Inteligentni mjerni član za mjerenje razine vlage u žitaricama

Dergez, Hrvoje

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:614964

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE ,RAČUNARSTVA

I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Stručni studij

INTELIGENTNI MJERNI ČLAN ZA MJERENJE RAZINE VLAGE U ŽITARICAMA

Završni rad

Hrvoje Dergez

Osijek, 2016.

Sadržaj

1.UVOD 1
1.1Zadatak i struktura rada 1
2. MJERENJE RAZINE VLAGE U ŽITARICAMA 2
2.1 Vlaga i mjerenje vlage 2
2.2 Vlaga u žitaricama 3
2.3 Metode mjerenja razine vlage 4
2.3.1 Metoda mjerenja razine vlage sušenjem 5
2.3.2Metoda mjerenje vlage mjerenjem otpora 6
2.3.3 Metoda mjerenja vlage infracrvenim zračenjem 6
2.4 Metoda promjenjivog kapaciteta 7
3. MIKROUPRAVLJAČKI SUSTAV ZA MJERENJE VLAGE U ŽITARICAMA 9
3.1 Mjerna sonda 9
3.2 Mikroupravljački sustav 9
3.3 Algoritam upravljanja 12
3.4 Nadzor i upravljanje sustavom 13
4. TESTIRANJE I REZULTATI 15
4.1 Metode testiranja 15
4.2 Rezultati testiranja 15
4.2.1. Pšenica 15
4.2.2 Kukuruz 20
4.2.3 Ječam 24
5. Zaključak 28
Literatura 29

1.UVOD

Vodena para se može pronaći svugdje oko nas u atmosferi,tekućinama i krutim tvarima. Vodena para apsorbira se u žitaricama. Kako bi se žitarice što kvalitetnije sačuvale prilikom skladištenja potrebno je kontrolirat određene parametre žitarica i uvjete skladištenja. Jedan od osnovnih mjerenja kod žitarica je mjerenje razine vlage.Poželjan postotak vlage u žitaricama je 10-15%. Ukoliko je vlaga previsoka pojavljuju se plijesni prilikom skladištenja. Zbog toga je potrebno mjeriti razinu vlage u žitaricama kako bi se mogle što kvalitetnije skladištit. Postoji mnogo metoda za mjerenje razine vlage kao što su : mjerenje razine vlage sušenjem, Karl-Fischerova metoda, mjerenje infracrvenim zračenjem, metoda promjenjivog kapacitet,mjerenjem otpora itd.

U ovom radu opisan je princip rada i način izrade inteligentnog mjernog člana za mjerenje razine vlage u žitaricama. U ovom radu korištena je metoda promjenjivog kapaciteta , te je ona i detaljnije opisana. Za obradu i prikaz podataka korišten je mikroupravljač ATmega2560. Na kraju rada pojašnjena su obavljena mjerenja te su obavljene analize mjerenja.

1.1Zadatak i struktura rada

Zadatak rada je projektirati, izraditi i optimirati sustav za mjerenje razine vlage u žitaricama. Sustav temeljiti na mikroračunalnom sustavu. Omogućiti distribuciju mjerenih vrijednosti u analognom obliku ekvivalentne vrijednosti struje i napona. Isto tako omogućiti čitanje mjerene vrijednosti te podešavanje mjernog člana putem UART komunikacije. Isto tako, izraditi aplikaciju za vizualizaciju izmjerenih vrijednosti.

Rad je organiziran u četiri poglavlja. U prvom poglavlju autor ovoga rada daje uvodnu riječ o radu te načinu realizacije inteligentnog mjernog člana za mjerene vlage u žitaricama. U drugom poglavlju obrađen je teoretski dio o pojmu vlage , mjerenju vlage , metodama mjerenja vlage te je detaljnije opisana metoda promjenjivog kapaciteta. U trećem poglavlju opisana je izrada mjerne sonde ,mjernog člana te prikaz i obrada podataka. U četvrtom poglavlju opisana su mjerenja koja je autor ovog rada izvršio te je obavljena analiza izvršenih mjerenja.

2. MJERENJE RAZINE VLAGE U ŽITARICAMA

Kod procesa žetve, skladištenja i obrade žitarica važna je razina vlage u žitaricama. Prije žetve se mjeri razina vlage vanjske ljuske žitarica, jer žitarice je najbolje ubrati kad su potpuno zrele i kad je nizak postotak vlage. Naknadno sušenje žitarica stvara dodatne troškove, zbog toga je poželjna čim manja razine vlage da bi se izbjegli troškovi sušenja. Za pravilno skladištenje razina vlage u žitaricama ne smije bit ni previsoka niti premala. Prevelika razina vlage u žitaricama uzrokuje stvaranje plijesni i razne druge biokemijske reakcije, dok premala razina vlage može uzrokovat uništenje organskih materija i suhih tvari u žitaricama. Poželjna razina vlage u žitaricama iznosi između 10% - 15 % Stoga je potrebno mjerit razinu vlage u žitaricama prilikom skladištenja.

2.1 Vlaga i mjerenje vlage

Vlaga se nalazi svuda oko nas u zraku kao vodena para , u tekućinama i krutim tvarima. Asimetrična distribucija električnog naboja omogućava molekulama vode da se lako apsorbiraju na gotovo svim površinama. Za vodenu paru u zraku koristi se naziv „vlaga“ dok za vodenu paru u tekućinama i krutim tvarima koristi se naziv „mokrina“. Određivanje razine vlage je od velike važnosti za niz slučajeva: previđanje magle i poplava, uvjeti za pojavu bolesti bilja, prilikom skladištenja žitarica itd. Kod mnogo industrijskih procesa mjerenje razine vlage je važno za održavanje optimalnih uvjeta u proizvodnji. Vodena para u atmosferi je jedan od osnovnih plinova. Ukupan tlak u atmosferi P prikazuje se kao zbroj svih parcijalnih tlakova prema relaciji:

$$P = P_{H20+}P_{OP} \tag{2.1}$$

P- ukupan tlak u atmosferi

P_{H2O}–tlak vodene pare

P_{OP}– tlak ostali plinova u atmosferi

Maksimalna količina vodene pare koja može biti sadržana u zraku ovisi o temperaturi zraka. Zrak je zasićen vodenom parom ukoliko sadrži maksimalnu količinu vodene pare te bi daljne povećanje vodene pare dovelo do kondenzacije. Kod mjerenja vlage u zraku postoje relativna vlažnost zraka i apsolutna vlažnost zraka. Relativna vlažnost zraka definira se kao omjer tlaka vodene pare i tlaka zasićene vodene pare na određenoj temperaturi ,prema relaciji:

$$RV = \frac{P_{vp}}{P_{zvp}} * 100$$

(2.2)

Apsolutna vlažnost zraka definira se kao masa količine vode u jedinici volumena zraka, najčešće se prikazuje kao kg/m^3,a računa se prema relaciji :

$$AV = \frac{m_{vp}}{V_{zr}}$$

(2.3)

Gdje je :AV- Apsolutna vlažnost

m_{vp}- masa vodene pare

V_{zr}-volumen zraka

Vodena para se nalazi i u tekućinama i krutinama. Vrlo je teško pronaći materijal koji je inertan na molekule vode ,te da se nebi mogla mjerit razina vlage u njemu, nekom od fizičkih metoda. Molekule vode mijenjaju dužinu organskih tvari, provodljivost i težinu materijala , te kemijska svojstva. Voda apsorbira infracrveno isto kao i ultraljubičasto zračenje. Mijenja boju kemijskih indikatora, mijenja indeks loma zraka i tekućina, utječe na brzinu zvuka u zraku te na elektromagnetsko zračenje krutih tvari. Razina vlage utječe na toplinsku provodnost plinova tekućina i krutina. Prema tome postoje razne metode određivanja razine vlage.

2.2 Vlaga u žitaricama

Razina vlage se definira kao količina vodene pare u žitaricama. Teoretski razina vlage se izračuna tako da se izmjeri masa vode ,te se podijeli s masom žitarica. Vlaga u žitaricama može se prikazati na dva načina: vlažnost prema suhoj bazi i vlažnost prema mokroj bazi.Razina vlage može se prikazati na dva načina prema suhoj bazi ili prema vlažnoj bazi.

Razinu vlage prema vlažnoj osnovi računamo po izrazu:

$$m = \frac{m_W}{m_d + m_w} * 100 = \frac{m_w}{m_t} * 100$$

(2.4)

Razina vlage prema suhoj osnovi računa se po izrazu:

$$M = \frac{m_w}{m_d} * 100$$

(2.5)

Gdje je :

m_w-masa vode u žitaricama [kg]

m_d-masa suhe tvari u žitaricama[kg]

m_t-ukupna masa žitarica[kg]

m-razina vlage u žitaricama prema vlažnoj bazi [%]

M-razina vlage u žitaricama prema suhoj bazi [%]

Preračunavanje razine vlage iz vlažne baze u suhu bazu se vrši prema sljedećem izrazu:

$$m = \frac{M}{1 + M}$$

(2.6)

Preračunavanje razine vlage iz suhe baze u vlažnu bazu se vrši prema sljedećem izrazu:

$$M = \frac{m}{1 - m}$$

(2.7)

