



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАЏМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број: _____

Датум: 2016-12-07

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 26. редовној седници одржаној дана 30.11.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 11. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 11.8.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење (М85) под називом:

"МЕТОДА ЗА МЕРЕЊЕ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ ВЛАГЕ У ГРАЂЕВИНСКИМ МАТЕРИЈАЛИМА КОРИШЋЕЊЕМ БЕЖИЧНОГ LC СЕНЗОРА"

Аутори техничког решења: Милан Радовановић, Горан Стојановић, Мирјана Малешев, Властимир Радоњанин.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан

Проф. др Раде Дорословачки





УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Досптеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01-сл

Ваш број:

Датум: 2016-11-03

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 25. редовној седници одржаној дана 26.10.2016. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 10. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 10.2.9: У циљу верификације новог техничког решења усвајају се рецензенти:

- Проф. др Петар Марић, Електротехнички факултет, Универзитет у Бањалуци
- Др Милољуб Луковић, научни саветник, Институт за мултидисциплинарна истраживања, Универзитет у Београду

Назив техничког решења:

**"МЕТОДА ЗА МЕРЕЊЕ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ ВЛАГЕ У ГРАЂЕВИНСКИМ
МАТЕРИЈАЛИМА КОРИШЋЕЊЕМ БЕЖИЧНОГ LC СЕНЗОРА"**

Аутори техничког решења: Милан Радовановић, Горан Стојановић, Мирјана Малешев, Властимир Радоњанин.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



Декан

Проф. др Раде Дорословачки

Nova metoda: Metoda za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem bežičnog LC senzora

Rukovodilac projekta: dr Ljiljana Živanov

Odgovorno lice: dr Milan Radovanović

Autori: Milan Radovanović, Goran Stojanović, Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin

Razvijeno: U okviru projekta TR32016

Godina: 2016.

Kratak opis

Sistem za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem bežičnog LC senzora sastoji se od: pasivnog LC senzora, antenskog namotaja i instrumenta *Impedance Analyzer*. Senzor je proizveden u PCB (*Printed Circuit Board*) tehnologiji, i sastoji se od paralelne veze induktora i češljastog kondenzatora. Senzor se postavlja u test uzorak građevinskog materijala koji je uronjen u vodu, tako da se promena koncentracije vode u uzorku može meriti bežično (antenskim namotajem) praćenjem promene rezonantne frekvencije senzora. Za ispitivanje i testiranje su korišćeni glinena cigla i siporeks (YTONG) blok kao jedni od najčešće upotrebljivanih građevinskih materijala. Dielektrična konstanta vode je znatno veća u poređenju sa dielektričnom konstantom test uzorka, pa povećana koncentracija vode (odnosno vlage) u uzorcima uslovljava smanjenje rezonantne frekvencije senzora. Za merenja se koristi instrument RF Impedance Analyzer HP-4191A.

Tehničke karakteristike:

Radna temperatura: od 0°C do 80°C

Opseg merenja vlage: od 0 % do 100 %

Tipovi materijala: cigla, YTONG blok, malter, cimente košuljice, izolacija

Komponente sistema: LC senzor, antenski namotaj, Impedance Analyzer

Tehničke mogućnosti:

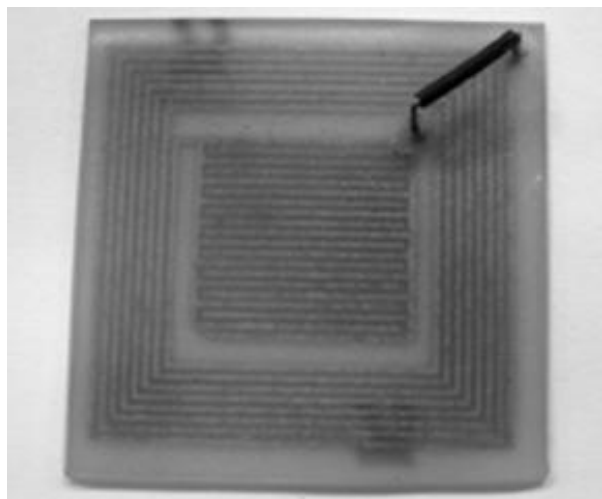
Omogućava detekciju količine vlage (vode) u različitim građevinskim materijalima, kao što su opeka od pečene gline (cigla), YTONG (siporeks) blok, malter, beton, cementne košuljice, izolacija, itd. U zavisnosti da li se meri koncentracija vlage na površini ili na određenoj dubini metoda može biti ne-destruktivna i destruktivna.

