

Universitatea “Politehnica” din Timișoara
Facultatea de Mecanică

TEZĂ DE DOCTORAT

**CONTRIBUȚII LA RIDICAREA PERFORMANȚELOR
FUNCȚIONALE ALE CONTOARELOR PENTRU LICHIDE**

-REZUMAT-

Coordonator științific:

Prof. dr. ing. Dan PERJU

Doctorand:

Dipl. ing. Florin SILAGHI

2010

1. Locul și rolul contorizării. Obiectivele lucrării

Locul și rolul contorizării

Conform datelor furnizate de World Health Organization, la finele anului 2008, aproximativ 4,15 miliarde de locuitori (61% din populația globului) au avut acces la apă potabilă prin instalații proprii conectate la rețele centralizate. Alte 1,75 miliarde (26%) au avut acces la apă prin cișmele, izvoare și fântâni protejate. Din păcate, în jur de 884 milioane de locuitori nu au avut acces la apă din sursele menționate, motiv pentru care au trebuit să o procure din surse neprotejate [44].

Măsurarea consumului de apă furnizată este motivată de *patru obiective*:

- *primul obiectiv - legat de mediul înconjurător* - furnizează imboldul necesar conservării apei și protejează sursele de apă prin reducerea consumului;
- *al doilea obiectiv - economic* – se explică prin optimizarea folosirii rețelelor existente în schimbul extinderii acestora cu costurile aferente, inclusiv cu costurile legate de tratarea apei. Prin optimizarea consumului se reduc și cheltuielile cu extinderea rețelelor de evacuarea a apei menajere și încărcarea excesivă a celor existente;
- *al treilea obiectiv - tehnic* - permite regiilor de apă să localizeze mult mai bine pierderile din rețea și astfel să le reducă sau să le elimine în timp util;
- *al patrulea obiectiv* constă într-o *repartizare echitabilă a cheltuielilor* legate de extragerea, tratarea și furnizarea apei în funcție de consumul acesteia.

Contorizarea apei este considerată o „bună practică” în furnizarea apei și se extinde în țările dezvoltate; se impune tot mai mult și în țările aflate în curs de dezvoltare. În țările dezvoltate, mai mult de jumătate din rețelele urbane de distribuție a apei sunt contorizate, tendința fiind în creștere. Pe măsură ce resursele de apă se reduc, iar cheltuielile cu furnizarea ei cresc, problema contorizării se pune tot mai intens. Un exemplu în acest sens este Canada, unde se fac demersuri pentru introducerea la scară națională a contorizării.

Pentru a ilustra mai bine *beneficiile contorizării* se pot prezenta datele preluate de la Institutul Național de Statistică privind evoluția volumului de apă potabilă distribuit consumatorilor din România, în perioada 1990-2006. Dacă ținem cont de faptul că, la nivel individual, contorizarea a început masiv în anul 1998 și că în anul 2006 a fost implementată în proporție de 80%, se constată o scădere cu 47% a volumul de apă livrat pentru uz casnic: de la 1229,662 mil. m³ (1995) la 652,418 mil. m³ (2006).

1.1.Scurt istoric al dezvoltării contoarelor de apă

În acest subcapitol se prezintă, pornind de la Roma antică și până în zilele noastre etapele importante ale dezvoltării contoarelor de apă precum și cerințele impuse contoarelor de apă.

Cerințe pentru contoare

În anul 1850, la a șasea expoziție a Asociației pentru Mecanică din Massachusetts, ținută la Boston, cu ocazia prezentării unor tipuri de contoare pentru apă s-au prezentat cerințele esențiale pentru un astfel de produs în acele timpuri. Un contor era considerat bun dacă [46]:

- are o construcție simplă și compactă,
- este întotdeauna gata de start și nu are perioade „moarte”,
- este silențios,
- prezintă frecări mici și astfel uzura părților componente este diminuată,
- măsoară și înregistrează corect consumul,
- este ieftin,
- nu necesită o mentenanță deosebită și este ușor de reparat.

Cerințele au fost definite, deoarece se considera că nu se poate introduce contorizarea pe scară largă, datorită prețului mare al contoarelor și datorită problemelor cauzate de uzură și de înregistrarea corectă a consumului.

Cerințele impuse unui contor pentru apă în anul 1960 erau [16]:

- să furnizeze o măsurare și o înregistrare corectă a consumului pe domeniul de debite pentru care a fost proiectat,
- să prezinte o cădere de presiune minimă între intrare și ieșire la montarea în rețea,
- să fie ieftin și simplu în construcția sa,
- să fie ușor de instalat și de întreținut,
- să nu prezinte uzuri excesive ale reperelor în mișcare, după un timp de funcționare,
- să aibă în componență materiale care să nu ruginească în contact cu apa,
- să nu producă vibrații care pot duce la deteriorarea conductelor,
- să nu oprească în niciun caz, furnizarea apei, dacă se blochează,
- să ocupe un spațiu mic.

După cum se poate observa, cerințele sunt cam aceleași, deși formularea lor a fost făcută la o diferență de 100 de ani.

1.2. Contoare pentru lichide. Clasificare

Contoare de debit convenționale (singulare)

Sunt contoare care au un traductor de măsurare format dintr-un bloc de referință (BR) și un element sensibil (BS) sau senzor de debit.

Contoare combinate (complexe)

Sunt constituite din două contoare singulare montate în paralel: unul măsoară volumul pentru debitele mari de apă, iar celălalt măsoară volumul pentru debitele mici.

1.3. Concluzii

Folosirea contoarelor pentru măsurarea diverselor tipuri de lichide este condiționată de efectele produse la parcurgerea lor de către acestea. Astfel, pentru lichide, altele decât apa, se folosesc contoarele directe de tipul contoarelor cu piston inelar oscilant și contoarele indirecte fără piese în mișcare, cum sunt cele electromagnetice sau ultrasonice. Însă, contoarele cu piston inelar oscilant pot fi distruse în cazul folosirii lor pentru lichide cu impurități solide, motiv pentru care, în acest caz, se folosesc doar contoarele electromagnetice sau ultrasonice.

Pentru lichidele alimentare se folosesc soluții constructive ale contoarelor cu piston în care elementele constructive ale camerei de măsurare sunt executate din materiale metalice inoxidabile.

Contoarele indirecte, cu repere în mișcare de tipul turbinelor, se folosesc cu precădere la măsurarea volumelor de apă care le traversează. Această limitare se datorează influenței pe care o are vâscozitatea altor lichide cât și comportarea dinamică diferită pe care o au acestea la interacțiunea cu rotorul.

Contoarele pentru măsurarea volumelor de apă fiind cele mai folosite atât în industrie cât și în consumul casnic au cunoscut o atenție deosebită atât din partea producătorilor cât și din partea organismelor abilitate să emită reglementări și norme în domeniu. Dacă până acum reglementările s-au ocupat doar de precizia acestor aparate clasificându-le din punct de vedere al claselor metrologice, iată că noile reglementări țin cont și de influența diferiților factori perturbatori și impun condiții necesare a fi respectate de către contoarele electronice.

Din punct de vedere al preciziei de măsurare, se tinde spre extinderea domeniului de debit pentru care contorul de apă rece are erori de indicație de $\pm 2\%$,

prin restrângerea domeniului debitelor inferioare dintre Q_1 și Q_2 și prin micșorarea debitului de pornire, adică a debitului de la care sesizorul de debit începe să preia semnalul.

Din punct de vedere al confortului clientului, în cazul în care acesta este furnizorul de apă, se tinde spre securizarea construcției contorului, adică spre reducerea posibilităților de fraudare a indicației acestuia și spre transmiterea la distanță a citirilor. Securizarea construcției contorului implică protecții anti-magnetice pentru construcțiile care folosesc transmisia magnetică a mișcării de la turbină la axul central al mecanismului integrator precum și folosirea unor materiale casante pentru vizorul contorului, care să se spargă la orice tentativă de fraudă mecanică sau folosirea unor soluții cu rigiditate sporită.

Transmiterea la distanță a citirilor a apărut din necesitatea de reducere a costurilor generate de deplasarea cititorilor, precum și din necesitatea apariției unui management eficient al distribuției de apă odată cu urmărirea on-line a consumurilor și cu dimensionarea optimă a rețelelor de distribuție în vederea reducerii pierderilor.

Cele două sisteme, care s-au impus, sunt cu traductor bazat pe un contact Reed (variantă mai ieftină) și cu traductor inductiv (variantă mai scumpă, dar care permite și integrarea altor funcții).

1.4. Obiectivele lucrării

Munca de cercetare pentru îmbunătățirea caracteristicilor metrologice ale contoarelor cu turbină constă și din realizarea prototipurilor în vederea trasării curbelor de erori „eroare de indicație-debit”. După trasarea primelor curbe, se modifică geometria unui reper component (doar într-o direcție) pentru fiecare prototip și se trasează o nouă serie de curbe. Fiecare modificare duce la o corecție în sens pozitiv sau negativ a curbei de erori. Analiza acestor corecții se face după fiecare încercare și se identifică direcțiile de îmbunătățire viitoare. În final, se ajunge la adevărate „cataloage de curbe” care se constituie în istoricul evoluției proiectului de cercetare. Modul de analiză și decizie a căilor de îmbunătățire a contoarelor depinde de experiența acumulată în acest domeniu precum și de cunoștințele anterioare. Evoluția tehnologiilor de obținere a materialelor plastice folosite preponderent, în prezent, în construcția acestor aparate de măsurare, oferă noi posibilități de îmbunătățire a soluțiilor constructive.

Obiectivele lucrării sunt:

- determinarea caracteristicii statice a contoarelor cu microturbină, practic a debitmetrelor cu microturbină;
- menționarea factorilor de influență a funcționării acestor contoare în exploatare și determinarea mărimii influenței prin încercări efectuate de către autor;
- contribuții personale la soluțiile constructive ale traductorului de măsurare a debitmetrelor cinematice cu microturbină și identificarea soluțiilor actuale,
- contribuții personale la soluțiile constructive ale transmisiei mecanice și mecanismul reductor-integrator ale contoarelor și identificarea soluțiilor actuale,
- încercări efectuate pe standul experimental , pentru a determina valorile optime ale parametrilor importanți care influențează precizia de măsurare a contoarelor,
- calculul incertitudinii de determinare a erorii de indicație la diferite debite caracteristice,
- prezentarea unei metode de analiză a datelor experimentale în vederea comparării curbelor de erori „eroare de indicație-debit”,
- prelucrarea datelor experimentale prin această metodă și prezentarea rezultatelor cercetării cu privire la influența următorilor parametri asupra curbelor de erori pentru contoarele cu miniturbină monojet și multijet:
 - nervurile pentru liniarizarea curbei de erori,
 - interstițiul dintre suprafața inferioară a rotorului și nervurile inferioare,
 - interstițiul dintre suprafața superioară a rotorului și nervurile superioare,
 - interstițiul dintre diametrul exterior al paletelor rotorului și diametrul interior al statorului în cazul contoarelor multijet și diametrul interior al carcasei în cazul contoarelor monojet,
 - influența ariei secțiunii de bypass asupra erorii de indicație în cazul contoarelor multijet,
 - aria secțiunii transversale de admisie a apei în cazul contoarelor monojet.

