

OSNOVNI PRINCIPI MERENJA, AKVIZICIJE, PRENOSA I ARHIVIRANJA PODATAKA U HIDRO-INFORMACIONOM SISTEMU DRINA SA POSEBNIM OSVRTOM NA MERENJE NIVOA POVRŠINSKIH VODA

Aleksandar GRUJOVIĆ, Nenad GRUJOVIĆ, Dragan TARANOVIĆ, Zoran KALINIĆ
Mašinski fakultet u Kragujevcu, Centar za informacione tehnologije

REZIME

U radu su izloženi osnovni principi za formiranje sistema za merenja, akviziciju, prenos i arhiviranje podataka u okviru jedinstvenog hidroyinformacionog sistema sliva reke Drine. Izložene su i metode hidrometeoroloških merenja uključujući i odgovarajuću mernu opremu s posebnim osvrtom na merenje nivoa vode. Opisane su i dve prototipske varijante beskontaktnog ultrazvučnog merila nivoa površinskih voda, realizovane u Centru za informacione tehnologije na mašinskom fakultetu u Kragujevcu, sa odgovarajućim namenski razvijenim programom za akviziciju podataka. Dati su rezultati ispitivanja oba prototipa i izvršeno je upoređenje njihovih karakteristika.

Ključne reči: merenja, akvizicija, prenos, arhiviranje, hidroyinformacioni sistem, hidrometeorološka merenja, ultrazvučna merila nivoa, merna oprema;

1. UVOD

Dinamičan razvoj merne, komunikacione i kompjuterske tehnike omogućio je njihovu široku primenu u mnogim sferama života. To se, pre svega, odnosi na složene tehničke sisteme, sa brojnim podacima merenja, na osnovu kojih se donose odgovarajuće važne odluke.

U cilju optimalnog upravljanja vodama i racionalnog razvoja na slivu Drine, u okviru hidroyinformacionog sistema treba predvideti realizaciju savremenih automatizovanih on-line merenja relevantnih veličina sa akvizicijom, prenosom, obradom i arhiviranjem rezultata merenja za potrebe upravljanja u realnom vremenu.

U radu se daju principi formiranja sistema za merenja, akviziciju i prenos podataka kao dela hidroyinformacionog sistema Drina.

Na prostoru sliva reke Drine danas postoji oko 150 meteoroloških i oko 70 hidroloških mernih stanica. Budući izbor mernih veličina, broja i lokacija mernih stanica treba da bude u skladu polaznim pristupom u pogledu javne bezbednosti, optimalnog gazdovanja vodenim resursima i pravilnog održavanja objekata. Predloženi novi merni sistem treba da se oslanja na postojeću mrežu mernih stanica uz moguće minimalne zamene postojeće merne opreme i uz klasifikaciju mernih mesta u pogledu značaja mernih veličina na datoj lokaciji sa aspekta donošenja upravljačkih odluka. Senzore i merne sisteme treba koncipirati vodeći računa o bitnim metrološkim karakteristikama u pogledu mernog opsega, tačnosti, rezoluciji, ali i o pouzdanost i ekonomičnosti ponuđenog rešenja, što treba da bude bazirano na odgovarajućoj tehnioekonomskoj analizi.

Pri eksploataciji površinskih voda neophodno je praćenje njihovog nivoa. U radu su detaljnije izložene osnovne metode za merenje nivoa vode i na osnovu konkretnih potreba Centra za informacione tehnologije Mašinskog fakulteta u Kragujevcu izabrana je metoda ultrazvučnog merenja kao optimalna. Za obradu signala primenjen je odgovarajući namenski razvijeni program za akviziciju podataka.

2. KONCEPT BUDUĆEG SISTEMA ZA HIDROMETEOROLOŠKA MERENJA, AKVIZICIJU I PRENOS PODATAKA

U skladu sa savremenim pristupom upravljanja hidrosistemima, kako za planske analize tako i za potrebe upravljanja u realnom vremenu, neophodno je obezbediti tačne podatke o merenim veličinama koje predstavljaju ulazne podatke za računski model. Da bi se to postiglo mreža osmatračkih stanica treba da omogući automatska on-line merenja, akviziciju i prenos podataka uključujući: podatke o merenim

meteorološkim veličinama, podatke o merenim hidrološkim i hidrogeološkim veličinama, podatke o korišćenju vode i podatke o performansama sistema.

Radi formiranja adekvatne mreže osmatračkih stanica biće potrebno da se prikupe relevantni podaci:

- o postojećim mernim stanicama (situacioni i visinski položaj, merene veličine, instalirana oprema, period rada, prekidi u osmatranjima, stanje i organizacija čuvanja podataka i sl.;
- o broju i lokaciji potrebnih mernih stanica, o merenim veličinama i potrebnim metrološkim karakteristikama merila, o učestanosti prikupljanja podataka u skladu sa zahtevima i potrebama matematičkih modela;
- o potrebnoj dinamici razvoja mreže.

Izbor merenih veličina, broja i rasporeda mernih mesta treba da bude u skladu polaznim pristupom u pogledu javne bezbednosti, optimalnog gazdovanja vodnim resursima i pravilnog održavanja objekata. Pri izboru merne opreme treba da bude posvećena posebna pažnja upotrebnim – metrološkim karakteristikama, kompatibilnosti svih članova sistema, kao i mogućnosti dogradnje i proširenja sistema.

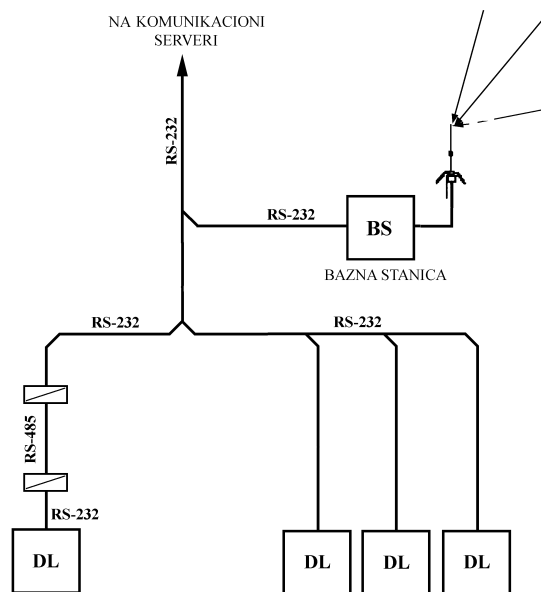
Predloženi novi merni sistem treba da se oslanja na postojeću mrežu mernih stanica uz moguće minimalne zamene postojeće merne opreme uz klasifikaciju mernih mesta u pogledu značaja merenih veličina na datoj lokaciji sa aspekta donošenja upravljačkih odluka. Senzore i merne sisteme treba koncipirati vodeći računa o bitnim metrološkim karakteristikama u pogledu mernog opsega, tačnosti, rezoluciji, ali i o pouzdanost i ekonomičnosti ponuđenog rešenja, što treba da bude bazirano na odgovarajućoj tehnokonomskoj analizi. Osim toga, na svim mernim mestima treba da budu predviđene bezbednosne mere radi zaštite operatera i zaštita uređaja od mogućih oštećenja zbog elektostatičkih pražnjenja i sl.

Pri ovako složenim merenjima, na više desetina ili stotina mernih mesta i sa velikim brojem različitih merenih veličina na raznim lokacijama, uz primenu kompleksnih mernih sistema, jedan od najvažnijih zadataka je selekcija, rangiranje i koncentracija informacija. Sakupljanje svih relevantnih informacija na jednom centralnom mestu (u operativnom centru) nije ni tehnički svrsishodno niti ekonomski opravdano. Zbog toga treba predvideti da se vrši njihovo rangiranje i selekcija po principu piramide informacija, počevši od mernih stanica na najnižem, prvom nivou, preko podstanica na višem nivou, do operativnog centra – na

najvišem nivou. U datom slučaju, pokazni instrumenti za nadzor svih relevantnih veličina treba da budu postavljeni u okviru merne stanice locirane uz branu, reku ili jezero. Selektirane informacije višeg ranga se prenose do podstanice u okviru jednog podsistema, a zatim, naknadno selektirane, i dalje do operativnog centra (komandnog mesta za nadzor i upravljanje), uvažavajući tehničko-tehnološki raspored i tok radnog procesa.