Realizator:

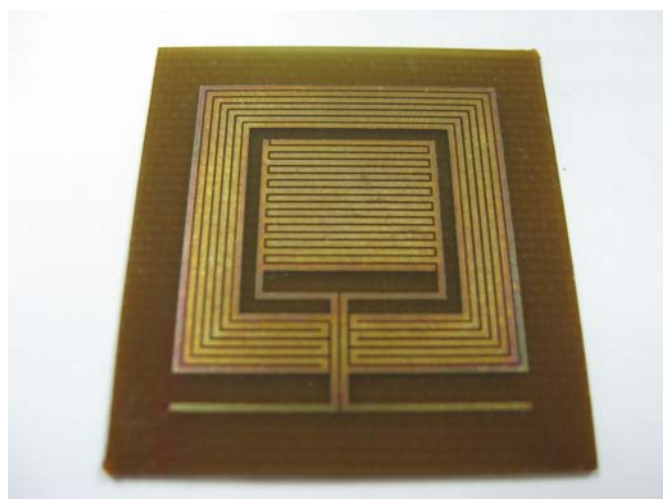
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije, Katedra za elektroniku i Katedra za građevinske materijale, procenu stanja i sanaciju konstrukcija.

Merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima je od posebnog interesa za profesionalce angažovane na izgradnji i održavanju građevinskih objekata, zbog lakšeg uvida u stanje objekata i otklanjanja mogućih problema. Problem velike koncentracije vlage u građevinskim objektima može loše uticati na strukturu samog objekta, a takođe može imati negativne posledice i na zdravlje ljudi odnosno korisnike datog objekta. Dobar kvalitet merenja koncentracije vlage može da pomogne profesionalcima da preduzmu odgovarajuće korake radi otklanjanja problema. Razvoj novih metoda za praćenje i merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima je veoma bitan i sa komercijalne i sa naučne strane. U građevinskoj industriji postoji potreba da se prati veliki broj parametara kao što su uticaj vibracija, vlaga, zamor materijala, i drugih, da bi se imao uvid u stanje građevinskih objekata. Na taj način se obezbeđuje pravovremena rekonstrukcija, posebno za objekte koji su osetljivi na uticaje životne sredine.

Najčešće korišćeni dizajn senzora koji se može naći u literaturi, a koristi se za bežična merenja je prikazan na slici 1. a), i može se videti da najveći problem predstavlja dodatni kontakt koji se koristi da bi se spojio spiralni induktor i integritetni kondenzator. Osnovna prednost senzora predloženog od strane autora ovog tehničkog rešenja jeste to što su izrađeni u jednom metalnom sloju, odnosno nije potrebno naknadno lemljenje kontakta čime se ostvaruje mnogo bolji kontakt senzora sa podlogom. Takođe, prednost novog dizajna senzora je i to što je jeftiniji za proizvodnju. Za testiranje senzora korišćeni su građevinska cigla i YTONG blok kao jedni od najčešće korišćenih materijala u građevinarstvu. Senzor je izrađen na štampanoj ploči (PCB) sa provodnim segmentima od bakra. Dielektrična konstanta vode je znatno veća u poređenju sa dielektričnom konstantom test uzoraka, pa je povećana koncentracija vode (odnosno vlage) u uzorcima uslovljavala smanjenje rezonantne frekvencije senzora.



a)

