

UPORABA KONTINUIRANIH MJERILA MASE I VLAŽNOSTI U AUTOMATIZACIJI TVORNICA KRMNIH SMJESA

THE USAGE OF NEW CONTINUOUS MASS AND MOISTURE MEASURES IN THE FACTORY AUTOMATION OF ANIMAL FEED

S. Plietić

Pregledno stručni članak
UDK: 636.085.11.63.
Primljeno: 20. listopada 1992.

SAŽETAK

Iz razloga ubrzanja procesa proizvodnje, a i jednostavnijeg automatiziranja procesa, te lakšeg povezivanja u informatički sustav poduzeća sve više se u tehnološke linije uključuju kontinuirana mjerila, kako za količinu tako i za vlažnost mase.

U jednom takvom sustavu proizvodnje je itekako značajno da se u svakom trenutku može odrediti količina robe u procesu, te količina uskladištene mase.

Nije potrebno posebno naglašavati da je vlažnost proizvoda od naročite važnosti za kakvoću i postojanost neke krmne smjese, a dosljedno i točno određivanje vlage materijala jedno je od ključnih mjerenja u proizvodnji stočne hrane.

Da bi se izbjegli nepotrebni tokovi uzoraka, te ubrzalo reagiranje na promjene vlažnosti mase uočenih u procesu, razvijani su uglavnom NIR analizatori vlažnosti i to u kontinuiranom »on line« sustavu, dakle izravno utvrđivanje vlažnosti mase, bez uzimanja uzoraka iz procesa proizvodnje stočne hrane.

Ovaj rad dati će pregled takvih mjerila, kao i projekt određenih automatiziranih tehnoloških podsustava.

Automatizacija procesa proizvodnje krmnih smjesa donosi energetske uštede, te povećava i kakvoću gotovog proizvoda.

UVOD

Povećanje odgovornosti za sredstva i robu, koje se neminovno nameće novim društvenim stremljenjima kao npr. pretvorbom vlasništva, u svakom je slučaju i od ekonomskog značaja. Ušteda energetske potencijala, minimalno učešće radne snage, pouzdana, precizna i objektivna kontrola procesa, točno i vremenski brzo prikupljanje podataka iz sustava, samo su neki od važnih razloga koji zahtijevaju modernizaciju proizvodnog procesa u tvornicama krmnih smjesa (TKS). Zadovoljenje navedenih potreba ostvarivo je jedino uvođenjem višeg stupnja automatizacije i informatike.

STANJE

Aktualno stanje tehnoloških rješenja praćenja i upravljanja tvornicama krmnih smjesa je na nezavidnoj razini. Poslovna i tehnološka problematika je, međutim, vrlo pogodna za primjenu tehnoloških rješenja automatizacije i informatike. Za velike potrošače uz ekonomski dodatni motiv je postizanje maksimalne sigurnosti i kakvoće proizvodnje.

Mr. Stjepan Plietić — Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Zagreb, Sve-
tošimunska 25, Hrvatska - Croatia.

Informatički sustavi u TKS su, zbog heterogenosti radnih mjesta, uglavnom realizirani parcijalno i to uporabom nekompatibilnosti tehnologije.

Tipične su samostalne slijedeće jedinice:

- tehnolog — priprema proizvodnje — optimalizacija,
- vođenje i nadzor mješavice,
- kontrola vaganja — prijem — otprema,
- analiza primljenih sirovina,
- evidencija stanja materijala u skladištima,
- financijsko knjigovodstvo.

Kod takvih dosadašnjih sustava neizbježno je povećano učešće tzv. jalovog rada (nepotreban), povećana mogućnost grešaka, a evidencija nikada nije dovoljno točna i brza.

U pogledu automatizacije i upravljanja procesom proizvodnje u TKS može se u cjelini reći da su oni na razini od prije petnaestak godina s nekim manje važnim preinakama.