1.5. Conținutul lucrării

Lucrarea de față a fost structurată în șapte capitole. Fiecare capitol tratează probleme specifice ale contoarelor pentru lichide și în special a contoarelor indirecte, cu repere în mișcare, de tipul microturbinelor: contoarele monojet și contoarele multijet.

În *capitolul întâi* se prezintă un scurt istoric al dezvoltării contoarelor pentru lichide, stadiul actual și tendințele viitoare pentru cele două tipuri de contoare: contorul monojet și cel multijet. Sunt prezentate și obiectivele lucrării.

Capitolul doi se ocupă de aspectele teoretice și practice ale debitmetriei și contorizării.

În *capitolul trei* se menționează factorii de influență ai funcționării contoarelor de debit convenționale indirecte și se determină mărimea influenței lor.

Capitolul patru conține soluții constructive pentru traductorul de măsurare a debitmetrelor cinematice cu microturbină, pentru rotor, pentru lagărele rotorului și pentru suportul rotor, în cazul contoarelor multijet și soluții pentru camera de măsurare din carcasă, în cazul contoarelor monojet. De asemenea, sunt menționate contribuțiile personale aduse acestui subansamblu important.

În *capitolul cinci* se prezintă soluții constructive pentru transmisia mecanică și mecanismul reductor-integrator al contoarelor. Sunt tratate cuplajele magnetice folosite la transmiterea mișcării de la rotor la mecanism și modurile de realizare a ecranelor de protecție antimagnetică. O mare parte din acest capitol se ocupă de modurile de amplasare, lagărele și soluțiile constructive folosite pentru roțile dințate și pentru celulele de comutare în cazul celor trei variante de mecanism: uscat, umed și cu role protejate. Sunt menționate multe realizări personale, deoarece mecanismele reductor-integratoare ale contoarelor de apă constituie o preocupare importantă în activitatea profesională.

Capitolul șase conține determinările experimentale și prelucrarea matematică a datelor în vederea obținerii unei dependențe matematice pentru fiecare modificare a unor parametri constructivi între viteza unghiulară a rotorului și debitul care trece prin contor.

Fiecare capitol conține un subcapitol dedicat concluziilor și contribuțiilor personale, motiv pentru care în *capitolul șapte* se face doar o scurtă trecere în revistă a acestora.

2. Debitmetrie și contorizare cu microturbine

2.1. Prezentare generală

Contoarele sunt mijloace de măsurare care asigură integrarea pentru un interval de timp de referință a unei mărimi fizice.

Contoarele de debit sunt mijloace de măsurare a cantității (volum sau masă) de fluid prin integrarea debitului instantaneu de fluid trecut prin aparat.

Volumul V de fluid trecut prin aparat în intervalul de timp T are expresia:

$$V(T) = \int_0^T q_v dt \text{ [m}^3\text{]}$$

Masa m de fluid trecut prin aparat în intervalul de timp T are expresia:

$$m(T) = \int_0^T q_m dt \text{ [kg]}$$

Contoarele de debit care modelează aceste relații se numesc *contoare de debit convenționale*.

Contoare de debit convenționale directe

Pentru contoarele directe volumul se determină conform relației:

$$V(T) = \int_0^T \frac{V_{CM}}{t_{CM}} dt = \int_0^T V_{CM} \cdot f \cdot dt = k \cdot n \text{ [m}^3\text{]}$$

unde: V_{CM} - volumul camerei de măsurare (CM) în m^3 ,

t_{CM} - timpul de golire a fluidului din CM în s,

$f = \frac{1}{t_{CM}}$ - frecvența ciclurilor de umplere/golire cu fluid a CM în s^{-1} ,

n - numărul de cicluri (umplere/golire cu fluid a CM) în intervalul de timp T ,

k – constantă ce depinde de construcția aparatului.

Masa m de fluid măsurată de contoarele directe are expresia:

$$m(T) = \rho \cdot V(T) \text{ [kg]}$$

unde: ρ - densitatea medie a fluidului în secțiunea de măsurare în kg/m^3 .

Contoare de debit convenționale indirecte

Pentru contoarele indirecte volumul măsurat V se determină cu relația:

$$V(T) = \int_0^T A_{SM} \cdot v_m \cdot dt \text{ [m}^3\text{]}$$

unde: A_{SM} – aria secțiunii de măsurare (SM) a contorului în m^2 ,

v_m – viteza medie a fluidului prin secțiunea de măsurare în m/s.

Masa m a fluidului trecut prin contor are expresia:

$$m(T) = \int_0^T A_{SM} \cdot v_m \cdot \rho \cdot dt \text{ [kg]}$$

Secțiunea de măsurare SM a contoarelor indirecte poate fi cu arie constantă sau cu arie variabilă. Majoritatea contoarelor indirecte au secțiunea de măsurare cu arie constantă.

2.2. Structura contoarelor de debit convenționale

Din punct de vedere structural și funcțional contoarele de debit sunt debitmetre prevăzute numai cu funcțiunea de a reda rezultatul integrării debitului măsurat, rezultat ce exprimă cantitatea de fluid trecută prin aparat într-un interval de timp de referință.

O abordare modernă este recomandarea internațională OIML R49-1/2006 care definește din punct de vedere structural și funcțional contoarele pentru apă rece potabilă. Astfel, funcțiunile unui contor sunt: măsurarea continuă, memorizarea și afișarea volumului de apă care trece printr-un traductor de măsurare în condiții de măsurare. Pentru a îndeplini aceste funcții, conform acestei recomandări, părțile componente ale unui contor sunt: traductorul de măsurare, calculatorul, (care include un dispozitiv de reglare sau de corecție, dacă este prezent) și dispozitivul de indicare. Acestea pot sau nu, să fie într-o aceeași carcasă.

Traductorul de măsurare (TM) este acea parte a contorului care transformă debitul sau volumul de apă, care trece prin acesta, într-un semnal și îl transmite mai departe calculatorului. Acesta se bazează pe principiul de funcționare mecanic, electric sau electronic. Din punct de vedere energetic, el poate fi autonom sau poate folosi o sursă externă de putere. Traductorul include și un senzor de debit sau de volum.

Senzorul de debit sau de volum este acea parte a traductorului (cum ar fi un disc sau piston oscilant, o turbină sau o bobină electromagnetică) care sesizează debitul sau volumul de apă care trece prin contor.

Calculatorul (C) este acea parte a contorului care primește semnalul de ieșire de la traductor, îl transformă și îl stochează în memorie, până când acesta va fi folosit. Calculatorul poate fi capabil să comunice bidirecțional cu un dispozitiv auxiliar.

Dispozitivul de indicare (DI) este acea parte a contorului care afișează rezultatul măsurat continuu sau la comandă.

Contorul mai poate conține o serie de dispozitive auxiliare care execută funcții particulare direct implicate în elaborarea, transmiterea și afișarea rezultatelor măsurătorii.

2.3. Norme și standarde care reglementează domeniul contoarelor de apă

Normele și standardele care reglementează condițiile generale, instalarea și condițiile de utilizare precum și metodele și echipamentele de încercare folosite în domeniul contoarelor de apă sunt: recomandarea internațională OIML R49-1,2,3/2006, standardele ISO 4064-1,2,3/2005 și SR EN 14154-1,2,3:2005 și Directiva 2004/22/EC (MID-Measuring Instruments Directive) a Parlamentului European.

2.4. Descriere și funcționare

2.4.1. Contoare cu prelevarea semnalului prin microturbine

La aceste contoare, traductorul primar este format din blocul de referință care este secțiunea de măsurare determinată de turbină și statorul acesteia (paharul turbinei) și blocul sensibil sau senzorul de debit, care este rotorul. Acesta este pus în mișcare de rotație de apa care trece prin contor. Viteza de rotație este proporțională cu debitul, iar numărul de rotații este proporțional cu cantitatea de apă evacuată de contor. Datorită acestei ecuații caracteristice a debitmetrului din componență „debit – viteză de rotație” aceste contoare mai sunt numite și *contoare de viteză*. Și pentru aceste contoare, o caracteristică importantă este volumul ciclic, adică volumul evacuat de contor la o rotație completă a rotorului.

Ele se împart în două categorii:

- *contoare cu rotor acționat parțial:*
 - *contoare cu rotor acționat de un singur jet (monojet sau unijet),*
 - *contoare cu rotor acționat de mai multe jeturi (multijet)*
- *contoare cu rotor (elice) acționat total sau contoarele Woltman.*

2.4.1.1. Contoare cu rotor acționat de un singur jet (monojet)

Contoarele monojet au început să fie utilizate pe scară largă în contorizarea consumurilor casnice, de aceea se numesc și „contoare de apartament”.

Principiul de funcționare este relativ simplu: fiecare paletă a rotorului este acționată tangențial de către un jet de fluid. Intrarea și ieșirea fluidului în traductorul de măsurare se face în același plan orizontal. Jetul de fluid se poate obține direct din canalul de intrare în carcasa contorului sau la construcțiile mai moderne și pentru contoare de mare precizie, printr-o fantă practică într-o cameră a turbinei.

Avantajele utilizării contoarelor monojet:

- este rezistent la trecerea suspensiilor solide, este adecvat pentru apă dură cu o concentrație mică de particule în suspensie,
- există o mare varietate de soluții constructive, este ușor de găsit contorul potrivit pentru aplicația dată
- este o soluție tehnică verificată de ani de zile,
- este mic și poate fi instalat în spații mici,
- contoarele cu diametru nominal DN13,15 și 20mm sunt cele mai ieftine modele care se găsesc pe piață,
- contorul de clasa R160 este un bun înlocuitor pentru contoarele combinate cu plajă de debite mare (școli, firme industriale, bazine de înot, etc.)
- nu are o sensibilitate foarte mare la profilul de curgere, în cazul carcaselor cu lungime mare.