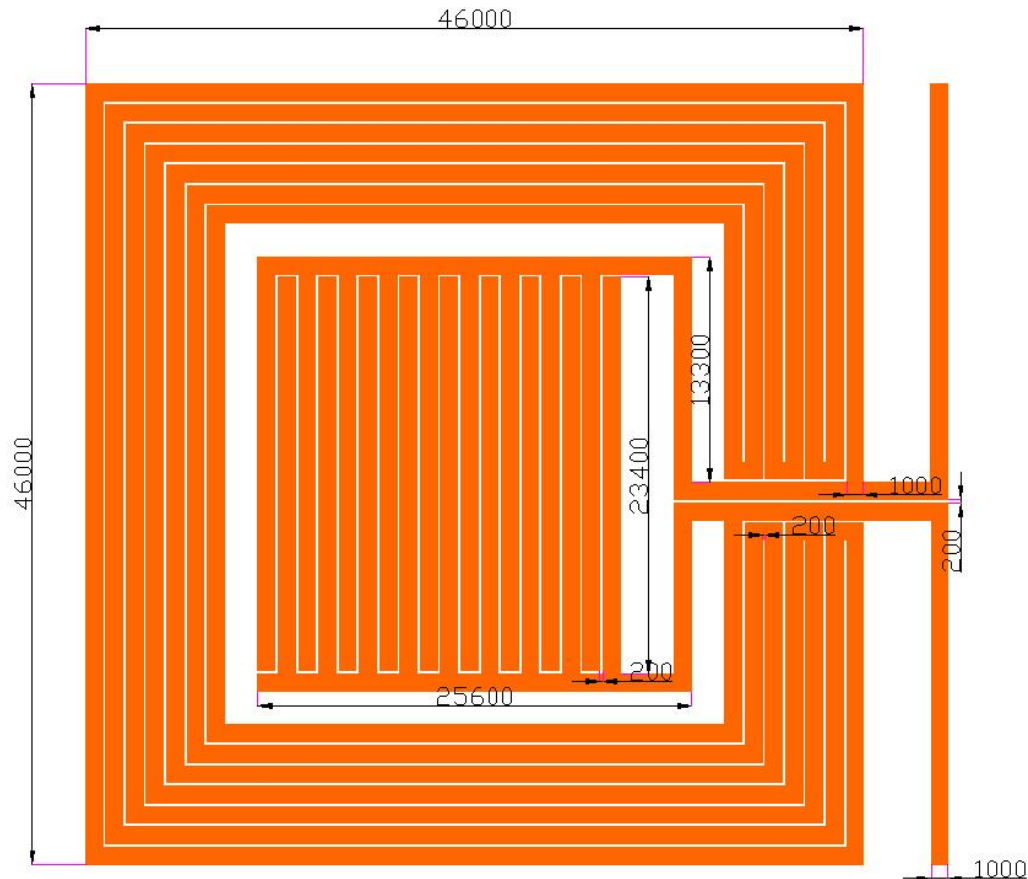


b)

Slika 1. a) Dizajn bežičnog LC senzora koji se najčešće može naći u literaturi; b) Novi dizajn bežičnog LC senzora

Princip rada senzora

Senzori koji su opisani u predstavljaju paralelno rezonantno LC kolo koje se sastoji od induktora i interdigitalnog (češljastog) kondenzatora (Slika 2).

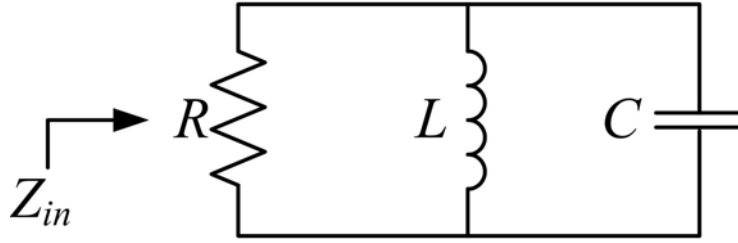


Slika 2. Rezonantno LC kolo sa dimenzijama

Kolo, sa najmanje jednim kondenzatorom i jednim induktorom, je u rezonanci, kada je imaginarna komponenta njene impedanse jednaka nuli, odnosno njegova impedansa je čisto otporna. Paralelno rezonantno kolo, koje je prikazano na slici 3, sastoji se od otporne komponente R , induktivne komponente L , kapacitivne komponente C . Ulazna impedansa takvog kola je:

$$Z_{in} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C \right)^{-1}, \quad (1)$$

gde je j imaginarna jedinica, ω je kružna frekvencija definisana sa $\omega = 2\pi f$, gde je f rezonantna frekvencija kola.



Slika 3. Ekvivalentna šema rezonantnog LC kola

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (2)$$

$$Q = \omega \frac{(\text{prosečno uskladištena energija})}{(\text{gubitak energije})} = \omega \frac{W_L + W_C}{P_R}, \quad (3)$$

gde je W_L prosečna magnetna energija uskladištena u induktoru L, W_C prosečna električna energija skladištena u kondenzatoru C i P_R je snaga disipacije otpornika R. Stoga je Q mera gubitaka nekog rezonantnog kola. U slučaju paralelnog rezonantnog kola:

$$W_C = \frac{1}{4}|U|^2 C, \quad (4)$$

$$W_L = \frac{1}{4}|U|^2 \frac{1}{\omega^2 L}, \quad (5)$$

$$P_R = \frac{1}{2} \frac{|U|^2}{R}, \quad (6)$$

gde je U napon rezonantnog kola. Zamenom jednačina 4 – 6 u jednačinu 3, za Q faktor dobija se sledeća jednačina:

$$Q = \omega_{res} RC = R \sqrt{\frac{C}{L}}. \quad (7)$$

Propusni opseg (B) paralelnog rezonantnog kola se definiše kao opseg frekvencija u kome srednja snaga na otporniku R je jednaka ili veća od polovine njegove maksimalne vrednosti. Odnosno, apsolutna vrednost impedanse strujnog kola je jednaka ili veća od maksimalne impedanse koja se javlja na rezonantnoj frekvenciji podeljena sa. Ovaj uslov je definisan sa:

$$\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2} = \frac{\sqrt{2}}{R}. \quad (8)$$

Dva rešenja koja daju pozitivne vrednosti ugaone frekvencije su:

$$\omega_{1,2} = \pm \frac{1}{2RC} + \sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 + \frac{1}{LC}}. \quad (9)$$