U sistemu za akviziciju mernih podataka bitnu ulogu imaju kontroleri – datalogger-i (DL), uređaji koji vrše prihvatanje i primarnu obradu mernih signala i drugih informacija, memorišu ih i po određenom protokolu posredstvom interfejsa prosleđuju nadređenom operativnom centru. Signale od većeg broja mernih davača, kao što su davači temperature i nivoa podzemnih voda, datalogger prima posredstvom multipleksera.

Primer strukture mreže uređaja za akviziciju podataka – datalogger-a sa interfejsima, koja obezbeđuje komuniciranje, kako između datalogger-a tako i njihovo komuniciranje sa mrežom računara, prikazana je na slici 1.



Slika 1 Primer strukture sistema za akviziciju i prenos podataka do mreže računara

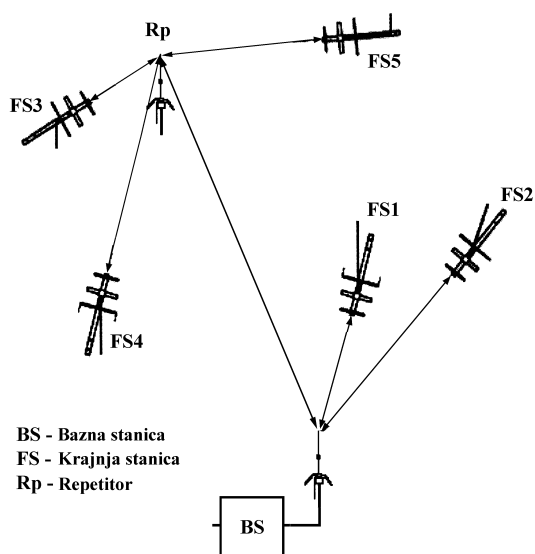
Sistem za prenos podataka treba da bude u direktnoj funkciji mreže stanica za prikupljanje podataka, ali mora biti usklađen i sa drugim relevantnim činiocima (geomorfološkim odlikama terena, klimatskim faktorima

i sl.). Za formiranje sistema za prenos podataka potrebno je da se definišu:

- lokacije mernih stanica u mreži;
- način akvizicije i učestanost prikupljanja podataka;
- način prenosa podataka i vrsta primenjene opreme u zavisnosti od izgrađenosti kablovske telefonske mreže i mreže mobilne telefonije, kao i od geomorfoloških odlika terena;
- dinamika izgradnje prenosnih sistema.

U oblastima gde druga rešenja za komunikacije nisu moguća treba razraditi varijantna rešenja sa upotrebom radio veze uz moguće instaliranje relejnih / repetitorskih stanica, kao u primeru na slici 2, a gde je to jedino moguće i opravdano – treba koristiti i usluge satelita (sistem Eutelsat).

Osim specifikacija merne, akvizicione i komunikacione opreme, potrebno je definisati i odgovarajuće građevinske uslove za objekte mernih stanica u kojima će biti smeštena merna i komunikaciona oprema.



Slika 2 Primer radio-relejne veze

3. METROLOŠKI ZAHTEVI

Pri izboru merne opreme za potrebe hidroinformatičnog sistema u slivu reke Drine posebna pažnja treba da bude posvećena upotrebnim – metrološkim karakteristikama merila, kompatibilnosti svih članova sistema, kao i mogućnosti dogradnje i proširenja sistema.

Primer potrebnih metroloških karakteristika hidroloških veličina dat je na u tabeli 1, dok je u tabeli 2 dat primer meteoroloških veličina sa potrebnim metrološkim karakteristikama.

Tabela 1 Hidrološke veličine

NAZIV	MERNI OPSEG	REZOLUCIJA	GREŠKA
Nivo vode u akumulaciji	0 – 70 m	0,025 %	± 0,1 %
Nivo vode na otvorenom toku (na profilu)	0 – 7 m	0,025 %	± 0,1 %
Nivo podzemne vode	0 – 7 m	0,025 %	± 0,1 %

Tabela 2 Meteorološke veličine

NAZIV	MERNI OPSEG	REZOLUCIJA	GREŠKA
Brzina vetra	0,25 / 75 m/s	0,1 m/s	2 %
Pravac vetra	1 – 359 °	1 °	±2 %
Temperatura vazduha	-20 – +70 °C	0,1 °C	0,2 °C
Relativna vlažnost vazduha	0 – 95 %	0,1 %	2 %
Padavine (otvor: \varnothing 203,2 mm)		0,25 – 0,5 mm	
Insolacija (spektar 0,4 – 11 μ m)	0 – 5000 W/m ²	2 W/m ²	5 %
Isparavanje (klase A; površina suda 11684 cm ²)	0 – 500 mm	0,1 mm	±1 mm
Pritisak vazduha	600–1100 mbar	1 mb	0,5 mbar
Visina snega	0,3 – 5 m	1,3 mm	0,2 %

4. OSNOVNI PRINCIPI ZA MERENJE NIVOA VODE NA REKAMA I JEZERIMA

Merenje i praćenje vodostaja na rekama i jezerima (hidroakumulacijama) je jedan od osnovnih uslova za racionalno korišćenje vodnih resursa u vodoprivredi, poljoprivredi i energetici, kao i za preduzimanje mera zaštite od vodenih stihija koje su posledica vremenskih nepogoda ili drugih aksidentnih situacija, pa je poseban akcenat dat razvoju merila za merenje nivoa površinskih voda.

Vodostaj reke ili jezera je visina površine vode iznad definisanog referentnog nivoa. Visina površine vode u odnosu na neki proizvoljni ili unapred određeni nivo naziva se »merena visina« odnosno mereni nivo. Vrednosti merenog nivoa sa relacijom vodostaj – protok koriste se pri određivanju protoka reke. Tačnost tako dobijenih vrednosti protoka zavisi od tačnosti merenog nivoa kao i od tačnosti relacije vodostaj – protok. Podaci o vodostaju reka i jezera su neophodni za potrebe planiranja objekata i konstrukcija koje utiču na visinu nivoa vode, za planiranje navodnjavanja u poljoprivredi kao i za zaštitu od poplava. Rezultat merenog nivoa vode u hidroakumulaciji je indirektno pokazatelj zapremine vodene mase.

Pod referentnim nivoom može se podrazumevati srednji nivo vode, ili neki proizvoljni pogodno izabrani nivo. Da bi se eliminisala mogućnost pojave negativnih vrednosti merenog nivoa, izabrani referentni nivo je ispod ili na nivou nultog protoka.

Opšte je pravilo da se tokom čitavog veka rada stanice za merenje nivoa održava i koristi jedan stalan referentni nivo. Izuzetak se javlja na mestima gde preveliko čišćenje rečnog korita, posle instaliranja merne stanice, rezultuje u niske vodostaje i negativne vrednosti merenog nivoa. U takvim slučajevima se preporučuje promena referentnog nivoa da bi se eliminisale negativne vrednosti.

Za merenje vodostaja danas postoje vrlo različita merila. Izbor merila za praktične potrebe obično zavisi od cene i drugih faktora, kao što je mogućnost daljinskog opsluživanja. Kao i u drugim situacijama bitan je kompromis između tehničkih – metroloških i drugih zahteva i materijalnih mogućnosti. Razumljivo je, na primer, pitanje zašto bi se zadovoljili sa tačnošću merenja reda centimetra ako se danas u laboratorijama pomoću lasera postiže znatno bolja tačnost. Deo odgovora je u pravilnoj oceni fizičkih karakteristika vodene površine na merenom nivou s obzirom na prisustvo talasa, mehurova i pene. Osim toga, naglasak se stavlja na trajnost i pouzdanost merenja. U klimatski surovom okruženju nije moguće meriti s istom tačnošću kao na nekim drugim mestima. U tom slučaju se primenjuje pravilo "da se čini ono što je moguće".

Zapis o vodostaju može se dobiti sistematskim očitavanjima pokazivača merila ili pomoću pisaača, odnosno memorije sa automatskim registrovanjem vodostaja. Merila nivoa bez mogućnosti registrovanja u odnosu na odgovarajuća merila sa pisaačem (ili memorijom) imaju

prednost u pogledu manje početne investicije ali zahtevaju angažovanje osmatrača (čitača) s tim što je i manja tačnost kontinualnog zapisa vodostaja ucrtanog kroz upisane tačke s obzirom da osmatrač (čitač) vrši očitavanje obično dva puta dnevno, a dodatna očitavanja se vrše u periodima brzo promenljivih vodostaja.

Sistem za praćenje vodostaja, uopšte, obuhvata mrežu mernih stanica sa potrebnom mernom opremom i odgovarajućim objektima, kao i odgovarajuću komunikacionu mrežu.