U tom periodu načinjeni su najveći zahvati na vagama, primjenom tenzometarskih mjernih komora, te su zatim uključeni u informatički sustav poduzeća. I dalje su prisutni problemi velike energetske potrošnje, praznih hodova, trenutne evidencije stanja materijala u skladištima, vlažnost mase određuje se u »off line« sustavu i niz drugih problema vezanih uz proizvodnju u TKS.

CILJ

TKS su već duže vrijeme zanimljiv objekt za primjenu dostignuća visoke tehnologije na području automatizacije i informatike. Ta činjenica izlazi iz prirode poslovno tehnološkog procesa u takvim tvornicama koja omogućava postizanje vidnih poslovno gospodarskih i tehnoloških rezultata na relativno jednostavan način. Gospodarska opravdanost ulaganja u opremu i sredstva za izgradnju takvog sustava očituje se prije svega u:

a) **povećanju produktivnosti**, koja se može postići primjenom novih tehničko tehnoloških dostignuća u automatizaciji i upravljanju TKS (nova oprema koja zadovoljava najviše zahtjeve u procesu automatizacije); zatim smanjenjem nepotrebnih zastoja u proizvodnji; pravovremenom dostavom sirovina; paralelnim doziranjem glavnih komponenata recepture; prekrivanjem pojedinih operacija u procesu proizvodnje (doziranje, miješanje, transporti).

b) **povećanju kakvoće proizvoda**, koja se također može postići primjenom novih tehničkih rješenja u konstrukciji opreme koja bitno utječe na tehnološke para-

metre proizvodnje, povećanjem preciznosti (dozatori i sl.).

c) **povećanju efikasnosti i pojednostavljenju poslovanja**, koju je moguće postići integracijom informatičkog sustava, višestrukom kontrolom stalnosti i točnosti podataka, dostavom pravih informacija na pravo mjesto, te brzinom obrade podataka s minimalno dozvoljenim kašnjenjem..

d) **bržoj reakciji na zahtjeve tržišta**, koja je rezultat automatiziranog planiranja i pripreme proizvodnje te tehnoloških parametara, kao i pripreme financijskih parametara novog proizvoda koje tržište traži.

e) **brzom i potpunom pregledu poslovanja TKS**, ostvaruje se automatskim pristupom podacima na svim lokacijama gdje je to moguće, te prosljeđivanje podataka svim korisnicima. Ručni unos podataka time bi bio reduciran na unos fiksnih podataka (kupci, dobavljači, prijevoznici).

f) **optimalnoj potrošnji energije i sirovina**, predstavlja ultimativni zahtjev za svaku tržišno orijentiranu proizvodnju. Optimalna potrošnja elemenata krmne smjese postiže se optimalizacijom sastava smjese po kriteriju najniže cijene, te preciznim dodavanjem komponenata u okviru dozvoljenih odstupanja. Smanjenje utroška energije postiže se već prije navedenom primjenom novih tehničkih rješenja opreme u TKS, kao i optimalnim vođenjem procesa proizvodnje, te smanjivanjem zastoja i izravnim nadzorom nad procesom.

g) **podizanju tehnološke i poslovne discipline**, mora biti posljedica stalne kontrole nad protokom materijala i robe unutar tvornice, kontrolom prijema i otpreme, te registracijom obavljenih operacija na svim radnim mjestima za duže vremensko razdoblje. Pojedine operacije dostupne su samo ovlaštenim osobama putem zaštite pristupa. Takav sustav rada psihološki potiče sudionike proizvodnje na savjesnije izvršavanje postavljenih zadataka.

Integriranost informatičkog sustava od automatskog vođenja i nadzora proizvodnje, preko prijema i otpreme, pripreme i planiranja proizvodnje do financijskog knjigovodstva osigurava stalnost podataka u cjelokupnom sustavu, te isključuje ljudski faktor pri transferu informacije iz jednog proizvodno poslovnog podsustava u drugi. Stalnost i istinitost podataka provjerava se na različitim razinama i tako se izbjegava opća informatička zbrka koja uobičajeno vlada u klasično vođenim poduzećima.

SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA, REGULACIJE I OBRADJE PODATAKA U TVORNICAMA KRMNIH SMJESA

Primjenom suvremenih računala i tehnologije omogućena je izgradnja gotovo idealnog informatičkog sustava za vođenje TKS koji integralno obuhvaća sve potrebne funkcije. Rješavanje problema mješaonica zahtjeva uporabu zahtijevnih informatičkih tehnologija. Pri tome treba voditi računa o slijedećem:

- održavanje više korisnika istovremeno,
- rad u realnom vremenu,
- distribuirane relacijske baze podataka,
- rad u industrijskim uvjetima,
- veliki utjecaj električnih pražnjenja na nesmetan rad elektronske opreme,

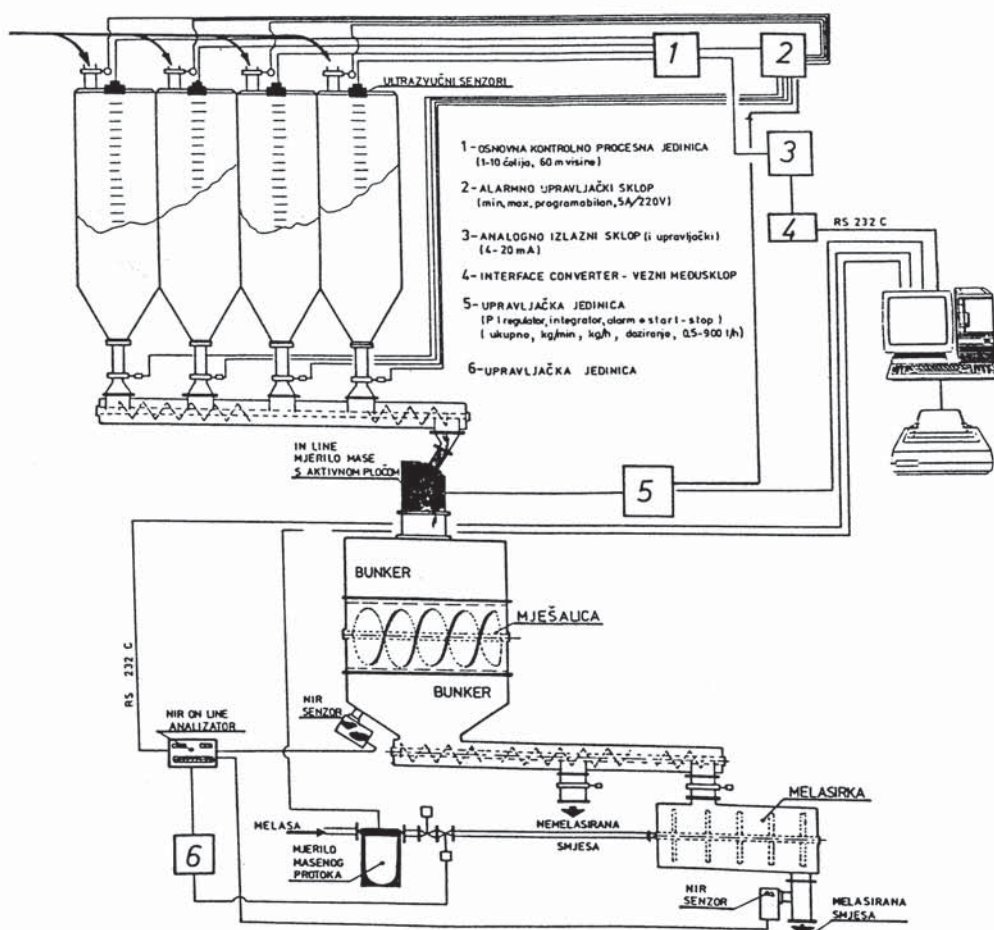
— komunikacije.