Propusni opseg je:

$$B = f_2 - f_1 = \frac{1}{2\pi RC}. \quad (10)$$

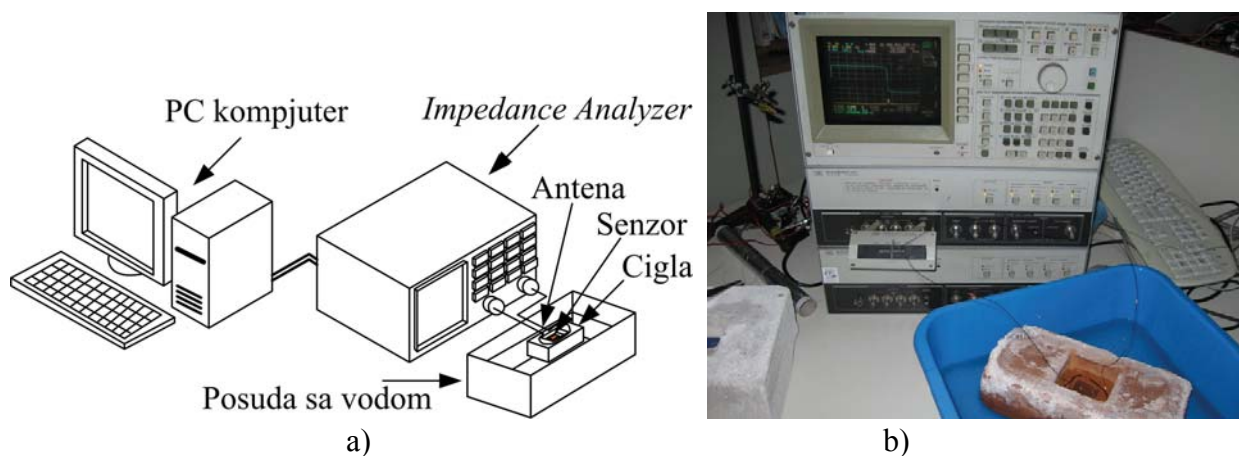
Na osnovu prethodnih jednačina može se zaključiti da Q faktor rezonantnog kola može biti opisan kao odnos rezonantne frekvencije i propusnog opsega:

$$Q = \frac{f_{res}}{B}. \quad (11)$$

Stoga u frekventnom domenu, Q predstavlja relativnu oštrinu rezonantnog pika.

Metoda merenja

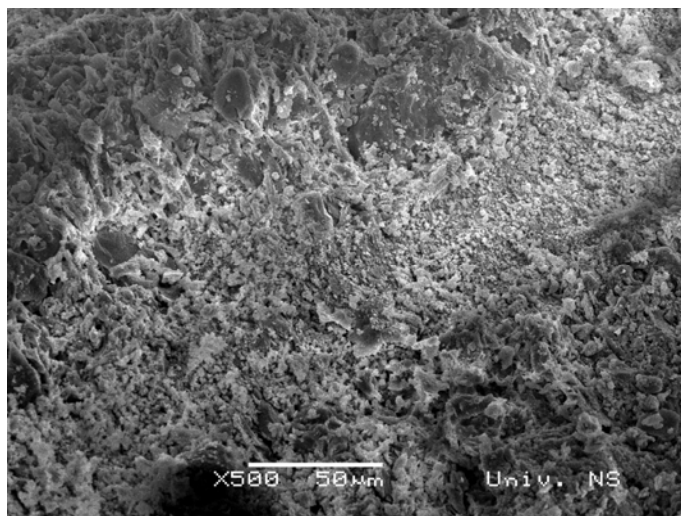
U metodi koja je opisana pomoću antenskog namotaja merena je impedansa bežičnog LC senzora. Na slici 4.a) predstavljena je blok šema kompletne eksperimentalne postavke. U posudu sa vodom je postavljan građevinski materijal unutar koga je postavljen LC senzor, a oko senzora je montiran antenski namotaj (slika 4.b)). Antenski namotaj je bio povezan na uređaj *Impedance Analyzer* kojim je upravljano pomoću računara (vršena su merenja i snimani su rezultati merenja). Posle svakog merenja impedanse vršeno je merenje mase opeke na preciznoj vagi (sa greškom ± 2 gr). Nakon toga je sledila statistička i grafička obrada rezultata merenja i poređenje rezultata sa komercijalnim instrumentnom za merenje vlage.



Slika 4. a) Blok šema metode za merenje koncentracije vlage; b) Eksperimentalna postavka za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem LC senzora

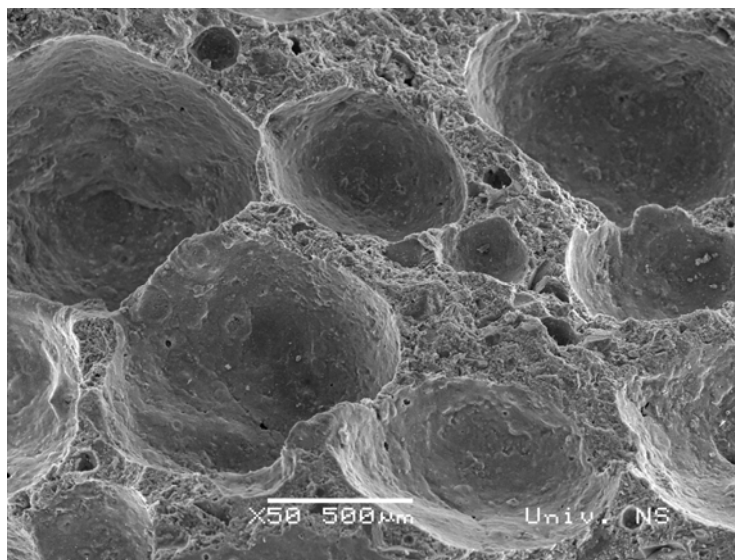
Merenje vlage u grdevinskim materijalima

