

АНАЛИЗА БРЗИНЕ ОДЗИВА СЕНЗОРА ПРОТОКА ВАЗДУХА СА СЕГМЕНТИРАНИМ ДЕБЕЛОСЛОЈНИМ НТЦ ТЕРМИСТОРИМА

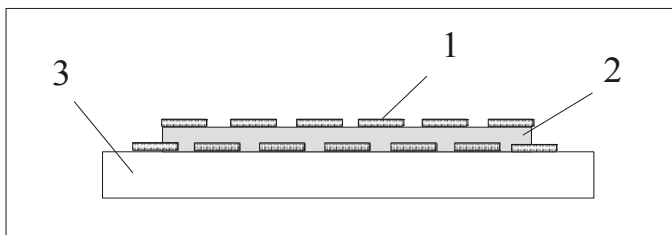
О. С. Алексић¹, К. М. Paraskevopoulos², П. М. Николић³, Славица Савић³, Милољуб Д. Луковић¹,
К. Т. Радуловић³, Верица Ж. Пејовић¹

¹Центар за мултидисциплинарне студије, ²Department of Physics, Aristotle University, Thessaloniki 54006, Greece, ³ИТН САНУ, Београд

Садржај – Дебелослојни НТЦ термистори величине 12 X 75 mm сегментираног типа добијени су штампањем НТЦ 3К3 95 / 2 (ЕИ Иртел) пасте на алумина подлогама. После мерења отпорности R у функцији од температуре T у клима комори (индиректно загревање) и UI карактеристике (самозагревање константном струјом) формиран је сензор протока ваздуха са два сегментирана НТЦ термистора из исте серије. Мерена је инерција система и анализирана погодност примене сензора за климатизацију просторија.

1. УВОД

Синтеровани НТЦ термистори на бази оксида Co, Mn, Fe и Si детаљно су проучавани неколико деценија [1]. Прве НТЦ пасте за штампање дебелих слојева реализоване су пре две деценије [2]. Анализа планарних дебелослојних термистора као што су сендвич, вишеслојни, сегментирани, чешљаст и анализа термичких својстава дебелих НТЦ слојева рађене су недавно [3-7]. У овом раду анализира се примена само сегментиране НТЦ термисторске конструкције за мерење протока ваздуха. Попречни пресек НТЦ сегментираног термистора дат је на слици 1, а фотографија реализованих дебелослојних НТЦ термистора на слици 2.

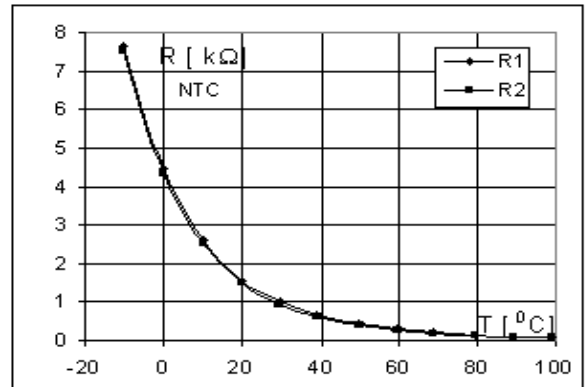


Сл.1. Попречни пресек дебелослојног сегментираног НТЦ термистора : 1. PdAg-електроде, 2. НТЦ слој, 3. алумина. Сегменти су везани редно у цик-чак поретку. Отпорност је пропорционална броју сегмената.

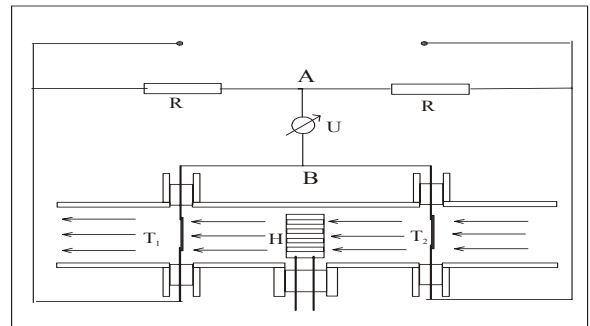


Сл.2. Пар сегментираних НТЦ термистора

Сензори су штампани са 3К3 95 / 2 НТЦ пастом (ЕИ Иртел) и синтеровани на $850\text{ }^{\circ}\text{C} / 10\text{ min}$. Пар дебелослојних сегментираних НТЦ термистора показивао је на собној температури вредности отпорности од $R_0 = 1565\text{ }\Omega$ и $1503\text{ }\Omega$. Промена отпорности приказаних сегментираних НТЦ термистора у функцији од температуре мерена је у клима комори, а резултати су дати дијаграмом на слици 3. Код сензора протока ваздуха они функционишу као пар термистора који се везују у мостове типа Витстоновог моста (слика 4).



Сл.3. Промена отпорности R пара сегментираних НТЦ термистора у функцији од температуре T (конструкција дата на сл. 1, а фотографија на сл.2). НТЦ слој штампан са 3К3 95 / 2 НТЦ пастом и синтерован на $850\text{ }^{\circ}\text{C} / 10$ минута



Сл. 4. Мерење протока ваздуха у ваздушном воду помоћу Витстоновог моста и термистора са индиректним загревањем : T_1 и T_2 – НТЦ сегментирано термистори, H – грејач у стаклу (мала сијалица). R – отпорници за

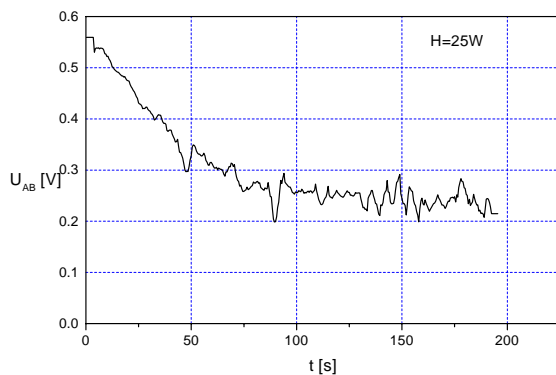
линеаризацију моста. U - напон на мосту као функција од протока ваздуха.

Код методе са индиректним загревањем НТЦ термистора који се налазе у ваздушном воду на средини вода (цеви) је постављен грејач у стаклу чија се снага могла мењати (20, 40, 60 W).

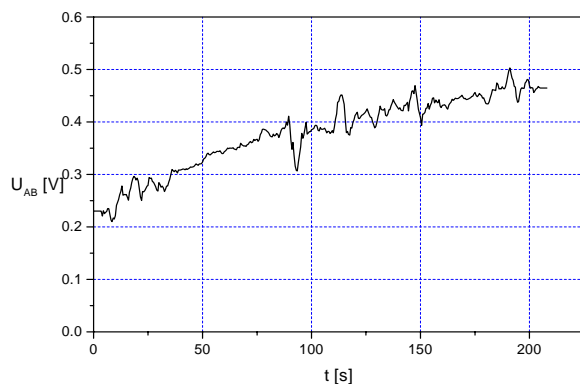
Код НТЦ термистора са сопственим загревањем нема грејача већ се кроз њих пропушта константна једносмерна струја која их загрева. Један термистор се налази у ваздушном воду, а други напољу у просторији (мери температуру ваздуха). Разлика напона на њима у функцији времена при промени протока ваздуха од 0.03 до 10 l/s даје брзину одзива овог система. Тако су добијена су два метода мерења : са директним и индиректним загревањем.

2. ОДЗИВ СЕНЗОРА ПРОТОКА ВАЗДУХА СА ИНДИРЕКТНИМ ЗАГРЕВАЊЕМ ТЕРМИСТОРА

Напон U Витстоновог моста (види слику 4) мерен је као $U=U_{AB}$ при брзој промени протока Q од минимума ка максимуму и обрнуто. U_{AB} представља временски одзив сензора (сл. 5-8). Као параметар мењала се снага грејача H . Промена напона мерена је сваких 100 ms помоћу аквизиционе картице за РС рачунар типа Electronic Design - ED248. Проток ваздуха $Q(12V)=9.8\text{ dm}^3/\text{s}$.

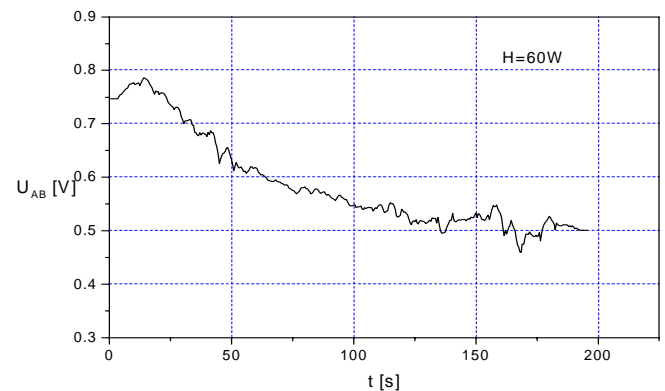


Сл 5. Инерција сензора протока ваздуха са сегментираним НТЦ термисторима као на слици 4, U_{ab} напон на мосту у функцији времена t , при брзом укључењу максималног протока $Q(12\text{ Vdc})$. Снага грејача $H=25\text{ W}$.

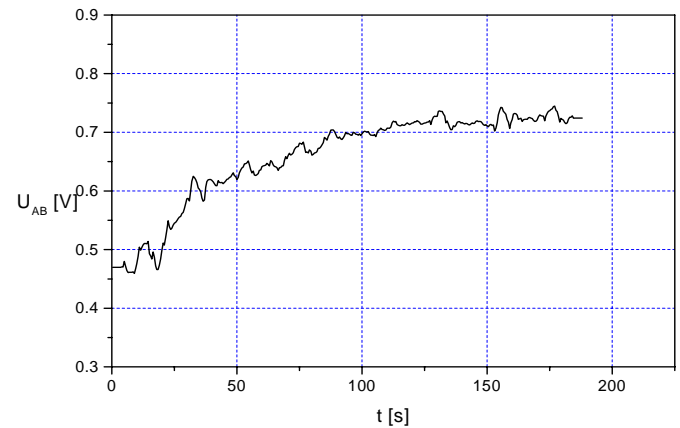


Сл.6. Инерција сензора протока ваздуха са сегментираним НТЦ термисторима као на слици 4, U_{ab}

напон на мосту у функцији времена t , при брзом искључењу максималног протока $Q(12\text{ Vdc})$. Снага грејача $H=25\text{ W}$.



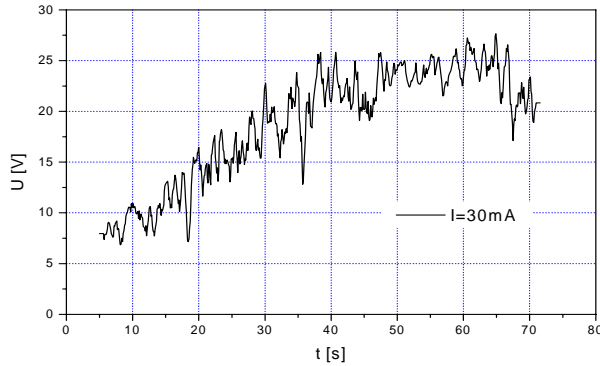
Сл 7. Инерција сензора протока ваздуха са сегментираним НТЦ термисторима као на слици 4, U_{ab} напон на мосту у функцији времена t , при брзом искључењу максималног протока $Q(12\text{ Vdc})$. Снага грејача $H=60\text{ W}$.



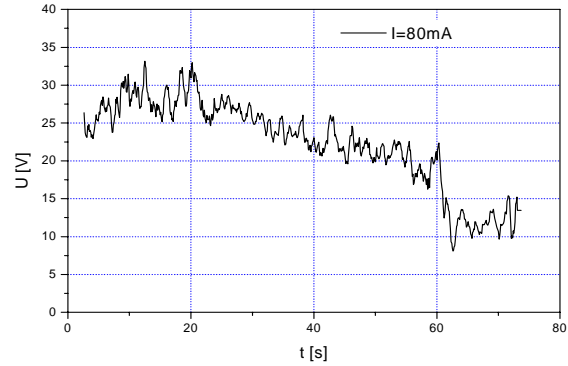
Сл.8. Инерција сензора протока ваздуха са сегментираним НТЦ термисторима као на слици 4, U_{ab} напон на мосту у функцији времена t , при брзом искључењу максималног протока $Q(12\text{ Vdc})$. Снага грејача $H=60\text{ W}$.