Dezavantajele utilizării contoarelor monojet:

- rotorul, lagărele și părțile mecanice sunt supuse unui proces de uzură sporită în cazul unor condiții de utilizare neadecvate,
- este afectat de modul de instalare,
- nu există până în prezent un model de clasă mai mare decât R200.
- la contoarele cu lungime mică între capete, obturarea filtrului sau strângerea prea tare a garniturii pot duce la erori de măsurare,
- contoarele cu lungime mică între capete (60 sau 80mm) sunt sensibile la profilul de curgere,
- canalul de bypass, dacă e prezent, poate induce în timp erori pozitive care pot duce la conflicte cu utilizatorii,
- debitul de pornire nu este suficient de mic ca să permită detectarea scurgerilor în partea utilizatorilor, deși ultimele modele au performanțe mult îmbunătățite. Există unele modele pentru care debitul de pornire crește destul de mult odată cu creșterea duratei de utilizare.

2.4.1.2. Contoare cu rotor acționat parțial de mai multe jeturi (multijet)

Contoarele multijet se folosesc ca și contoare de branșament pentru măsurarea consumurilor până la debite nominale de $Q_n=15\text{m}^3/\text{h}$ sau diametru nominal DN50.

Traductorul de măsurare al contorului multijet are caracteristic faptul că, jetul de fluid intrat în aparat este divizat în mai multe jeturi de către statorul microturbinei.

Aceste jeturi acționează asupra elementului sensibil (rotorul) imprimându-i o mișcare de rotație. Accesul fluidului la rotor și refularea lui se face în două plane diferite. Soluția clasică este cu accesul în partea inferioară și refularea în partea superioară. A apărut și soluția aplicată la contorul tip „Patrol” la care accesul se face în partea superioară a traductorului și refularea în zona inferioară..

Acest tip de contoare se realizează în toate cele trei variante de amplasare a mecanismului integrator:

- pentru apă curată se recomandă varianta umedă, cu mecanismul imersat în fluidul de măsurat,
- pentru apă mai puțin curată se recomandă varianta uscată, cu mecanismul amplasat într-un pahar suport și separat de fluidul de măsurat. Există chiar și varianta de mecanism capsulat.
- pentru o calitate de apă aflată între cele două menționate mai sus, se recomandă varianta semiumedă sau semiuscată, cu rolele indicatoare imersate într-o soluție de glicerină cu apă demineralizată.

Avantajele folosirii contoarelor multijet:

- sunt foarte fiabile și sunt folosite de o perioadă îndelungată de timp,
- forțele care acționează asupra rotorului sunt echilibrate și din această cauză, aceste contoare au o durată mare de utilizare,
- nu sunt sensibile la profilul de curgere de la intrarea în contor, nu necesită porțiuni drepte de conductă în amonte,
- au o rezistență bună la particulele solide aflate în suspensie, fiind adecvate pentru apă dură cu o concentrație mică de particule în suspensie,
- există o mare varietate de modele, de soluții constructive, de dimensiuni și de prețuri; se găsește foarte ușor contorul potrivit pentru aplicația dată,
- contoarele din gama de diametre de la 20 până la 40mm sunt foarte competitive ca și preț comparativ cu alte tipuri de contoare.

Dezavantaje utilizării contoarelor multijet:

- sunt mai mari decât contoarele monojet, în special pentru debitele mici,
- sunt afectate de poziția de montaj,
- curba de erori este adeseori plasată în zona erorilor pozitive pentru debitele medii și mari; pot apare în timp conflicte cu utilizatorii,

- peste diametrul nominal de 50mm capacitatea de a înregistra debitul este mult mai mică decât a unui contor Woltman,
- debitul de pornire nu este suficient de mic pentru a detecta scurgerile din rețeaua utilizatorului. Debitul de pornire depinde și de calitatea materialelor folosite, dar acest parametru se deteriorează rapid în timp.

2.5. Caracteristica statică a contoarelor de debit convenționale indirecte

În acest subcapitol se determină caracteristica statică a contoarelor de debit de tip monojet. Formula obținută este de forma:

$$V = C \cdot Q \cdot T \text{ [m}^3\text{]}$$

unde V- volumul indicat de dispozitivul de indicare, Q-debitul mediu al lichidului care trece prin contor, T- timpul în care trece acest debit. C este un coeficient care are formula:

$$C = \frac{f_{mt}}{\pi \cdot i_{mr} \cdot b \cdot (Re^2 - Ri^2)}$$

unde: f_{mt} -factorul de multiplicare al scării de rang minim și este de ordinul $10^n \text{ [m}^3\text{]}$; n - este un număr întreg pozitiv, negativ sau zero, R_e și R_i -razele exterioară și interioară a rotorului, b -lățimea paletelor, i_{mr} -raportul de transmitere a modului reductor.

Tot în acest capitol se face un studiu despre influența unghiului de înclinarea a canalelor de intrare-ieșire și a numărului de palete asupra momentului de antrenare a rotorului.

Rezultatele obținute ne duc la concluziile:

- momentul de acționare este mai apropiat de o constantă, pentru rotoare cu un număr mare de palete, deci cu mai multe palete în interiorul unghiului total φ_T și carcase care prezintă un unghi α de înclinare a canalelor de intrare și de ieșire cât mai mare posibil,
- numărul canalelor de admisie din suportul rotor și numărul paletelor rotorului trebuie să fie numere prime între ele. În acest mod, un moment de valoare maximă va acționa în permanență asupra unor palete.

Aceste concluzii au stat la baza proiectării contoarelor multijet, unde, dacă numărul de palete nu a putut fi crescut foarte mult, s-a mărit unghiul α la 360° datorită amplasării canalelor de admisie pe întreaga circumferință a suportului rotor.

Caracteristica statică a contoarelor multijet se determină în mod similar cu caracteristica statică a contoarelor monojet.

3. Factori de influență ai funcționării contoarelor

În acest capitol sunt prezentați următorii factorii de influență ai funcționării contoarelor monojet și a contoarelor multijet, de asemenea se determină mărimea lor:

- influența orientării poziției axei rotorului,
- influența profilului de curgere al apei prin conductă,
- influența duratei de utilizare,
- comportarea contoarelor la curgerea în sens invers,
- comportarea contoarelor multijet sub influența temperaturii,
- comportarea contoarelor în prezența generatorului de impulsuri.

Contribuții personale.Concluzii

Menționarea factorilor de influență ai funcționării contoarelor de debit convenționale (directe și indirecte) și determinarea mărimii influenței lor ajută utilizatorii individuali și regiile de apă să le folosească judicios.

Pentru fiecare factor de influență am efectuat încercări și am obținut rezultatele prezentate. După cum rezultă din încercări, în condițiile unei ape curate fără impurități, contoarele volumetrice cu piston inelar rotativ dau cele mai bune rezultate. În cazul unei ape nu foarte curate cu impurități moderate, contorul multijet este mult mai indicat. Contorul monojet este indicat pentru utilizare în subcontorizare și în cazurile în care apa nu este foarte curată pentru a folosi un contor volumetric.

Ca și contribuții personale se pot menționa testele făcute pentru a evidenția influența fiecărui factor în parte, precum și contorul multijet „Omnipoz” de debit $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$ cu clasa metrologică R80 indiferent de poziția de montaj.

4.Soluții constructive pentru traductorul de măsurare a debitmetrelor cinematice cu microturbină

4.1.Soluții constructive pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de un singur jet

4.1.1. Soluții utilizate pentru formarea jetului de acționare

La acest tip de debitmetre, jetul se formează datorită construcției speciale a carcasei alcătuită din camera de măsurare, unde se află senzorul de debit, rotorul și cele două zone de intrare și de ieșire a fluidului.

Prima soluție constructivă este cea în care zonele de intrare și ieșire a fluidului sunt cilindrice și coaxiale iar pentru a obține un jet care să acționeze microturbina, axa lor se deplasează față de axa rotorului.

A doua soluție constructivă este cea în care zonele filetate de la intrare și ieșire sunt coaxiale, iar axa rotorului se intersectează cu această axă. Cele două zone se continuă cu tronsoane cilindrice sau tronconice, care formează un unghi mai mic de 180° între ele. Axele lor sunt tangente la un cerc, care intersectează paletelile rotorului în treimea cea mai îndepărtată de ax. În acest fel, se obține jetul, care acționează tangențial paletelile.

4.1.2. Soluții utilizate pentru crearea turbioanelor de liniarizare a vitezei de rotație a rotorului

Influența pe care au nervurile amplasate pe suprafața inferioară, superioară sau pe ambele suprafețe ale statorului este prezentată grafic . Din grafic, se observă că absența nervurilor duce la abateri mari ale turației în funcție de debitul trecut prin debitmetru. Prezența nervurilor pe ambele suprafețe permite o liniarizare a creșterii vitezei de rotație a rotorului odată cu debitul și implicit o reducere a erorilor de măsurare.

Contoarele monojet sunt foarte sensibile la forma jetului și la turbioanele induse de alte rezistențe hidraulice prezente în amonte de contor, de aceea se recomandă prezența unei porțiuni drepte de lungime egală cu $10xD$, unde D este diametrul nominal al contorului.

4.1.3. Soluții constructive pentru lagărele care asigură rezemarea și rotirea rotorului

Se utilizează două lagăre: un lagăr superior amplasat în placa de etanșare și un lagăr inferior amplasat în carcasă sau în statorul din plastic.

Clasificarea lagărelor folosite în construcția contoarele monojet [11]:

- după felul mișcării relative: lagăre de alunecare,
- după direcția sarcinii: lagăre radial-axiale,
- după regimul de frecare: lagăre cu frecare fluidă,
- după forma suprafeței de frecare: lagăre cilindrice și/sau plane,
- după poziția pe osie sau arbore: lagăre de capăt,
- după modul de rezemare: lagăre cu rezemare rigidă și/sau cu mișcare oscilantă,
- după felul mișcării de rotație: lagăre cu mișcare de rotație completă.

Lagărele folosite trebuie să răspundă unor cerințe speciale:

- să fie robuste, pentru a prelua sarcinile mari care apar la debite mari,
- să fie realizate din combinații de materiale având coeficienți de frecare reduși la mișcarea relativă,
- să nu permită crearea de depuneri sau lipirea de corpuri străine care pot duce la frânarea rotorului,
- să fie obținute avantajos din punct de vedere economic.