2.3 Metode mjerenja razine vlage

Metode mjerenja razine vlage u žitaricama se dijele na direktne metode i indirektne metode. Direktne metode možemo podijelit na dvije grupe: metode temeljene na izdvajanju vode iz žitarica i metode temeljenje na kemijskim reakcijama vode u žitaricama s reagensima.Direktne metode su metode kod kojih se zahtjeva izvlačenje vode iz žitarica sušenjem , destilacijom ili nekom drugom metodom a zatim se količina vode izmjeri vaganjem ili titracijom. U direktne

metode spadaju:sušenje fermentacijskim pećnicama,destilacija, vakumsko sušenje, Karl-fischer-ova metoda,termogravimetrijska metoda itd. Direktne metode su pouzdanije od indirektnih ali zahtijevaju više vremena i pripreme za mjerenje razine vlage od indirektnih metoda. Kod indirektnih metoda ne zahtijeva se izvlačenje vode iz žitarica već se mjerenja razine vlage temelji na promjeni neke fizikalne veličine u odnosu na razinu vlage u žitaricama. Neke od indirektnih metoda za mjerenje vlage u žitaricama su :infracrvena apsorpcija,mikrovalna apsorpcija,promjenjiv kapacitet,ultrazvučna apsorpcija. Indirektne metode se umjeravaju nekom od direktnih metoda ,te su manje pouzdane od direktnih. Međutim indirektnim metodama se brže dobije razina vlage u žitaricama te su jednostavne za provesti. Iako ove sve metode zvuče prilično jednostavno određivanje točne razine vlage u žitaricama je vrlo složen proces. Neki od problema su što voda u žitaricama postoji u različitim oblicima. Voda u žitaricama najčešće postoji kao slobodna voda i kao takva se najlakše oslobađa i moguće ju je odredit s većinom metoda za mjerenje razine vlage u žitaricama, međutim postoji i vezana voda koja je čvrsto vezana za šećere i proteine i ove vrste voda se teško uklanjaju te je potrebno koristit posebne metode za određivanje. Kod metoda kod kojih se voda izvlači iz žitarica zagrijavanjem može doći do uništenja samih hranjivih tvari u žitaricama.

2.3.1 Metoda mjerenja razine vlage sušenjem

Kod metode mjerenja razine vlage sušenjem potrebno izmjeriti masu vode i masu suhe tvari u žitaricama. To se mjeri na način da se izvagani uzorak žitarica stavi u pećnicu na neko određenu temperaturu neko određeno vrijeme. Žitarice se zadržavaju u pećnici dokle ne dobiju konstantu masu ,što znači da je sva voda isparila iz uzorka. Sušenje se može obavljat na nekoliko načina. Sušenje konvekcijskim ili predtlačnim pećima. Kod ove metode sušenja uzorak žitarica se suši na temperaturi oko100 C, toplinska energija koristi se za isparavanje vode iz žitarica i primjenjuje se direktno na uzorak. Da ne dođe do varijacija u temperaturi u samoj pećnici, zrak mora cirkulirat kako bi se postigla ravnomjerna temperatura i preciznije mjerenje. Žitarice koje sadrže značajne količine kemijski promjenjivih ugljikohidrata i hlapljivih tvari koje nisu voda mogle bi biti oštećene u ovim pećima.

Za takve žitarice pogodnije su vakuumske peći kod kojih se sušenje obavlja pod smanjenim tlakom, uzrok toga jest da voda počinje isparavat na nižoj temperature te se ne oštećuju unutarnje tvari žitarica. Isto tako ubrzava se sam proces sušenja.

Nakon što se izvagani uzorak žitarica osuši do konstantne mase, iz dobivene mase vode i mase suhe tvari može se izračunat razina vlage u žitaricama. Razina vlage najčešće se prikazuje na vlažnoj bazi

Razinu vlage prema vlažnoj bazi računamo po izrazu:

$$m = \frac{m_W}{m_d + m_w} * 100 = \frac{m_w}{m_t} * 100$$

(2.8)

2.3.2Metoda mjerenje vlage mjerenjem otpora

Ovom metodom mjeri se električna otpornost žitarica kao kriterij za razinu vlage u žitaricama. S porastom električnog otpora razina vlage opada, jer voda predstavlja vodič. S porastom razine vlage raste i vodljivost žitarica. Promjena otpora može iznosit i nekoliko reda veličineNeki modeli mogu mjerit vlagu usitnjenih i neusitnjenih žitarica. Većina tih modela sadrži kompresijske ćelije koje mogu biti integrirane u uređaj. Ćelije se sastoje od dvije elektrode između kojih se mjeri otpor uzorka žitarica. Ovakvim ćelijama uzorak žitarica je konstantno stisnut na predodređen obujam. Ova metoda je najpreciznija za mjerenje razine vlage uzorka žitarica koje je potrebno skladištit u rasutom stanju. Točnost ove metode ovisi o distribuciji vlage kroz žitarice. Stoga žitarice koje su sušene mogu dati niska očitanja ukoliko je površina uzorka manje vlažna.

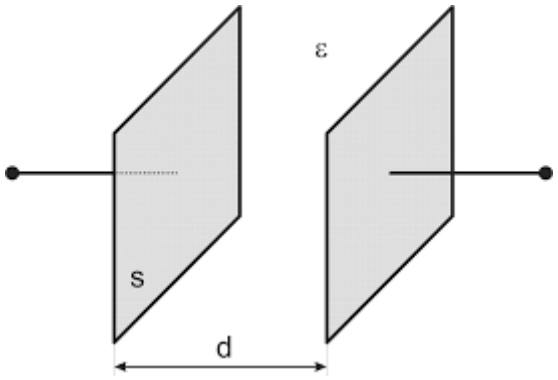
2.3.3 Metoda mjerenja vlage infracrvenim zračenjem

Metoda mjerenja vlage infracrveni zračenjem jednako je dobro prihvaćena i za tekućine i krute tvari. Temelji se na činjenici da voda jako dobro apsorbira valne duljine 1,45µm, 1,94µ i 2,95µm. Kod ove tehnike se kroz mjereni uzorak propuštaju se naizmjence mjerna valna duljina i referentna valna duljina infracrvenog zračenja. Razlika između referentne valne duljine i mjerne valne duljine je ta što voda slabije apsorbira referentnu valnu duljinu. Na izlazu detektora detektiraju se dva impulsa referentne i mjerne valne duljine. Razina vlage u uzorku ovisi o amplitudi mjernog impulsa. Ova metoda nije pogodna za ne prozirne tekućine ili plinove koji sadrže dodatne komponente koje bi mogle utjecati na apsorpciju infracrvenog zračenja. Za mjerenje razine vlage u krutim tvarima, razina vlage će ovisit jakosti reflektiranog infracrvenog zračenja. Metoda se ne može koristiti za uzorke koji slabo reflektiraju infracrveno zračenje.

Budući da infracrveno zračenje ne prodire duboko u materijal, ova metoda daje podatak samo o površinskoj vlazi.

2.4 Metoda promjenjivog kapaciteta

Kod ove metode dvije ploče nam služe kao kondezator,a između njih umetnute žitarice su dielektrik. Povećanjem vlage mijenja se dielektrik žitarica, što utječe i na promjenu kapaciteta samog kondezatora. U ovom radu koristi se pločasti kapacitivni senzor ,sastavljen od dvije ploče koje su fiksirane na fiksnom razmaku. Ovakav raspored elektroda nam daje dovoljno veliku efektivnu površinu. Izgled kapacitivnog senzora prikazan je slikom1.1.Uzorak žitarica se stavlja između dvije ploče kapacitivnog senzora. Promjenom razine vlage u žitaricama mijenja se i relativna permitivnost medija između ploča, a time i sami kapacitet. Promjena kapaciteta nam omogućuje mjerenje vlage u žitaricama jer je promjena vlagedirektno povezana sa promjenom kapaciteta.



Slika 2.1 Presjek pločastog kapacitivnog senzora

S-površina ploča kapacitivnog senzora

d-razmak između ploča kapacitivnog senzora

ε- relativna permitivnost između ploča

Kapacitet pločastog kondezatora se računa po formuli

$$C = \frac{\varepsilon * S}{d} \tag{2.9}$$

Relativna permitivnost se računa po formuli:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 * \varepsilon_r$$

(2.10)

Nakon što se jednadžba 2.2 uvrsti u formulu za određivanje kapaciteta kapacitivnog senzora dobijemo izraz:

$$C = \frac{\varepsilon_0 * \varepsilon_r * S}{d}$$

(2.11)

Iz izraza 2.3 se može vidjet da su promjena relativne dielektrične konstante žitarica i promjena kapaciteta linearno povezane. Dakle promjenom količine vlage u žitaricama će se mijenjat relativna dielektrična konstanta žitarice , pa se količina vlage može dobit iz izmjerenog kapaciteta.Kad se mijenja relativna dielektričnost žitarica $\Delta\varepsilon_r$, mijenja se kapaciteta po izrazu:

$$\Delta C = \frac{\varepsilon_{0*}\Delta\varepsilon_r * S}{d}$$

(2.12)

Dakle ΔC i $\Delta\mathfrak{E}_r$ su linearno povezani. Za količinu vlage u žitaricama M , kad se količina vlage promijeni za ΔM, relativna dielektrična konstanta mijenja se za $\Delta\mathfrak{E}_r$, to uzrokuje promjenu kapaciteta ΔC. Dakle ΔC i ΔM su također linearno povezani.