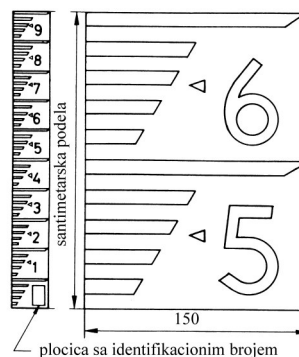
Za merenje nivoa vode, i tečnosti uopšte, na raspolaganju su brojne metode zasnovane na specifičnostima u pogledu gustine tečnosti, na termičkim, električnim, akustičkim i optičkim karakteristikama tečnosti, kao i na koeficijentima apsorpcije radioaktivnih (alfa ili beta) zračenja, koji takođe predstavljaju karakteristike tečnosti. Razvijeni su i pretvarači na principu digitalnog enkodera kao i drugi sofisticirani sistemi sve do radarske altimetrije iz vasiona.

Zavisno od izabrane metode, merenje nivoa vode može da se svodi na merenje rastojanja između vodene površine i izabrane reperne tačke iznad vode. Pri tome, za razliku od merenja nivoa vode u cisternama, bunarima i sličnim objektima, kod merenja nivoa vode na rekama i jezerima mora da se računa sa nemirnom, manje ili više zatalasanom površinom vode.

Ovde će biti prikazane samo neke metode koje se mogu koristiti za merenje nivoa vode.

4.1. MERENJE NIVOVA VODE OČITAVANJEM POMOĆU MERNE LETVE

Bez sumnje najstarija, ali i do danas primenjena metoda za merenje nivoa vode jeste očitavanje pomoću merne letve. Merna letva može biti vertikalna ili nagnutog tipa.



Slika 3. Detalji vertikalne merne letve

Na slici 3 je prikazani su detalji vertikalno postavljene merne letve. Vertikalna merna letva se koristi u bunarima za umirivanje kao unutrašnje referentno merilo, ili u reci kao spoljašnje merilo. Nagnuta merna letva je obično izgrađena teška greda čvrsto spojena za temeljne stubove. U odnosu na vertikalnu mernu letvu nagnuta merna letva je manje izložena oštećenjima od bujica, plivajućeg leda ili vodene struje.

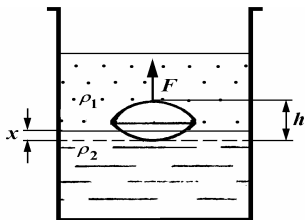
Ova jednostavna ali primitivna metoda zbog neizbežnog angažovanja ljudskog faktora ne zadovoljava elementarne zahteve savremenih sistema za kontinualno on-line automatsko praćenje i registrovanje vodostaja.

4.2. KONTAKTNE METODE MERENJA

Više mogućnosti za određivanje nivoa vode nude kontaktne metode zasnovane na direktnom kontaktu vode i mernog davača: mehaničkim pomeranjem plovka spregnutim s davačem pomeraja, merenjem sile potiska ili hidrostatičkog pritiska. Ovde će biti izložene samo neke od navedenih mogućnosti.

4.2.1. MERENJE NIVOA VODE POMOĆU PLOVKA

Plovak je element davača nivoa vode napravljen od materijala manje gustine od gustine vode na čijoj površini pliva s konstantnim gazom, odnosno dubinom na koju je uronjen.



Slika 4. Plovak na granici dva fluida

Za plovak, prikazan na slici 4, zapremine V_p sila potiska, u skladu s Arhimedovim zakonom, je

$$F(x) = \rho_1 V_p + (\rho_2 - \rho_1) \int_0^x S_p(x) dx,$$

gde su:

$S_p(x)$ - poprečni presek plovka,

ρ_1 - gustina gornjeg (1) fluida (vazduh),

ρ_2 - gustina donjeg (2) fluida (voda).

Ako plovak treba da detektuje nivo donjeg fluida, koji predstavlja granicu između fluida 1 i 2, pri čemu je $\rho_1 < \rho_2$, bira se da gustina plovka ρ_p ima vrednost koja zadovoljava odnos $\rho_2 > \rho_p > \rho_1$.

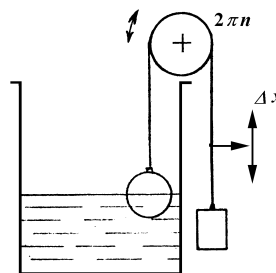
Ako je gornji fluid vazduh ($\rho_1 \cong 0$) sila potiska plovka sa gazom x je

$$F(x) = \rho_2 g \int_0^x S_p(x) dx.$$

Za plovak konstantnog preseka S_p , visine h i s gazom x u fluidu 2, sila potiska plovka je

$$F_p = \rho_1 g S_p h + (\rho_2 - \rho_1) g S_p x \cong \rho_2 g S_p x.$$

Što je gaz plovka manji, manja je i osetljivost mernog sistema s plovkom na promenu gustine tečnosti čiji se nivo meri. Na slici 5 prikazano je merenje nivoa vode pomoću plovka i s prenosom translatornog u obrtno kretanje. Sam merni pretvarač može biti analognog tipa, na primer, višeobrtni potenciometar (helipot) ili digitalnog tipa, enkoder – za pretvaranje ugaonih pomeraja u digitalni signal.



Slika 5. Merenje nivoa vode pomoću plovka

Merilo nivoa vode s plovkom se sastoji od trake ili užeta koje prelazi preko kotura (čokrka) sa plovkom u bunaru za umirivanje pričvršćenim na jednom kraju trake ili užeta i sa protivtegom na drugom kraju. Plovak prati porast i pad nivoa vode čija se vrednost može očitavati korišćenjem indeks-oznake i graduisane trake (sa podeocima) ili se kretanje kotura mehanički prenosi na pislač. Konkretno izvođenje merila nivoa vode s plovkom se sastoji od plovka, graduisane čelične trake, kontratega i čokrka. Čokrak je obično prečnika 0,152 m.

Traka je spojena sa plovkom pomoću spojnice koja se takođe može koristiti za podešavanje očitavanja. Obično se koriste bakarni plovak prečnika 0,25 m i kontrateg mase 0,9 kg.

Merilo nivoa s plovkom ima široku primenu u hidrometrologiji, a koristi se uglavnom u bunaru za umirivanje kao unutrašnje referentno ili pomoćno merilo. Funkcionisanje ovog tipa merila mora se povremeno kontrolisati, posebno zbog mogućeg upredanja, uprljanja ili zakočenja trake, ili zbog dodira plovka sa zidom bunara. Greška merenja nivoa vode pomoću plovka, Δh_1 , izražena u metrima, a koja je posledica trenja u prenosnom mehanizmu, data je izrazom

$$\Delta h_1 = \frac{M}{\pi R_1^2 R_2 \rho_v g},$$

gde su:

M , N m – obrtni momenat,

ρ_v , kg/m³ – gustina vode,

R_1 , m – poluprečnik plovka,

R_2 , m – poluprečnik kotura,

g , m/s² – ubrzanje zbog zemljine teže.

Greška merenja nivoa vode pomoću plovka, Δh_2 , izražena u metrima, a koja se javlja kao posledica dilatacija trake ili užeta, data je izrazom

$$\Delta h_2 = \frac{2 m \Delta h_v}{\pi R_1^2 \rho_v},$$

gde su:

m , kg/m – podužna masa trake/užeta,

Δh_v , m – razlika nivoa vode,

R_1 , m – poluprečnik plovka,

ρ_v , kg/m³ – gustina vode.

Ova greška može biti sa pozitivnim ili negativnim predznakom, zavisno od toga da li mereni nivo raste ili opada.

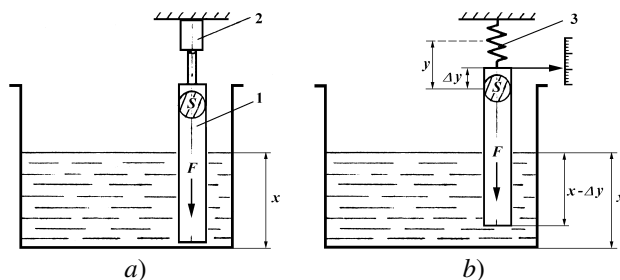
4.2.2. MERENJE NIVOA VODE POMOĆU SILE POTISKA

Merjenje nivoa tečnosti pomoću sile potiska, bazirano na principu Arhimedovog zakona, prikazano je na slici 6. Kruti štاپ (1) konstantnog preseka S gornjim krajem vezan je za merni davač sile (2), a donjim je uronjen u vodu do neposredno iznad dna. Ako je težina slobodnog štapa $G = m g$, uronjen u vodu za dužinu x on gubi od svoje težine za onoliko koliko je teška odgovarajuća zapremina vode, $G_1 = \rho_v g S x$.