În continuare sunt prezentate mai multe soluții constructive cu avantajele și dezavantajele lor.

4.1.4. Soluții pentru forma constructivă a rotorului

Materialele folosite pentru execuția rotoarelor trebuie să îndeplinească următoarele *cerințe*:

- densitate mai mică sau apropiată de cea a apei,
- să fie rezistente la șocuri mecanice și termice,
- să permită o injectare ușoară fără inducerea unor tensiuni interne.

Din rațiuni economice, se folosesc aceleași rotoare la contoarele de apă rece și la contoarele de apă caldă, motiv pentru care materialele folosite trebuie să reziste la temperaturi de 95°C.

Forma constructivă a rotorului trebuie să îndeplinească următoarele *cerințe*:

- să fie solidarizată rigid cu magnetii, care transmit mișcarea în cuplajul magnetic,
- să nu perturbe semnificativ formarea curenților de fluid în interiorul carcasei,
- să permită o echilibrare dinamică sau hidrodinamică,

- lagărele superior și inferior (atunci când sunt conținute de aceasta) trebuie să permită preluarea sarcinilor radial-axiale care apar datorită acțiunii curentului de fluid,
- să permită soluții de autospălare a lagărelor,
- montare și demontare ușoară,
- formă tehnologică optimizată pentru injectarea de precizie,
- joc axial mic între cele două lagăre pentru păstrarea interstițiilor dintre nervuri și palete.

În continuare sunt prezentate mai multe soluții constructive pentru rotorul contoarelor monojet cu avantajele și dezavantajele lor.

4.2. Soluții constructive folosite pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de mai multe jeturi

4.2.1. Soluții utilizate pentru formarea jetului de acționare

Dacă la contoarele monojet forma carcasei determină formarea jetului de acționare a rotorului, la contoarele multijet, jetul se formează în interiorul unui stator la care axa canalelor de intrare și axa canalelor de ieșire sunt tangente unui cerc „de acționare” În cazul contoarelor multijet clasice, accesul fluidului se face prin canalele din partea inferioară, iar refularea se face prin canalele situate la partea superioară

Carcasa contorului trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:

- stabilizarea curentului de fluid la intrarea în stator,
- asigurarea decantării impurităților și suport pentru mijloacele de filtrare,
- asigurarea mijloacelor pentru ajustarea curbei de erori a contorului, de obicei prin canal de by-pass și obturare cu dop de reglare,
- suport pentru patronul de măsurare,
- separarea și asigurarea etanșeității între zona de intrare și zona de ieșire a fluidului,
- la capătul de ieșire trebuie să poată fi montată o supapă de sens, de obicei standardizată.

Canalele de intrare și de ieșire în/din stator au secțiunea dreptunghiulară și forma de ajutor

Canalele de intrare a apei sunt amplasate echidistant pe circumferința statorului, dar există și soluții unde sunt concentrate în două zone diametral opuse.

În cadrul compartimentului de cercetare-proiectare, încercările efectuate pe modele experimentale, privind modul de formare a jetului în statorul contoarelor multijet, au arătat influența pozitivă asupra liniarizării rotației rotorului, pe care o au

trei găuri practicate pe un diametru mediu (între diametrul butucului și diametrul interior al paletelor) și o formă adecvată a rotorului. Practic, jetul care intră în acest mod în stator are un ușor efect de frânare și de creare a unei forțe ascensionale, care susține rotorul atât la debite mari cât și la debite mici.

4.2.2. Soluții utilizate pentru crearea turbioanelor de liniarizare a vitezei de rotație a rotorului

Statorul contoarelor multijet, fiind realizat prin injecție de precizie, permite obținerea unor dimensiuni interioare cu abateri minime. Așa cum am prezentat în secțiunea dedicată contoarelor monojet, nervurile prezente, atât deasupra microturbinei cât și dedesubtul acesteia, au un efect benefic asupra aplatizării curbei de erori. Din acest motiv, pentru contoarele multijet, se folosesc nervuri pe ambele suprafețe ale interiorului statorului.

4.2.3. Soluții constructive pentru lagărele care asigură rezemarea și rotirea rotorului

Se utilizează două lagăre: un lagăr superior amplasat în platina superioară a mecanismului reductor-integrator (la contoarele multijet umede) sau în partea inferioară a suportului mecanismului (la contoarele multijet uscate) și un lagăr inferior amplasat în stator.

Folosind criteriile de clasificare a lagărelor, marea majoritate a lagărelor folosite în construcția contoarelor multijet se împart astfel [11]:

- *după felul mișcării relative*: lagăre de alunecare,
- *după direcția sarcinii*: lagăre radial-axiale,
- *după regimul de frecare*: lagăre cu frecare fluidă,
- *după forma suprafeței de frecare*: lagăre cilindrice și/sau lagăre plane,
- *după poziția pe osie sau arbore*: lagăre de capăt,
- *după modul de rezemare*: lagăre cu rezemare rigidă și/sau lagăre cu mișcare oscilantă,
- *după felul mișcării de rotație*: lagăre cu mișcare de rotație completă.

În continuare sunt prezentate mai multe soluții constructive cu avantajele și dezavantajele lor.

4.2.4. Soluții pentru forma constructivă a rotorului

La contoarele multijet umede, rotorul trebuie să preia mișcarea de la curentul de fluid și să o transmită mecanismului reductor-integrator, printr-un angrenaj cu roți dințate.

Pentru angrenajele cu roți dințate injectate, se preferă poliacetalul sau poliamida, datorită proprietăților antifricțiune și a rezistenței mecanice bune. De asemenea, aceste materiale sunt alese și pentru lagăre. Diferența dintre cele două este densitatea: poliacetalul ($1,41 \text{ kg/m}^3$), poliamida ($1,04 \text{ kg/m}^3$). Datorită faptului că poliamida are o densitate apropiată de cea a apei, se preferă acest material pentru injectarea microturbinei. Dintre tipurile de poliamide existente se preferă sortimentele PA11 și PA12 datorită absorbției mai mici de apă (0,7-0,8%) comparativ cu PA6 (2,8%). Datorită unor motive economice (reducere a costurilor), PA12 are un preț ridicat, iar unele firme producătoare preferă soluția din două repere pentru rotor. Axul rotorului, care are ambele lagăre, va fi injectat din PA12, iar partea cu palete va fi injectată din polipropilenă (PP) sau polistiren antișoc (PAS). Dezavantajul soluției constă în faptul că necesită o asamblare precisă a celor două repere.

În continuare sunt prezentate mai multe soluții constructive pentru rotorul contorului multijet umed cu avantajele și dezavantajele lor.

La contoarele multijet uscate, rotorul trebuie să preia mișcarea de la curentul de fluid și să o transmită mecanismului reductor-integrator printr-un cuplaj magnetic. Rotorul are în partea superioară un magnet antrenor (în cazul unui cuplaj magnetic bazat pe forțe de atracție) și un subansamblu antrenor format din doi magneți (în cazul unui cuplaj bazat pe forțe de respingere). Lagărul inferior se materializează prin intermediul unei bucșe de lăgăruire și un știft presat în statorul microturbinei. Datorită faptului că lagărele superior și inferior sunt realizate folosind alte materiale decât materialul din care este injectat corpul turbinei, rezultă că acest material poate fi unul mai ieftin, dar cu rezistență mecanică și termică suficientă scopului propus, cum ar fi polipropilena (PP) și polistirenul antișoc sau de impact (PAS).

În continuare sunt prezentate mai multe soluții constructive pentru rotorul contorului multijet uscat cu avantajele și dezavantajele lor.

4.3. Contribuții personale

4.3.1. Soluții constructive dezvoltate pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de un singur jet

În cadrul colectivului de cercetare pe care l-am coordonat timp de 15 ani, am dezvoltat o soluție pentru a reduce influența turbioanelor produse de rezistențele hidraulice aflate în amonte de contoarele monojet și pentru a reduce lungimea necesară de porțiune dreaptă. În urma încercărilor efectuate, am introdus un perete circular de grosime foarte mică, menit să obtureze o zonă mică de la intrare fluidului în camera rotorului. Astfel, se formează un turbion, care deformează câmpul de viteze în același mod și compensează deformările induse câmpului de către diferitele rezistențe hidraulice aflate în amonte. Am reușit, în acest mod, să reducem lungimile drepte necesare la amplasarea acestui tip de contoare pe standurile de probă și implicit să creștem productivitatea muncii în laboratorul de verificări metrologice.

Contorul monojet nou, la a cărui dezvoltare am participat, include *două soluții inovatoare*:

Prima, este *cea mai economică soluție de lăgăruire a rotorului*, având o durabilitate de 12 ani de funcționare (suficientă pentru 2 perioade de reverificare metrologică în Germania sau 4 perioade în România). Lagărul superior este de tip punctiform și se poate forma între calota convexă a bușei și suprafața plană a plăcii de etanșare sau între calota concavă și vârful sferic al știftului. Lagărul inferior este de tip cilindric și se formează între suprafața cilindrică interioară a bușei și suprafața cilindrică exterioară a știftului.

Bușca se obține prin injecție de precizie dintr-un compound de poliamidă cu 30% fibră de carbon și alte componente pentru mărirea rezistenței la fricțiune. De asemenea, forma specială permite o spălare optimă a lagărelor.

A doua soluție constă în rotorul de formă specială, pentru un contor monojet, cu palete având suprafețele înclinate sub un unghi de 3° și teșite în vederea reducerii rezistenței la înaintare .

4.3.2. Soluție constructivă nouă, testată pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de un singur jet

Echilibrarea hidrodinamică a microturbinei folosită în cadrul acestui traductor de măsurare constituie una dintre direcțiile de îmbunătățire a caracteristicilor metrologice. În acest mod, se poate mări debitul maxim până la care poate fi folosit

acest debitmetru. De asemenea, rotorul își păstrează mult mai constantă poziționarea față de curentul de fluid, cu consecințe favorabile asupra minimizării erorilor de măsurare.

Se prezintă o soluție constructivă pentru rotor unde spațiul interpaletar se închide cu două plăci, în formă de coroană circulară, care conțin și suportii de lăgăruire. În spațiile dintre placa inferioară și carcasa și între placa superioară și placa de etanșare, prin trecerea unei părți de fluid, se crează forțele de susținere a rotorului. Această formă constructivă a rotorului implică dificultăți de realizare de ordin tehnologic, în condiții de precizie ridicată și producere ieftină din punct de vedere economic.