3. MIKROUPRAVLJAČKI SUSTAV ZA MJERENJE VLAGE U ŽITARICAMA

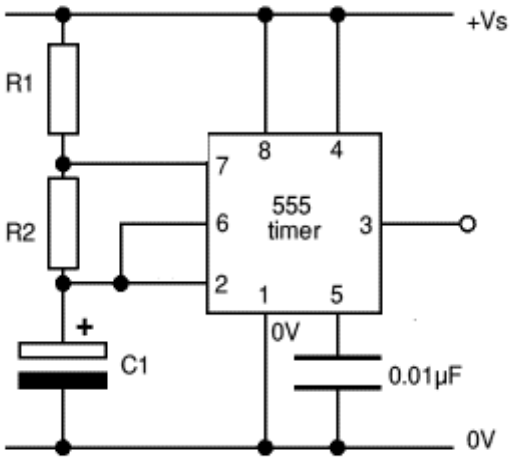
U ovom radu mikropljavljački sustav za mjerenje vlage u žitaricama sastoji se od mjerne sonde koja je izvedena kao kapacitivni senzor. Mikroupravljački sustav koristi NE 555 timer u astabilnom modu rada prema slici 3.2. NE 555 timer u ovom modu daje na izlazu pravokutni signal frekvencije koja ovisi o kapacitetu kapacitivnog senzora. Mikroupravljač na temelju te frekvencije izračunava razinu vlage u žitaricama. Zatim mikroupravljač dobivene podatke prikazuje preko lcd ekrana i preko aplikacije na računalu

3.1 Mjerna sonda

Mjerna sonda se sastoji od dvije aluminijske ploče dimenzija 300*300mm. Koje su fiksirane na fiksan razmak 12mm. Između aluminijskih ploča nalaze se bočni drveni držači ploča. Bočni držači su izvedeni tako da su izrezbarena dva paralelna utora širine 3mm i dubina 5mm između kojih je razmak 12mm. U utore se ulažu aluminijske ploče koje su debljine 3mm.Dva bočna držača su postavljena na dasku u kojoj su udubljeni utori za bočne držače. Mjerna sonda je izvedena kao pločasti kondezator. Između ploča stavlja se uzorak žitarica kojem se želi izmjerit razina vlage. Umetanjem žitarica mijenja se i dielektrik između ploča. Što je veća razina vlage u žitaricama veći je i kapacitet samoga senzora. Što su žitarice vlažnije daju kapacitet se poveća

3.2 Mikroupravljački sustav

Mikroupravljački sustav korišten u ovom radu je ATmega 2560 koji je dio arduino platforme. Mikroupravljački sustava izračunava kapacitet mjerne sonde na temelju frekvencije izlaznog signala NE555 timera. Mjerni sustav bilo je potrebno izvesti kao oklop za arduino pločicu.NE 555 spojen je u astabilni mod rada kao što je prikazano na slici 3.1

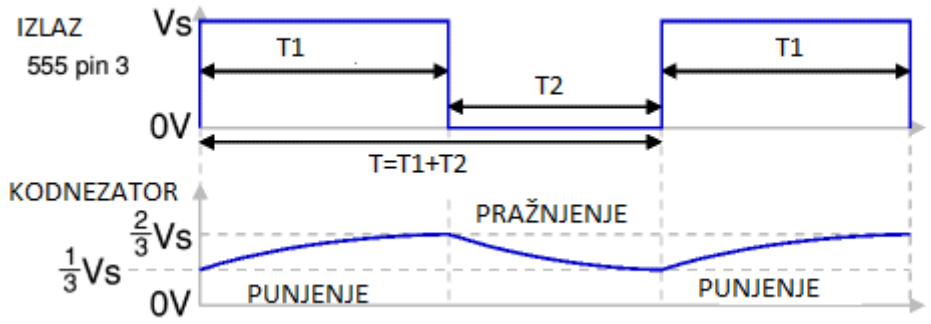


Slika3.1 shematski prikaz NE555 timer u astabilnom modu rada, [3].

Raspored nožica:

1. GND
2. Okidač
3. Izlaz
4. Reset
5. Kontrolni napon (VCO)
6. Prag punjenja
7. Nožica za pražnjenje
8. Napajanje (Vcc)

Ovako spojen NE555 timer na izlazu daje pravokutni signal promjenjive frekvencije. Frekvencija izlaznog signala ovisi u punjenju i pražnjenju kondezatora



Slika3.2 Vremenski dijagram izlaznog signala NE555 timera [3]

Mikroupravljački sustav mjeri vrijeme visoke i niske poluperiode izlaznog signala te izračunava frekvenciju po relaciji:

$$f = \frac{1}{T1 + T2} \tag{3.1}$$

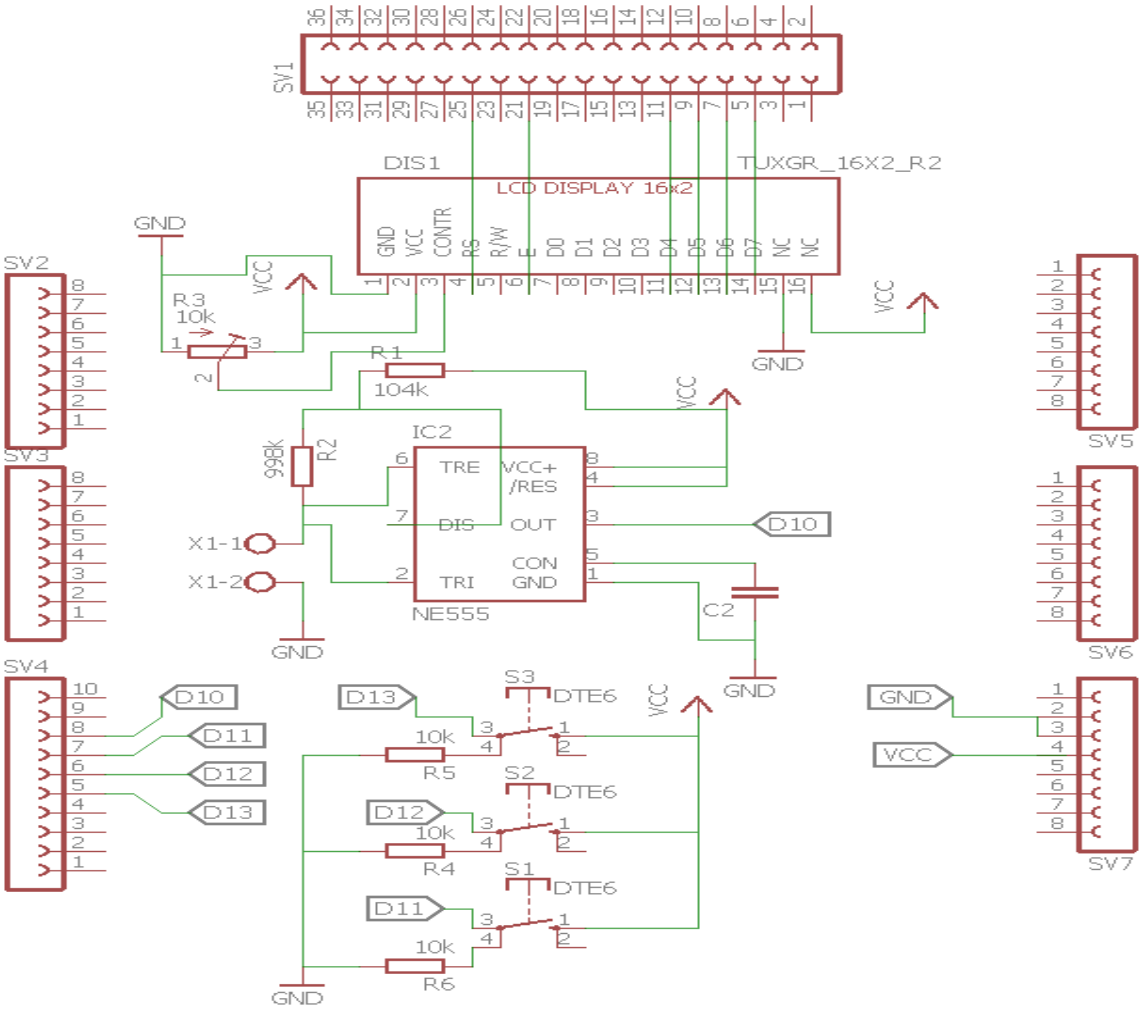
Gdje : T1-vrijeme trajanja niske poluperiode

T2- vrijeme trajanja visoke poluperiode

Potrebno je dobro odredit otpore R1 i R2 kojima se određuje vrijeme visoke i niske poluperiode. Da bi bile približno jednake poluperiode R1 mora biti deset puta manji od R2.

Zatim se kapacitet izračuna prema relaciji:

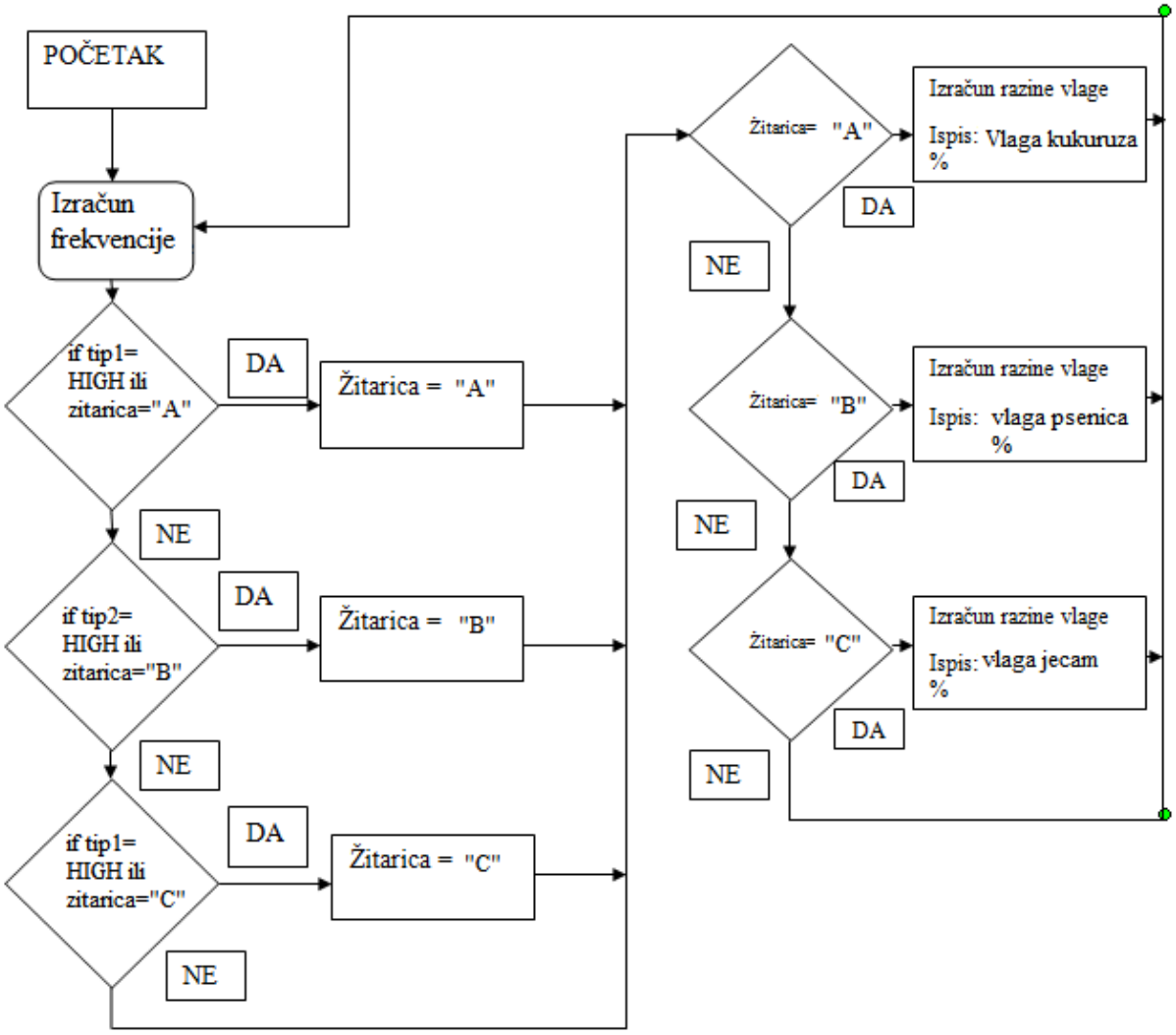
$$C = \frac{1.44}{(R1 + 2 * R2) * f} \tag{3.2}$$



Slika3.3 Shematski prikaz mjernog člana

3.3 Algoritam upravljanja

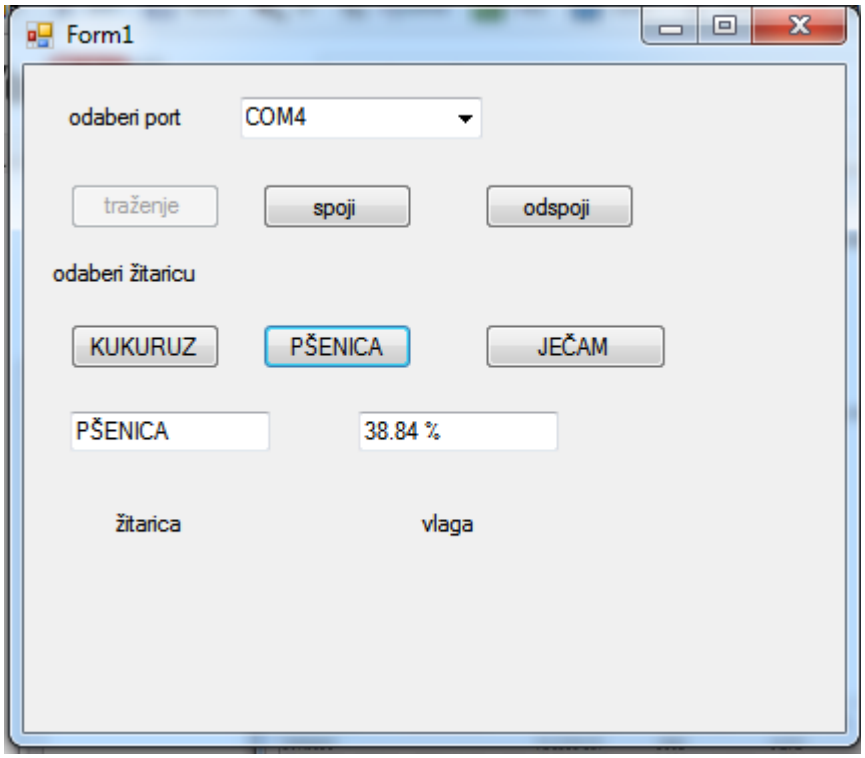
Mikroupravljač mjeri vrijeme trajanja poluperioda izlaznog signala s NE 555 timera te iz tog vremena proračunava frekvenciju izlaznog signala.Nakon što proračuna frekvenciju očitava stanja digitalnih ulaza (D11,D12,D13)kako bi znao koja žitarica je mjerena, te provjerava serijski port ukoliko je žitarica odabrana preko aplikacije na računalu. Nakon toga prikazuje podatke preko lcd-a , te preko UART komunikacije na računalu.



Slika3.3 Algoritam upravljanja mikroračunala

3.4 Nadzor i upravljanje sustavom

U Microsoft visual studiu izrađena je aplikacija za nadzor i upravljanje sustavom. Aplikacija komunicira sa mjernim članom preko serijske komunikacije. U aplikaciji prvo je potrebno odredit port na koji se spaja da bi se ostvarila komunikacija. U aplikaciji se može odabrat koja se žitarica mjeri te se taj podatak šalje na mikroupravljač. Mikroupravljač šalje izmjerene vrijednosti računalu. Aplikacija prikazuje primljene podatke i žitaricu kojoj se mjeri vlaga



Slika3.4 Prikaz aplikacije

4. TESTIRANJE I REZULTATI

4.1 Metode testiranja

U ovom radu testiranje mjernog člana provest će se na tri načina. Umjeravanje mjernog člana provedeno je na način da je odabran maksimalno suh i maksimalno vlažan uzorak. Zatim je za određene frekvencije koje se dobiju za te uzorke dodijeljena vrijednost vlage za maksimalno suh uzorak 6% te za maksimalno vlažan uzorak 80 %. Pošto je razina vlage linearno ovisna s frekvencijom može se odredi vrijednost vlage za ostale vrijednosti frekvencija. Testiranje je izvršeno s tri različite žitarice: kukuruz, pšenica i ječam.

Testiranje točnosti mjernog člana provedeno je s tri uzorka različite razine vlage za svaku žitaricu.mjerenje je provedeno pet puta te na temelju odstupanja u mjerenjima određuje se relativna pogreška mjernog člana. Zatim ovisnost točnosti mjerenja mjernog člana o razini žitarica u senzoru će se provesti na način da će se uzorak žitarica podijeliti na pet jednakih dijelova te dodavati dio po dio u mjernu sondu i očitavati razina vlage.

4.2 Rezultati testiranja

4.2.1. Pšenica

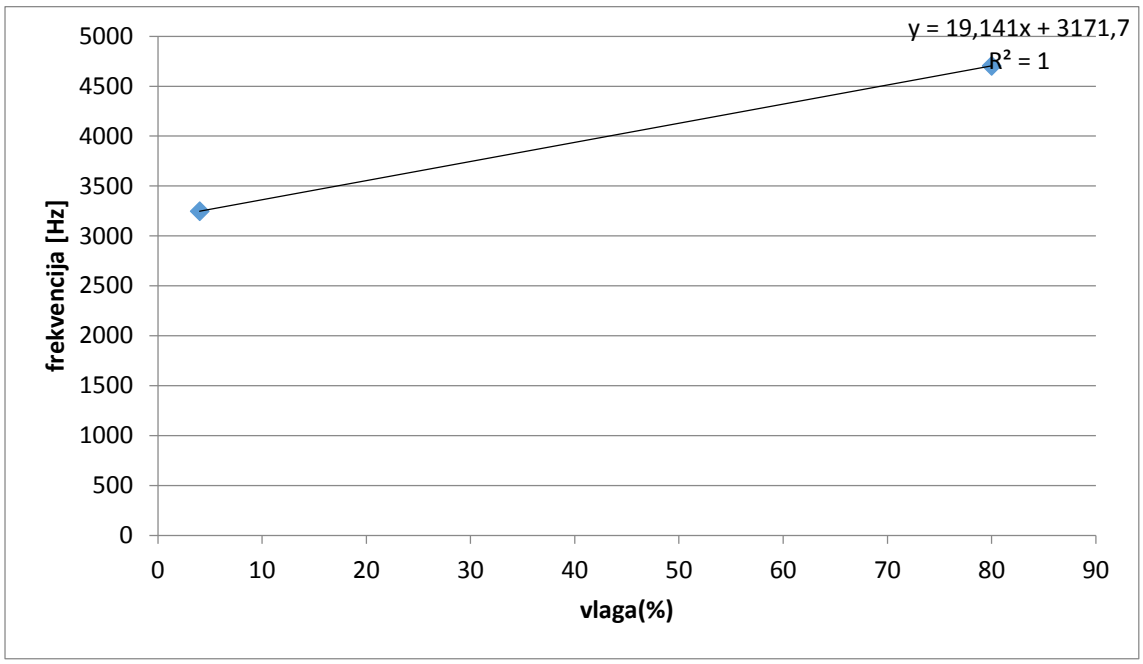
Umjeravanje sonde za mjerenje vlage pšenice izvršeno je tako da je jedan uzorak pšenice navlažen maksimalno a drugi je osušen maksimalno. Za ta dva uzorka izmjerena frekvencija označava 0% vlage te 100 % vlage. Pošto je promjena kapaciteta sonde linearno ovisna o promjeni razine vlage u žitaricama po jednadžbi pravca se mogu odredit ostale vrijednosti vlage

Tablica 4.1 Određivanje frekvencije za 6 i 80 % razine vlage u pšenici

broj mjerenja	frekv. Suhi [Hz]	frekv.vlažni[Hz]
1.	3230	4721
2.	3237	4714
3.	3244	4686
4.	3239	4704
5.	3248	4695
6.	3253	4698
7.	3258	4691
8.	3257	4714
9.	3261	4708
10.	3256	4703
prosjek	3248,3	4703,4

Tablica 4.1 prikazuje izmjerene frekvencije za maksimalno suh i maksimalno vlažan uzorak,mjerenje je ponavljano 10 puta te je izračunat prosječna vrijednost za frekvencije.

