

## РЕЗЮМЕТА НА ТРУДОВЕТЕ

на доц. д-р инж. Звездица Петрова Ненова  
за участие в конкурс за заемане на академична длъжност „професор”  
в област на висше образование 5. Технически науки,  
професионално направление 5.2 Електротехника, електроника и автоматика,  
специалност „Електроизмервателна техника (Електрически измервания,  
измерване на неелектрически величини)”, ДВ, бр. 63 от 16.07.2013 г.

### I. НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ

**1.А. ПУБЛИКАЦИИ В ТЕМАТИЧНА ОБЛАСТ „МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТ”, РАВНОСТОЙНИ НА МОНОГРАФИЧЕН ТРУД (СЪГЛАСНО ЧЛ. 29 Т. 3 ОТ ЗРАСПБ)**

#### Статии в списания с Impact Factor

**1. Nenova Z., T.Nenov. Linearization Circuit of the Thermistor Connection. IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, 2009, Vol. 58, No 2, pp.441-449. (IF 1.214)**

Thermistors find a wide application in temperature measurement and control in different fields but they exhibit a strong nonlinearity of the characteristic, which is of an exponential type. The present paper investigates the possibility of creating a thermistor-based temperature sensor with frequency and analog outputs and linearized characteristic on the basis of a 7555 timer. A model of the transformation function of the proposed circuit has been obtained that includes the thermistor parameters and the frequency determining parameters. Based on that function, as well as its first and second derivatives, it is shown that linearization is possible without connecting additional elements to the circuit. The influence of these parameters on the point of inflection of the transformation function and the linearization range has been investigated. A method for choice of thermistors with specific parameters and values of frequency determining parameters for linearization of the characteristics has been proposed. The investigations conducted show a good match between the theoretically and experimentally obtained characteristics. The proposed circuit is characterized by nonlinearity of  $\pm 1\%$  in a specific temperature range as well as high temperature stability (from  $0.01\%/^{\circ}\text{C}$  to  $0.02\%/^{\circ}\text{C}$ ).

**2. Nenov, T., Z. Nenova. Multi-Objective Optimization of the Parameters of  $\text{TiO}_2$ -based Ceramic Humidity Sensors. Ceramics International, 39 (2013), pp. 4465-4473. (IF 1.751)**

An investigation of ceramic humidity sensing elements based on titanium dioxide with dopants of  $\text{PbO}$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  and  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  has been performed. To study the complex influence of dopants and sintering temperature on the parameters and characteristics of the ceramic humidity sensors, an experimental design has been performed, which includes the preparation and investigation of 45 samples. A multi-objective optimization based on the method of general loss functions using a genetic algorithm was carried out. The optimal composition of dopants and sintering temperature were determined to obtain ceramic sensors with optimal parameters (sensitivity, hysteresis, reaction time for adsorption and desorption). Experimental samples based on this optimal composition and temperature were prepared and investigated. The optimal sample has the highest sensitivity, relatively low value of resistivity at low humidity, the shortest response time for desorption and intermediate values of



hysteresis and response time for adsorption compared to the ten best samples from the experimental design. In the range of 30 to 93%RH the change in resistivity at frequency of 1kHz is over three orders of magnitude.

**3. Kozhukharov, S., Z. Nenova, T.Nenov, M. Machkova, V.Kazhukharov. Influence of Ce(III)/Ce(IV) - supplements on the characteristics of humidity sensors with TiO<sub>2</sub> films prepared via a sol-gel method. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 52, 2, 2013, pp.71-78. (IF 0.432)**

Humidity sensors have been prepared via a sol-gel method to deposit TiO<sub>2</sub> films with additions of Ce-compounds ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>5</sub>) on corundum substrates, with interdigitated silver palladium electrodes. Observation by scanning electronic microscopy (SEM) has been performed in order to determine the surface morphology of the respective layers. Structural and compositional characterization has been done by X-ray diffraction analysis (XRD), and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX). The influence of Ce-compounds on the electrical characteristics of the samples as humidity sensing elements has been evaluated by an impedance analyzer. A comparison was made between the characteristics and parameters of these samples and reference samples prepared based on titanium n-butoxide (TBOT) only. The investigations conducted reveal a link between the mechanism of chemical and physical adsorption and water vapour condensation, the structure, and electrical characteristics of the sensitive elements. A statistical analysis of the obtained measurements reveals repeatability of the characteristics of the sensitive elements. Regarding the application of the obtained samples as humidity sensing elements, the introduction of Ce-compounds results in their improvement, by increasing their sensitivity and widening the measurement range for RH%, compared to the referent samples, prepared by pure TBOT. The sample treated by a solution with (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>5</sub>, and sintered at 400°C, has the best humidity sensing properties among the samples investigated.

**4. Nenova,Z.P., S.V.Kozhukharov, T.G.Nenov, N.D.Nedev, M.S.Machkova. Characterization of Humidity Sensors with Ce-modified Silica Films Prepared via Sol-gel Method. Bulgarian Chemical Communications, 2013. (IF 0.283)**

Silica films modified by Ce have been deposited on alumina substrates with silver-palladium electrodes. The depositions have been performed through dip-coating procedure of the substrates into sol-gel systems composed by tetraethyl orthosilicate (TEOS) and cerous nitrate (Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>). Their application to the preparation of humidity sensing elements with nanostructure is promising, since it enables their integration with other elements in the semi-conductor technology. After posterior sintering of the obtained samples at 400°C and 800°C, their electrical properties have been characterized by means of precision impedance analyzer in a humidity calibration chamber. The obtained films have been observed by scanning electron microscopy (SEM). As a result, the relation between the surface morphology and electrical characteristics, as well as the properties of the investigated samples and their performance as humidity sensing elements have been determined. The relation between impedance spectra of these sensing elements and the type of conductivity (electronic or ionic) was established. Equivalent electrical circuits were obtained based on impedance spectra (Nyquist plots).

Regarding the application of the obtained samples as humidity sensing elements, the best humidity sensing properties belong to the samples treated for 30 minutes in solution with Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> and sintered at 400°C. The samples, sintered at 800°C, can be used as trigger switching elements for humidity sensing. The application the humidity sensing elements with nanostructure based on SiO<sub>2</sub> is promising, since it enables their integration with other elements in the semi-conductor technology.



## Статии в чуждестранни списания

### **5. Nenova, Z. Linearization Circuit of Thermistor Connection. Journal of the University of Applied Sciences Mittweida. No 10, 2000, pp.127-131.**

The thermistors find an exceptionally wide application in temperature measurement and control in different fields but they exhibit a strongly expressed non-linearity of the characteristic which is of an exponential type. The present paper proposes a circuit of thermistor connection, which is built on the basis of a 7555 timer and has a frequency output. It is mathematically proved that the transformation function of the circuit can be linear with certain values of the circuit parameters. By means of a simulation with the MATHCAD software package frequency-dependent circuit elements for different types of thermistors are chosen, due to which their transformation function is linearized. The good coincidence of the theoretically and experimentally obtained characteristics is shown.

## Статии в национални списания

### **6. Ненова, З. Измервателни честотни преобразуватели в компютърно базирани системи. Електротехника и електроника, 2006, No 9-10, с.56-61.**

В настоящата работа се предлага компютърно базирана система за измерване и контрол на температура и относителна влажност, изградена на основата на многофункционална платка за събиране на данни и управление NI PCI-6023E (National Instruments) и измервателни преобразуватели (ИП) с честотни и широчинно-модулирани изходи. За разширяване на функционалността е предвидена възможност за включване и на ИП с напреженови изходи. По метода на най-малките квадрати по експериментални характеристики са получени функциите на преобразуване на различни ИП на температура и относителна влажност, които се използват при функционирането на системата. Разработени са виртуални инструменти, изградени на основата на LabVIEW, за измерване и следене на указаните величини, определяне на статистически оценки, както и осъществяване на контрол в зададени граници. Предложените ВИ могат успешно да се използват при включването и на други типове измервателни честотни преобразуватели като в тях се заложат функциите на преобразуване на съответните неелектрически величини.