Se prezintă curba de erori obținută iar din analiza curbei rezultă erori foarte apropiate pentru un interval de mare de debite (de la 250l/h până la 3125l/h), ceea ce denotă o stabilitate bună a contorului pentru acest interval. Pentru debitele mici, rezultă o creștere semnificativă a erorilor negative, datorită forțelor de frecare din lagăre și poziționarea deficitară a rotorului pe axa corespunzătoare lui din carcasa. În viitor, se vor continua cercetările pentru obținerea unor lagăre mai stabile și pentru optimizarea raportului dintre zona închisă și cea deschisă a rotorului.

4.3.3. Soluții constructive dezvoltate pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de mai multe jeturi

Contribuția personală cea mai importantă, referitoare la contoarele multijet, este *proiectarea pentru prima dată în România a unui contor multijet de tip „Patrol”*. În cazul contorului de tip „Patrol”, intrarea fluidului se face prin canalele superioare, iar refularea se face central prin canalele situate în partea inferioară .

Contorul multijet de tip „Patrol” proiectat are statorul format din două părți: o parte superioară cu canale pentru intrarea fluidului și o parte inferioară pentru ieșirea fluidului. Canalele de intrare au și în acest caz secțiune dreptunghiulară și formă de ajutor. Modificarea constructivă apare la partea de ieșire, unde canalele sunt delimitate de nervuri înclinate, pentru obținerea unui vârtej care să antreneze rotorul.

În cazul contoarelor de tip „Patrol”, în partea inferioară a statorului, se găsește un canal care poate fi obturat prin rotirea unui inel de reglare și astfel se reglează debitul care trece prin traductorul de măsurare.

Alte două contribuții personale se referă la rotorul contoarelor multijet clasice.

Prima soluție se referă la unghiul de la capătul paletei rotorului care inițial a fost gândit pentru a reduce rezistența la rotirea microturbinei și avea valori în jur de

45°. În urma testelor efectuate, a rezultat faptul că, o valoare mai mică a unghiului, de 25°-30°, îmbunătățește forma liniară a curbei erorilor.

Cea de a doua soluție personală a fost reducerea grosimii axului, prin prelungirea zonei dințate pe toată lungimea acestuia .

4.3.4. Soluții constructive noi pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de mai multe jeturi

Amplasarea radială a canalelor de intrare și de ieșire din stator implică realizarea unor matrițe de injecție complexe, cu bacuri de formare mobile și care de obicei au un singur cuib de formare. Folosind soluțiile constructive de la contor de tip „Patrol” și cele folosite la contoarele Woltman, s-au imaginat *două soluții constructive*.

În cazul primei soluții canalele radiale de intrare din partea inferioară sunt înlocuite cu nervuri înclinate, amplasate tot în partea inferioară, dar dinspre centru spre exterior. Ele susțin suportul central al lagărului inferior. Se păstrează amplasarea radială a canalelor de ieșire. Forma înclinată a nervurilor duce la formarea unui curent de fluid rotitor, care antrenează rotorul în mișcare de rotație. Pentru a compensa componenta axială a forței, care acționează asupra rotorului, în suportul mecanismului există un deflector de jet, cu ajutorul căruia se obține echilibrarea hidrodinamică a rotorului .

Sunt prezentate curbele de erori, din analiza cărora rezultă o curbă de erori foarte bună, ceea ce înseamnă că viteza unghiulară a rotorului și debitul care trece prin contor sunt într-o dependență liniară strânsă. După supunerea contorului la testele de durabilitate specificate în recomandarea OIML R49, datorită uzurii lagărelor, în special a lagărului superior, rezultă devieri de la dependența liniară pentru debitele mari și debitele mici. Folosirea unui deflector în suportul mecanismului creează o forță axială contrară forței create de curentul de fluid. Forma deflectorului nu a fost bine dimensionată, motiv pentru care nu s-a obținut o echilibrare hidrodinamică perfectă. S-a reușit totuși reducerea forței ascensionale și astfel și uzura lagărelor a fost mai mică, lucru care s-a observat și pe modelele experimentale și rezultă și din analiza curbei de erori.

Una din direcțiile de cercetare viitoare este determinarea formei unui deflector cu care să se realizeze o echilibrare hidrodinamică eficientă.

În cazul celei de a doua soluții, nervurile înclinate se înlocuiesc cu spițe radiale drepte. Paletele au o formă înclinată, pentru a obține o componentă radială a

forței de acționare. Înclinarea paletelor trebuie să fie calculată, astfel încât să fie posibilă injectarea lor cu o matriță fără bacuri. Și în acest caz, se păstrează amplasarea radială a canalelor de ieșire. Componenta axială a forței, care acționează asupra rotorului, este mai mare, motiv pentru care deflectorul de jet și lagărul superior trebuie să aibă o formă adecvată compensării ei.

Curbele de erori prezintă forme asemănătoare cu cele prezentate pentru soluția anterioară. Din cauza comportării similare a celor două modele experimentale, concluziile stabilite în primul caz sunt valabile și aici.

În viitor, pentru această soluție constructivă, va trebui să fie determinată o formă optimă a deflectorului de jet.

4.4. Concluzii

Soluțiile constructive pentru microturbinele hidraulice utilizate în construcția debitmetrelor cinematice sunt de o mare diversitate. Principiile de funcționare, gama de debite și fluidele folosite stau la baza alegerii unei soluții.

Căile folosite pentru îmbunătățirea performanțelor metrologice sunt:

- folosirea unor materiale, pentru rotor, cu densitate apropiată de cea a fluidului de măsurat,
- soluții constructive care să permită echilibrarea hidrodinamică,
- lagăre cu frecări reduse atât la amplasarea verticală cât și la amplasarea orizontală a axului rotorului,
- soluții constructive care să nu permită acumularea unor punji de aer, care să denatureze rezultatul măsurărilor la debitele mici,
- soluții constructive care să nu permită acumulări de depuneri și impurități,
- soluții constructive cu compensarea în timp a uzurilor.

O parte din direcțiile de dezvoltare viitoare în construcția traductoarelor de măsurare sunt determinate de înlocuirea materialelor metalice cu materiale termoplastice. Datorită rezistenței mai reduse la solicitările ciclice de presiune interioară a carcaselor din materialelor termoplastice, acestea trebuie reproiectate ca și formă. Aceste modificări se fac, de preferință, în exteriorul carcasei, dar sunt cazuri în care acestea nu pot fi evitate și apar în interior. Drept urmare, pot apărea modificări ale câmpului de viteze interioare care duc la modificarea formei curbei de erori

5. Soluții constructive pentru transmisia mecanică și mecanismul reductor-integrator al contoarelor

5.1. Cerințe tehnice actuale pentru mecanisme de tip reductor-integrator folosite în componența contoarelor pentru lichide

Recomandarea OIML R49-1:2006 și standardele SR EN 14154-1:2005 și ISO 4064-1:2005 prevăd o serie de cerințe tehnice referitoare la dispozitivul de indicare (partea componentă a contorului, care afișează rezultatul măsurării) și la dispozitivul de verificare.

5.2. Transmiterea mișcării de la traductorul primar la mecanismul reductor- integrator

În majoritatea cazurilor, semnalul de ieșire din traductorul primar este o viteză unghiulară, care se transmite nemodificată mecanismului reductor-integrator în vederea prelucrării ei.

5.2.1. Transmiterea mecanică a mișcării

Transmiterea mecanică a mișcării se face prin intermediul unui angrenaj de roți dințate. Miniturbina este lăgăruită în zona inferioară în suportul turbinei, iar în zona superioară în platina mecanismului. Ea are în partea superioară o coroană dințată, care angrenează cu prima roată dințată din trenul de roți dințate, care compun mecanismul reductor-integrator.

Soluția se folosește în cazul contoarelor cu cadran umed, la care mecanismul este imersat în lichidul de măsurat. Se asigură astfel, transmiterea exactă a mișcării și la turații mari. Dezavantaj major: în cazul folosirii ei într-un mediu cu suspensii se poate produce deteriorarea coroanei dințate a rotorului și a angrenajelor componente ale mecanismului reductor-integrator, cu efecte asupra preciziei de măsurare. Acest fapt limitează utilizarea acestui tip de transmisie doar la lichide relativ curate.

5.2.2. Transmiterea mișcării prin intermediul unui cuplaj magnetic

Pentru a elimina dezavantajul anterior, s-a adoptat o soluție constructivă, în care mecanismul reductor-integrator este izolat față de lichidul de măsurat prin

intermediul unui pahar din alamă sau din material termoplastic cu inserție de fibră de sticlă rezistent la presiune.

La contoarele monojet, carcasa se închide cu o placă de etanșare executată din aceleași materiale mai sus menționate, iar mecanismul este situat deasupra, fiind protejat de un capac transparent și cu rol de vizor. Transmiterea mișcării, în acest caz, se face prin intermediul unui cuplaj magnetic între doi magneți permanenți.

5.2.2.1. Tipuri constructive de cuplaje magnetice

Cuplajele magnetice, cel mai des utilizate, se clasifică astfel:

- În funcție de amplasarea magneților: *frontale sau radiale*
- În funcție de tipul forțelor care iau naștere între magneți: *cu forțe de atracție sau respingere*.

a. Cuplaje magnetice frontale

a.1. Cuplaje magnetice frontale bazate pe forțe de atracție

Într-un cuplaj magnetic frontal bazat pe forțe de atracție, cei doi magneți multipol (uzual, cu doi sau patru poli), deseori anizotropici, în formă de disc sau inel, magnetizați axial în sectoare, sunt plasați față în față. Magnetul superior este plasat pe axul central al mecanismului reductor-integrator, iar magnetul inferior este plasat în zona superioară a rotorului (la contoarele multijet) sau pe un ax, care preia mișcarea de la rotor prin intermediul unui angrenaj melcat (la contoarele Woltman).

a.2. Cuplaje magnetice frontale bazate pe forțe de respingere

Într-un cuplaj magnetic frontal bazat pe forțe de respingere, în partea superioară, pe un suport presat pe axul central al mecanismului, se găsesc doi magneți (diametral opuși) așezați la distanță egală față de acesta. Magneții sunt magnetizați axial și sunt orientați cu același pol (nord sau sud) înspre miniturbina. În partea inferioară, pe un suport presat pe miniturbina sau pe axul care preia mișcarea de la turbina, se găsesc, la aceeași distanță față de centru, amplasați diametral opus, doi magneți magnetizați axial și orientați cu același pol înspre magneții superiori. În felul acesta, între polii de același fel ai magneților apare o forță de respingere, care transmite momentul necesar. Poziția de echilibru stabil al cuplajului este atinsă când doi magneți, unul de pe suportul superior și celălalt de pe suportul inferior, se află la distanță egală unul de celălalt.

b. Cuplaje magnetice radiale

Într-un cuplaj magnetic radial, cei doi magneți sunt de formă inelară și se rotesc concentric unul în interiorul celuilalt. Magnetul interior este magnetizat cu mai mulți poli pe suprafața cilindrică exterioară, iar magnetul exterior este magnetizat cu mai mulți poli pe suprafața cilindrică interioară.