Sila kojom uronjeni štاپ deluje na davač je

$$F = G - G_1 = m g - \rho_v g S x,$$

a izmereni nivo vode može da se izrazi kao:



Slika 6. Merenje nivoa vode pomoću sile potiska:
a) posredstvom davača sile, b) posredstvom opruge

$$x = \frac{m g - F}{\rho_v g S}.$$

Ako je štاپ mase m ovesan na oprugu (3) krutosti c , u praznom koritu reke, kako je pokazano na slici 4 pod b), opruga se istegne za dužinu y pri čemu je

$$c y = m g.$$

Kada voda dostigne nivo x , štاپ se zbog sile potiska podigne za Δy , pri čemu važi ravnoteža

$$c (y - \Delta y) = m g - \rho_v g S (x - \Delta y),$$

odakle je

$$x = \left(1 + \frac{c}{\rho_v g S} \right) \Delta y.$$

To znači da je visina nivoa x direktno srazmerna očitanoj pomeraju Δy koji se pogodnim pretvaračem može pretvoriti u električni signal.

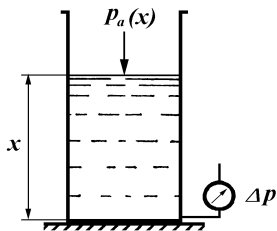
4.2.3. MERENJE NIVOA VODE POMOĆU MANOMETRA

Merjenje nivoa vode na reci ili jezeru jednostavno se ostvaruje merenjem hidrostatičkog pritiska pomoću manometra, na način kako je pokazano na slici 5.

Stub vode, nepoznate visine x i poznate srednje vrednosti gustine ρ_v , na dnu reke ili jezera stvara hidrostatički pritisak

$$p_h(x) = \rho_v g x$$

gde je g – odgovarajuća vrednost gravitacionog ubrzanja.



Slika 7. Merenje nivoa vode pomoću manometra

Ukupan mereni pritisak na dnu, $p_u(x)$, jednak je zbiru hidrostatičkog pritiska $p_h(x)$ i atmosferskog pritiska na površini vode $p_a(x)$,

$$p_u(x) = p_h(x) + p_a(x) .$$

Za merenje nivoa vode u tom slučaju potrebna su dva manometra pošto je

$$p_h(x) = \Delta p = p_u(x) - p_a(x) .$$

Ako se varijacija atmosferskog pritiska u datom opsegu promene x može da se zanemari ($p_a(x_{\min}) \cong p_a(x_{\max}) \cong p_a$), onda je

$$\Delta p = p_u(x) - p_a ,$$

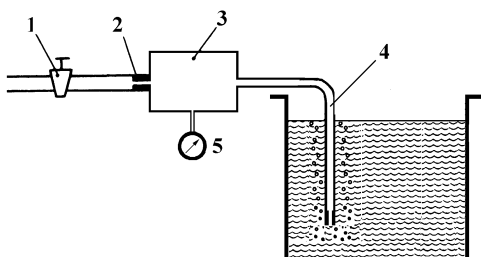
što znači da se merenje u tom slučaju vrši samo jednim diferencijalnim manometrom ili jednim običnim manometrom za merenje hidrostatičkog pritiska, koji može da bude baždaren tako da direktno pokazuje merenu visinu x vode, pri čemu je

$$x = \frac{\Delta p}{\rho_v g} .$$

Osim toga, manometar može biti opremljen i mernim pretvaračem s električnim izlazom.

4.2.4. PNEUMATSKO MERENJE NIVOA VODE POMOĆU MEHURA

Principijelni prikaz sistem za pneumatsko merenje nivoa vode dat je na slici 8.



Slika 8. Princip pneumatskog merenja nivoa vode pomoću mehura

Gas pod pritiskom, vazduh ili neutralni azot, posredstvom regulatora pritiska (1) i ulazne mlaznice (2) se dovodi u komoru (3) i ispusnu cev sa izlaznom mlaznicom (4). U zavisnosti od hidrostatičkog pritiska koji obrazuje stub vode, a koji gas pod pritiskom savlađuje izlazeći u obliku mehurova u atmosferu, menja se pritisak u komori (3) koji se meri pomoću manometra (5).

Praktično izvođenje merila nivoa vode s mehurima se sastoji od sistema za ispuštanje gasa, servomanometra i servoupravljačke jedinice, obično sa obrtnim koderom za A/D pretvaranje mernog signala. Gas (pod pritiskom) vodi se pomoću cevi u reku i slobodno ističe u vodu kroz otvor (mlaznicu) na fiksiranom nivou u reci. Mereni pritisak gasa u cevi zavisi od visine vodenog stuba iznad mlaznice.

Mlaznica treba da bude postavljena bar 15 cm ispod najnižeg očekivanog nivoa. Pravilno pozicioniranje mlaznice je esencijalno za tačno merenje vodostaja. Ako je mlaznica delimično zarivena u pesak ili mulj merilo će pokazivati veću vrednost merenog nivoa. Mlaznica ne bi trebalo da se postavi u brzaku (brzoi vodenoj struji). Ako je to neizbežno, mlaznicu treba postaviti ortogonalno u odnosu na smer protoka. U slučaju brzog protoka preporučljivo je da se mlaznica montira neposredno uz zid objekta. Takođe treba voditi računa da mlaznica ne bude u turbulentnom protoku.

Merilo s mehurima se prvenstveno koristi na mestima gde je teško izvodljivo i neracionalno da se postavi bunar za umirivanje. Tačnost merenja ovom metodom je +/- 3 mm.

4.2.5. MERENJE NIVOA VODE POMOĆU KAPACITIVNIH DAVAČA

Za merenje nivoa vode direktno se koriste i kapacitivni merni davači s vertikalno postavljenim ravnim ili koaksijalnim elektrodama i to kao kondenzatori sa promenljivim dielektrikom. Izraz za kapacitivnost uronjenih ravnih ili koaksijalnih elektroda ukupne visine h u zavisnosti od visine tečnosti x ima linearan oblik

$$C(x) = C_0 \left[1 + (\epsilon_r - 1) \frac{x}{h} \right] .$$

Pri tome je

$$x = \frac{h}{(\epsilon_r - 1)} \left(\frac{C_x}{C_0} - 1 \right) ,$$

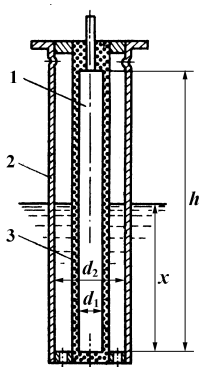
gde su:

C_0 – merena kapacitivnost u praznom rezervoaru, bez vode, za $x = 0$,

ϵ_r – relativna dielektrična konstanta vode u rezervoaru.

S obzirom da je voda provodna jedna elektroda je presvučena slojem dielektrika konstantne debljine.

Na slici 9. prikazana je konstrukcija kapacitivnih davača nivoa koaksijalnog tipa sa jednom izolovanom elektrodom.



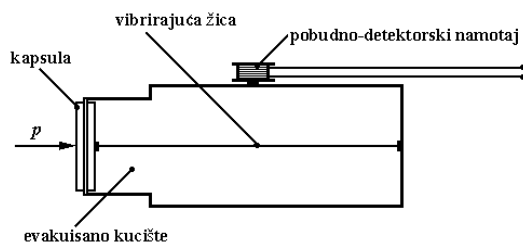
Slika 9. Koaksijalni kapacitivni davač nivoa vode

Na crtežu su označeni:

1. unutrašnja elektroda sa spoljnim prečnikom d_1 ,
2. spoljašnja elektroda sa unutrašnjim prečnikom d_2 ,
3. izolacija unutrašnje elektrode.

4.2.6. MERENJE NIVOVA VODE POMOĆU DAVAČA SA VIBRIRAJUĆOM ŽICOM

Davač sa vibrirajućom žicom ja našao široku primenu kako za merenje nivoa površinskih, tako i za merenje nivoa podzemnih voda. Sam davač, čija je osnovna struktura prikazana na slici 10, sastoji se od membrane (ili kapsule sa dve membrane) u sprezi sa zategnutom čeličnom žicom smeštenom u evakuisanom i hermetički zatvorenom kućištu.



Slika 10. Davač sa vibrirajućom žicom

Pritisak vode p utiče na ugibanje membrane, što ima za posledicu promenu mehaničkog napona, a time i prome-

nu sopstvene učestanosti zategnute žice. Kvadrat rezonantne učestanosti zategnute žice je direktno srazmeran pritisku koji deluje na membranu. Neposredno uz žicu je postavljen pobudno-detektorski namotaj. Elektromagnetski impulsi promenljive učestanosti, koji se emituju posredstvom namotaja, uzrokuju vibriranje žice na rezonantnoj učestanosti. I posle prestanka pobude žica nastavi da vibrira na rezonantnoj učestanosti zaviosnoj od pritiska, indukujući u namotaju električni signal, koji se prenosi posredstvom provodnika radi pokazivanja i dalje obrade.

4.3. BESKONTAKTNE METODE MERENJA

Fizičke karakteristike vode bitno se razlikuju u poređenju sa odgovarajućim karakteristikama vazduha u okruženju. Različite vrednosti koeficijenata refleksije, apsorpcije i propuštanja elektromagnetskih, svetlosnih ili zvučnih talasa ova dva fluida (vode i vazduha) omogućuju da se nivo vode meri i bez direktnog fizičkog kontakta vode sa mernim davačem.

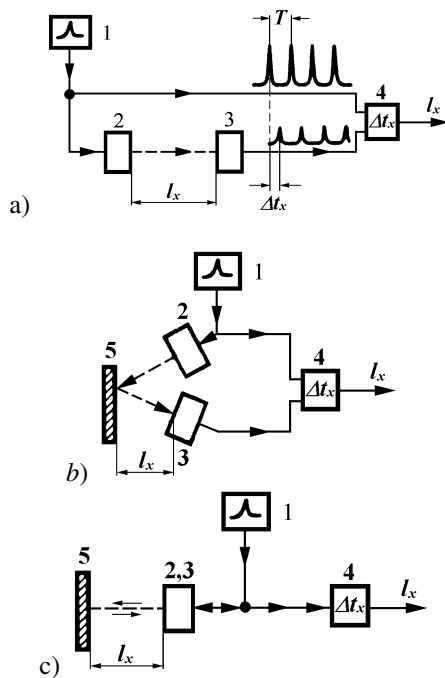
4.3.1. MERENJA NIVOVA POMOĆU ULTRAZVUKA

Pojave koje prate prostiranje ultrazvuka (opseg učestanosti od 20 kHz do 200 MHz) u različitim sredinama, kao što su odbijanje i slabljenje zvučnog talasa ili izazivanje rezonancije i obrazovanje stojećih talasa, koriste se i za merenje nivoa vode. Merenje nivoa vode pomoću ultrazvuka svodi se na merenje rastojanja do granične površine između vazduha i vode, odnosno između vode i vazduha.

Merenja rastojanja primenom ultrazvuka zasniva se na merenju vremena prostiranja zvuka kroz određenu sredinu (akustički kanal). U novije vreme je razvijen veliki broj merila nivoa vode (tečnosti uopšte, ali i rasutih materijala) na bazi merenja vremena prostiranja akustičkih signala reflektovanih od granične površine vode i vazduha.

Odgovarajući merni sistem može da funkcioniše na principu periodičnog (s periodom T) emitovanja i prijema zvučnih signala, kako je prikazano na slici 11, ili na principu generatora signala s povratnom spregom, kako je prikazano na slici 13.

U zavisnosti od položaja predajnika i prijemnika ultrazvučnih signala razlikuju se tri osnovna tipa ultrazvučnih merila na principu periodičnog emitovanja i prijema zvučnih signala, koji su prikazani na slici 11.



Slika 11. Merenje rastojanja na principu periodičnog emitovanja i prijema zvučnih signala

Prema prikazu na slici 11 pod a) generator (1) pobuđuje predajnik (2) koji emituje ultrazvučne signale u smeru prijemnika (3). Emitovani signal prevali put od predajnika do prijemnika za vreme Δt_x , koje zavisi od brzine v prostiranja ultrazvuka u datoj sredini i od merenog rastojanja l_x ,

$$\Delta t_x = \frac{l_x}{v}.$$

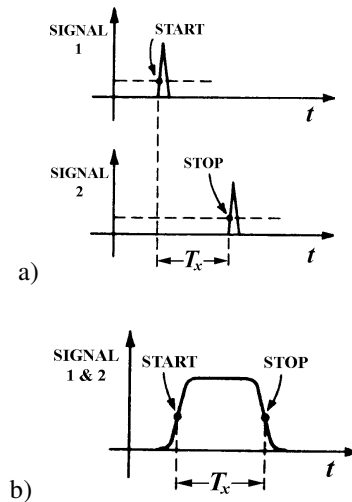
Blok (4) predstavlja merilo vremenskog intervala Δt_x između emitovanog i primljenog signala.

Za razliku od navedenog slučaja koji se odnosi na merenje rastojanja između predajnika (2) i prijemnika (3), na slici 11 pod b) prikazan je slučaj merenja rastojanja do objekta 5 koji predstavlja reflektor zvučnih signala pri čemu je

$$\Delta t_x = \frac{2l_x}{v}.$$

Na slici 11 pod c) je prikazan slučaj kada su funkcije predajnika i prijemnika objedinjene u jednom elementu sistema.

Merenje vremena $T_x = \Delta t_x$ vrši se jedan od dva načina prikazana na slici 12.

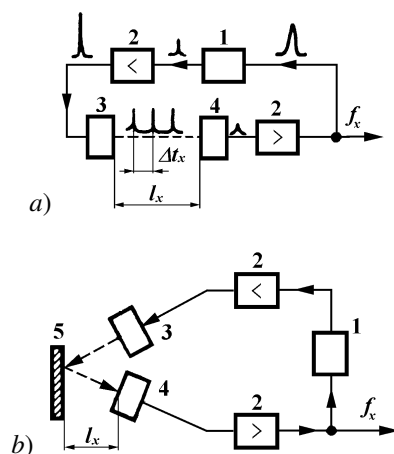


Slika 12. Merenje vremenskog intervala T_x : a) između dva signala, b) koji odgovara širini impulsa

Na slici 12 pod a) signal 1 generiše impuls kada predajnik počine da šalje ultrazvučne talase a signal 2 generiše impuls kada prijemnik primi te talase. Vreme između ta dva impulsa je $T_x = \Delta t_x$.

Na slici 12 pod b) prikazan je signal koji generiše impuls kada predajnik počine da šalje ultrazvučne talase i koji traje sve dok prijemnik ne primi te talase. Trajanje impulsa je $T_x = \Delta t_x$.

Sistem za merenje rastojanja primenom ultrazvuka na principu generatora signala s povratnom spregom prikazan je na slici 13.



Slika 13. Merenje rastojanja primenom ultrazvuka na principu generatora signala s povratnom spregom

Povorka od k_1 impulsa ultrazvučnih talasa učestanostu f_{uz} formiranih u generatoru (1) se pojačavaju pojačavačem (2) i emituje iz predajnika (3). Zvučni talasi primljeni pomoću prijemnika (4) se pojačavaju i dovode na ulaz generatora impulsa koji generiše novu povorku impulsa. Nova povorka impulsa se generiše samo kada je primljena prethodno poslata povorka impulsa. Na taj način je formirana povratna sprega kojom se određuje frekvencija slanja povorki impulsa f_x .

Na slici pod 13 pod a) je prikazano merenje rastojanja između predajnika (3) i prijemnika (4), a pod b) – merenje rastojanja do objekta (5), koji predstavlja reflektor zvučnih signala. U obe varijante učestanost ponavljanja impulsa je data izrazom

$$f_x = \frac{1}{\Delta t_x} = \frac{v}{l_x}$$

Učestanost primenjenih ultrazvučnih oscilacija se definiše na osnovu zahtevane tačnosti merenja, merenog rastojanja l_x i karakteristika akustičkog kanala. Zbog toga svaki impuls ultrazvučnog signala treba da sadrži k_1 ($k_1 \geq 10$) perioda ultrazvučnih oscilacija trajanja T_{uz} . Osim toga, dužina impulsa t_i treba da je znatno manja od vremena $\Delta t_x = k_2 t_i$, pri čemu je $k_2 = 10 \div 100$. Na taj način je

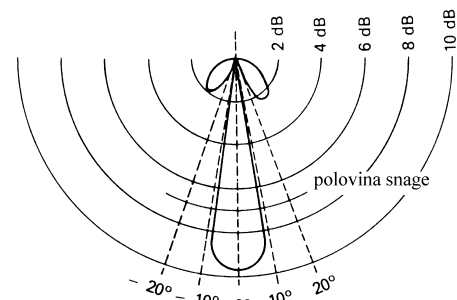
$$t_i = k_1 T_{uz} = \frac{\Delta t_x}{k_2}$$

a odatle

$$f_{uz} = k_1 k_2 f_x$$

Vrednost f_{uz} je ograničena karakteristikama okruženja (akustičkog kanala). U slučaju prostiranja ultrazvuka kroz gasove, s obzirom na njihov veliki koeficijent apsorpcije, vrednost učestanosti ultrazvuka se bira u opsegu od 20 kHz do 0,5 MHz, za tečnosti do 5 MHz, a za čvrsta tela i do 10 MHz.

Gubici pri prostiranju akustičkih talasa se povećavaju sa povećanjem učestanosti i na taj način smanjuju merni opseg merila. Međutim, rad sa višim učestanostima ima i određene prednosti. Pri višim učestanostima je uža emisijoni snop; zbog toga je bolje raspoznavanje promena na reflektujućoj površini. Pri tome se širina emisijonog snopa definiše kao ugao koji zahvataju potezi koji prolaze kroz tačke na polovini snage, prema prikazu na slici 14. Osim toga, zvuk više učestanosti manje penetrira u reflektujuću površinu i na taj način se bolje od nje reflektuje.



Slika 14. Ilustracija širine emisijonog snopa

Na tačnost merenja primenom ultrazvuka, pored navedenih odnosa, bitno utiču oblik generisanih impulsa i temperatura okruženja.

Brzina prostiranja ultrazvučnih talasa u vazduhu bitno zavisi od temperature vazduha pa je potrebno istovremeno meriti temperaturu vazduha i u zavisnosti od nje korigovati brzinu prostiranja ultrazvučnih talasa. Na osnovu merenja vremena prostiranja ultrazvučnih talasa i temperature vazduha nivo l_x se određuje iz relacije:

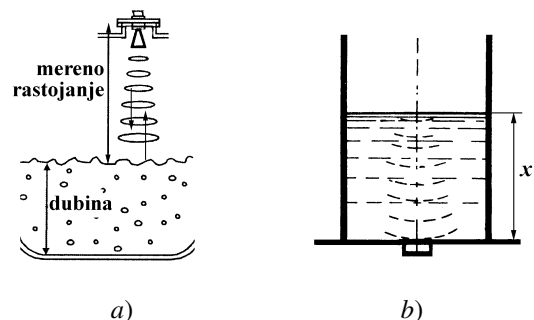
$$l_x = (v_0 + 0,6\theta)\Delta t_x$$

gde su:

$v_0 = 331,4$ m/s – brzina zvuka na temperaturi 0°C ,

θ – temperatura vazduha u $^\circ\text{C}$.

Razvijen je veliki broj merila nivoa vode s primopredajnikom (prijemnikom i predajnikom) ultrazvuka postavljenim iznad površine vode i usmerenim prema površini vode, kao na slici 15 pod a), ili u dnu reke, mora ili jezera (t.zv. ehosonder), kako je pokazano na slici 15 pod b).



Slika 15. Merenje nivoa pomoću ultrazvučnog lokatora: a) iznad površine, b) sa dna

Neke od tih realizacija su predviđene za spoljašnju primenu, montiraju se na postojećim konstrukcijama,

kao što su mostovi, bez bunara za umirivanje ili cevi za vođenje zvučnih talasa, obično uz minimalne troškove montaže, i prema ISO 4373:1995(E) nazivaju se beskontaktni akustički sistemi. Druga vrsta, t.zv. kontaktni akustički sistemi zahtevaju primenu cevi za vođenje akustičkih talasa.

Najpogodniji aranžman za pouzdano dugotrajno funkcionisanje jeste sa uzanom vertikalnom akustičkom cevi za sprečavanje rasipanja – vođenje akustičkih talasa. Na taj način je moguće da se obezbedi i kompenzacija temperaturske zavisnosti brzine prostiranja akustičkih talasa, koja iznosi oko 0,17 %/°C i bitno utiče na tačnost merenja nivoa vode. Kompenzacija se vrši primenom akustičkog reflektora na fiksnom nivou u vazduhu ispod merne glave (primopredajnika), a na bazi odnosa vremena ehoa od površine vode i od fiksnog reflektora. Osim toga, uzana akustička cev spolja ima zaštitnu cev (ili bunar za umirivanje) koja omogućuje osmatranje temperaturskog gradijenta.

Drugi tip akustičkih merila, t.zv. beskontaktni akustički sistemi, namenjeni su za merenje u otvorenom prostoru, sa mernom glavom (primopredajnikom) postavljenom vertikalno u odnosu na površinu vode. Međutim, u određenim okolnostima reflektovani signal može da se izgubi. Osim toga, rad u otvorenom prostoru otežava merenje temperaturskog gradijenta koji je potreban za temperatursku korekciju rezultata merenja. Neka rešenja pokušavaju da delimično prevaziđu taj problem postavljanjem merne glave unutar bunara za umirivanje na taj način obezbeđujući pored prigušenja talasa i temperatursku stabilnost. U oba navedena slučaja vrši se osrednjavanje serija akustičkih signala.

4.3.2 RADARSKO MERENJE NIVOVA

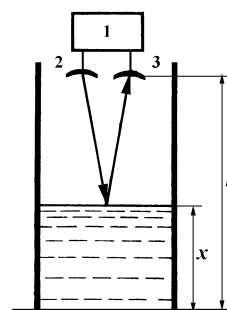
Radar (akronim za Radio Detection and Ranging), ili radiolokacioni uređaj, je našao široku primenu u saobraćajnoj i vojnoj tehnici za otkrivanje i lociranje objekata (prepreka odnosno ciljeva), za precizna merenja rastojanja u geodeziji ali i pri merenju nivoa vode, na rastojanjima i preko 50 m. U osnovi radar predstavlja usmereni radio primopredajnik koji na osnovu odnosa emitovanog i primljenog - reflektovanog elektromagnetskog impulsnog signala određuje relativni položaj posmatranog objekta. Radarska metoda se zasniva na impulsnom eho postupku u kojem se informacija o rastojanju l dobija iz vremena prostiranja emitovanog impulsnog signala na relaciji predajnik-reflektujuća prepreka – prijemnik.

Ova metoda, na sličan način kao u prethodnom slučaju pomoću ultrazvuka, koristi pojavu refleksije elektromagnetskih talasa na granici dveju sredina (vazduha i vode) koje se karakterišu različitim brzinama prostiranja elektromagnetskih talasa. Brzina prostiranja elektromagnetskih talasa u sredini sa dielektričnom konstantom ε i magnetskim permeabilitetom μ data je izrazom

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}},$$

gde je c – brzina prostiranja svetlosti u vakuumu.

Način merenja nivoa vode pomoću radio lokatora prikazan je na slici 16.



Slika 16. Merenje nivoa vode pomoću radio lokatora

Primopredajnik (1) posredstvom predajne usmerene antene (2) periodično šalje elektromagnetske signale određenog oblika prema površini vode. Talasi, koji se reflektuju u intervalu između dva emitovana signala dolaze u prijemnu antenu (3) i posredstvom skretnice dalje u prijemnik, vremenski pomereni u odnosu na predajni signal za Δt_x . Pri tome, s obzirom da impulсни signal dva puta prelazi merenu dužinu, važi:

$$l = \frac{v \Delta t_x}{2},$$

gde su:

v – brzina prostiranja elektromagnetskih talasa ($\cong 3 \cdot 10^8$ m/s),

Δt_x – vremenski interval između emitovanog i primljenog signala.

S dispozicijom primopredajnika (1) sa usmerenim antenama (2) i (3), kao na slici 14, za vremenski interval prostiranja direktnog i reflektovanog elektromagnetskog talasa se dobija

$$\Delta t_x = \frac{2(h-x)}{v},$$

a za merenu dubinu vode, s obzirom na prethodni izraz, dobija se

$$x = h - \frac{c}{2\sqrt{\epsilon\mu}} \Delta t_x.$$

S obzirom na velike brzine prostiranja elektromagnetskih talasa radarska metoda se koristi samo pri merenjima na relativno velikim rastojanjima ($h - x$) primopredajnika od površine tečnosti.