Za ispitivanje i testiranje su korišćeni opeka od pečene gline i YTONG blok kao jedni od najčešće korišćenih građevinskih materijala.



Slika 5. SEM slika unutrašnje strukture opeke od pečene gline

Opeka od pečene gline (građevinska cigla) je tradicionalni građevinski materijal koji se koristi uglavnom za zidanje zidova. Faze u proizvodnji opeke od pečene gline su: ekstrakcija sirovina, mešanje i oblikovanje, sušenje, pečenje, pakovanje i distribucija. Opeka koja je korišćena u eksperimentu je dimenzija 250 mm × 120 mm × 65 mm. Ovaj proizvod je klasifikovan kao HD opeka (gustine 1400 kg/m³), za zidanje i zaštićen je u skladu sa EN 771-1. Na slici 5 prikazana je SEM slika strukture opeke od pečene gline.

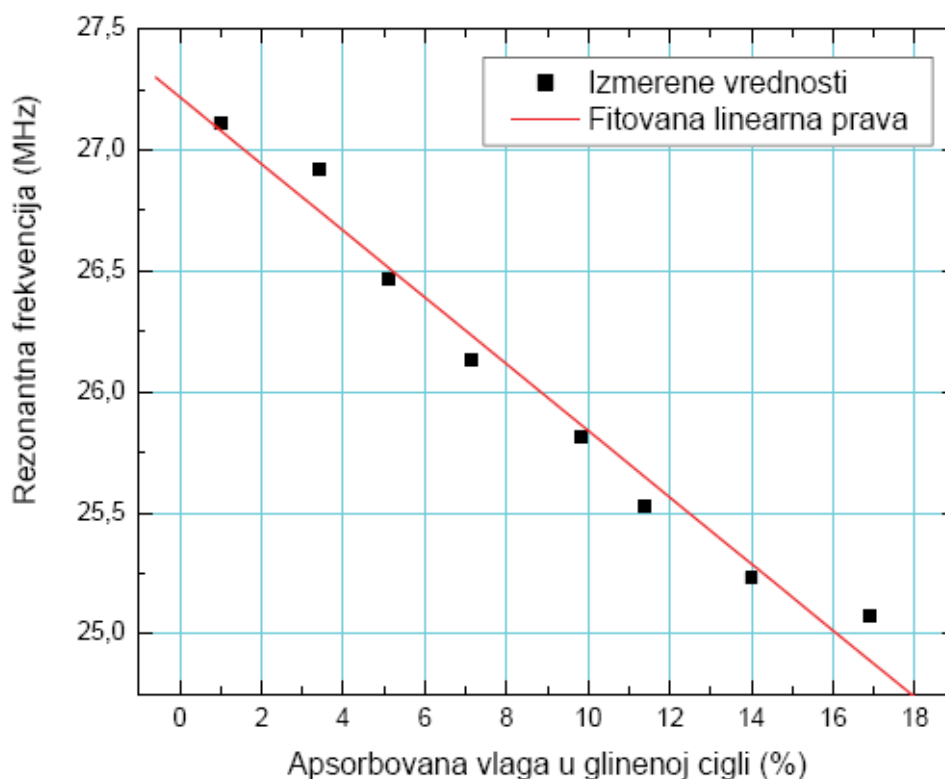


Slika 6. SEM slika unutrašnje strukture YTONG bloka

YTONG blok je relativno nov građevinski materijal koji se danas široko koristi za izgradnju zidova sa poboljšanim termičkim svojstvima i manje je mase od tradicionalnih građevinskih materijala. Laki ćelijski beton je napravljen od prirodnih sirovina - peska, kreča, cementa, vode i vazdušnog agensa. Gustina YTONG bloka je 500 kg/m³ i blok koji je korišćen za testiranje ima