5.3. Mecanismul reductor-integrator

5.3.1. Tipuri constructive de mecanisme

Din punct de vedere al amplasării mecanismului reductor-integrator față de lichidul de măsurat, contoarele se împart în două categorii:

- *contoare cu mecanism umed,*
- *contoare cu mecanism uscat.*

Contoarele cu mecanism umed au mecanismul imersat în lichidul de măsurat. Camera miniturbinei comunică cu camera mecanismului printr-un orificiu, care servește la trecerea axului rotorului în vederea angrenării cu prima roată dințată a mecanismului.

Contoarele cu mecanism uscat au mecanismul separat față de lichidul de măsurat. Separarea se face prin intermediul unui pahar sau a unei plăci de etanșare, confecționată din alamă sau din materiale plastice armate cu fibră de sticlă. Aceste materiale au o rigiditate foarte mare și permit atingerea unor presiuni statice (până la 50 bar) în camera miniturbinei, fără să se distrugă sau să rămână cu deformații remanente care să ducă la blocarea mecanismului.

Varianta hibrid este *contorul cu mecanism „semiumed” sau „semiuscat”*. La acest tip de contor, mecanismul este imersat în lichidul de măsurat, dar rolele indicatoare din cadrul mecanismului integrator sunt separate față de lichidul de măsurat. Ele sunt amplasate în cadrul unui compartiment format în platina superioară și umplut cu o soluție din apă demineralizată și glicerină.

Mecanismul reductor-integrator se compune din două module: modulul reductor și modulul integrator.

Modulul reductor are rolul de a reduce turația primită, de la elementul senzor de debit din cadrul traductorului de măsurare, la o turație egală cu o rotație corespunzătoare unui litru de lichid trecut prin contor. Această turație este primită de primul element al modului integrator. Acest modul este alcătuit, în general, dintr-un tren de roți dințate sau este sub forma unui angrenaj melcat.

Modulul integrator este un mecanism ce asigură rotirea unor ace indicatoare consecutive în dreptul unor scări gradate sau a unor role consecutive cu cifre în raportul 10:1, astfel ca – în sistemul zecimal de numerație – să se poată comuta valorile de rangul 10^n (n - număr întreg, pozitiv sau negativ) în vederea citirii valorii cumulate. Acest modul poate fi construit sub formele: tren de roți dințate, celule de comutare cu role/ cu cifre sau combinațiile celor două variante.

Mecanism reductor-integrator sub forma unui tren de roți dințate

Cronologic, este prima variantă de mecanism apărută pe piață. Atât modulul reductor cât și modulul integrator sunt alcătuite din trenuri de roți dințate. Modulul integrator are ace indicatoare presate pe axele roților dințate (ale căror turații se găsesc în raportul de 10:1); acele se rotesc în jurul unor scări gradate. Acele indicatoare pentru submultiplii metrului cub sunt roșii, iar cele pentru metru cub și multiplii acestuia sunt negre.

Mecanism reductor–integrator sub forma unei combinații între un tren de roți dințate și celule de comutare cu role cu cifre

Pentru acest tip de mecanism s-au proiectat două soluții constructive. Prima soluție, în ordine cronologică, are modulul reductor sub forma unui tren de roți dințate.

Modulul integrator este împărțit în două părți: partea pentru integrarea submultiplilor metrului cub, care este sub forma unui tren de roți dințate și partea corespunzătoare metrilor cubi și multiplilor, care este sub forma unor celule de comutare. Acest tip de mecanism poate fi folosit pentru toate variantele constructive de contoare.

A doua soluție se folosește exclusiv pentru contoarele cu mecanism uscat. În acest caz, modulul integrator are primul element sub forma unui ac indicator, care se rotește în jurul unei scări gradate. Al doilea element este compus din celule de comutare cu role cu cifre.

Mecanism reductor-integrator alcătuit dintr-un angrenaj melcat și celule de comutare cu role cu cifre

Se folosește pentru variantele de contor cu mecanism uscat. Modulul reductor este un angrenaj melcat neconvențional. Melcul este situat pe axul central, care preia rotația de la elementul sesizor de debit. Raportul de transmitere al acestui modul

este un număr întreg. Din acest motiv, situațiile în care poate fi folosit sunt limitate. Roata melcată este amplasată pe axul rolelor cu cifre și este fixată solidar cu acesta. Ea preia mișcarea de la melc și o transmite prin intermediul axului primului element din modulul integrator fixat solidar cu axul. Pe primul element, care are o mișcare de rotație continuă, distanța dintre marcajele corespunzătoare a două cifre consecutive este împărțită în cinci intervale, necesare pentru a menține o incertitudine de măsurare (datorată citirii) sub 0,5%.

5.3.2. Soluții constructive pentru transmiterea mișcării de rotație de la trenul de roți dințate la celulele de comutare ale modulului integrator

La această soluție constructivă mișcarea de rotație a ultimului element al modulului integrator, care conține un ac indicator, este transmisă, printr-un angrenaj cu roți dințate cilindrice, unui angrenaj melcat neconvențional. Angrenajul melcat neconvențional este format dintr-un melc, care angrenează cu o roată cu bolțuri. Raportul angrenajului cilindric este subunitar și este egal cu 1:2. Pentru a obține un raport de 10:1 între elementul cu ac indicator și prima rolă din prima celulă de comutare, rezultă că angrenajul melcat trebuie să asigure un raport de transmitere de 20:1. Melcul are un singur început, iar roata are 20 de bolțuri.

Există și a doua soluție constructivă, la care mișcarea între elementul cu ac indicator și melc se transmite prin intermediul unei roți dințate parazit. În acest caz, raportul de transmitere, pe care trebuie să-l asigure angrenajul melcat, este 10:1. Deoarece melcul are doar un singur început, rezultă că roata cu bolțuri trebuie să aibă 10 bolțuri.

În locul angrenajului melcat neconvențional se poate folosi și o variantă constructivă, la care mișcarea de la melc este preluată de o roată dințată derivată dintr-o roată melcată obținută prin injecție.

La cea de a treia soluție constructivă mișcarea se transmite prin intermediul unui angrenaj cu bolțuri. Prima roată cu bolțuri este fixată pe axul vertical al unei roți dințate, care preia mișcarea de rotație de la trenul de roți dințate. A doua roată cu bolțuri are axul orizontal și colinar cu axul rolelor cu cifre. Acest angrenaj are doar rolul de a schimba direcția mișcării, raportul său de transmitere fiind egal cu unitatea, deoarece ambele roți au același număr de bolțuri. Pentru a asigura un raport de transmitere de 10:1 între ultimul element cu ac indicator și prima rolă cu cifre, cea de a doua roată cu bolțuri este solidară cu o rolă de conducere, care are doar doi dinți și care acționează asupra primului pinion de comutare. O rotație a rolei de conducere

va produce o rotație cu $2/20$ adică cu $1/10$ dintr-un cerc complet a primei role cu cifre.

Pentru cea de a patra soluție constructivă schimbarea direcției mișcării se face cu un angrenaj cu roți dințate conice. Acest angrenaj are raportul de transmitere egal cu unitatea. Roata conică condusă este corp comun cu o roată de conducere cu doi dinți, care acționează asupra unui pinion de comutare, care la rândul lui transmite mișcarea primei role cu cifre.

5.3.3. Soluție constructivă pentru modulul integrator cu celule de comutare cu role cu cifre

Cea mai des folosită este soluția constructivă cu celule de comutare formate din role cu cifre, care sunt așezate pe un ax metalic. În exteriorul lor, la o distanță bine determinată, pe un ax paralel cu primul, se găsesc pinioanele de comutare stelate. Rolele au pe partea antrenoare doi dinți sau două bolțuri dispuse axial, care închid între ele un gol, iar pe partea condusă au 20 de dinți sau bolțuri. Pinionul de comutare are 8 dinți de lungime axială diferită (4 lungi și 4 scurți) plasați alternativ. Comutarea decurge în modul următor: prima rolă primește mișcarea de rotație de la melcul antrenor sau de la o rolă antrenoare intermediară, partea ei antrenoare rotește cu 2 dinți pinionul de comutare, acesta la rândul lui fiind în contact permanent cu partea condusă a rolei următoare, o rotește pe aceasta. Deoarece rola condusă este mereu în angrenare cu dinții pinionului de comutare, rezultă că, acesta s-a rotit cu $\frac{2}{20} = \frac{1}{10}$ părți dintr-un cerc complet, la o rotație a rolei antrenoare.

5.3.4. Soluții constructive pentru lagărele roților dințate componente ale mecanismelor

Roțile dințate componente ale mecanismelor reductor-integratoare sunt lăgăruite în partea inferioară printr-un lagăr pentru vârfuri, iar în partea superioară printr-un lagăr cilindric radial. Lagărul inferior pentru vârfuri este format dintr-o suprafață sferică la capătul roții și o suprafață plană a platinei inferioare, iar pentru ghidarea laterală există o suprafață cilindrică componentă a platinei sau a unei plăci intermediare.

În continuare sunt prezentate soluții constructive pentru lagărele roților dințate cu avantajele și dezavantajele lor.

5.4. Contribuții personale

5.4.1. Calculul forței tangențiale maxime și a momentului maxim care poate fi transmis prin cuplajele magnetice folosite la contoarele proiectate

În acest subcapitol se calculează forța tangențială și momentul maxim transmis pentru magneții folosiți uzual în construcția contoarelor de apă. Cei doi magneți, produși de firma germană „Magnetfabrik Schramberg”, sunt din ferită dură de tipul HF 24/16 și au următoarele caracteristici magnetice:

- valoarea minimă a energiei specifice maxime $(B \cdot H)_{\max}$ este 24 kJ/m^3 ,
- intensitatea minimă a câmpului coercitiv $H_{cJ\min.} = 220 \text{ kA/m}$,

Magneții sunt de tip inelar, cu patru poli, magnetizați axial în patru sectoare și au dimensiunile: diametrul exterior $D=9 \text{ mm}$, diametrul interior $d=4,5 \text{ mm}$, înălțimea $h=3,4 \text{ mm}$. Distanța dintre magneți se alege $L=5 \text{ mm}$.

Valorile care s-au obținut sunt următoarele:

- forța tangențială maximă:

$$F_{t\max.} = 3,2 \cdot 10^{-10} \cdot H_c^2 \cdot A \cdot \left(1 - \frac{4l_a}{p}\right)^2 \cdot C = 3,2 \cdot 10^{-10} \cdot 142^2 \cdot 47,71 \cdot \left(1 - \frac{4 \cdot 5}{7,07}\right)^2 \cdot 1 = 1,03 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

- momentul maxim care poate fi transmis prin cuplaj:

$$M_{t\max.} = 5 \cdot 10^{-10} \cdot H_c^2 \cdot \frac{(D^2 - d^2)}{4} \cdot \left(1 - \frac{4l_a}{p}\right)^2 \cdot C = 5 \cdot 10^{-10} \cdot 142^2 \cdot \frac{(9^2 - 4,5^2)}{4} \cdot \left(1 - \frac{4 \cdot 5}{7,07}\right)^2 \cdot 1 = 5,12 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{mm}$$

5.4.2. Comportarea cuplajelor magnetice sub influența câmpurilor magnetice exterioare. Protecția antimagnetică

În cadrul laboratorului de cercetare, am întreprins o serie de teste referitoare la influența câmpurilor magnetice exterioare asupra contoarelor cu mecanism uscat. Sub influența câmpurilor magnetice exterioare, cuplajele magnetice au o comportare diferită în funcție de: mărimea contorului, tipul cuplajului (frontal sau radial), amplasarea magnetului exterior.

Mărimea contorului: Distanța dintre magnetul perturbator și cuplajul magnetic crește odată cu creșterea mărimii contorului; corespunzător, scade și influența câmpului magnetic.

Tipul cuplajului: Cuplajele radiale sunt mai puțin sensibile la influențe magnetice exterioare, datorită construcției mai compacte, datorită faptului că liniile de câmp se închid în spațiul dintre cei doi magneți.

Amplasarea magnetului exterior: În cazul amplasării magnetului deasupra mecanismului și sub carcasa contorului, influența este aproape nesemnificativă; contorul își păstrează clasa metrologică și alura curbei în cazul claselor A și B și se constată doar o ușoară creștere a debitului de pornire.

Influența cea mai mare se constată asupra contoarelor monojet DN15 în cazul amplasării laterale a unui magnet potcoavă (conform testelor KIWA). În această situație, se observă că, până la debitul de trecere corespunzător clasei metrologice B, contorul este puțin frânat. Sub acest debit se observă o frânare mare, care duce la blocarea contorului

O situație aparte se manifestă atunci când magnetul este amplasat lateral, cu un pol înspre contor. Din analiza curbei de erori, rezultă că, influența scade considerabil. În zona debitelor inferioare debitului de trecere, pentru clasa metrologică B, se constată apariția unor erori pozitive mai ridicate. De asemenea, debitul de pornire este mai ridicat.

Soluții constructive pentru protecția antimagnetică. Ecrane magnetice

În urma testelor efectuate s-au ales materialele indicate mai jos și soluțiile constructive prezentate în continuare. Ecranele magnetice au rolul de a reduce influența câmpurilor magnetice exterioare asupra cuplajelor magnetice amplasate în interiorul lor. Se prezintă două soluții constructive folosite la contoarele monojet DN15, DN20 și multijet DN15-DN50.

Ecranele se execută din tablă A5 pentru ambutisare, cu grosimea peretelui 1,5mm. Deși, pentru o ecranare bună, paharele ambutisate ar trebui să fie perfect închise; acest lucru nu este posibil, din punct de vedere constructiv, existând decupări pentru axul antrenor și axul antrenat. Din acest motiv, cuplajul se amplasează, pe cât posibil, în centrul volumului delimitat de protecția antimagnetică. În cazul unor condiții mai severe, se pot folosi ecrane multiple.

5.4.3. Soluție constructivă pentru modulul integrator cu celule de comutare cu role cu cifre și pinioane de comutare interioare

Pentru micșorarea spațiului ocupat de către modulul integrator, am reprojctat o soluție constructivă, pentru modulul de comutare cu pinioane de comutare interioare, pentru mecanismele contoarelor uscate, cu debite de până la DN50. Pe plan modal, acest tip de modul de comutare are dimensiuni mai mari și este folosit la contoarele cu debite nominale mai mari de DN50.

În cazul acestei soluții constructive, pinioanele de comutare se găsesc pe o axă situată în interiorul roților cu cifre. Avantajul acestei soluții este că roțile pot fi mai late, ceea ce permite o mărire a cifrelor. De asemenea, dispare spațiul dintre roți și implicit crește lizibilitatea ansamblului.

Dezavantajul soluției este necesitatea obținerii unor repere cu toleranțe dimensionale foarte mici și abateri geometrice minime.

Pinionul de comutare are 9 dinți de lungime axială diferită: 3 lungi și 6 scurți dispuși astfel: 2 scurți, 1 lung, 2 scurți, 1 lung, etc (v.fig.5.39).

Roțile cu cifre au pe partea antrenoare 2 dinți, care au la vârf o suprafață cilindrică lisă de poziționare, iar pe partea condusă au 30 de dinți. Procesul de comutare se desfășoară astfel: prima rolă primește mișcarea de rotație de la melcul antrenor și datorită construcției speciale a părții antrenoare, rotește pinionul de comutare cu 3 dinți. Partea condusă, fiind în contact permanent cu dinții pinionului de comutare, s-a rotit cu $\frac{3}{30} = \frac{1}{10}$ părți dintr-un cerc complet. Între dimensiunile elementelor constructive trebuie să existe o corelație strictă în vederea unei bune funcționări a ansamblului. Astfel, diametrul suprafeței cilindrice lise și implicit diametrul, pe care se află vârfurile dinților părții conduse ale roții, trebuie să fie determinat astfel încât dinții lungi ai pinionului să se sprijine pe rolă și astfel să mențină în poziție de staționare, atât pinionul de comutare cât și rola condusă timp de o rotație (a roții antrenoare).

5.4.4. Soluții folosite la proiectarea modului reductor și a modului integrator cu roți dințate

Încercările efectuate pe modele experimentale de contoare de apă au condus la concluzia că, lagărele microturbinei, realizate din combinații de materiale PA/PSU sau safir/oțel, se comportă corespunzător, în condițiile unor încărcări normale, pe parcursul duratei medii de funcționare de 15 ani, la turații maxime în jur de 30 rot/s. Rezultă că, pentru debitele de suprasarcină (Q_4), turația maximă a rotorului trebuie să fie în jur de 30 rot/s. Această turație este și turația primului element de intrare în mecanismul reductor-integrator.

Luând în considerare forțele de frecare, care apar în lagărele mecanismului și considerând randamente de 88% pentru transmisiile cu roți dințate, se obține o putere necesară: $P_n = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ MW}$, în cazul folosirii mecanismului pentru un contor cu debitul de suprasarcină $Q_4 = 31,25 \text{ m}^3/\text{h}$.

Momentul necesar la elementul de intrare în mecanism, în condițiile respectării turației maxime de intrare ($n_i=30 \text{ s}^{-1}$) va fi:

$$M_i = \frac{P_n}{2 \cdot \pi \cdot 30} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \pi \cdot 30} = 6,9 \cdot 10^{-6} [N \cdot mm]$$

Din calculele efectuate, la cap.5.4.1 rezultă că, magneții astfel aleși asigură acționarea mecanismului reductor-integrator.

Rapoartele de transmitere pe care trebuie să le asigure modulul reductor pentru diferitele tipuri de contoare sunt prezentate în tabelul 5.1. Pentru a acoperi plaja de rapoarte de transmitere, modulul reductor este alcătuit din trei angrenaje ordinare, înseriate fiecare cu un raport de transmitere, corespunzător obținerii raportului de transmitere total indicat în tabelul 5.1.

Modulul integrator trebuie să asigure, între două axe consecutive, pe care sunt montate ace indicatoare, un raport de transmitere $i_i = 10$. Pentru aceasta, se aleg câte două angrenaje ordinare înseriate cu rapoartele: $i_{i1}=3$ și $i_{i2}=10/3$.

Amplasarea în serie a angrenajelor ordinare a modulului reductor și a celui integrator se face conform schemei prezentate în figura 5.41. Se preferă această amplasare ascendentă, pe patru nivele, pentru a facilita asamblarea mecanismului. Roțile dințate folosite au module de 0,4mm și sunt corijate prin deplasări pozitive de profil cuprinse între 0,3 și 0,4 mm.

O situație specială apare la modulul reductor, unde avem distanțele între axele roților dințate identice pentru toate rapoartele de reducere, deoarece se folosesc aceleași plăci port-lagăr ale mecanismului pentru toate tipurile de contoare.

Tab.5.1. Rapoartele de transmitere necesare pentru modulul reductor, în funcție de debitele de suprasarcină

Debit de suprasarcină $Q_4 [l/h]$	Turație element de intrare [s^{-1}]	Turația primului element cu ac indicator [s^{-1}]	Raportul de transmitere, modulul reductor (i)
3125	30	0,8681	34,558
5000		1,3889	21,600
7875		2,1875	13,710
12500		3,4722	8,640
20000		5,5556	5,400
31250		8,6806	3,456

După alegerea numărului de dinți al roților dințate componente din angrenaj, cu distanța între axe impusă, se determină modulul. Cu aceste valori, se face un calcul și o verificare a angrenajului. Pentru a ține cont de abaterile dimensionale și geometrice care pot să apară, distanța între axele roților dințate se mărește cu 0,1mm față de distanța calculată. Mărirea distanței între axe (cu această valoare) nu are o influență semnificativă asupra randamentului angrenajului. În schimb, dacă din cauza abaterilor se ajunge la o valoare mai mică decât distanța calculată, poate apare o influență negativă importantă.

Datorită faptului că materialele termoplastice absorb apă, mai există o particularitate, de care trebuie să se țină seama la proiectarea roților dințate. În cazul mecanismelor contoarelor umede (care lucrează imersate în apă), roțile dințate cu numărul cel mai mare de dinți, din cadrul angrenajelor ordinare, au grosimea dinților, pe cercul de divizare redusă cu 0,1mm.