### **7. Kozhukharov, S., Z. Nenova, T.Nenov, S.Ivanov, M. Machkova. Elucidation of the contribution of modified titania films over the performance of thin film humidity sensors. Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 48, 2, 2013, pp.142-146.**

The present paper focuses on comparative measurements of the influence of dopants on the sensitivity of humidity sensors, prepared by the sol-gel method. Three different dopants were added to the primary mixture in order to improve the properties of the films, expressed in water uptake capability, as follows: Bismuth acetate  $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Bi}$  – (BA), Vanadium (III)-2,4 pentadionate  $(\text{C}_{15}\text{H}_{21}\text{O}_6\text{V})$  – (VP), and Sodium tert-butoxide  $(\text{CH}_3)_3\text{CONa}$  – (SB). The properties of the obtained sensors were evaluated by determination of their electrical resistances in a chamber with controlled humidity. A comparison was made between the characteristics of the sensors under the influence of different dopants and under the joint influence of different combinations of dopants. Based on this comparison it is concluded that the samples, prepared with VP as unique dopant reveal their highest sensitivity at 15 to 30 % of RH. When VP is combined with SB, a significant increase in the sensitivity of the respective samples in the range between 30 and 60%, reaching values which are higher than these of the samples prepared with only one of them. In contrast, BA decreases the sensitivity of the respective samples in the lower RH range. In combination with another doping agent (either VP, or SB), the range of sensitivity is considerably larger, compared to these with BA,



as unique dopant. The latter possesses switch-type characteristics. The combined use of BA and SB enables increase of the sensitivity in the range of higher RH values, from 55 to 93 %. The experiments performed reveal the possibility for control of the sensitivity and the measurement range of humidity sensor elements, prepared by the sol-gel method, with different kinds of dopants, and various combinations between them.

#### Статии в научни трудове и известия на университети в България

**8. Kozhukharov, S., Z. Nenova T. Nenov, S. Ivanov. Influence of dopants on the performance of humidity sensitive elements, prepared by deposition of  $\text{TiO}_2$  via sol-gel method. Annual proceedings of "Angel Kanchev" University of Rousse, (Bulgaria), 2010, 49, (9.1), pp.33-35.**

The present paper studies the influence of complex supplements on the sensitivity of humidity sensors. In order to optimize these samples, thin porous films of doped  $\text{TiO}_2$  were deposited, after their synthesis by sol-gel method. Bismuth acetate, Vanadium(III)-2,4 pentadionate and Sodium tert-butoxide have been used as base dopants. The influence of derivative mixtures of two dopants and of three dopants on the characteristics and properties of the sensitive elements has been investigated. The most significant positive effect over both of increase of sensitivity and enlargement of the range of its expression belong to derivative mixture of Vanadium(III)-2,4 pentadionate and Sodium tert-butoxide.

**9. Z. Nenova, S. Kozhukharov, T. Nenov, N. Nedev, M. Machkova, Development of sensing elements for humidity by deposition of Ce-doped  $\text{SiO}_2$  films prepared via a sol-gel method, Annual proceedings of "Angel Kanchev" University of Rousse, (Bulgaria), 2012, 51, (9.1), pp. 14 – 18.**

Humidity sensing elements were prepared by deposition of Ce-doped  $\text{SiO}_2$  films on alumina ceramic substrates with silver-palladium electrodes, via a sol-gel method. The obtained specimens were sintered either at  $400^\circ\text{C}$ , or at  $800^\circ\text{C}$ , in order to create durable and reliable sensors and to evaluate the impact of the thermal treatment on the features of the obtained sensing elements. The electrical characteristics and the surface morphology of the respective sensors were investigated. The impedance spectra of the sensing elements were fitted to appropriate equivalent electric circuits. The results obtained show that both the addition of  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$  and sintering at  $400^\circ\text{C}$  lead to remarkable improvement of the sensitivity of the  $\text{SiO}_2$ -based sensing elements.

#### Доклади на международни конференции в чужбина

**10. Nenov T. and Z.Nenova. Multifunctional temperature sensor. Proceedings 23rd International Conference on Microelectronics (MIEL 2002), Yugoslavia, Nis, 12-15 May 2002. Proceedings, Vol.1, pp.257-260.**

The paper deals with  $\text{V}_2\text{O}_5$ -based ceramic temperature sensors. There are two sensors integrated in them: a ceramic based NTC-thermistor and a critical temperature resistor (CTR) formed by additional treatment in the ceramics structure. The main characteristics of the multifunctional temperature sensor: dependence of material constant  $B$  on temperature, temperature coefficient of resistance  $\alpha$ , resistivity of CTRs formed in  $\text{V}_2\text{O}_5$ -based ceramics as a function of temperature and current-voltage characteristics of a CTR with variation of ambient temperature are studied in the paper. The CTR formed in the thermistor structure broadens the functional possibilities of the temperature sensor. In addition to its use for measuring temperature, it can also find application for thermal overheat protection, in thermostating devices and for overvoltage protection.



**11. Nenov, T., S. Kozhukharov, Z. Nenova, M. Machkova. Impact of dopants on the characteristics of thin-film humidity sensor elements. SENSOR+TEST Conference 2011, 7-9 June 2011, Sensor 2011 – 15th International Conference on Sensors and Measurement Technology, Nürnberg. Proceedings, p.738-743.**

The paper presents the results from the study of thin-film humidity sensor elements on the basis of  $\text{TiO}_2$  obtained by a sol-gel method and doped with various compounds. The impact of the dopants on the sensor characteristics has been investigated. Titanium n-butoxide is used as a starting material for the preparation of the experimental samples. Bismuth acetate, vanadium pentadionate and sodium butoxide have been used as doping agents. The film is applied through the dip-coating method of the ceramic substrates in the obtained film-forming solution with subsequent drying in air environment. The dependence of resistance on humidity, sensitivity and response time of the sensor were investigated. Impedance characteristics and equivalent electric circuits were obtained.

#### **Доклади на международни конференции и симпозиуми в България**

**12. Ненова, З. Линеаризирана схема на включване на термистори. Международна научна конференция “УНИТЕХ ‘01”, 22-23 ноември 2001г., Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2010, Том I, с.224-229.**

Силно изразената нелинейност на характеристиките на NTC-термисторите налага използването на различни методи и средства за корекция на нелинейността. Предлага се линеаризирана схема на включване на термистори на основата на таймер 7555 с честотен изход. Изследва се отделното влияние на времезадаващите параметри на таймерната схема, както и на параметрите на термисторите. Получени са семейства характеристики за три различни типа термистори и е направен сравнителен анализ между тях. Установено е, че линейността на функцията на преобразуване температура-честота е в по-широк температурен диапазон при термистори с по-ниски стойности на константата им  $B$ . При зададени времезадаващи параметри, линейният участък за термистори с по-висока константи  $B$  е в областта на по-високите температури.