Pošto je promjena kapaciteta sonde linearno ovisna o promjeni razine vlage u žitaricama po jednadžbi pravca se mogu odredit ostale vrijednosti vlage



Slika 4.1Ovisnost promjene frekvencije o razini vlage pšenice

Iz slike 4.2 može se vidjet kako ovisi frekvencija o razini vlagu u pšenici. Jednadžba pravca ovisnosti frekvencije o razini vlage u pšenici glasi:

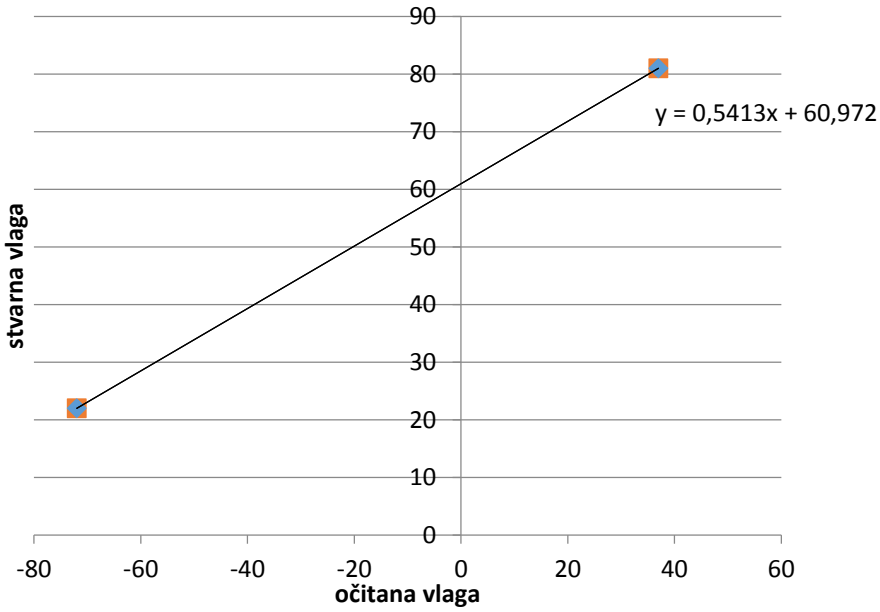
$$y = 19{,}14x + 3171 \qquad [4.1]$$

Gdje je varijabla y jednaka izmjerenoj frekvenciji a x je jednak razini vlage u pšenici.

Tablica 4.2 Analiza rezultata mjerenja tri različita uzorka pšenice

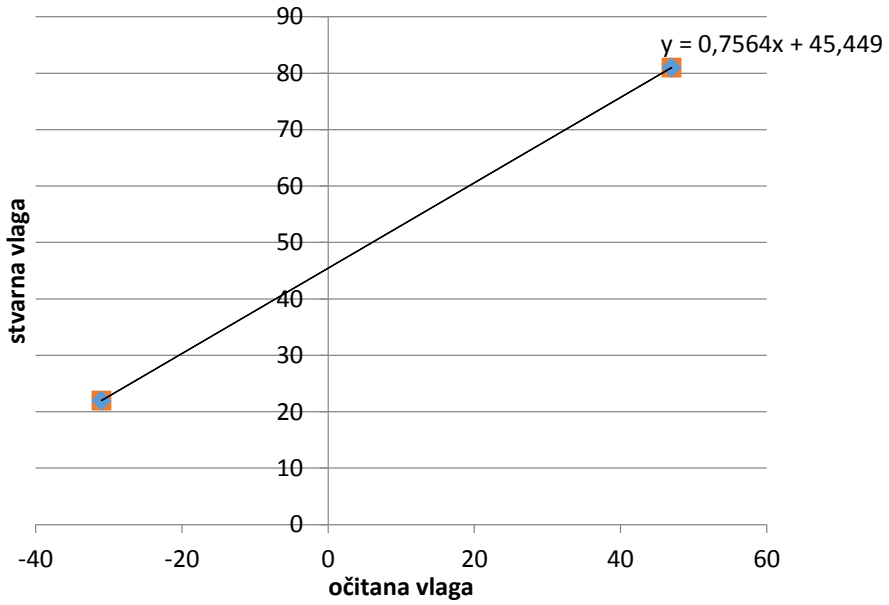
određivanje točnosti mjernenja suhog uzorka							
	%	%	%	%	%	%	%
n	xi	$\bar{x}$	Δx	|Δx|	Δx_{max}	rx	r_{max}
1	4,91		-0,548	0,548		10,04031	
2	5,26		-0,198	0,198		3,627702	
3	5,89		0,432	0,432		7,914987	
4	5,31		-0,148	0,148		2,711616	
5	5,92	5,458	0,462	0,462	0,548	8,464639	10,04031
određivanje točnosti mjernenja uzorka srednje vlažnosti							
1	17,07		-0,906	0,906		5,040053	
2	18,44		0,464	0,464		2,581219	
3	17,99		0,014	0,014		0,077882	
4	17,94		-0,036	0,036		0,200267	
5	18,44	17,976	0,464	0,464	0,906	2,581219	5,040053
određivanje točnosti mjernenja vlažnog uzorka							
1	75,2		-0,96	0,96		1,260504	
2	77,4		1,24	1,24		1,628151	
3	74,8		-1,36	1,36		1,785714	
4	76,22		0,06	0,06		0,078782	
5	77,18	76,16	1,02	1,02	1,36	1,339286	1,785714

Tablica 4.2 prikazuje mjerenja tri različita uzorka pšenice. Iz tablice se može vidjet kolika je relativna i apsolutna pogreška mjerenja. Vidi se da je najveća relativna pogreška iznosila 10 % za mjerenje suhog uzorka. Mjerenja su se vršila tako da je sonda bila do vrha napunjena s pšenicom. Ukoliko sonda nije puna do vrha s žitaricom dobije se krivo očitanje. Ukoliko se iz nekog razloga nemože do vrha napunit sondu sa pšenicom možemo očitati pravu razinu vlage pomoću datih dijagram. Mjerenjima je utvrđena ovisnost razine vlage o razini pšenice u sondi. Mjerenje je obavljeno na 5 razina tj. svakih 6 cm. Na svakih 6 cm očitana je vlaga koju pokuazuje mjerni član te je očitana stvarna vlaga koju pokazuje mjerni član kad je sonda puna do vrha. Za svaku razinu određena je jednadžna pravca koja pokazuje ovisnost razine vlage očitane na pojedinoj razini i stvarne vlage .



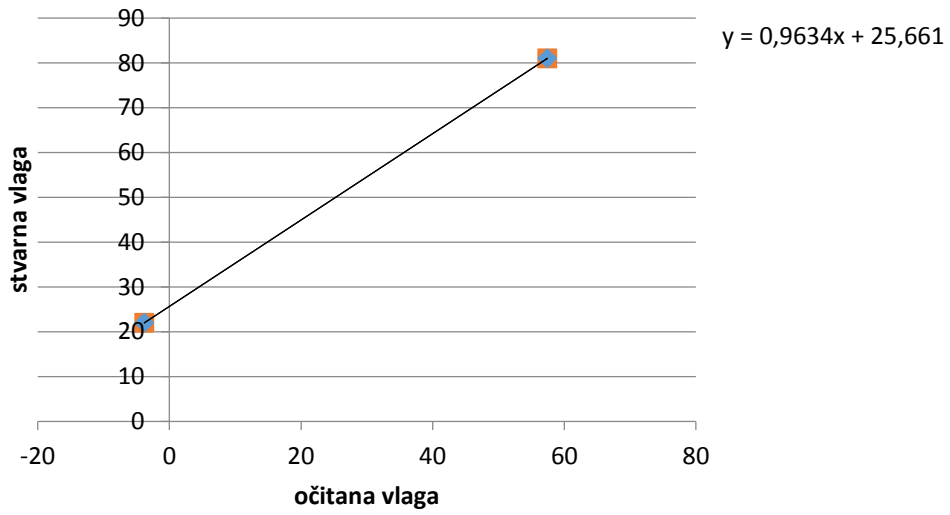
Slika 4.2 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 6cm

Iz dijagrama na slici 4.2 vidi se ovisnost stvarne vlage i očitane vlage na mjernom članu za pšenicu kad je razina pšenice u sondi 6 cm.



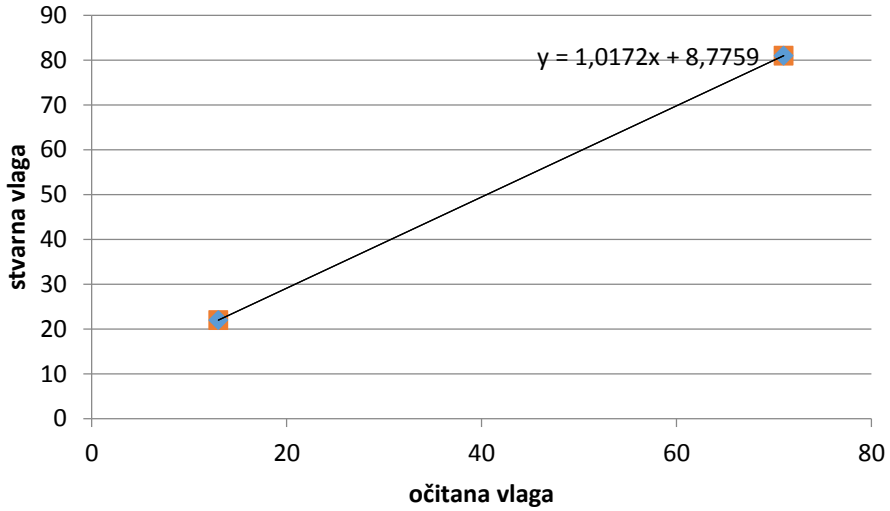
Slika 4.3 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 12cm

Iz dijagrama na slici 4.3 vidi se ovisnost stvarne vlage i očitane vlage na mjernom članu za pšenicu kad je razina pšenice u sondi 12cm.