Ako se pogleda kompletna informatička problematika TKS, funkcionalnost takvog informatičkog sustava relativno je složena i može se grubo predočiti na slijedeći način:

— tehnolog i komercijalist — plan rada prema narudžbama,

— tehnolog optimizira recepte prema planu rada i stanju u skladištima i izrađuje konkretne radne zadatke,

— radni zadaci prenose se u mješaonicu gdje su osnova za automatsko vođenje postupka doziranja, mješanja,



Slika 1.: Automatsko upravljanje i vođenje procesa u TSK.

— sva premještanja materijala i doziranja registri-
raju se automatski i prenose u centralno računalo gdje
se pohranjuju,

— naputci za peletiranje i uvrećavanje prenašaju
se na odgovarajuća radna mjesta,

— izravno se ispisuju etikete sa stvarnim sastavom
smjese,

— automatski se vodi evidencija o kalu,

— prijem i isporuka materijala preko mostnih vaga
vodi se izravno računalom, a podaci se prenose u cen-
tralno računalo,

— i niz drugih mogućnosti.

Realizacijom i upotrebom takvog sustava postiže
se efikasno i kvalitetno vođenje TKS.

INFORMATIČKI PODSUSTAVI U TKS

Uvođenjem suvremene informatičke tehnologije u
TKS kao što je navedeno povećava se produktivnost i
poboljšava kakvoća proizvodnje i poslovanja. Pri tome,
vrlo je važno da se pojedini informatički podsustavi po-
vežu u integralni informatički sustav i time među poje-
dininim jedinicama automatizira protok podataka.

Funkcionalne cjeline koje se pojavljuju kao predmet
automatizacije u TKS su: mješaonica, prijem i otprema,
analiza zaprimljenih sirovina, priprema i planiranje
proizvodnje, praćenje zaliha sirovina i proizvedene smje-
se. Svaka od tih cjelina mora biti opremljena odgova-
rajućom informatičkom opremom, a oprema u proizvod-
nom procesu mora biti osposobljena za automatski pro-
tok podataka: nivo pokazivači (membranski, elektrome-
hanički, ultrazvučni); vage (mostne, dozirne, protočne);
analizatori zaprimljenih sirovina (vlažnost, primjese, hek-
tolitarska masa); transportni sustavi, silosi (temperatura,
nivo) i drugo.

Automatizirana proizvodnja također zahtjeva i
opremanje pogona transportnim sustavima, sustavima
za doziranje, sustavima za pakiranje i isporuku upora-
bom sustava s daljinskim upravljanjem.

KONTINUIRANA MJERILA U PODSUSTAVU AUTO- MATIZACIJE PROIZVODNOG PROCESA

Da bi automatska obrada podataka i vođenje pro-
cesa bilo potpuno, vrlo je važno da u tom informatičkom
sustavu budu uključeni i elementi koji će davati pravo-
dolan i točan podatak važan za AOP.

Stoga je projektom na slici 1. prikazana automat-
izacija i vođenje jednog segmenta u proizvodnji krmnih
smjesa.

U projekt su uključeni elementi najpoznatijih svjet-
skih proizvođača mjerne opreme i uređaja (Milltronics,
Bühler, Fluke-Philips,...) za rad u teškim uvjetima.

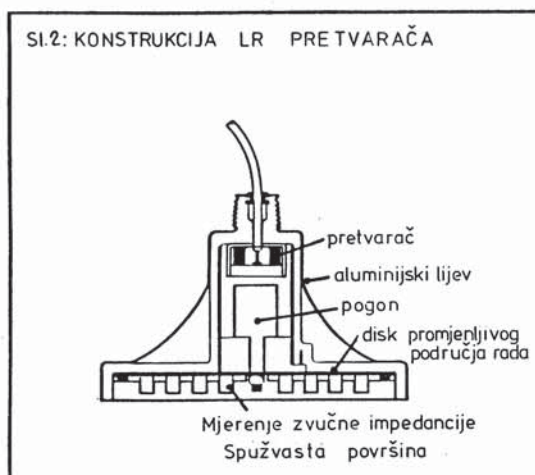
1. Sustav ultrazvučnog mjerenja razine

U silosnim ćelijama su umjesto dosadašnjih nivo
pokazivača uključeni ultrazvučni (bezdodirni) nivopoka-
zivači zbog niz evidentnih prednosti.