**13. Ненова, З., Т. Ненов, Н. Занков. Измервателни преобразуватели на влажност. Международна научна конференция “УНИТЕХ ‘01”, 22-23 ноември 2001г., Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2010, Том I, с.230-235.**

Едно от направленията в развитието на сензорите за относителна влажност е използването на керамични и дебелослойни чувствителни елементи. Те се характеризират с малки размери, несложна технология на изготвяне, сравнително ниска цена, устойчивост към агресивни среди и др. Тези елементи имат и редица особености като високо съпротивление при ниска влажност, нелинейност на характеристиката, поляризация при постоянен ток, температурна зависимост, което налага разработването на подходящи измервателни схеми. Във връзка с гореизложеното в настоящата работа се предлагат и изследват схеми на включване на керамични чувствителни елементи за влажност, позволяващи да се разшири измервателният диапазон по отношение на измерваната влажност и да се реализира температурна компенсация. Като чувствителни елементи са използвани образци, изготвени по класическа керамична технология на базата на  $\text{TiO}_2$  с легиращи примеси  $\text{PbO}$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  при температури на синтерване  $850^\circ\text{C}$  и  $1050^\circ\text{C}$ . За избягване на ефекта от поляризация се предлагат две схеми на измервателни преобразуватели на влажност, работещи с променливо синусоидално напрежение. Едната схема се базира на мост за променлив ток, а другата – на усилвател с променлив коефициент на усиление като в схемите се включват работен и компенсиращ преобразувател, поставен в капсула с наситен солеви разтвор, задаващ съответна базова



влажност. За линеаризиране на характеристиките се използва логаритмичен преобразувател. Извършена е симулация на характеристиките на разработените измервателни преобразуватели с помощта на програмния пакет Electronics Workbench v5.0 и са определени чувствителността на схемите и работните диапазони.

**14. Ненова, З., Я. Раянов, Т. Ненов. Температурен сензор на базата на термистор. Международна конференция “УНИТЕХ ‘02”- Габрово, 21-22 ноември 2002г., Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2002, Том I, с.168-171.**

В сравнение с проводниковите терморезистори, термисторите имат по-висока чувствителност и позволяват детекция на много малки температурни изменения. Освен това те имат относително по-ниска цена и лесна технология на изготвяне. Но от друга страна, термисторите имат много голяма нелинейност на характеристиката, което налага разработването на линеаризирани схеми на тяхното включване.

Предлага се линеаризирана схема на включване на термистори с честотен и напреженов изход. Приведена е разработената принципа схема, както и експериментално получените характеристики при включването на различни видове термистори. Грешката от нелинейност при дадени термистори е от порядъка на 1%, а в определени диапазони не превишава 0.5%. Определени са също чувствителността, както и температурната грешка на схемата, която при преобразуването в честота не превишава 0.01%/°C, а при преобразуването в напрежение: 0.02%/°C

**15. Ненов, Т., З. Ненова. Керамични и слойни термистори на базата на двуванадиев петоокис. XIII-ти Национален научен симпозиум с международно участие “Метрология и метрологично осигуряване ‘2003”, 16-20 септември 2003г., Созопол. Сборник доклади, София, “СОФТТРЕЙД”, 2003, с.186-190.**

Представени са резултатите от изследването на терморезистори на основата на  $V_2O_5$ , получени чрез керамична и дебелослойна технологии. Изследвани са температурните зависимости на съпротивлението на образците и е установено влиянието на температурата на синтероване върху съпротивлението и константата на материала  $B$ . Представени са зависимостите на константата  $B$  от температурата и е определен температурният коефициент на съпротивлението  $\alpha$ . Направено е сравнение между параметрите и характеристиките на отделните типове образци. Установено е, че термисторите на основата на  $V_2O_5$ , изготвени чрез керамична и дебелослойна технологии, притежават добри термисторни свойства и параметрите им са сравними с тези на предлаганите от различни производители термистори. С намаляване на температурата на изпичане се увеличава специфичното съпротивление на термисторите, константата  $B$  и температурният коефициент на съпротивление  $\alpha$ . Дебелослойните терморезистори се характеризират с по-високи стойности на параметрите  $B$  и  $\alpha$  в сравнение с керамичните. Термисторите на основата на  $V_2O_5$  се характеризират с относително ниска температура на изпичане, което е съществено предимство пред останалите термисторни материали. Това дава възможност дебелослойните сензори да се интегрират в полупроводниковите структури на базата на Si.

**16. Ненова, З., Т. Ненов. Измервателни схеми на включване на сензори за влажност. Международна конференция “УНИТЕХ ‘03”, 20-21 ноември 2003г., Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2003, Том I, с.I-85 – I-89.**

Сензорите за влажност намират широко приложение в различни отрасли на промишлеността, селското стопанство, битовата техника, медицината и др. В настоящата работа се предлагат и изследват измервателни схеми на включване на керамични чувствителни елементи за влажност. Схемите са за променлив ток за



отстраняване на ефекта на поляризация на тези елементи при постоянен ток. Електронните схеми реализират преобразуване на импеданса на сензорите в напрежение на основата на усилватели и прецизни амплитудни детектори. Елементите на схемата са подбрани чрез предварителна симулация с програмния пакет Electronics Workbench v5.0. Предлага се температурна компенсация с използване на подходящ термистор или компенсиращ елемент, идентичен на работния преобразувател.

**17. Ненова, З., Т. Ненов. Виртуални инструменти за измерване и контрол на температура и влажност. XIV Научен симпозиум с международно участие “Метрология и метрологично осигуряване 2004”, 14-18 септември 2004г., Созопол. Сборник доклади. София, “СОФТТРЕЙД”, 2004, с.194-199.**

Виртуалният инструментариум се използва все по-широко при измерването и контрола на различни величини наред с класическите измервателни средства. В настоящата работа се представя компютърно базирана система за измерване и контрол на температура и влажност с използване на керамични чувствителни елементи и преобразувателни схеми с напреженов изход и многофункционална платка NI PCI-6023E (National Instruments). Функциите им на преобразуване са апроксимирани с регресионни полиноми по метода на най-малките квадрати. Разработени са виртуални инструменти, изградени на основата на LabVIEW, за измерване и контрол на относителна влажност и температура, позволяващи избор на работен преобразувател, задаване на нива на контрол, визуализиране на измерените стойности и запис във файл, цифрова и звукова сигнализация при превишаване на зададени прагови стойности, както и статистическа обработка на получените резултати

**18. Ненова, З. Система за събиране на данни на основата на USB-модул. Международна научна конференция “УНИТЕХ ‘06”, 24-25 ноември 2006, Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2006, Том I, с.I-431 - I-436.**

Предлага се система за събиране на данни, използваща измервателен модул NI USB-6008 (National Instruments). С помощта на разработените LabVIEW виртуални инструменти системата позволява 8-канално измерване на напрежение, както и събиране на данни от различни измервателни преобразуватели – на температура, относителна влажност и енергетична осветеност (облъченост) с напреженов изход. Като чувствителни елементи за температура са използвани термистори, за влажност – керамични сензорни елементи и HUMICOR S6000 (Gefran Coreci), а за осветеност - оптични сензори тип TSL25x (Texas Instruments). Системата дава възможност и за управлението на цифрови входове/изходи и на два аналогови изхода. Виртуалните инструменти за управление на аналоговите изходи могат да се използват също за реализиране на функционални генератори. Използвани са възможностите на LabVIEW за организиране на Web-базирани измервания.

**19. Ненова, З., С. Иванов. Система за измерване на температура на базата на сензори с SPI интерфейс. XIX Национален научен симпозиум с международно участие “Метрология и метрологично осигуряване 2009”, септември 2009, Созопол. Сборник доклади, София, “СОФТТРЕЙД”, с.405-409.**

Редица фирми разработват и предлагат сензори с цифров интерфейс SPI. Това позволява лесното и удобното им свързване към микроконтролери и компютърно базирани системи за измерване. В настоящата работа се предлага система за измерване на температура с помощта на сензори с SPI интерфейс тип ADT7302, а връзката с компютъра се осъществява посредством специализиран модул NI USB-8451 (National Instruments). С помощта на LabVIEW са разработени виртуални инструменти за едно- и многоканално измерване на температура, следене и контрол на температура в зададени



граница, както и визуално следене на температура и температурни градиенти чрез цветови индикатори.