Slika 4.4 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 18cm

Iz dijagrama na slici 4.4 vidi se ovisnost stvarne vlage i očitane vlage na mjernom članu za pšenicu kad je razina pšenice u sondi 18cm.



Slika 4.5 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 24cm

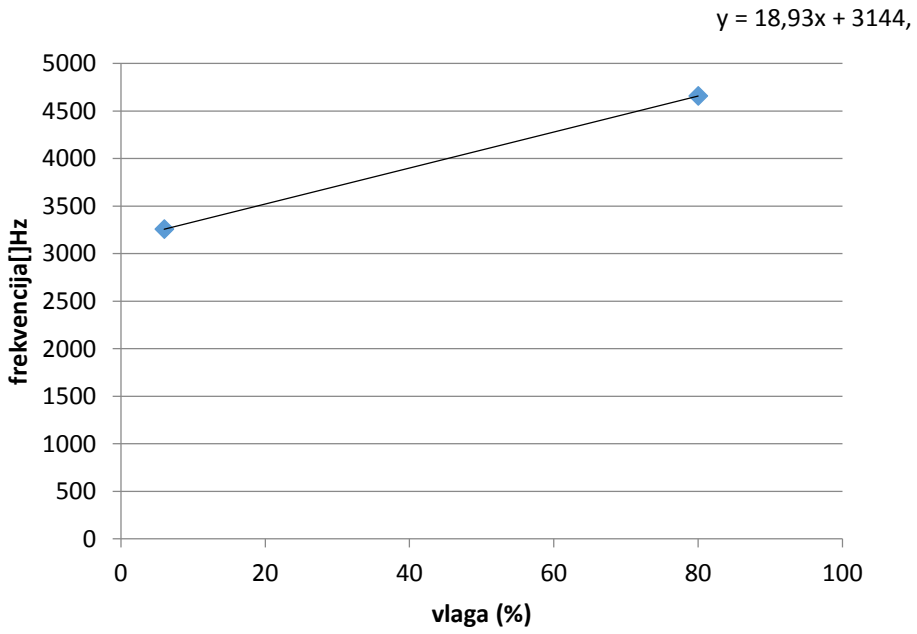
Iz dijagrama na slici 4.5 vidi se ovisnost stvarne vlage i očitane vlage na mjernom članu za pšenicu kad je razina pšenice u sondi 24cm.Ukoliko uzorak žitarica nije dovoljno velik da bi se napunila cijela sonda tada možemo izmjerit do koje razine je sonda ispunjena. Zatim očitamo vlagu koju pokazuje mjerni član. Te kad znamo vlagu i razinu iz određenog dijagrama očitamo stvarnu razinu vlage.

4.2.2 Kukuruz

Tablica 4.3 Određivanje frekvencije za 6 i 80 % razine vlage u kukuruzu

umjeravanje kukuruz		
broj mjerenja	frekv.suhi	frekv.vlazni
1.	3233	4630
2.	3245	4637
3.	3272	4658
4.	3257	4646
5.	3277	4689
6.	3258	4676
7.	3267	4682
prosjek	3258,43	4659,71

Iz tablice 4.3 vidi se umjeravanje sonde za mjerenje razine vlage u kukuruzu. Mjerena je frekvencija za dva uzorka jedan osušen drugi navlažen te je uzet prosjek na 7 mjerenja i za dobivene frekvencije određena je jednadžba pravca pomoću koje se može izračunat razina vlage u ovisnosti o frekvenciji.



Slika 4.6 Ovisnost frekvencije o razini vlage u kukuruzu

Iz slike 4.6 vidi se ovisnost frekvencije o razini vlage u kukuruzu. Jednadžba pravca za računanje razine vlage kukuruza glasi:

$$y = 18{,}93 * x + 3144$$

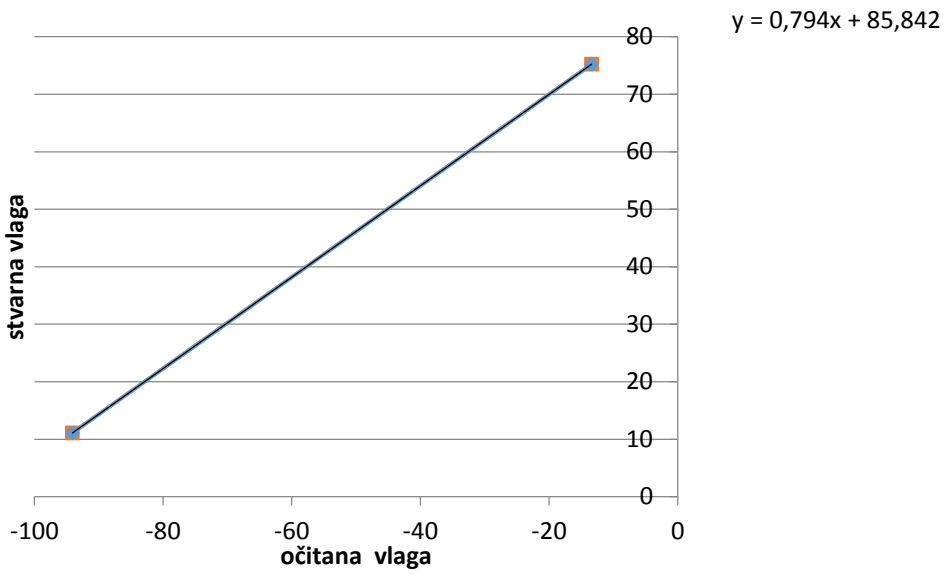
[4.2]

Gdje varijabla y označava promjenu frekvencije a varijabla x razinu vlage u kukuruzu.

Tablica 4.4 Analiza rezultata mjerenja tri različita uzorka kukuruza

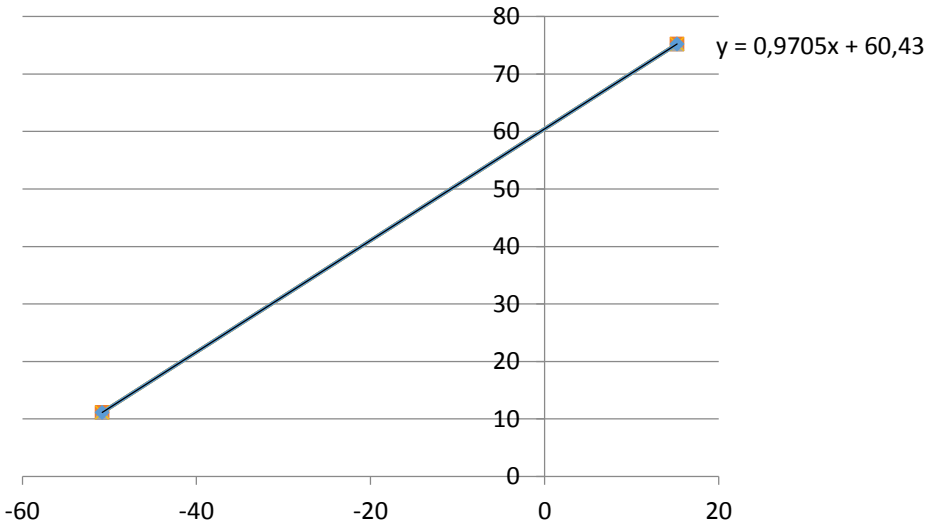
određivanje točnosti mjernenja suhog uzorka							
	%	%	%	%	%	%	%
n	xi	¯x	Δx	|Δx|	Δx_{max}	rx	r_{max}
1	8,9		-0,326	0,326		3,533492	
2	9,95		0,724	0,724		7,847388	
3	8,7		-0,526	0,526		5,701279	
4	9,66		0,434	0,434		4,704097	
5	8,92	9,226	-0,306	0,306	0,724	3,316714	7,847388
određivanje točnosti mjernenja uzorka srednje vlažnosti							
1	34,32		-0,696	0,696		1,987663	
2	35,67		0,654	0,654		1,867718	
3	36,34		1,324	1,324		3,781129	
4	33,81		-1,206	1,206		3,44414	
5	34,94	35,016	-0,076	0,076	1,324	0,217044	3,781129
određivanje točnosti mjernenja vlažnog uzorka							
1	63,78		-0,618	0,618		0,959657	
2	65,12		0,722	0,722		1,121153	
3	64,3		-0,098	0,098		0,152179	
4	65,34		0,942	0,942		1,462778	
5	63,45	64,398	-0,948	0,948	0,948	1,472095	1,472095

Iz tablice 4.4 možemo vidjet kolika su odstupanja mjerenja, te relativnu pogrešku mjerenja. Iz ove tablice vidi se da je najveća relativna pogreška nastala kod mjerenja suhog uzorka.Na sljedećim slikama nalazi se ovisnost izmjerene vlage i stvarne vlage kukuruza na različitim razinama.