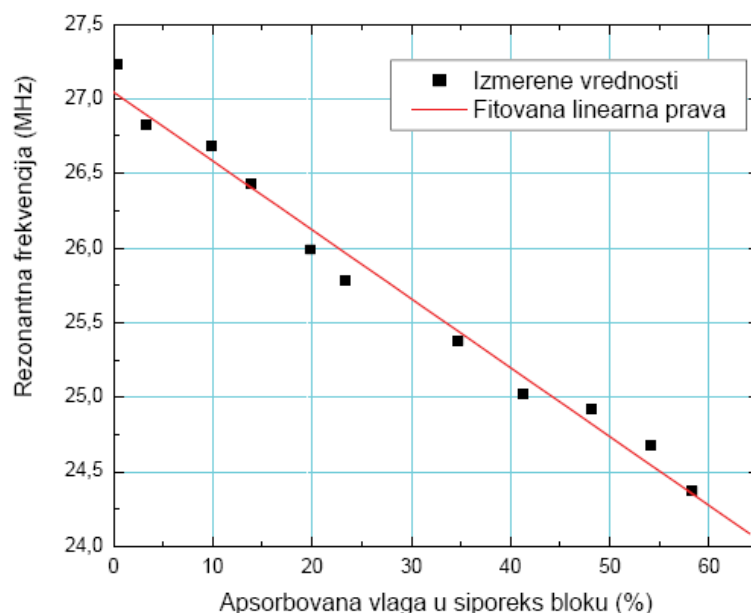
dimenzije 230 mm × 200 mm × 100 mm. Namena YTONG blokova za zidanje definisana je u skladu sa EN 771-4. Na slici 6 prikazana je SEM slika strukture YTONG bloka.

Na slici 7 prikazana je zavisnost rezonantne frekvencije bežičnog LC senzora u funkciji koncentracije vlage u opeci od pečene gline. Sa ovog grafika može se uočiti da se rezonantna frekvencija menja od 27,11 MHz do 25,07 MHz, a procenat apsorbovane vode u rasponu od 1 % do 16,4 %. Opseg promene rezonantne frekvencije je 2,04 MHz dok je promena koncentracije vlage ukupno 15,4 %. Može se, takođe, videti da je odstupanje izmerenih vrednosti od idealne linearne zavisnosti veoma malo (na slici je crvenom linijom prikazana linearna fitovana vrednost).



Slika 7. Promena rezonantne frekvencije LC senzora u funkciji koncentracije vlage u opeci od pečene gline

Zavisnost rezonantne frekvencije bežičnog LC senzora od sadržaja vode u YTONG bloku je prikazana na slici 8. Sa slike se može videti da se rezonantna frekvencija menjala u opsegu od 27,5 MHz do 24,4 MHz, a procenat koncentracije vode u rasponu od 0,4 % do 58 %. Ukupna promena rezonantne frekvencije je 3,1 MHz, a promena koncentracije vode je ukupno 57,6 %. Na slici je crvenom linijom prikazana linearna fitovana vrednost. Zbog vazдушnih pora, YTONG blok ima veći stepen upijanja vode od opeke.



Slika 8. Promena rezonantne frekvencije LC senzora u funkciji koncentracije vode u YTONG bloku

U tabeli 1 prikazane su uporedne vrednosti rezonantne frekvencije za opeku i YTONG blok za iste vrednosti koncentracije vlage. Može se zaključiti da se za manje vrednosti vlage vrednosti rezonantne frekvencije za dva različita materijala razlikuju za svega 1%, dok se za veće vrednosti vlage u materijalu ta razlika povećava i za 10% vlage ta razlika iznosi 2,3%. Ova razlika nastaje zbog strukture materijala, jer opeka ima dosta homogeniju strukturu, za razliku od YTONG bloka koji ima veliki broj vazдушnih pora u svojoj strukturi.

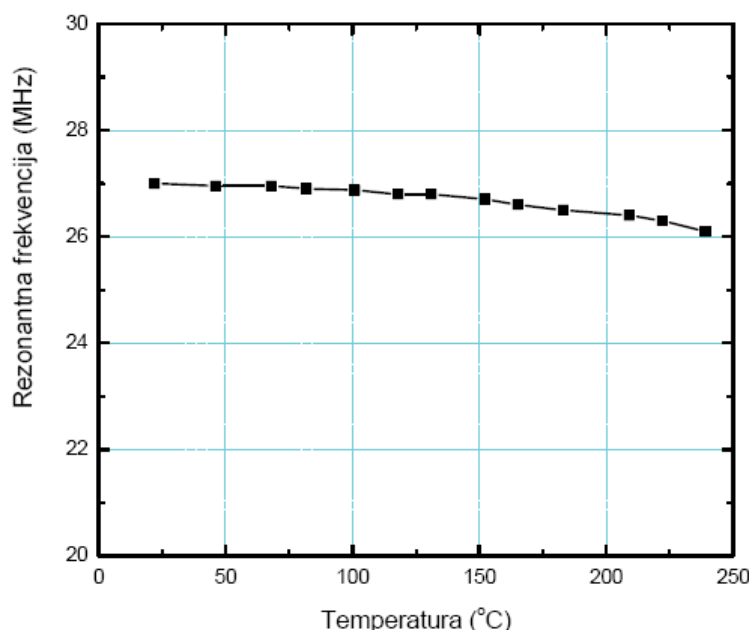
Tabela 1. Uporedne vrednosti merenja koncentracije vlage na dva različita tipa građevinskog materijala