5. PROTOTIPSKI SISTEMI ZA MERENJE NIVOA POVRŠINSKIH VODA

Savremeni sistemi za praćenje nivoa površinskih voda moraju da budu ekonomični, tačni i da omogućavaju da se rezultati merenja neposredno unose u bazu podataka računarskog informacionog sistema.

Parametri koji su bitni za izbor sistema merenja su:

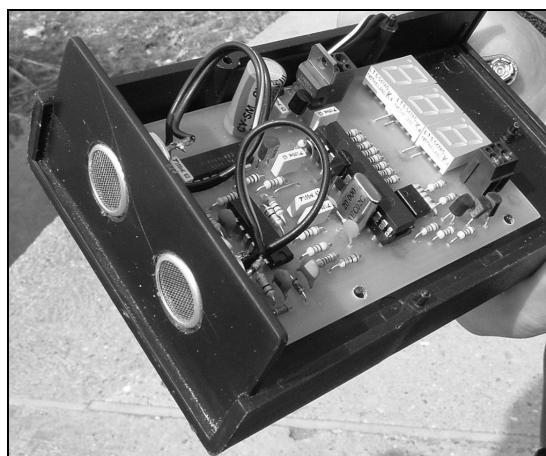
- nivo površinskih voda je sporopromenljiva veličina pa se merenje može periodično obavljati sa periodom od 1 sekunde pa do 1 sata i više;
- rastojanje mernog davača do računarskog informacionog sistema (obično do 1000 m);
- minimalno održavanje davača;
- niska cena.

Analiziranjem prethodno navedenih metoda merenja nivoa pokazalo se da je povoljno da se koriste ultrazvučni davači nivoa koji imaju standardni strujni ili komunikacioni izlaz.

Na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu su realizovane i ispitane dve prototipske varijante sistema za beskontaktno merenje nivoa površinskih voda. Prva varijanta je na bazi inteligentnog ultrazvučnog davača sa strujnim izlazom (proizvođač ABB). Druga prototipska varijanta je sa pijezelektričnim keramičkim predajnim i prijemnim pretvaračima firme Murata i elektronskim modulom za generisanje i obradu signala i serijskim interfejsom za vezu sa računarom konstruisanim i izrađenim na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu.

Prvi prototipski sistem ima za osnovu industrijski ultrazvučni davač tip SDU6000 koji proizvodi firma ABB. Davač je predviđen za merenje rastojanja do 6 m i ima kao izlaz standardni strujni signal u opsegu od 4 – 20 mA što omogućava da davač bude udaljen do 1000 m od mesta gde se prikupljaju podaci. Zbog on-line merenja potrebno je strujni signal pretvoriti u digitalni oblik i uvesti preko standardnog serijskog RS-232C porta u PC računar. Ultrazvučni davač i sistem za akviziciju su povezani dvožičnim oklopljenim kablom

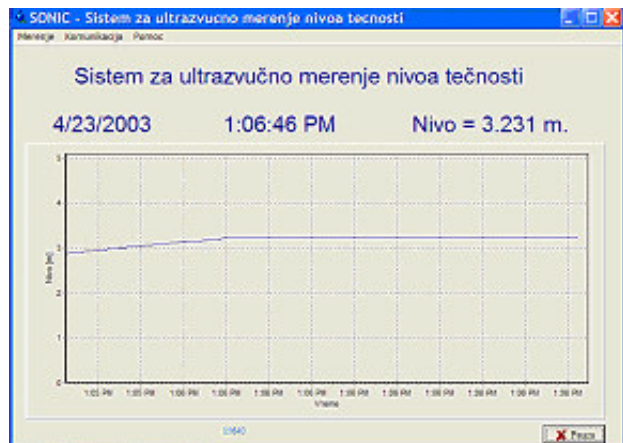
koji je izložen atmosferskim uticajima. Zbog uticaja atmosferskih pojava poželjno je da PC bude galvanski odvojen od davača. Da bi se to postiglo na Mašinskom fakultetu je realizovan modul za akviziciju podataka koji je omogućavao direktno očitavanje podataka preko serijskog porta.



Slika 17. Ultrazvučno merilo Mašinskog fakulteta

Drugi prototipski sistem, prikazan na slici 17, je u potpunosti realizovan na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu. Sastoji se od ultrazvučnog merila koje je napravljeno sa pijezelektričnim keramičkim prijemnim i predajnim pretvaračima firme Murata, a koji imaju rezonantnu učestanost od 40 kHz. Ultrazvučno merilo ima lokalno očitavanje daljine pomoću trocifarskog displeja i standardni industrijski RS-485 port koji omogućava da se signal prenese na rastojanje do 1000 m. U ultrazvučnom merilu vrši se temperaturska kompenzacija brzine prostiranja zvuka u vazduhu na osnovu izmerene temperature pomoću senzora temperature. Kod personalnog računara koji služi za obradu podataka nalazi se interfejs pretvarač RS-485/RS-232C sa galvanskim razdvajanjem.

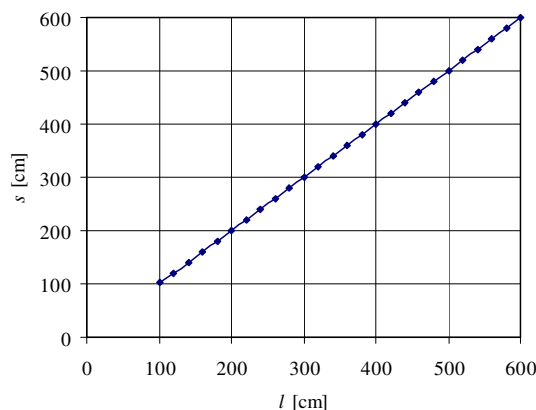
Program za on-line praćenje i akviziciju podataka ima zadatak da primi podatak od sistema za merenje nivoa, da podatak prikaže u numeričkom obliku i na grafiku i memoriše ga u odgovarajuću bazu podataka kojoj mogu da pristupaju ostali programi za praćenje hidro sistema u celini. Na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu je razvijen specijalizovani Windows program SONIC koji zadovoljava prethodno nabrojane kriterijume i koji, u okviru svojih podešavanja, može da primi i obradi podatke od oba realizovana sistema za ultrazvučno merenje nivoa. Izgled osnovnog ekrana prikazan je na slici 18.



Slika 18. Izgled osnovnog ekrana programa za sisteme za ultrazvučno merenje nivoa

Verifikacija karakteristika prototipskih sistema za merenje nivoa izvršena je za nominalne karakteristike oba sistema.

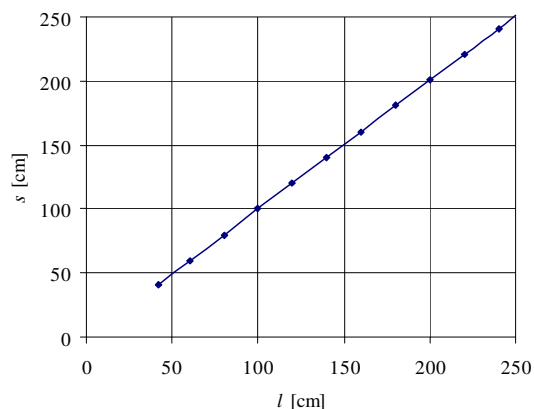
Sistem za ultrazvučim davačem firme ABB je deklarisan za meri opseg od 1 do 6 m. Na slici 19 prikazana je baždarna kriva tog sistema, gde l predstavlja stvarno rastojanje a s izmereno rastojanje. Sa krive se vidi da je postignuta dobra lineranost, a greška je manja od 1%.



Slika 19. Baždarna kriva ultrazvučnih merila sa ABB davačem

Sistem za ultrazvučim davačem firme Murata je deklarisan za meri opseg od 0,5 do 2,5 m. Manji opseg nego kod ultrazvučnog davača firme ABB je zbog manje osetljivosti pijezelektričnog keramičkog prijemnog pretvarača firme Murata. Primenom pijezelektričnog keramičkog prijemnog pretvarača veće

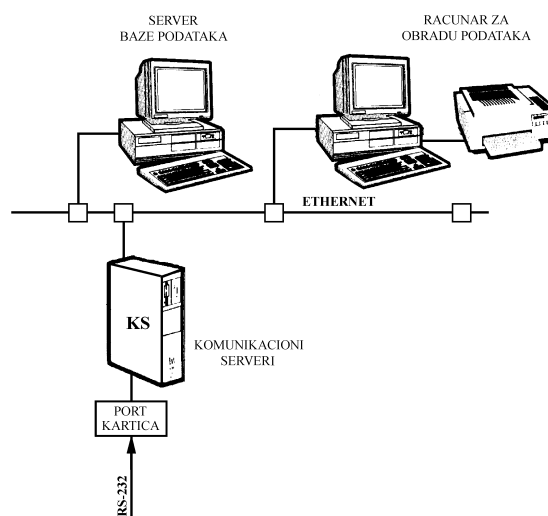
osetljivosti meri opseg se može proširiti do 10 m. Na slici 20 prikazana je baždarna kriva sistema, gde l predstavlja stvarno rastojanje a s izmereno rastojanje. Vidi se da je postignuta dobra lineranost, a greška je manja od 1%.