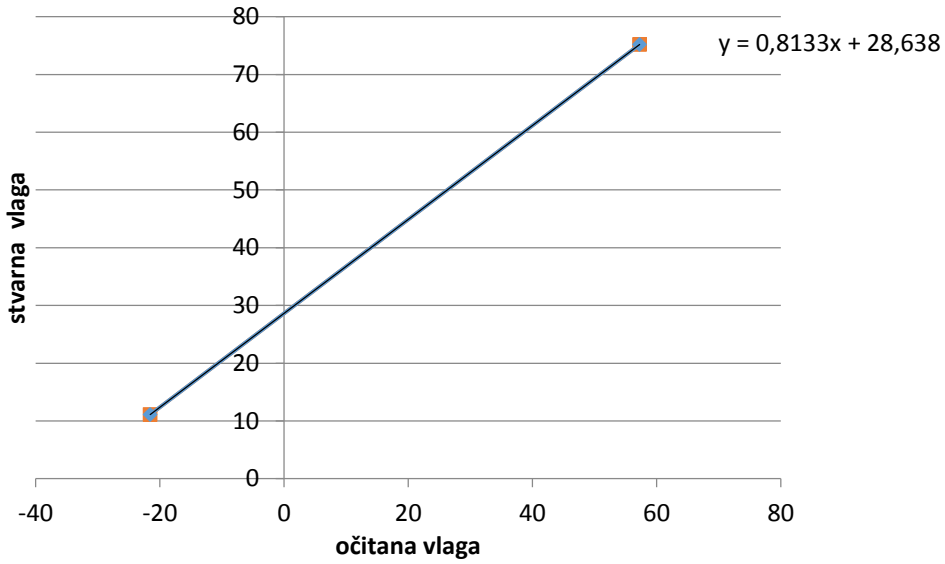
Slika 4.7 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 6cm

Iz dijagrama na slici 4.7 vidi se ovisnost stvarne i očitane vlage s mjernog člana na razini kukuruza 6cm.



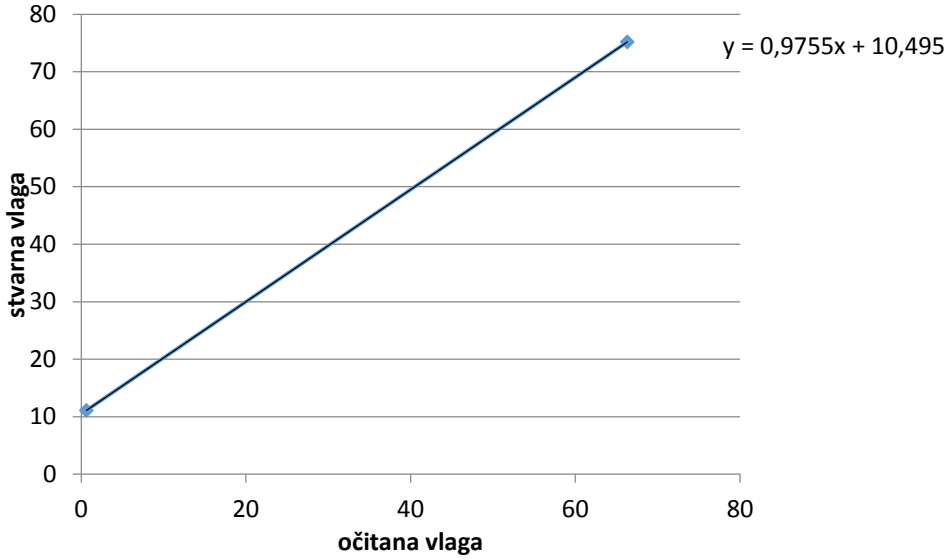
Slika 4.8 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 12cm

Iz dijagrama na slici 4.8 vidi se ovisnost stvarne i očitane vlage s mjernog člana na razini kukuruza 12cm.



Slika 4.9 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 18cm

Iz dijagrama na slici 4.9 vidi se ovisnost stvarne i očitane vlage s mjernog člana na razini kukuruza 18cm.



Slika 4.10 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 24cm

Iz dijagrama na slici 4.10 vidi se ovisnost stvarne i očitane vlage s mjernog člana na razini kukuruza 24cm.

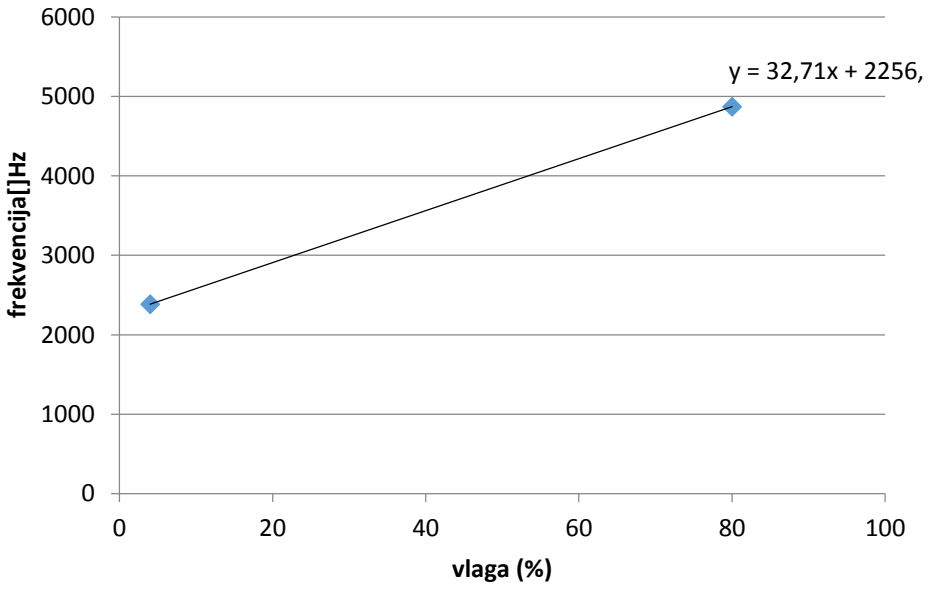
4.2.3 Ječam

Umjeravanje sonda za mjerenje razine vlage ječma obavljeno je na isti način kao i za kukuruz. Mjerena je frekvencija koja se dobije za vlažan i suh uzorak te je uzet prosjek na 7 mjerenja.

Tablica 4.5 Mjerenje frekvencije za 6 i 80 % razine vlage u ječmu

umjeravanje ječam		
broj mjerenja	frekv.suhi	frekv.vlazni
1.	2345	4823
2.	2364	4910
3.	2358	4872
4.	2396	4856
5.	2431	4912
6.	2422	4861
7.	2448	4883
prosjek	2394,86	4873,86

Nakon toga određena je jednadžba pravca po kojoj se može dobit razina vlage za određenu frekvenciju.



Slika 4.11 Ovisnost frekvencije i razine vlage u ječmu

Iz dijagrama sa slike 4.11 vidi se ovisnost frekvencije o razini vlage u ječmu. Jednadžba pravca za ovisnost razine vlage i frekvencije glasi:

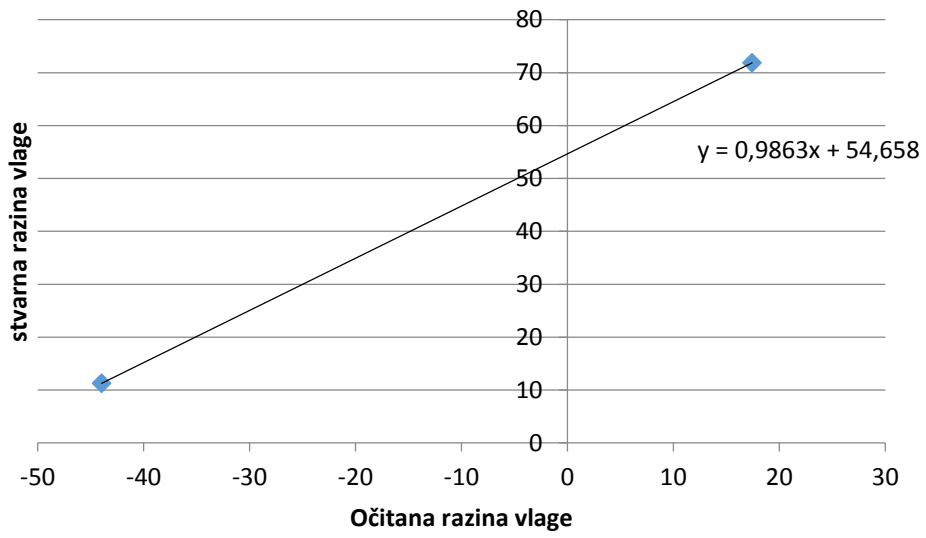
$$y = 32{,}71x + 2256 \qquad [4.3]$$

Pri čemu je varijabla y frekvencija a varijabla x razina vlage u ječmu.