Mjerenje njima ostvaruje se i u najtežim uvjetima
rada, kao što su utjecaj prašine, turbulencije, fizičkih
prepreka i drugih utjecaja okoliša.

Sustav mjerenja razine sastoji se od nekoliko ele-
menata:

a) **senzora ili mjernog osjetila** — davača ultraz-
vučnih valova i ujedno prijemnika jeke (odziva) (slika
2.);



Slika 2.: Konstrukcija LR pretvarača

U radu senzor stalno emitira zvučne impulse i po-
tom prima odziv koji se odbija od ciljanog materijala.

Mjerenje razina je izvedivo od nekoliko centimetara
do 60 metara.

Senzor je presvučen slojem teflona (politetrafluore-
tilen), te se time sprečava ljepljenje prašine na senzor.

b) **središnje elektronske jedinice** u kojoj se skup-
ljaju podaci o razinama iz svih mjernih mjesta (do 10).

Osnovna kontrolno procesna jedinica sa »zvučnom
inteligencijom« ima niz mogućnosti analize odziva, te
sadrži:

— obnovu odziva — sposobnost obnavljanja izlom-
ljenog odziva zbog neravnih odbijajućih površina i jakih
zračnih vrtložnja,

— izbjegavanje mehaničkih prepreka — sposob-
nost utvrđivanja akustične karakteristike odbijanja ultraz-

vuka od prepreke u namjeri da se spriječi netočno mjerenje,

— sposobnost prepoznavanja električnih iskrenja, njihovo trajanje i zanemarivanje.

Mikroprocesorski temeljena elektronika pretvara primljeni odziv u analogni ili digitalni podatak o udaljenosti, razinu, pa čak i o obujmu. Osnova pouzdanosti takvog sustava mjerenje razine je jedinstvena mogućnost obrade odziva, koji analizira cijeli spektar primijećenih odziva, a izdvaja samo istiniti, odnosno pravi odziv.

Prednost takvog sustava je i da se svakog trenutka može utvrditi stanje materijala u ćeliji. Mogućnost takvog sustava je i programski mijenjanje minimuma i maximuma u ćelijama, kao i alarm u krajnjim točkama. Navedeni sustav je u mogućnosti putem računala djelovati na zaklopke i time dodavati odnosno izdavati materijal iz silosne ćelije.

Rezolucija sustava odnosno primjetljivost promjene je 0.1% ili 2 mm. Mjereni parametri mogu biti izraženi u: metrima, centimetrima, milimetrima, litrama, metrima kubičnim, % visine, % popunjenosti.

Također, je u sustavu i temperaturno osjetilo koje služi za temperaturnu kompenzaciju radi promjene temperature medija u kojem se ultrazvuk primjenjuje.

c) **Alarmno upravljački sklop** — služi za aktiviranje alarmnih kontakata za pripadajuća mjerna mjesta (minimum i maximum), odnosno uključivanje i isključivanje zaklopki za dobavu ili izuzimanje materijala iz silosnih ćelija

d) **Analogno izlazno upravljački sklop** — analogni modul kojim se omogućuje kontrola i regulacija procesa, te za lokalno pokazivanje

e) **vezni međusklop** — služi za komunikaciju elemenata sustava sa računalom.

Problem nastaje jedino u mjerenju razine lucerne, zbog loših osobina obzirom na apsorpciju ultrazvuka.

2. »In line« protočno mjerilo mase rasutog materijala s aktivnom pločom

Vaganje materijala obavlja se kontinuirano tijekom njegovog slobodnog pada u sustavu transporta.

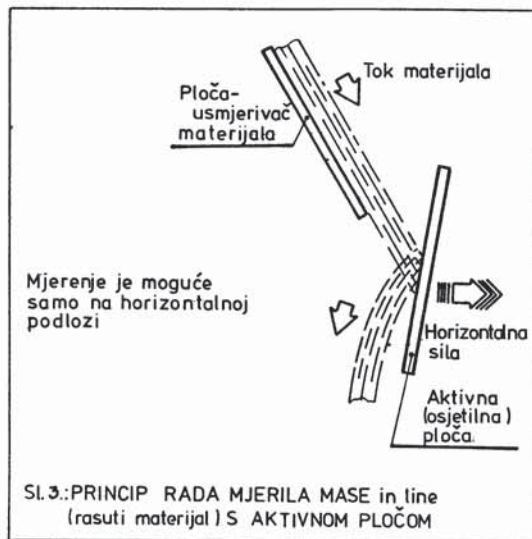
U sustavu kontinuiranog »in line« mjerenja mase uključena su dva elementa, i to: **radni dio** i **mikroprocesor**.

Princip rada sastoji se u tome da materijal preko ploče za usmjeravanje toka pada na aktivnu (potisnu) ploču povećavajući tlačnu silu prije nastavka kretanja kroz sustav transporta (slika 3.).

Izlazni signal osjetila tlačne sile pretvara vodoravnu tlačnu silu u proporcionalni električni signal protoku ma-

se materijala, koji se dalje pretvara u brojčanu ili analognu informaciju o trenutnom i ukupnom protoku mase.

Mjerni raspon takvih mjerila kreće se od 450 kg/h pa do 900 t/h.



Slika 3.: Princip rada mjerila mase »in line« (rasuti materijal) s aktivnom pločom.

Što se tiče mikroprocesora odnosno upravljačke jedinice treba reći da se njime može dobiti podatak o trenutnom protoku, ukupnom protoku, PI kontrole trenutnog protoka.

Također se njime može ostvariti funkcija doziranja programiranih količina ili funkcija kontrole zadanog omjera, te programiranje alarma za razinu protoka.

Prednost takvih mjerila je u relativno malim dimenzijama u odnosu na dosadašnje vage, te ih je moguće, bez velikih preinaka uključiti i sustav gravitacijskih cjevovoda.

3. »On line« analizator za mjerenje vlažnosti materijala

Vlažnost krmne smjese presudna je za njenu kakvoću, kao i za njenu daljnju namjenu. O vlažnosti smjese ovisi i njena postojanost pri skladištenju, njena probavljivost, te napose i njena komercijalna vrijednost. Nije potrebno posebno naglašavati da je gubitak vlage od trenutka primanja sirovina do njihove prerade u gotovu hranu, uzrokom krala u proizvodnji krmnih smjesa.

Određivanje vlažnosti proizvoda predstavlja problem koji je vezan uz vremensko kašnjenje analiza ili uz poteškoće tehničkog karaktera kao što su: uzimanje

uzoraka, mogućnost pravilnog i brzog dostavljanja uzoraka na analizu, mali kapacitet analizatora, itd.

Da bi se izbjegli nepotrebni tokovi uzoraka, te ubrzalo reagiranje na promjene vlažnosti uočene u procesu, razvijani su uglavnom NIR analizatori vlažnosti i to u »on line« sustavu, dakle direktno bez uzimanja uzoraka iz procesa proizvodnje stočne hrane.

Takvim načinom analiziranja vlažnosti moguće je izvršiti energetske uštede, kao i povećati kakvoću samog proizvoda.

a) TEORETSKE OSNOVE RADA »ON LINE« NIR ANALIZATORA

NIR (Near Infrared Remission) bliža infracrvena reemisijska je analitička tehnika kojoj je temelje postavio Norris već 1960. godine, a realizirao je sa svojim suradnicima 1976. godine. Prototipni uređaji, kao i sama ideja bili su razvijeni radi bržeg određivanja vlage u stočnoj hrani. NIR je relativna metoda, rezultat se dobiva tek na osnovu kalibracije, koje se vrše posebno za svaku kulturu.

Poznato je da molekule vode vibriraju, dakle nisu statične, a veze među njima mogu se napinjati, skupljati ili uvijati (radi se o vibracijama vodika u vezama C-H, O-H, N-H i u sličnim grupama). No, da bi došlo do navedenih vibracija potrebno je energiju dovesti izvana. Ta potrebna energija javlja se u obliku nevidljivog svjetla iz područja blizu infracrvenog spektra. Da bi se postigla tražena vibracija potrebne su sasvim određene količine te energije, koju mogu proizvesti samo specifične valne dužine i samo se energija tih valnih dužina apsorbira u proizvodima kojima se određuje vlaga. Molekule vode apsorbiraju energiju valnih dužina od 1940 i 1420 nanometara u NIR spektru, dok su tipične referentne valne dužine 1200, 1820 i 2200 nanometara.

Količina energije određene valne dužine koja se apsorbira u molekulama vode u proizvodu ovisi i o tome koliko molekula aktivira NIR svjetlo, te o snazi apsorpcije pri toj valnoj dužini. Broj molekula vode pobuđenih NIR zrakama proporcionalan je koncentraciji vode u analiziranom materijalu (Pover, 1990.).

b) OPIS UREĐAJA

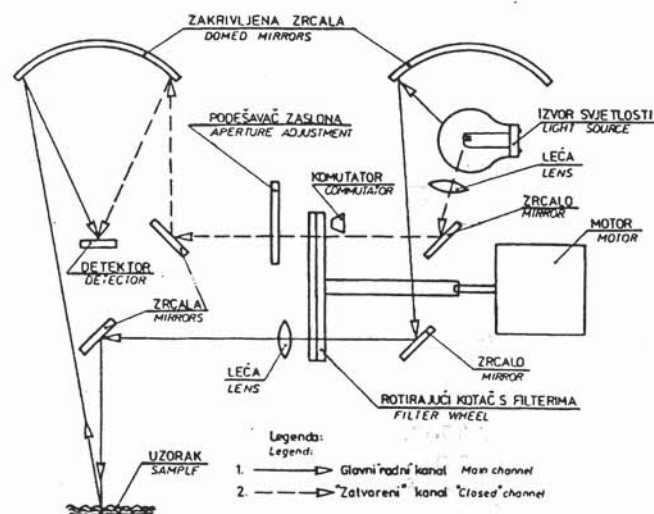
Analizator »on line« namijenjen je brzom određivanju sadržaja vode (vlažnosti) u žitaricama, uljaricama kao i drugim materijalima. Sam uređaj sastoji se iz dva osnovna dijela: senzorske glave i procesora.

Senzorska glava istovremeno je emiter i kolektor pulzirajućeg NIR zračenja. Nalazi se u čeličnom kućištu na kojem se može mijenjati položaj u odnosu na uzorak. Sastoji se od slijedećih osnovnih dijelova:

- izvora svjetlosti,
- zrcala i leća,
- rotirajućeg kotača sa filterima,

- kolektora,
- motora,
- detektora i ostalih dijelova koji osiguravaju emitiranje primarnog i skupljanje reflektiranog zračenja.

Za dobivanje zračenja određene valne dužine koriste se interferentni optički filteri koji su smješteni u senzorskoj glavi na rotirajućem kotaču. To mjesto postavljanja omogućava izmjeničnu pojavu pulzirajućih zraka referentnih i mjernih valnih dužina.



Slika 4.: Optički sklop senzorske glave Quadra Beam uređaja

Na uzorak se projiciraju referentne zrake, a zatim se mjeri njegova energija poslije refleksije. Odmah nakon referentnih zraka projiciraju se mjerne zrake pri čemu se dio energije tih zraka apsorbira u molekulama vode. Do detektora pristižu referentni i mjerni signali koji se registriraju u obliku odnosa njihovih intenziteta. Razlika među ovim odnosima za uzorke sa različitim sadržajem vode proporcionalna je razlici vlažnosti u tim uzorcima.