Slika 20. Baždarna kriva ultrazvučnih merila sa davačem Murata

6. OBRADA I ARHIVIRANJE MERNIH PODATAKA U OKVIRU HIDRO-INFORMACIONOG SISTEMA DRINA

Akvizicija i prenos mernih podataka do operativnog centra vrši se u cilju njihove obrade i arhiviranja. Za te potrebe operativni centar raspolaže potrebnom računarskom opremom, koja je ilustrativno prikazana na slici 21.



Slika 21 Računarska oprema operativnog centra

6.1 RAČUNARSKA OPREMA OPERATIVNOG CENTRA

Komunikacioni server u sistemu akvizicije podataka prima signale od datalogger-a, a po potrebi i upravlja njihovim parametrima; s druge strane, podatke pohranjuje u bazu podataka i tada je njegova uloga klijentska. Zbog zahteva u pogledu pouzdanosti komunikacioni server mora da bude osposobljen na uslove neprekidnog rada.

Za razliku od komunikacionog servera kod računara za on-line i off-line obradu podataka akcentat nije na zahtevu u pogledu neprekidnog rada, s obzirom da je njihovo korišćenje povremeno, već je potrebno da omoguće nesmetan rad pri korišćenju podataka koji se nalaze u bazi i pri kreiranju izveštaja, sa dobrim performansama u pogledu grafičkog prikaza.

Server baze podataka, kao najvažnija i samim tim najodgovornija komponenta sistema za akviziciju podataka, izložen je neprekidnom opterećenju od strane kako komunikacionih servera, tako i od korisnika računara za obradu podataka. Pri tome posebnu opasnost predstavlja mogućnost gubljenja podataka arhiviranih u bazi, tako da se njihova sigurnost postavlja kao dodatni zahtev pri izboru konfiguracije. Sa velikom pažnjom treba definisati procedure pravljenja rezervnih kopija arhiviranih podataka i administriranja baze na serveru.

Računarska oprema operativnog centra je povezana u LAN mrežu, koja treba da ima dovoljnu propusnu moć za potrebe sistema za akviziciju i prenos podataka. LAN mreža dozvoljava jednostavnu nadgradnju i proširenje kapaciteta, a otkaz nekog od računara ne utiče na rad same mreže. Pored standardnih komponenti mreže danas je uobičajena upotreba elemenata za bežično umrežavanje – prednost je u fleksibilnosti lociranja računara i njihovoj mobilnoj upotrebi ali uz razumno smanjenje brzine protoka podataka. Ceo koncept lokalnog umrežavanja koji se odnosi na pojedinačne objekte primenom istih koncepata se integriše u mreže na širim prostorima i to je WAN struktura koja može, upotrebom postojeće Internet infrastrukture, predstavljati osnovu jedinstvenog sistema sliva reke Drine.

6.2 PROGRAMSKA PODRŠKA OPERATIVNOG CENTRA

Pri razmatranju sistemskog softvera treba imati u vidu da zbog različitih zahteva u pogledu konfiguracije

komunikacionog servera, računara za obradu podataka i servera baze podataka, kao šire posmatranog celokupnog sistema na slivu, za sve te platforme treba izabrati odgovarajući operativni sistem koji će podržati sve zahteve postavljene pred sistem. Treba imati u vidu i dalja proširenja sistema kao i integrisanje na višem nivou, što je diktirano međunarodnim standardima već koncipiranim i instaliranim sistemima.

U pogledu aplikativnog softvera računari za obradu podataka treba da raspolažu programskim paketom za pomoć pri kreiranju izveštaja i druge slične poslove u kancelarijskom radu.

Softver za obradu podataka treba da omogući efikasnu interakciju sa bazom podataka, kao i da bude primeren zahtevima i potrebama simulacionog modela hidrosistema sliva reke Drine. Takva softverska aplikacija treba da omogući da dobijene informacije iz mreže osmatračkih stanica budu relevantni podaci u bazi podataka i da kao takvi budu redovno ažurirani radi kotešćenja u softveru simulacionog modela.

7. ZAKLJUČAK

Projektovanje jedinstvenog hidroinformacionog sistema sliva reke Drine predstavlja složen zadatak koji podrazumeva ozbiljnu tehno-ekonomsku analizu, vodeći računa o adaptaciji i uklapanju postojeće i izboru nove merne opreme, kao i opreme za akviziciju, prenos, arhiviranje i obradu podataka, podržanu odgovarajućim sistemskim i aplikativnim softverima.

LITERATURA

- [1] Doebelin O.E.: Measurement Systems, Application and Design, McGraw-Hill, Tokyo, 1983.
- [2] E+H: Merenje i automatizacija, Proizvodni program, Engdress+Hauser, 1998.
- [3] ELE International: Environmental Instrumentation.
- [4] Grujović A.: Tehnička merenja I, Osnovi teorije merenja, Skver, Kragujevac, 1999.
- [5] Prohaska J.S.: Hidrologija I deo, Beograd, 2003.
- [6] Intergovernmental Oceanographic Commission: MANUAL ON SEA LEVEL MEASUREMENT AND INTERPRETATION, Volume III, Manuals and Guides 14, UNESCO, 2002.

- [7] ISO 4366-1979(E): Echo sounders for water depth measurements.
- [8] ISO 4373:1995(E): Measurement of liquid flow in open channels – Water-level measuring devices.
- [9] ISO/TR 11330:1997(E): Determination of volumen of water and water level in lakes and reservoirs.
- [10] Nivelco / INDAS: Merenje i detekcija nivoa, NIVELCO INDUSTRIE-ELEKTRONIK AG, Budapest.
- [11] Rantz S.E.: Chapter 4. - MEASUREMENT OF STAGE, USGS WSP 2175, 1982.
- [12] SUTRON: Sutron Corporation 1975 - 2000 25th Anniversary Catalog.
- [13] Geokon: VW Pressure Transducer (Doc Rev H,1/98)
- [14] Taranović D., Kalinić Z., Grujović A.: On-line merenje nivoa površinskih voda pomoću ultrazvučnih davača, Zbornik radova, VI međunarodno savjetovanje o dostignućima elektro i mašinske industrije DEMI 2003, Zbornik radova, str. 685-690, Banjaluka, 2003.
- [15] Grujović A., Grujović N.: Tehnička merenja II, Osnovi tehnike mernih sredstava, pripremljeno za štampu.
- [16] Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi” i Mašinski fakultet Univerziteta u Kragujevcu: Hidro-informacioni sistem “Drina”, Simulacioni model – I faza, Beograd 2002.
- [17] Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi”: Brana “Prvonek” Projekat automatskog merenja, akvizicije prenosa i arhiviranja mernih podataka, Beograd, 2003.

BASIC DATA ACQUISITION, TRANSMISSION AND ARCHIVING PRINCIPLES OF THE DRINA HYDRO INFORMATION SYSTEM WITH SPECIAL EMPHASIS ON SURFACE WATER LEVEL MEASUREMENT

by

Aleksandar GRUJOVIĆ,
Nenad GRUJOVIĆ,
Dragan TARANOVIĆ,
Zoran KALINIĆ

Faculty of Mechanical Engineering, Information Technology Center, Kragujevac

Summary

The paper presents the basic principles for the generation of a system for data acquisition, transmission and archiving in the integrated Hydro Information System of the Drina River basin. Methods of hydro-meteorological measurements are presented, including appropriate measuring equipment, with special emphasis on the measurement of water levels. Two prototype variants are described of a non-contact ultrasonic water level meter, generated at the Information Technology Center of the Faculty of

Mechanical Engineering in Kragujevac, including dedicated data acquisition programs which were developed. Test results of both prototypes are presented and their characteristics are compared.

Key words: measurement, acquisition, transmission, archiving, hydro information system, hydro-meteorological measurements, ultrasonic water level meter, measuring equipment.

Redigovano 16.05.2004.