Tablica 4.5 Analiza rezultata mjerenja razine vlage tri različita uzorka ječma

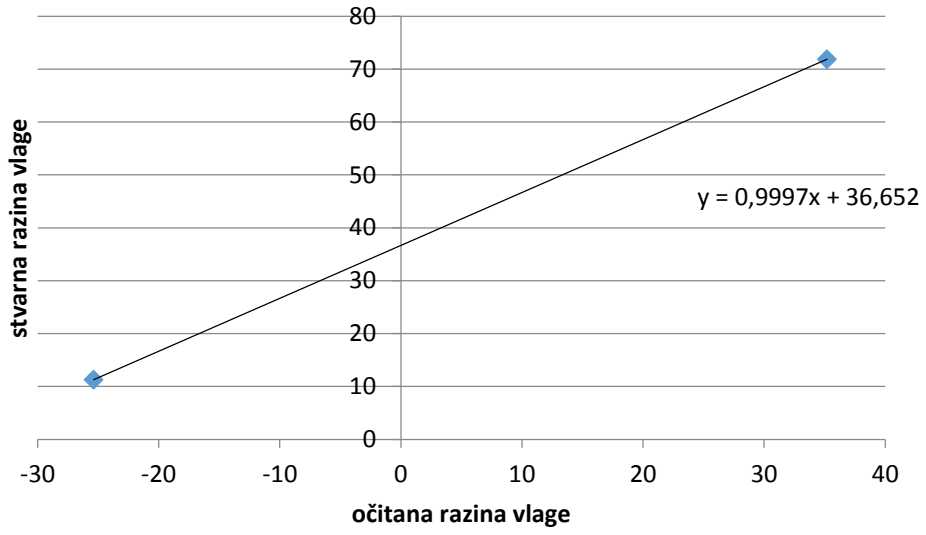
određivanje točnosti mjernenja suhog uzorka							
	%	%	%	%	%	%	%
n	xi	¯x	Δx	|Δx|	Δx_{max}	rx	r_{max}
1	6,14		-0,362	0,362		5,567518	
2	5,89		-0,612	0,612		9,412488	
3	7,08		0,578	0,578		8,889572	
4	6,54		0,038	0,038		0,584436	
5	6,86	6,502	0,358	0,358	0,612	5,505998	9,412488
određivanje točnosti mjernenja uzorka srednje vlažnosti							
1	23,46		-0,948	0,948		3,883972	
2	24,67		0,262	0,262		1,073419	
3	25,76		1,352	1,352		5,539167	
4	23,87		-0,538	0,538		2,204195	
5	24,28	24,408	-0,128	0,128	1,352	0,524418	5,539167
određivanje točnosti mjernenja vlažnog uzorka							
1	69,84		-0,554	0,554		0,786999	
2	70,24		-0,154	0,154		0,218769	
3	69,56		-0,834	0,834		1,18476	
4	70,82		0,426	0,426		0,605165	
5	71,51	70,394	1,116	1,116	1,116	1,585362	1,585362

Iz tablice 4.5 vidljivo je kolike su pogreške mjerenja te kolika je relativna pogreška mjerenja. Najvća relativna pogreška mjerenjaje za suhi uzorak i iznosi 9,4 %.Isto kao i s ostalim žitaricama da bi mjerni član ispravno mjerio razinu vlage u žitaricama,sonda mora biti napunjena do vrha s žitaricama. Ukoliko iz nekog razloga sonda se nemože napunit ječmom do vrha, danim tablicama možemo odredit stvarnu vlagu iz očitane vlage na nekoj određenoj razini.



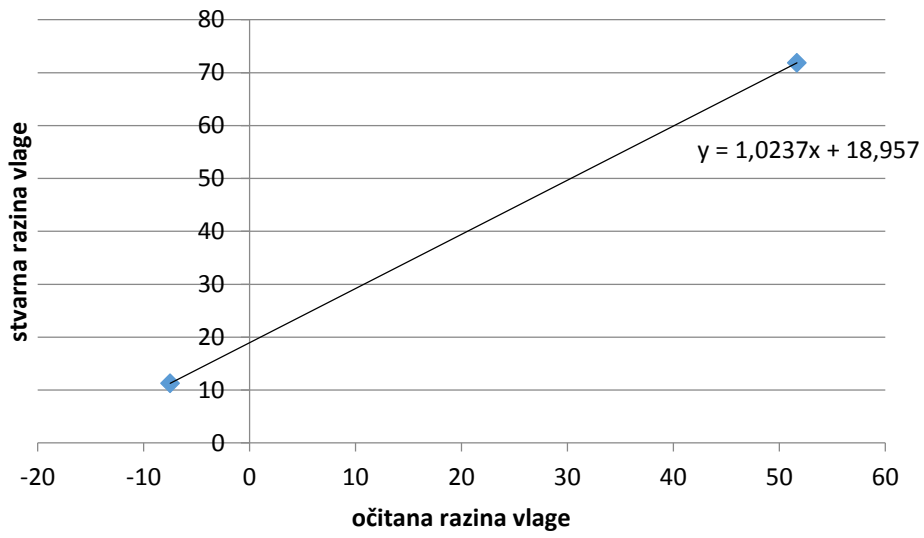
Slika 4.12 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 6 cm

Iz dijagrama na slici 4.12 vidi se ovisnost stvarne i očitane vlage s mjernog člana na razini ječma 6cm.



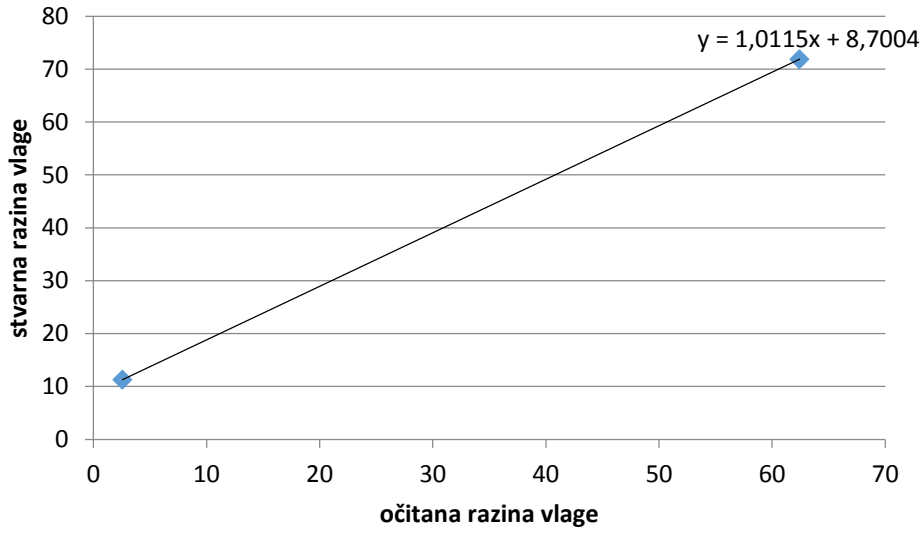
Slika 4.13 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 12cm

Iz dijagrama na slici 4.13 vidi se ovisnost stvarne i očitane vlage s mjernog člana na razini ječma 12cm.



Slika 4.14 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 18cm

Iz dijagrama na slici 4.14 vidi se ovisnost stvarne i očitane vlage s mjernog člana na razini ječma 18cm.



Slika 4.15 Ovisnost očitane i stvarne vlage na razini 24cm

Iz dijagrama na slici 4.15 vidi se ovisnost stvarne i očitane vlage s mjernog člana, na razini ječma 24cm.

Iz ovih ovisnosti se može lako očitat stvarna vrijednost vlage ukoliko sonda nije puna. Prvo se izmjeri do koje je razine napunjena sonda kako bi se moglo odredit iz kojeg grafa očitat pravu vrijednost vlage .Zatim se očita vlaga koju prikazuje mjerni član i iz određenog grafa očita stvarna razina vlage.

5. Zaključak

Kako bi se žitarice što kvalitetnije sačuvale prilikom skladištenja potrebno je kontrolirat određene parametre žitarica i uvjete skladištenja. Jedan od osnovnih mjerenja kod žitarica je mjerenje razine vlage. Poželjan postotak vlage u žitaricama je 10-15%. Ukoliko je vlaga previsoka pojavljuju se plijesni prilikom skladištenja. Zbog toga je potrebno mjeriti razinu vlage u žitaricama kako bi se mogle što kvalitetnije skladištit

Prilikom mjerenja razine vlage u žitaricama kapcitivnom metodom, mjeri se promjena kapaciteta mjerne sonde nakon što je mjerni uzorak žitarica stavljen između ploča mjerne sonde. Promjena kapaciteta računa se na temelju frekvencije izlaznog signala sa NE 555 timera, koja ovisi i promjeni kapaciteta.

Inteligentni mjerni član za mjerenje vlage u žitaricama je uređaj koji preko izmjerene frekvencije preračunava razinu vlage u žitaricama. Inteligentni mjerni član sadrži tri tipkala preko kojih korisnik odabire žitaricu kojoj se mjeri razina vlage. Nakon što mikroračunalo izračuna razinu vlage u žitaricama, podatke prikazuje na računalu i na lcd zaslonu.

Na mjerne rezultate uvelike utječe razina žitarica u mjernoj sondi , za što bolje mjerenje potrebno je sondu napunit do vrha. Isto tako potrebno je dobro fiksirati ploče jer svako pomicanje mjenja kapacitet.

Literatura

[1] J. G. Webster, *The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook*,

[2]J.Fraden, Handbook of modern sesnsors,Springer International Publishing Switzerland, 2016

[3]NE-555 timer, https://www.automatika.rs/baza-znanja/obrada-signala/ne-555-timer.html ,pristup: 26.6.2016

[4]B,Carter, The chalanges of measuring moisture content, http://www.aqualab.com/assets/Uploads/TheChallengesofMeasuringMoistureContent.pdf ,pristup: 27.6.2016

[5]S,Oluwatosin ,Determination of water/moisture content of foods, http://www.academia.edu/3607171/DETERMINATION_OF_WATER_MOISTURE_CONTENT_OF_FOODS , pristup:27.6

Sažetak

U ovom radu opisan je princip rada i način izrade inteligentnog mjernog člana. Inteligentni mjerni član se sastoji od mjerne sonde, mjernog sustava,upravljačkog sustava i sustava za prikaz podataka. Za određivanje razine vlage u žitaricama koristi se kapacitivna metoda. Korisnik može odabrat između tri vrste žitarica kojima mjeri razinu vlage.

Ključne riječi: kapacitivna metoda,ATmega2560,mikroupravljač,vlaga

Abstract

This paper desribes working principle and manufacturing of the inteligent sensor. Inteligent sensor consists of measuring probe,measuring system ,control system and system of display data. The method that is used for measure moisture content of grain is capacitive method. The user can measure moisture content of three different grains.

Key words: capacitive method, ATmega2560, microcontroller,moisture

Životopis

Hrvoje Dergez rođen 24.01.1994 u Koprivnici. Nakon završetka osnovne škole upisuje strukovnu školu Đurđevac smjer tehničar za elektroniku.2012. godine upisuje stručni studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku.