineering Inc. (www.figaro.co.jp/en/product/)
- [21] e2v Metal Oxide Semiconductors (MOS) (<http://www.e2v.com/products-and-services/instrumentation-solutions/gas-sensors/datasheets/#Metaloxide>)
- [22] Nenova, Z., G. Dimchev. Compensation of the impact of temperature and humidity on gas sensors. XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies - ICESS 2011, Serbia, Niš, June 29 – July 1, 2011. Proceedings of Papers, Vol.2, p.287-290
- [23] Рашидов, А., Бази от данни в индустриалните системи, Габрово, Васил Априлов, 2007.