Tip građevinskog materijala	Koncentracija vlage	Rezonantna frekvencija [MHz]
Opeka	5 %	26,48
YTONG blok	5 %	26,75
Opeka	10 %	25,75
YTONG blok	10 %	26,35

Imajući u vidu da su građevinski materijali izloženi različitim uticajima okoline i različitim vremenskim uslovima, senzori koji se koriste u građevinskoj industriji treba da budu otporni na različite spoljašnje uticaje, a posebno na temperaturne promene. Zbog toga je ispitivan uticaj temperature na rezonantnu frekvenciju opisanog senzora, kao i maksimalna temperatura koju mogu da izdrže bez oštećenja senzori koji su izrađeni na PCB-u. Za ovu analizu korišćena je standardna temperaturna peć kompanije ELECTRON.

Zavisnost rezonantne frekvencije senzora u funkciji temperature (kod opeke bez uticaja vode) je prikazana na slici 9. Može se videti da se rezonantna frekvencija menja u opsegu od 27 MHz do 26,1 MHz, za temperaturne promene u opsegu od 25 °C do 240 °C. Može se zaključiti da je varijacija rezonantne frekvencije od 3,3 % veoma mala za tako širok temperaturni opseg. Na osnovu

toga može se zaključiti da se predloženi dizajn LC senzora na PCB-u može uspešno koristiti za praćenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima u širokom opsegu temperatura i ostalih uslova sredine.



Slika 9. Promena rezonantne frekvencije LC senzora tipa #1 u funkciji temperature

Tehnički podaci

Primena:

Omogućava detekciju količine vlage (vode) u različitim građevinskim materijalima, kao što su opeka od pečene gline (cigla), YTONG (siporeks) blok, malter, beton, cementne košuljice, izolacija, itd. U zavisnosti da li se meri koncentracija vlage na površini ili na određenoj dubini metoda može biti ne-destruktivna i destruktivna.

Tehničke karakteristike:

Radna temperatura: od 0 °C do 80 °C

Opseg merenja vlage: od 0 % do 100 %

Tipovi materijala: cigla, YTONG blok, malter, cimente košuljice, izolacija

Komponente sistema: LC senzor, antenski namotaj, Impedance Analyzer

Metoda za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem bežičnog LC senzora je razvijena od strane Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada u okviru TR32016 projekta

Štampano – Decembar 2016.

RECENZIJA PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za pisanje tehničkog rešenja

Nova metoda:

Metoda za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem bežičnog LC senzora

Broj projekta: TR32016

Rukovodilac projekta: red. prof. dr Ljiljana Živanov,

Odgovorno lice: dr Milan Radovanović

Autori: Milan Radovanović, Goran Stojanović, Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR32016

Godina: 2016

Primena: 01.12.2016

Realizatori: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije, Katedra za elektroniku

Korisnici: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Podtip rešenja: Nova metoda - M85

Obrazloženje

U građevinskoj industriji postoji potreba da se prati veliki broj parametara kao što su uticaj vibracija, vlaga, zamor materijala, i drugih, da bi se imao uvid u stanje građevinskih objekata. Na taj način se obezbeđuje pravovremena rekonstrukcija, posebno za objekte koji su osjetljivi na uticaje životne sredine.

Opisana metoda za mjerenje vlage u građevinskim materijalima korišćenjem LC senzora može biti nedestruktivna u slučajevima kada se mjeri vlaga na površini materijala ili u slučaju kada se senzori ugrađuju u objekat prilikom izgradnje. U slučaju kada se neki od ovih senzora koristi za mjerenje vlage u zidu ili podu građevinskog objekta, metoda je minimalno destruktivna jer postoji potreba da se izbuši rupa i da se senzor postavi na određenu dubinu.

Pored toga, opisana metoda se može koristiti za praćenje promjena koncentracije vlage u građevinskim materijalima ili relativnog sadržaja vlage i može biti korisna za mnoge primjene, na primjer, praćenje sušenja zgrade poslije poplava.

Za električnu karakterizaciju senzora, odnosno mjerenje električnih karakteristika korišćen je *Impedance Analyzer* HP4191A. Za određivanje količine vode u opeci i YTONG bloku, u cilju određivanja tačnosti senzora, korišćena je precizna elektronska vaga LIBELA ELSI BV-P3853.

Na osnovu dostavljenog materijala, a u skladu sa odredbama Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, koji je donio Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije, recenzent ocjenjuje da rezultat odnosno rešenje pod nazivom: „Metoda za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem bežičnog LC senzora“, ispunjava uslove da bude priznat kao tehničko rješenje Nova metoda – ranga M85.

Metoda za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem bežičnog LC senzora je razvijena na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, u okviru tekućeg projekta broj TR32016 kod Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

U Banja Luci, 15.12.2016.



Recenzent: dr Petar Marić

Redovni profesor, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u
Banjoj Luci

RECENZIJA PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za pisanje tehničkog rešenja

Nova metoda:

Metoda za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem bežičnog LC senzora

Broj projekta: TR32016

Rukovodilac projekta: red. prof. dr Ljiljana Živanov,

Odgovorno lice: dr Milan Radovanović

Autori: Milan Radovanović, Goran Stojanović, Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin

Razvijeno: u okviru projekta tehnološkog razvoja TR32016

Godina: 2016

Primena: 01.12.2016

Realizatori: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije, Katedra za elektroniku

Korisnici: Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Podtip rešenja: Nova metoda - M85

Obrazloženje

Problem koji se tehničkim rešenjem rešava: Vlagometrija je oblast merenja sadržaja vlage (vode) u čvrstim telima, a instrumenti kojima se sadržaj meri nazivaju se vlagomeri. Postoji više načina opisivanja vlage ili vlažnosti što uglavnom zavisi od industrije i konkretne primene (vlaga može biti izražena u kilogramima vodene pare po kubiku gasa, u procentu vode u odnosu na ukupnu masu ili u ppm). Hemijski senzor za detekciju vlage skraćeno se naziva samo senzor vlage ili vlažnosti. S obzirom na raznovrsnu primenu senzora vlažnosti, postoji dosta široka lista tehničkih zahteva za njihovu gradnju: dobra osetljivost u što većem opsegu vlažnosti, brz odziv, dobra ponovljivost sa malim histerezisom, otpornost na kontaminante, izdržljivost i dugovečnost, jednostavna konstrukcija i pristupačna cena. Odgovoriti na sve zahteve nije jednostavno. U tehnološkom pogledu senzori vlažnosti se mogu svrstati u dve velike grupe: standardni industrijski senzori vlažnosti napravljeni na bazi klasičnih tehnologija i savremeni poluprovodnički mikrosenzori.

Stanje rešenosti tog problema u svetu: Inovativni zahtevi merenja istraživača se obično razlikuju od građevinskih stručnjaka i njihovi merni alati mogu biti neprikladni ili nepraktični za prenos građevinskim stručnjacima. Prevod ovih tehnika u praktične instrumente ili senzore za profesionalno

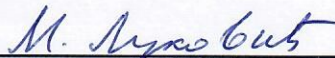
građevinarstvo je izazov koji bi doprineo mnogo detaljnijem polju istraživanja i unapredio razumevanje razloga koji doprinose stvaranju oštećenja na građevinskim objektima, što u velikoj meri redukuje njihov životni vek ili iziskuje značajna sredstva za njihovu sanaciju. Bežični pasivni senzor, poznat kao induktivno-kapacitivni (LC) senzor, razvijen je da prati promene uslova životne sredine kao što su temperatura, vlažnost i pritisak. Ovaj tip senzora menja svoju kapacitivnost u zavisnosti od parametara okoline, što rezultira promenom njegove rezonantne frekvencije. Promena rezonantne frekvencije senzora se daljinski meri pomoću antenskog namotaja. Postoji više različitih tipova LC senzora koji se razlikuju po dizajnu induktora ili kondenzatora.

Karakteristike predloženog rešenja: Glavne odlike senzora su jednostavan dizajn, niski troškovi proizvodnje i to što ne zahteva nikakvo napajanje. Senzor je napravljen u jednom metalnom sloju (bakar), što mu obezbeđuje odličnu adheziju (prijanjanje) na građevinski materijal na kojem je potrebno izvršiti merenje koncentracije vlage. Takođe, moguće je u toku izgradnje građevinskog objekta ubaciti senzor u građevinski materijal (beton, malter i sl.), a nakon toga se ručnim instrumentom za merenje rezonantne frekvencije može izvršiti merenje, i na osnovu izmerenih podataka moguće je odrediti koncentraciju vlage i odlučiti da li postoji potreba za odgovarajućim postupcima za zaštitu. Takođe, moguće primene mogu biti merenje vlage u različitim građevinskim materijalima (drvo, toplotna izolacija, beton, malter) i određenim strukturnim elementima zgrada, zatvorenih bazena, kao i na mnogim drugim mestima i okolnostima u kojima postoji potreba da se ima uvid u promene koncentracije vlage.

Zaključak: Na osnovu uvida u priloženu dokumentaciju, a u skladu sa odredbama Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, koji je doneo nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije, recenzent ocenjuje da rezultat odnosno rešenje pod nazivom: „Metoda za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem bežičnog LC senzora“, ispunjava uslove da bude priznat kao tehničko rešenje Nova metoda – ranga M85.

Metoda za merenje koncentracije vlage u građevinskim materijalima korišćenjem bežičnog LC senzora je razvijena na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, u okviru tekućeg projekta broj TR32016 kod Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

U Beogradu, 14.12.2016.



Recenzent: dr Miloljub Luković

Naučni savetnik, Institut za multidisciplinarna
istraživanja, Univerzitet u Beogradu