**20. Ненова, З., С. Иванов. Компютърно базирана система за измерване на температура на базата на сензори с цифрови интерфейси. Международна научна конференция УНИТЕХ'09, 20-21 ноември 2009, Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2009, Том I, с. I-193 – I-196.**

Развитието на измервателната техника е свързано с широкото приложение на сензори с цифрови интерфейси. Тези сензори лесно и удобно могат да се свързват с микроконтролери и компютърно базирани системи. В настоящата работа се предлага система за измерване на температура с помощта на сензори тип AD7416 с интерфейс I<sup>2</sup>C и сензори тип ADT7302 с интерфейс SPI. Връзката с компютъра се осъществява посредством специализиран модул NI USB-8451 (National Instruments). С помощта на LabVIEW са разработени виртуални инструменти за реализиране на измерването и контрола на температура.

**21. Ненова, З., Т. Ненов, С. Кожухаров. Слойни чувствителни елементи за влажност. Международна научна конференция „УНИТЕХ ‘10”, 19-20 ноември 2010г., Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2010, Том I, с. I-512 – I-517.**

В работата се предлагат тънкослойни чувствителни елементи за влажност, изготвени на основата на titanium n-butoxide (TBOT) по зол-гел метод. Слойт се нанася чрез метода на потапяне и изтегляне на керамични подложки от Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с предварително нанесени върху тях гребеновидни сребърно-паладиеви електроди. Изследва се влиянието на различните технологични параметри върху получения слой и електрическите характеристики на сензорните елементи. Основни параметри, които се варират са: продължителност на потапяне на изходните подложки; брой на потапянията; тип катализатор. Посредством атомен силов микроскоп са получени 3D изображения на повърхността на различните образци с нанесени слоеве. Проведен е сравнителен анализ на характеристиките  $R = f(RH)$  и  $\theta = f(RH)$  съответно на активното съпротивление  $R$  и фазовата ъгъл  $\theta$  от относителната влажност  $RH$  за изследваните образци, синтеровани при 400°C. Получени са и импедансните характеристики на образците в честотния диапазон 100Hz...5MHz. С най-добра чувствителност в целия диапазон на изменение на  $RH$  от 15 до 93% се отличават образците, изготвени чрез три потапяния на подложката с последващо престояване на открито, както и използване на NH<sub>3</sub> като катализатор.

**22. Димчев, Г., З. Ненова, Т. Ненов. Безжична сензорна мрежа за мониторинг на състоянието на въздушна среда. Международна научна конференция „УНИТЕХ ‘10”, 19-20 ноември 2010г., Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2010, Том I, с. I-518 – I-523.**

Разработен е сензорен модул за мониторинг на състоянието на въздушна среда. Основни контролируеми параметри са: температура, влажност и замърсеност на въздуха. В сензорната част на модула е използван сензор за температура и влажност SHT11, а като сензор за замърсеност на въздуха – HS135. Процесорният блок е изграден на основата на микроконтролер PIC18LF4620, а блокът за безжична комуникация е реализиран на основата на модул XBee – PRO Series 2 RF Module, отговарящ на стандарта IEEE 802.15.4 (ZigBee). На базата на разработения модул е представена структурата на безжична сензорна мрежа за контрол на указаните параметри.



**23. Георгиев, Г., А. Рашидов, З. Ненова. Система за измерване и контрол на параметри на работната среда. Международна научна конференция „УНИТЕХ '10", 19-20 ноември 2010г., Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2010, Том I, с. I-502 – I-506.**

Предложена е Web-базирана система за измерване и контрол на параметри на работна среда: температура, влажност, скорост на движение на въздуха и осветеност. Тя е изградена на основата на модули тип EXPERT - EX9188END и EX9019+. Използвани са следните сензори: LM50 за температура, HUMICOR S6000 за влажност, детекторни модули тип D6A-N на основата на NTC-термистори за скорост на движение на въздуха и оптични сензори тип TSL 250. Приведени са структурата на комуникационната мрежа, алгоритъмът при обработка на заявки с команди и логическият модел на базата данни, в която се записват получените от измерванията резултати. Тези данни могат допълнително да се обработват и да се реализира контрол на параметрите в зададени граници.

**24. Nenova, Z., T.Nenov, S.Kozhukharov, N.Nedev. Humidity sensing element based on Ce-doped SiO<sub>2</sub> films prepared via sol-gel method. 9th Summer School - Advanced Aspects of Theoretical Electrical Engineering Sozopol '2012 , 07.09.12 – 09.09.12, Sozopol, Bulgaria. Proceedings, 2012, p.74-79.**

The present paper proposes humidity sensing elements developed using a sol-gel method to deposit SiO<sub>2</sub> films with additions of Ce-compounds on alumina substrates. The samples are sintered at temperatures 400°C and 800°C in order to investigate its influence on the properties and characteristics of the sensing elements. The surface morphology, chemical composition of the films, and their electrical characteristics have been investigated. EDX and a point-quantitative analysis confirm that the crystals obtained from the sol-gel derived films are built from Ce, Si, and oxygen. SEM-images of the surface of prepared samples show that after sintering at 800°C, the respective crystals and intercrystalline areas have larger sizes than after sintering at 400°C and this affects the electrical properties of the samples. The correlation between intercrystalline area size and sensitivities to the humidity corresponds to the water vapor adsorption mechanism described in the paper. On the basis of the electrical characteristics it was concluded that the samples sintered at 400°C have better properties and they can be used as sensing elements in the range 15...93%RH, compared to these sintered at 800°C, which can be used as switch-elements for humidity sensing.

**25. Недев, Н., З.Ненова, Т. Ненов. Пиезотрансформаторен чувствителен елемент за влажност. Международна научна конференция „УНИТЕХ '12", 16-17 ноември 2012г., Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2012, Том I, с. I-583– I-586.**

Пиезотрансформаторните елементи се използват често за измерване на статични сили, налягания и др., но възможността за приложението им като влагочувствителни елементи е слабо изследвана. В настоящата работа се предлага чувствителен елемент за влажност, изготвен на основата на пиезотрансформатор с нанесен влагоадсорбиращ слой от поливинилов алкохол (PVA). Разработена е конструкция на сензорния елемент и са изследвани образци с различна форма. Получени са амплитудно-честотни характеристики на пиезотрансформаторните чувствителни елементи с нанесен слой, както и зависимостите на изменението на изходното им напрежение при промяна на относителната влажност. Резултатите показват добра чувствителност на предложените пиезотрансформаторни елементи за влажност.



***І.В. ПУБЛИКАЦИИ В ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ „МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ НА ГАЗОВИ КОНЦЕНТРАЦИИ”***

**Статии в списания с Impact Factor**

**26. Nenova, Z., G.Dimchev. Compensation of the Impact of Disturbing Factors on Gas Sensor Characteristics, Acta Polytechnica Hungarica, 2013, Vol.10, No 3, pp.97-111. (IF 0.385)**

Methods for gas control have been extensively developed for the monitoring of air quality, for gas leak control, for the development of ‘electronic nose’ systems, etc. Metal oxide gas sensors have been widely used in particular. However, apart from changes in the controlled gas concentration, changes in their parameters also depend on ambient conditions. The main impact comes from temperature and humidity. Therefore, the compensation of these disturbances is important for increasing the accuracy of concentration measurements of the controlled gases and the reliability of control. The present paper proposes a method for compensating the impact of disturbing factors on gas sensor characteristics using artificial neural networks (ANN). The method is based on a three-dimensional approximation of these characteristics employing an ANN. The method is implemented in two stages: training of the ANN, and real measurement and control of gas concentration. It is applied to the control of methane concentration by gas sensors TGS813 and TGS2611. A trained ANN with back propagation of error with two hidden (input and intermediate) and one output layers has been obtained. The results obtained confirm the applicability of this method. The normalized error after compensation for measurements that were not part of the ANN training, is from -0.05% to +0.35% for sensor TGS813 and from -0.1% to +0.3% for sensor TGS2611.

**Статии в национални списания**

**27. Димчев, Г., З.Ненова, Т.Ненов. Изграждане на безжична сензорна мрежа за мониторинг на газови замърсявания. Автоматика и информатика, 2011, No 4, с.18-22.**

С бързото развитие на съвременната индустрия проблемът с екологичното замърсяване става все по-сериозен. Вредните замърсители в околната среда сериозно може да увредят човешкото здраве. Затова е необходимо да се следят концентрациите им във всеки един момент. В настоящата работа е представена безжична сензорна мрежа за слеждане на някои видове вредни замърсители, свързани с топлоенергетиката. Разгледани са особеностите на технологията ZigBee. Разработен е модул за измерване концентрацията на серен диоксид и въглероден диоксид (HS-135), въглероден оксид (TGS 2442), азотен диоксид (MICS-2710), озон (MICS-2610), сероводород (TGS 2444) и летливи органични съединения (MICS-5521). Модулът включва и сензор за измерване на температурата и влажността (SHT11). Разработен е координатор, формиращ безжичната сензорна мрежа и е показана структурата на мрежата. За начално конфигуриране на крайно устройство (сензорен модул), маршрутизатор или координатор е използван програмният продукт X-CTU.

**Статии в научни трудове и известия на университети в България**

**28. Георгиев, Г., З. Ненова. Контрол на качеството на въздушната среда в затворени помещения. Научни трудове на Русенски университет „Ангел Кънчев”, 2012, Том 51, серия 1.2, с.212-216.**

Контролът на качеството на въздушната среда е важна задача с цел създаване на



здравословни и безопасни условия на труд в затворени помещения. В настоящата работа е направено обобщение на основните типове замърсители на въздуха в офиси, училища и жилищни помещения и са селектирани най-разпространените химически замърсители. От тях летливите органични съединения (VOCs) се характеризират с богато типово разнообразие и множество източници като имат силно негативно въздействие върху човешкото здраве. Направена е обобщена класификация на най-често срещаните в указните типове затворени помещения VOCs.

Предлага се компютърно базирана система за контрол на параметри на въздушната среда на основата на модул за измерване на температура и относителна влажност тип T9600 (GE Measurement and Control) и модул тип AS-ML (Applied Sensor) за детектиране на CO<sub>2</sub> и летливи органични съединения чрез привеждане на анализиранияте съединения към CO<sub>2</sub>-еквивалентни единици. За управление на работата на системата е разработен виртуален инструмент на основата на програмния пакет LabVIEW, позволяващ събиране на данни, обработка, визуализация и контрол на указаните параметри на качеството на въздушната среда.

**29. Ненова, З., Г. Димчев. Разпознаване на газове с помощта на изкуствени невронни мрежи. Известия на ТУ – Габрово, 2013, No 45, с.45-50.**

Измерването на параметрите на въздушната среда е изключително важна задача, свързана с опазването на околната среда и здравето на човека, както и с осигуряването на здравословни и безопасни условия на труд. Предложен е метод за разпознаване на газове с компенсиране на влиянието на температурата и влажността и определяне на газовата концентрация на основата на изкуствени невронни мрежи (ИНМ). Предлаганият метод се основава на използването на отделни ИНМ: за разпознаване на газовете и за определяне на концентрацията, съответно. Всяка една от мрежите работи в два етапа: обучение и реално измерване. Методът е реализиран за разпознаване на газове – метан, изобутан и водород с помощта на газови сензори тип TGS813, TGS2610 TGS2611. Получена е ИНМ1 за разпознаване на газове с обратно разпространение на грешката с два слоя – скрит и изходен. При проверката на достоверността на разпознаване посредством обучената невронна мрежа на наблюдения от различните групи, неучаствали в обучението, е получена правилна класификация на тези наблюдения. След класифицирането на вида на газа към дадена група, се определя концентрацията му. За целта е проведено обучение на ИНМ2 по характеристиките за сензор TGS2611. При това се извършва тримерна апроксимация на характеристиките му с цел компенсиране на влиянието на температурата и влажността. Вследствие на проведеното обучение е получена ИНМ2 с обратно разпространение на грешката с три слоя – два скрити (входен, междинен) и един изходен. Предложеният метод позволява разпознаване на указаните газове и компенсиране на влиянието на температурата и влажността като приведената грешка е в диапазона от -0.21% до +0.28% при метан, от -0.04% до +0.48% - при изобутан и от +0.5% до +0.29% - при водород.

**Доклади на международни конференции в чужбина**

**30. 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 - ICEST 2011, Serbia, Niš, June 29 – July 1, 2011. Proceedings of Papers, Vol.2, pp.287-290.**

Metal oxide gas sensors have been widely used for gas control and monitoring of air quality. However, the resistance changes of these sensors depend not only on controlled gas concentration, but also on temperature and humidity. Therefore, the present paper proposes a method for compensation of the impact of temperature and humidity on gas sensors on the



basis of artificial neural network (ANN). A scheme of the implementation of the method and the respective input and output parameters for measurement and control of a gas pollutant are shown. The compensation method is applied on the control of methane pollution by gas sensor TGS813. The algorithm of compensation and results are presented.

#### **Доклади на международни конференции в България**

**31. Иванов, С., З. Ненова. Сензорен модул за контрол на газове. Международна научна конференция „УНИТЕХ ‘10”, 19-20 ноември 2010г., Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2010, Том I, с. I-524 – I-527.**

Разработен е модул за контрол на газове, включващ сензори за газ тип TGS826 (за амоняк), TGS842 (за метан), TGS4161 (за въглероден диоксид), TGS822 (за пари на органични разтворители, летливи вещества, лесно запалими газове и CO), температурен сензор TC 1047 и електронна схема за управление на подгряването на нагревателите на газовите сензори. Връзката на модула с персонален компютър е реализирана посредством модул за събиране на данни и управление NI USB-6008 (National Instruments). Модулът се управлява посредством LabVIEW виртуален инструмент, който се използва за конфигуриране на измервателния процес. В частност чрез него се задава броят на измерванията за всеки канал и времето между две измервания, както и температурата на подгряване на нагревателите. Събраните данни се визуализират и могат да се записват във файл.

**32. Георгиев, Г., З.Ненова. Контрол на замърсители на въздушната среда в затворени помещения. Международна научна конференция „УНИТЕХ’12”, 16 – 17 ноември 2012, Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2012, Том II, с. II-371 – II-376.**

Различни параметри и множество замърсители формират качеството на въздушната среда в затворени помещения. Базирайки се на изследвания, проведени от редица организации и лабораторни центрове при оценяване на качеството на въздуха, както и на стандарти и препоръки за качество на въздушната среда, са направени обобщени класификации на: основните категории затворени помещения, основните групи замърсители в тях, както и на летливи органични съединения, присъстващи в два и три типа помещения. Обобщени са главните източници на химически замърсители. Привеждат се мерки за редуциране на нивата на замърсяване и подобряване на качеството на въздуха в затворени помещения. В тази връзка се предлага компютърно базирана система за следене и контрол на химически замърсители в затворени помещения и основни фактори на микроклимата – температура и относителна влажност.

#### ***1.С. ПУБЛИКАЦИИ В ТЕМАТИЧНО НАПРАВЛЕНИЕ „ВИРТУАЛНИ МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ И НЕЕЛЕКТРИЧЕСКИ ВЕЛИЧИНИ И ОБРАБОТКА НА ДАННИ”***

##### **Статии в чуждестранни списания**

**33. Nenova, Z. Virtual Instrumentation in Measurement Technology Training. Journal of the University of Applied Sciences Mittweida, 2002, No 9, pp.122-127.**

Rapid advance in virtual instrumentation over the last years has been the result of recent development in modern technologies, especially in computers and IT. Apart from its use in the control and monitoring of real objects, it can be applied in simulating the operation of



various objects and in conducting virtual experiments with varying parameters. The present paper proposes the MeasVI system for measurement technology training using virtual instrumentation. The system has been developed on the basis of Microsoft Power Point. It includes several basic sections: development of data acquisition and control systems; design of virtual instruments based on the LabVIEW software package (including virtual instruments for digital processing as filtering, determining a signal amplitude spectrum, an auto- and cross correlation function, etc.), virtual laboratory practice for measuring electric and non-electric quantities.

**34. Nenova, Z., S. Ivanov. Virtual Instruments for Data Acquisition and Control, Manufacturing Technology, Journal for Science, Research and Production, Vol.X, Number special, December 2005, pp.139-142.**

Virtual instrumentation is widely used along with the classic measurement instruments. It has the flexibility to carry out various types of measurements and allows building of Internet based virtual laboratories. The present paper describes several virtual instruments, based on LabVIEW. They can be used with a wide range of sensors with polynomial, exponential, logarithmic and rational-fraction characteristics. There is also the possibility for characteristic approximation with an artificial neural network (ANN). Some of the virtual instruments can perform multi-channel measurement. The sensors are connected to the PC via a module with a serial interface RS-232. The module is designed on the basis of Microchip Pic16F876 microcontroller. The features of LabVIEW for building Internet based systems for remote data acquisition and control have been used as well.

#### **Статии в национални списания**

**35. Ненова, З. Виртуален практикум за измерване на електрически величини. Стандартизация, метрология, сертификация, 2004, No 4, с.27-31.**

С развитието на съвременните информационни технологии нараства приложението на виртуалния инструментариум при измерването и контрола на различни величини наред с традиционните измервателни средства. В настоящата работа се предлага виртуален лабораторен практикум, реализиран на базата на Microsoft Power Point и LabVIEW, който може да се използва в обучението по електрически измервания. Реализират се симулативни измервания на съпротивления посредством косвени методи и мостове за постоянен ток, на мощност посредством косвени методи, на честота чрез фигури на Лисажу и на фазова разлика с еднолъчев и двулъчев осцилоскоп.

**36. Ненова, З., Н. Милков. Виртуален практикум за измерване на неелектрически величини. Стандартизация, метрология, сертификация, 2004, No 12, с.19-27.**

В настоящата работа се предлага виртуален лабораторен практикум за измерване на неелектрически величини, реализиран на базата на Microsoft Power Point и LabVIEW, който може да се използва в обучението по измерване на неелектрически величини. Чрез удобен потребителски интерфейс се избира симулативно измерване на определена величина: температура, влажност, ниво, сила и налягане с използването на различни измервателни преобразуватели. Подходящи подменюта позволяват избирането на описание на принципа на действие на съответния преобразувател, стартиране на виртуален инструмент за работа или описание на този инструмент.

**37. Ненова, З., С. Иванов. Виртуални инструменти за измерване и контрол. Автоматика и информатика, 2006, No 2, с.27-30.**

Виртуалният инструментариум позволява голяма гъвкавост при провеждането на



измерванията, контрола и управлението. На основата на програмния пакет LabVIEW в настоящата работа са разработени виртуални инструменти, позволяващи измерване и контрол на електрически и неелектрически величини от сензори с различни функции на преобразуване: полиномиална, експоненциална, логаритмична, дробнорационална или апроксимирана по зададени експериментални точки с невронна мрежа. Като информативен параметър може да се използва напрежение, честота или интервал от време. Реализирана е компютърно базирана система на основата на NI PCI-6023E (National Instruments). Приложени са възможностите на LabVIEW за организиране на Web-базирани измервания и контрол.

**38. Ненова, З. Интернет-базирана измервателна система. Автоматика и информатика, 2007, No 4, с.20 -24.**

Предложена е Интернет-базирана измервателна система, изградена на основата на многофункционална платка за събиране на данни NI PCI-6023E, използваща системната шина на персоналния компютър и измервателен USB-модул NI USB-6008 (National Instruments). За управление на работата на системата са разработени LabVIEW виртуални инструменти. Приведени са хардуерната и софтуерната структури на системата. Системата позволява многоканално измерване на напрежение, честота, интервал от време, температура, относителна влажност и енергетична осветеност. Резултатите се визуализират посредством виртуални осцилоскопи, аналогови и цифрови индикатори. Разработените виртуални инструменти са тествани за работа от отдалечени потребители посредством Интернет.

**39. Ненова, З, С. Иванов. Виртуален инструментариум за измерване и контрол на основата на сензори с интерфейс I<sup>2</sup>C. Автоматика и информатика, 2010, No 1, с.39-42.**

Редица фирми предлагат сензори с цифров интерфейс I<sup>2</sup>C. Това улеснява включването им в цифрови и компютърно базирани системи, чрез които се решават различни задачи за измерване, контрол и автоматизация. В настоящата работа се предлага измервателна система на основата на специализиран модул NI USB-8451 и сензори за температура тип AD7416 и на светлинна интензивност тип TSL2561 с интерфейс I<sup>2</sup>C. С помощта на LabVIEW са разработени съответни виртуални инструменти (ВИ). При включването на сензори AD7416 ВИ позволяват едно- и многоканално измерване на температура, нейния контрол в зададени от потребителя граници, определяне на статистически оценки, както и мониторинг и визуализиране на получените резултати във времето. При включването на сензори TSL2561 с помощта на ВИ е възможно следенето на осветеността в дадени точки като предавателната функция съответства на чувствителността на човешкото око към светлината. При съвместното включване на този тип сензори е възможно провеждането на контрол за съответствието на температурата и осветеността в работните помещения на нормите, които се определят от стандартите. Разработените ВИ могат лесно и удобно да се модифицират за работа с различни сензори с интерфейс I<sup>2</sup>C като се изменят съответните адреси и заложените вид функции на преобразуване.

**Доклади на международни конференции и симпозиуми в България**

**40. Ненова, З., Н. Милков. Виртуален инструментариум при измерване на неелектрически величини. Международна научна конференция "УНИТЕХ '04", 18-19 ноември 2004, Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2004, Том I, с.I-77 – I-80.**

В настоящата работа са приведени LabVIEW виртуални инструменти (предни панели и блокови диаграми) за симулативно измерване на редица неелектрически величини.



Представените виртуални инструменти (ВИ) позволяват симулиране на измерване на: температура с термистори; относителна влажност с импедансни керамични сензори; ниво на течности с капацитивни преобразуватели; сила с тензорезистори, включени в мостова схема; налягане с пиезотрансформаторен чувствителен елемент. При разработването на блоковите диаграми на ВИ са използвани реални характеристики на измервателни преобразуватели, описани с аналитични зависимости или апроксимирани с полиноми, получени по метода на най-малките квадрати. Виртуалният инструментариум може ефективно да се използва като средство за обучение, при което удобно може да се изследва влиянието в широки граници на различни параметри, което невинаги е лесно реализуемо в реален експеримент. Това прави възможно свързването на теоретичните познания с очакваните експериментални резултати и позволява самостоятелно провеждане на подготовка на обучаемия.

**41. Ненова, З., Д. Пенев. Виртуален практикум по цифрови схеми и устройства. Международна научна конференция "УНИТЕХ '05", 24-25 ноември 2005, Габрово. Сборник доклади, Габрово, 2005, Том I, с.I-330 – I-334.**

В настоящата работа се предлага виртуален практикум, разработен на основата на Microsoft Power Point, позволяващ теоретично запознаване с работата на основни логически елементи, комбинационни и последователностни логически схеми, цифрово-аналогови и аналогово-цифрови преобразуватели (ЦАП и АЦП), както и симулация на работата им. За да може да се проследи действието на тези схеми и устройства са разработени съответни виртуални инструменти на основата на програмния пакет LabVIEW. За АЦП са предвидени възможности за симулиране на работа в режими на разгъващо развномерностъпално, разгъващо поразрядно и следящо уравновесяване. Потребителският интерфейс е удобен и лесен за работа като чрез бутони и хипервръзки може да се избират различни раздели и подраздели, както и да се стартират програми и файлове. Практикумът дава възможност също за реално управление на цифрови входове/изходи в компютърно базирана система на основата на многофункционална платка NI PCI-6023E (National Instruments).

## **II. КНИГИ**

**42. Nenova, Z., B.Mäule. Measurement and Control. Part One: Measurement. Gabrovo, Alma Mater International, 2001.**

Over the last years the rapid development of computer science and the broad use of personal computers (PCs) resulting from their ever more growing possibilities and affordable prices have determined some new aspects in the development of information processing technologies, and, respectively, of measurement and control systems. The application of computer-based measurement and control systems known as PC-based data acquisition and control systems built up on the basis of special PC-boards, modules and components, has become indispensable and of utmost importance. There is such a wide variety of PC-boards, modules, components and software that users may be embarrassed when deciding on the configuration of systems for specific application or can be led to a less satisfactory choice. The book studies the structure of PC-based data acquisition and control systems, their basic components and configurations, the ways of building up their input/output sub-systems, and gives a classification of the hardware offered; on the basis of samples of PC-boards/modules and specialized software supplied by leading manufacturers are discussed various approaches and opportunities for data acquisition and control, advantages and disadvantages of their application, as well as criteria to select them. These approaches can be applied both in new developments and in the fast and easy orientation in the field of hardware and software offered, as well as in the selection of the best variant for each specific case.



Section I treats a general schema for building up PC-based data acquisition and control systems studying their basic components and functions. Section II gives the possible configurations of these systems, as well as the part each basic component plays in them. Section III discusses the organization of multi-channel sub-systems for data acquisition and control, and in particular – various input/output sub-systems basic for the PC-boards and modules. A classification is made of the offered PC-boards, modules and components for data acquisition and control as on the basis of examples in each group, a variety of circuits and approaches to implementation, possibilities, advantages and restrictions is illustrated. Section IV provides examples of frequently used software packages for operating maintenance of the considered systems under DOS or Windows. The examples illustrate the broad scope of possibilities ensured by the application of PC-virtual instrumentation. Section V discusses the major criteria to be applied in the selection of data acquisition and control PC-hardware since the demand for the highest indicators of all parameters leading to exorbitant prices is often ungrounded. On the other hand, the inaccurate read-out of some indicators (e.g., the sampling rate for each channel depending on the number of the channels used) may actually lead to an impossibility to solve the problem set. Section VI treats smart sensors, PC-interfaces and buses.

The book is used in courses for computer based measurement technology and automation.

### **III. УЧЕБНИЦИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧНИ ПОСОБИЯ**

**43. а. Ненова, З., С.Иванов, Т.Ненов. Сензори в индустриалната автоматизация. Габрово, Екс-Прес, 2011. (на 5 езика)**

**б. Nenova, Z., S.Ivanov, T.Nenov. Sensors in industrial automation. Gabrovo, Ex-Press, 2011.**

**в. Nenova, Z., S.Ivanov, T.Nenov. Sensoren in der industriellen Automatisierung. Ex-Press, 2011.**

**г. Nenova, Z., S.Ivanov, T.Nenov. Andurid Tööstusautomaatikas, Tallinn, 2011.**

**д. Nenova, Z., S.Ivanov, T.Nenov. I sensori nell'automazione industriale. Ex-Press, 2011.**

Развитието на индустриалната автоматизация е свързано с разработването на автоматизирани системи за управление на различни технологични процеси и машини. За получаване на информация за състоянието на управляваните обекти служат сензорите. Поради това те са елементи от системите за управление, преобразуващи контролираната величина (температура, налягане, влажност, поток и др.) в сигнал, удобен за измерване, съхраняване и обработка.

В Глава I е разгледана класификацията на сензорите и изискванията към тях. Представени са основните принципи на функционирането им.

Обект на разглеждане в Глава II са температурните сензори. Описани са термоелектрическите и терморезисторните преобразуватели. Разгледани са също термодиодите, термотранзисторите и интегралните температурни сензори.

В Глава III са описани сензори за сила и механични напрежения. Представени са тензорезисторните, пиезоелектрическите и магнитоеластичните преобразуватели.

Глава IV разглежда сензорите за налягане. Представени са различни типове сензори за налягане – взаимноиндуктивни, капацитивни, пиезоелектрически, тензорезистивни и оптични.

Сензорите за положение, преместване, скорост и ускорение са разгледани в Глава V. Описани са контактните, потенциометрични, индуктивни, взаимноиндуктивни, капацитивни, оптични, индукционни и пиезоелектрически преобразуватели. Представена е конструкцията на сензорите.

В Глава VI са разгледани сензорите за поток. Описани са ротационните, на основата на



измерване на налягане, ултразвуковите, магнито-индуктивните, калориметричните и вихровите сензори за поток.

В Глава VII са представени сензорите за влажност. Дадени са основните определения за влажност и класификация на сензорите за влажност. Разгледани са различните типове сензори в съответствие с класификацията.

Сензорите за регистриране на обекти са представени в Глава VIII. Разгледани са контактните сензори, сензори за близост и оптични сензори.

В Глава IX са представени газовите сензори. Направена е класификация и са разгледани различните типове газовите сензори като основно внимание е отделено на металоокисните.

В Глава X са разгледани интерфейсите, които се използват в сензорите. Представени са основните цифрови интерфейси за жична и безжична комуникация.

За проверка на нивото на усвояване на материала от обучаваните са представени контролни въпроси по отделните глави.

Учебникът може да бъде използван от студенти и специалисти при обучение в области, свързани с приложението на сензорите в индустриалните системи за управление и в обучението по програми за повишаване на квалификацията и преквалификация на работещи в малки и средни предприятия.

Съдържанието на учебника съответства на учебната програма по дисциплината „Измерване на неелектрически величини” и се използва при обучението на студенти от специалност „Автоматика, информационна и управляваща техника”, ОКС „бакалавър” на Технически университет – Габрово.

#### **44. Ненова, З., Г. Велев. Измервания и контрол в безопасността на труда. Габрово, Габрово Принт, 2008.**

Учебникът е посветен на измерванията и контрола, свързани с електробезопасността на работното оборудване и факторите на работната среда като осветеност, микроклимат, шум, вибрации и др. За всеки един от факторите се разглеждат основните характеристики и параметри, измервателни схеми и уреди.

В Глава I е направена класификация на мрежите за ниско напрежение и се разглежда измерването на съпротивлението на изолацията, на допирни и крачни напрежения, на заземители, на безопасно свръхниско напрежение и др.

В Глава II се разглеждат въпроси относно измерването на интензитета на електростатични полета.

Глава III е посветена на измерването на осветеност. Тя включва основни понятия и величини, видове осветление с нормативни изисквания и начини на определяне на основните светлотехнически показатели, както и измервателните уреди и начина на измерване на осветеност.

Глава IV включва разглеждане на измерване на параметри на микроклимат: температура на въздуха, относителна влажност и скорост на движение на въздуха. Разглеждат се методите за провеждане на измерванията и съответните измервателни уреди.

Глава V включва основни понятия, методи и постановка за измерване на въздействието на шума, както и съответните измервателни средства.

В Глава VI се разглеждат основните параметри и видове вибрации, начините на измерване на параметрите на вибрации на цялото тяло и на параметрите на вибрации на системата ръка-рамо. Показани са основни типове измервателни уреди и системи за измерване на параметри на вибрации.

Измерванията на указаните параметри са важен елемент при оценката на риска на работните места и осигуряването на здравословни и безопасни условия на труд. Това е актуален въпрос в дейността на всяка фирма и отговаря на националната политика по безопасност на труда, която е съобразена с международните норми в тази област.



Учебникът е предназначен за студенти от специалност „Безопасност на труда“, образователно-квалификационната степен „магистър“ в Технически университет - Габрово, изучаващи дисциплината „Измервания и контрол в безопасността на труда“, но може да послужи на студенти и дипломанти от сродни специалности от други университети, както и на специалисти по безопасност и охрана на труда.

**45. Ненова, З. Виртуален инструментариум на основата на LabVIEW. Габрово, Алма Матер Интернационал, 2002.**

Виртуалният инструментариум намира широко приложение и е следствие на развитието на съвременните технологии, особено на компютърните. Разработени са различни програмни пакети, ориентирани към създаване и работа с виртуални измервателни средства. Сред тях широко приложение е намерил програмният пакет LabVIEW.

Настоящото ръководство съдържа въведение и 12 лабораторни упражнения, даващи възможност за провеждане на обучение по изграждане с помощта на LabVIEW на виртуални инструменти за измерване, контрол, генериране и цифрова обработка на сигнали.

Във въведението се разглежда начинът на работа с програмния пакет, основните палети, които се използват при създаване на виртуални инструменти, техните основни елементи, начина на опроводяване на схемите и др.

В упражненията постъпково е показано изграждането на отделен виртуален инструмент (ВИ). В упражнения No 1, 2 и 3 се привежда начинът на създаване на ВИ съответно за измерване на температура, наблюдението ѝ в реално време посредством осцилограф и графично визуализиране на резултатите от измерванията и статистически анализ. Упражнение No 4 е посветено на създаване на ВИ за контрол на температура. Упражнение No 5 разглежда изграждане на ВИ за генериране на сигнал с определени параметри и смесването му с шум, а упражнение No 6 - ВИ за генериране на няколко сигнала с определени параметри, смесването им и добавяне на шум. Упражнение No 7 включва ВИ за определяне на амплитуден спектър на сигнали, а упражнение No 8 - ВИ за цифрова филтрация на сигнали. Представените в упражнения No 9 и No 10 ВИ служат за определяне съответно на автокорелационна и взаимнокорелационна функция. ВИ за генериране на сигнал и шум и запис на резултатите във файл е представен в упражнение No 11. Упражнение No 12 разглежда създаването на ВИ за четене от файл на предварително записан сигнал.

С всяко ново упражнение се разглеждат нови елементи в изграждането на ВИ. Затова за целите на обучение се препоръчва последователното им изпълнение. Ръководството дава възможност за провеждане и на самообучение. То е предназначено за студенти от техническите и технологични университети по дисциплини, свързани с разработка на средства и системи за измерване, контрол, автоматизация, цифрова обработка на сигнали и др. с използване на LabVIEW.

**46. Ненова, З. Електрически измервания. Виртуални лабораторни упражнения. Габрово, Екс-Прес, 2013.**

Развитието на съвременните технологии оказва съществено влияние и върху развитието на измервателната техника. Наред с класическите измервателни уреди все по-широко се използват виртуалните измервателни средства, изградени на основата на персонални компютри (PC). С появата на Internet се излиза извън представите за традиционните измервателни уреди. Виртуалните измервателни средства са изградени от множество елементи и компоненти, включително и такива, разположени в различни точки на света. Тези измервателни средства се обединяват и под названието виртуален инструментариум. Създават се Web-базирани лаборатории. Освен при контрола и управлението на реални обекти, чрез виртуалните инструменти може да се симулира



работата на редица обекти и да се извършват виртуални експерименти с вариране на много параметри, което по-трудно би се реализирало в реални условия.

В настоящото ръководство възможностите на виртуалния измервателен инструментариум се използват по дисциплината „Електрически измервания“. Предвидено е виртуалните лабораторни упражнения да се изпълняват на основата на Microsoft PowerPoint презентация, от която се стартират съответни LabVIEW виртуални инструменти и се реализират връзки към други файлове. Електронните обучаващи материали включват въведение и пет лабораторни упражнения. Във въведението се описва развитието на измервателните средства и появата на виртуалния инструментариум, както и програмния пакет LabVIEW, позволяващ бързо и ефективно изграждане на виртуални инструменти. Виртуалните лабораторни упражнения позволяват симулиране на електрически измервания на съпротивление (посредством косвени методи и мостове за постоянен ток), на еднофазна мощност посредством косвени методи, на честота и фазова разлика. Упражненията дават възможност за вариране на различни входни величини и параметри на виртуалните измервателни уреди и изследване на влиянието от тяхното изменение и методичните грешки при измерванията. Те включват основни сведения за използваните измервателни методи, виртуалните инструменти за тяхната реализация като всяко лабораторно упражнение завършва със задачи за изпълнение. Виртуалните лабораторни упражнения способстват за самостоятелната подготовка и извършването им от обучаващите се.

Ръководството е предназначено за студенти от всички специалности на факултет „Електротехника и електроника“ на Технически университет – Габрово, но може успешно да се използва и от студенти от други специалности, както и в други технически и технологични университети, изучаващи курсове по електрически измервания.

#### **47. Ненова, З. Измерване на неелектрически величини. Виртуални лабораторни упражнения. Габрово, Екс-Прес, 2013.**

В настоящото ръководство са включени упражнения по дисциплината „Измерване на неелектрически величини“, в които се използват възможностите на виртуалния измервателен инструментариум. Предвидено е виртуалните лабораторни упражнения да се извършват в електронна форма на основата на Microsoft PowerPoint презентация, от която се стартират съответни LabVIEW виртуални инструменти и се реализират връзки към други файлове. Електронните обучаващи материали включват въведение и пет лабораторни упражнения. Във въведението са дадени основни сведения за компютърно базираните системи за измерване и контрол, техните елементи и конфигурации. Основен елемент на тези системи са сензорите на различни неелектрически величини. Така тези системи успешно се използват при решаването на практически неограничен кръг задачи за управление на технологични процеси, мониторинг и контрол. Виртуалните лабораторни упражнения позволяват симулиране на работата на различни измервателни преобразуватели на неелектрически величини: на метални терморезистори, термистори, термодвойки, сорбционни импедансни сензори за влажност, тензорезистори, капацитивни и пиезотрансформаторни преобразуватели. Чрез тях се позволява симулативно измерване и визуализиране на резултатите при измерване съответно на температура, относителна влажност, ниво на течности, сила и налягане. Упражненията са аналог на класически базови лабораторни упражнения по дисциплината „Измерване на неелектрически величини“. Във всяко упражнение се дават основни теоретични сведения за съответните преобразуватели, виртуални инструменти за измерването на дадена неелектрическа величина и задачи за изпълнение, включващи и формата за представяне на резултатите. Тези виртуални лабораторни упражнения позволяват самостоятелната подготовка и провеждане на упражненията.



Ръководството е предназначено за студенти от специалност „Автоматика, информационна и управляваща техника” на Технически университет – Габрово, но може успешно да се използва и от студенти от тази и сродни специалности и в други технически и технологични университети, изучаващи курсове по измервателни преобразуватели и измерване на неелектрически величини.

**48. Ненова, З., С.Иванов, Т.Ненов. Сензори в индустриалната автоматизация. Електронни обучаващи материали: [www.automatic-project.eu](http://www.automatic-project.eu) (Модул 2)**

Електронни обучаващи материали:

- Лекционен курс – електронно издание на „Сензори в индустриалната автоматизация”.
- Интерактивни упражнения:

**Ненова, З.:** Упражнение 4: Включване на тензорезистори в мостови измервателни схеми.

Упражнение 7: Конструкции и сравнителна класификация на индуктивни и взаимноиндуктивни, магнетоеластични и индукционни преобразуватели.

Упражнение 8: Конструкции и сравнителна класификация на единични и диференциални преобразуватели от различен тип

- Тестове за самооценка.

Подпис:

/доц.д-р инж. З.Ненова/

09.09.2013г.  
гр.Габрово