3. ОДЗИВ СЕНЗОРА ПРОТОКА ВАЗДУХА СА СОПСТВЕНИМ ЗАГРЕВАЊЕМ ТЕРМИСТОРА

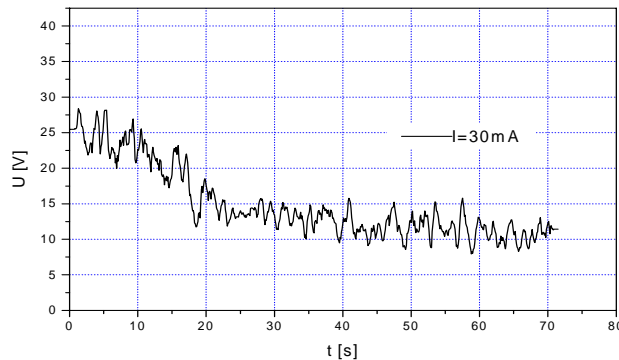
Мерење одзива сензора протока ваздуха са сопственим загревањем термистора вршено је тако што је сензор у ваздушном воду (види сл.4.) напајан једносмерном константном струјом од 30, 50, 80 и 100 mA, а мерена је промена напона U на термистору у функцији времена кад се проток ваздуха нагло повећа са 0,03 на 10 dm^3/s или обрнуто кад се смањи са 10 на 0.03 dm^3/s . На сликама 9 и 10 константна струја струјног извора је била 30 mA, а на сликама 11 и 12 константна струја је била 80 mA. Мерење напона U је вршено сваких 100 мили секунди, као и у претходном случају, аквизиционом картицом Electronic Design ED 248.



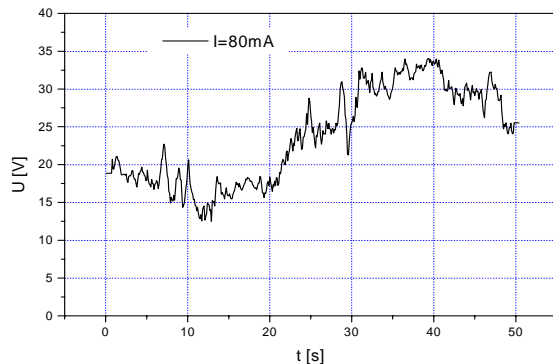
Сл 9. Инерција сензора протока ваздуха са сегментираним НТЦ термисторима као на слици 5., U -напон на термистору у функцији времена t , при брзом укључењу максималног протока Q (12 Vdc). Сопствено загревање константном струјом $I=30\text{ mA}$



Сл12. Инерција сензора протока ваздуха са сегментираним НТЦ термисторима као на слици 5., U -напон на термистору у функцији времена t , при брзом искључењу максималног протока Q (12 Vdc). Сопствено загревање константном струјом $I=80\text{ mA}$



Сл10. Инерција сензора протока ваздуха са сегментираним НТЦ термисторима као на слици 5., U -напон на термистору у функцији времена t , при брзом искључењу максималног протока Q (12 Vdc). Сопствено загревање константном струјом $I=30\text{ mA}$



Сл11. Инерција сензора протока ваздуха са сегментираним НТЦ термисторима као на слици 5., U -напон на термистору у функцији времена t , при брзом укључењу максималног протока Q (12 Vdc). Сопствено загревање константном струјом $I=80\text{ mA}$

4. ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Инерција дебелослојних НТЦ термистора сегментираног типа који су приказани на сликама 1 и 2 зависи од топлотне проводности НТЦ слоја и алумине као подлоге. Из литературе [1] је познато да термистори мењају отпорност у врло кратком времену (наносекунде). Отпорност сегментираног термистора на слици 3 је глатка крива, јер је мерење стационарно. Пар отпорника из исте серије се разликује у средини опсега око 1 % , а то се може елиминисати абразивним подужним тримовањем. У овом раду су за разлику од стационарних мерења вршена динамичка мерења помоћу аквизиционе картице ED 248 са временом од 100 ms узастопно.

Код прве варијанте сензора протока ваздуха са индиректним загревањем термистора дате су две криве укључења (слике 5 и 7) и две криве искључења принудног протока ваздуха (слике 6 и 8). Криве нису глатке због вентилатора који врши принудни проток ваздуха и механички се тресе у некој малој мери, тиме мења импедансу и струју кроз себе, а тиме и проток. Инерција система са кривих је процењена на око 100 секунди, што је погодно за примену у климатизацији просторија. Инерција је последица сабирања утицаја грејача који нема стабилну снагу иако му је напан напајања стабилан (мала сијалица типа Classicstone Philips) јер се принудним ваздушним хлађењем због ПТЦ ефеката грејног влакна мења струја , а тиме и снага зрачења. Овај ефекат грејача смањује нагиб одзива и продужава време одзива. Снага грејача повећава нагиб криве одзива.

Код варијанте сензора протока ваздуха са сопственим загревањем, шумови на кривама укључења принудног тока ваздуха (слике 9 и 11) и кривама искључења тока (слике 10 и 12) су већи него у претходном случају. Разлог томе нису само механичке вибрације вентилатора, већ и тиристорска регулација константне струје у извору за напајање, што се није могло избећи, обзиром на величину струје за самозагревање и ниску отпорност (1.5 k Ω на 20

⁰C) која се динамички стално мења. Ипак са кривих се може проценити да је инерција овог система реда 30 секунди и да он неколико пута брже реагује од претходног, иако се ради о потпуно истом пару сегментираних термистора и истом ваздушном воду. Криве одзива са већом струјом самозагревања имају нешто већи нагиб, као што се и очекивало. У односу на класичне комерцијалне диск термисторе дијаметра 12.5 mm и дебљине 2mm ово време инерције је неколико пута краће.

5. ЗАКЉУЧАК

Анализа одзива два сензора протока ваздуха са дебелослојним сегментираним НТЦ термисторима (са индиректним и сопственим) загревањем је показала да системи са сопственим загревањем имају неколико пута бржи одзив јер немају утицај инерције грејача на коначни одзив. Процењује се на основу нагиба кривих одзива и величине напона одзива да су оба система погодна за примену у климатизацији просторија. Систем са сопственим загревањем има за ред величине већи напонски одзив у односу на одзив линеаризованог Витстоновог моста са два сегментирана термистора који је примењен у варијанти сензора са индиректним загревањем.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] E.D. Maclean, Thermistors, Electrochemical Publications, Glasgow, 1979, pp. 5-11.
- [2] ESL (Electro Science Laboratories.), Thick Film and Optoelectr. Materials, 1973, pp. 1-4
- [3] Fu.S.L. and Chiou, "Studies of Thick Film Thermistors", *Hybrid Circuits*, Vol 4, 1982. pp. 15-8.
- [4] O.S.Aleksić, P.M.Nikolić, M.Simić, V.Ž.Pejović, D.G.Vasiljević - Radović " Resistivity Versus Geometry

Relation in Bulk-Sintered and Thick Film Mn,Co,Fe – Oxide Thermistors", Edited in *Advanced Science and Technology of Sintering*, Plenum Pub, 1999, pp 425-30.

- [5] O. S. Aleksić, P.M.Nikolić, D.G.Vasiljević-Radović, M.D.Luković, S.Đurić, V.Ž.Pejović, K.T.Radulović, D.T.Luković, D.Lj.Vujošević, " Properties of Thick Film NTC Thermistor Layers Based on Nanometric Mn,Co,Fe-Oxide Powder Mixture", *X World Round Table Science of Sintering*, Belgrade 3-6 Septembre 2002, pp 427-433.
- [6] O.S.Aleksić,P.M.Nikolić,D.Luković, K.T.Radulović, D.G.Vasiljević- Radović ,S.M.Savić," Investigation of the Thermal Diffusivity for Thick Film NTC Layers by Photoacoustic Technique", *Microelectronics Int.*, Vol. 21(1), 2004 .pp 10-14.
- [7] [O.S.Aleksić, P.M.Nikolić, L.Lukić, " Analysis of Thick Film NTC Thermistor Properties and Their Applications", *NTB*, Vol 1, *2003, pp 3-16

Abstract - Thick film NTC segmented thermistors 12 x 75 mm in size were realized by screen printing and sintering NTC 3K3 paste on alumina substrata. After measuring the resistivity R as a function of temperature T in the climatic chamber (indirect heating) and measuring UI characteristic (self heating by constant current), an air volume flow sensor was formed using two segmented NTC sensors from the same series. The system inertia was measured and suitability of the sensor as air conditioning sensor was analysed.

RESPONSE ANALYSIS OF AIR VOLUME SENSOR BASED ON THICK FILM SEGMENTED NTC THERMISTORS

О.С. Алексић, К.М. Paraskevopoulos, П.М. Николић, С.М. Савић, М.Д. Луковић, К.Т. Радловић, В.Ж. Пејовић