Uređaj referentnog sistema mjerenja, dakle da bi se osiguralo direktno očitavanje vlažnosti, potrebno ga je baždariti (kalibrirati) u određenim granicama.

Da bi se odstranila greška u očitavanju vlažnosti i omogućilo stabilno mjerenje u uređaju su još dvije dodatne zrake koje imaju iste valne dužine kao referentne i mjerna zraka ali se ne projiciraju na uzorak već ostaju unutar same senzorske glave.

U procesoru se na osnovu signala iz senzorske glave izračunava sadržaj vode. Na prednjoj ploči nalazi se dva displeja, tastatura i ekran za komunikaciju sa

procesorom. Na procesor mogu se priključiti dvije senzorske glave, a može pohraniti 50 kalibracijskih krivulja.

Također, u kombinaciji s upravljačkom jedinicom može komunicirati sa centralnim računalom u TKS i preko njega dobivati naredbe za daljnja djelovanja.

Analizator s navedenom upravljačkom jedinicom može s koristiti i u dodavanju tekućina u smjesu, a da se pri tom stalno kontrolira vlažnost smjese.

ZAKLJUČAK

Ovim projektom i primjenom navedene opreme postižu se znatne energetske uštede, podiže se kakvoća proizvoda, te povećava produktivnost TKS. Također se omogućava jednostavno uključivanje u informatički sustav upravljanja i vođenja procesom, te obradom podataka. Navedeni projekt treba biti korak naprijed u modernizaciji zastarjelih pogona TKS, a o tome treba posebno voditi računa u procesu obnove ratom oštećenih TKS.

LITERATURA

1. PLIESTIĆ, S. (1992): Upotreba vlagomjera NIR »on line« u tehnološkim linijama mješavica stočne hrane. Agronomski glasnik 1
2. PLIESTIĆ, S., GORDANA POLJAK (1991): Rezultati testa »NIR« analizatora pri određivanju vlažnosti mase Zbornik radova »VII međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja« Tuheljske toplice,
3. HARRENSTEIN, A., G.H. BRUSEWITZ (1986): Sound Level Measurements on Flowing Wheat - Transactions of the ASAE, Vol. 29., 4.
4. REMPE, J.E. (1976): Weighing and Mixing Operations, Feed Manufacturing Technology, American Feed Manufacturers Association,
5. HAMILTON, W.L. (1976): Scales and Weighing - Feed Manufacturing Technology, American Feed Manufacturers Association, god.
6. GARNER, G. (1976): Using Process Control Computers in Feed Mills
Feed Manufacturing Technology, American Feed Manufacturers Association
7. Miltronics — Hyflo — Millflo — Instruction Manual
8. Milltronic — AIRanger XPL — Instruction Manual
9. Quadra Beam Analyzer — Instruction Manual
10. Bühler measuring — Instruction Manual

SUMMARY

Continuous measures have more and more been included in the technological lines regarding quantity as well as mass moisture. The aim is to speed production process into informatical system of the firm. In such a production system it is very important to be able to determine, at any time, the quantity of goods in the process as well the quantity of the stored mass. It is not necessary to mention that the product moisture is of special importance regarding quality and animal feed mixture stability.

Consistent and punctual determination of moisture production is considered to be one of the key measuring in the animal feed production. In order to avoid the unnecessary sample courses and to speed the reaction on mass moisture changes, noticed in the process, the NIR moisture analyzer have been developed. The analyzers have been developed on the continuous »on line system«, direct determination of mass moisture, without taking samples out of animal feed production. The review of such measures as well as some schemes of determined automatized technological sub-systems will be presented in this work. The automation of the production process of animal feed brings energetic saving, increases the quantity of final products.