5.4.5. Influența mecanismului reductor-integrator asupra preciziei de măsurare a contorului monojet

Influența mecanismului reductor-integrator asupra preciziei de măsurare a unui contor monojet s-a determinat prin măsurători succesive pe un stand automat. Prima dată, s-au determinat erorile de indicație pe contorul monojet cu mecanismul montat, apoi s-au determinat erorile de indicație cu mecanismul având doar axul central montat. De fiecare dată, semnalul a fost preluat cu capete optice de la steluța montată în vârful axului central. Rezultatele medii ale măsurărilor sunt prezentate grafic. Din analiza graficului rezultă că, în zona debitelor inferioare, are loc o frânare indusă de mecanism.

5.4.6. Mecanismul reductor-integrator tip „Chekker” cu role de control

Procesul de citire al contoarelor de apă este susceptibil de a genera multe erori. Conform unor studii întreprinse de regia de apă a orașului Berlin, 20-25% din citiri sunt eronate și nu întotdeauna sunt din vina celui care efectuează citirile. Multe din aceste erori sunt preluate în sistemele de decontare și generează facturi eronate.

Am participat la un proiect comun româno-german, unde am coordonat compartimentul de cercetare-dezvoltare din România, pentru dezvoltarea unui mecanism, care să elimine o mare parte din aceste erori. Acesta, este o variantă mecanică a unui mecanism reductor-integrator, la care sunt adăugate două role de control aflate în legătură cu blocul integrator, iar indicația lor este în legătură cu seria

contorului. Mecanismul se prezintă doar în varianta pentru funcționare uscată, adică izolată față de fluidul de măsurat.

Soluția constructivă este cu un bloc reductor, format din roți dințate cilindrice cu dinți drepți, un bloc integrator compact cu role imprimate și pinioane stelate de comutare, legat cu un bloc de control printr-un pinion de comutare.

Valoarea consumului, indicată de blocul integrator, este în corespondență univocă cu indicațiile celor două role de control constituente ale blocului de control. Acest fapt permite verificarea valorii citite a consumului, cu ajutorul valorii citite la blocul de control și astfel rezultă confirmarea sau infirmarea citirii.

Rolele de control sunt imprimate cu diferite clișee, cu ordonare diferită a cifrelor. Codul clișeului devine astfel cod de identificare a rolei de control, care este imprimată cu acesta. Pentru evitarea manipulărilor intenționate a citirilor, se mai crează și o corespondență univocă suplimentară între seria mecanismului (care este și seria contorului) și cele două coduri ale rolelor blocului de control. Această corespondență se crează în faza de asamblare a mecanismului. Platina superioară este imprimată cu seria mecanismului și codul de bare asociat acesteia. La locul de asamblare, cu ajutorul unui scanner, se citește codul de bare (seria), care se transmite unui calculator, care are instalat un soft de montaj ce conține algoritmul de corespondență. Pe monitor, apar codurile celor două role, care trebuie montate. După montare, există un modul de verificare a corectitudinii asamblării.

În concluzie, pentru un mecanism cu o serie dată, valorii indicate a consumului îi corespunde o indicație unică a rolelor de control.

5.4.7. Soluție constructivă pentru îmbunătățirea lizibilității indicației mecanismului

Există o diferență majoră între locurile de montare ale contoarelor multijet/contoare de branșament și contoarele monojet/contoare de apartament. Contoarele multijet sunt montate în cămine sau în subsoluri, în poziție orizontală, citirea lor efectuându-se relativ ușor, privind perpendicular pe cadran. La contoarele monojet, montarea se face, de obicei, în băi sau în bucătării, sub corpurile sanitare. Din acest motiv, citirea lor este dificilă sau este aproape imposibilă privind perpendicular pe cadran. Pentru a elimina acest inconvenient, am participat la un proiect pentru realizarea unui mecanism, la care blocul integrator, format din celulele de comutare, să poată fi montat în două poziții: o poziție, în care citirea să se facă privind perpendicular pe cadran și altă poziție, în care citirea să se facă privind la 45°.

Din analiza soluțiilor constructive rezultă că, modulul integrator este un subansamblu separat. Acest lucru permite și un asamblare mai flexibilă. Astfel, acest subansamblu poate fi montat și în regim automatizat sau la un alt loc de muncă, urmând ca apoi să fie montat pe platina superioară.

Contoarele monojet cu acest tip de mecanism nu trebuie să fie montate în poziție verticală sau înclinată, pentru că, o astfel de montare ar declasifica contorul cu o clasă metrologică.

5.4.8. Integrarea facilităților de generare a impulsurilor cu contact Reed sau traductor inductiv și transmitere la distanță prin unde radio

În acest capitol, se prezenta o parte din proiectele electronice de integrare a facilităților de generare și de transmitere la distanță a citirilor contoarelor de apă, la care am participat, pentru dezvoltarea carcaselor modulelor și pentru fixarea acestora pe contor.

Contoarele pentru lichide și cele pentru apă, în special, au început să fie folosite în procese sau în sisteme, în care era nevoie de transmiterea la distanță a unui tren de impulsuri corespunzător trecerii unei anumite cantități de lichid. Cea mai simplă metodă a fost folosirea unor generatoare de impulsuri bazate pe contact Reed. La variația câmpului magnetic din apropierea contactului Reed, acesta închide un circuit și se poate genera un impuls. Montând un magnet în locul unui ac indicator, se pot obține impulsuri corespunzătoare valorii dorite: 1 impuls/litru, 1 impuls/10l, 1 impuls/100l sau 1 impuls/1m³. Sunt prezentate două soluții constructive pentru mecanismele reductor-integratoare folosite la contoarele monojet și multijet.

Soluțiile cu contact Reed au dezavantajul că, se poate influența buna funcționare a mecanismului, dacă se montează magnetul pe acul indicator corespunzător litrului sau zecilor de litri. Prin intervenția cu un câmp magnetic exterior, suficient de puternic, se poate frâna, la debite mici, mișcarea de rotație a axului central.

S-au proiectat soluții cu două contacte Reed, pentru semnalizarea încercărilor de fraudă și s-au construit soluții cu ecrane magnetice. Toate acestea au dus la scumpirea produsului, fără a aduce o siguranță mai mare a înregistrărilor. Din acest motiv, s-a procedat la proiectarea unei soluții noi de generare a impulsurilor cu ajutorul unui traductor inductiv. Pe acul indicator, corespunzător scării gradate a litrilor, se montează un sector circular din tablă subțire nemagnetizabilă. Generatorul de impulsuri conține trei bobine, care sunt dispuse pe un cerc, în jurul acestui ac

indicator. Prin rotirea acului indicator și trecerea sectorului circular prin dreptul bobinelor, se modifică reluctanța circuitului magnetic și inductivitatea proprie a acestora, fapt care poate fi folosit pentru generarea unor impulsuri. Prin folosirea a trei bobine, se poate determina și sensul de rotație al acului indicator. Se obține astfel 1impuls/litru, iar electronic, se pot obține ieșiri de 1impuls/10l sau 1impuls/100l sau alte valori pentru constanta generatorului.

Pentru a transmite la distanță aceste impulsuri, se poate integra și un modul radio, o antenă și o baterie, obținându-se un modul compact, care poate fi montat ulterior pe un contor cu un mecanism preechipat. În ultimul timp se dezvoltă și soluții bazate pe traductori optici.

5.5. Concluzii

Mecanismele reductor-integratoare constituie un capitolul aparte în teoria proiectării și dezvoltării contoarelor pentru fluide. Dacă la începuturile producției contoarelor pentru fluide s-au folosit mecanisme care aveau doar funcția de contorizare și de memorizare a rezultatului contorizării, acum cerințele pentru acestea au devenit diverse, de la posibilitatea orientării spațiale a dispozitivului de indicare și introducerea unor facilități de control, până la preechipări în vederea dotării ulterioare cu module de preluare și transmitere a datelor înregistrate și o integrare tot mai accentuată cu module electronice.

Căile folosite pentru *îmbunătățirea performanțelor* unor astfel de mecanisme sunt:

- optimizarea formelor constructive ale roților dințate, în vederea transmiterii corecte a mișcării de rotație, a execuției corecte prin injecție de precizie și a obținerii unor momente de inerție cât mai mici (pentru mecanismele uscate);
- utilizarea unor materiale și a unor soluții constructive pentru lagăre, cu obținerea unor momente de frecare cât mai mici;
- rolele de indicare trebuie să aibă diametre mari pentru îmbunătățirea citirii;
- forma și amplasarea elementelor constructive trebuie să permită introducerea ușoară a unor soluții de asamblare automatizată;
- în cazul prezenței unor elemente, care să prevină sau să semnalizeze fraudă, acestea nu trebuie să blocheze funcționarea mecanismului, în cazul în care sunt acționate, până la identificarea manipulării;
- în cazul mecanismelor uscate, sunt necesare soluții constructive pentru evitarea apariției condensului sau pentru îndepărtarea acestuia, în vederea citirii indexului.

6. Determinări experimentale

6.1. Standul experimental

6.1.1. Prezentarea standului experimental

Standul experimental a fost construit în scopul verificării contoarelor de apă, debitmetrelor și volumetrelor din componența contoarelor de energie termică sau apă caldă menajeră. Verificările se pot face cu apă rece de la 10°C sau apă caldă până la 85°C, cu presiunea maximă de 16 bar, pentru debite cuprinse între 0,006 și 20m³/h. Standul, permite verificarea căderii de presiune pe un tronson de măsurare și conectarea contoarelor la o instalație de încercare la presiune statică.

Standul permite ajustarea contoarelor în domeniul de erori, la o valoare a debitului prestabilită și verificarea contoarelor cu ajutorul metodelor dinamice și statice de tip start/stop.

Parametrii pentru fiecare verificare individuală (debit, temperatură, presiune, erori, metodă, etc.) sunt setați automat cu ajutorul unui computer, fiind în concordanță cu valorile presetate anterior și atașate scenariului fiecărei verificări. În baza de date poate fi predefinit un număr nelimitat de tipuri de contoare de apă. Pe parcursul unei verificări, sunt afișate, în timp real, pe un monitor, toate valorile parametrilor, măsurate în locuri din stand predefinite.

Volumul real trecut prin contor este determinat gravimetric cu ajutorul uneia dintre cele două balanțe electronice (de tipul Mettler Toledo), în funcție de valoarea debitului și de cantitatea de apă trecută, astfel:

- pentru 150 kg, V1-KCC 150, clasa a II-a de precizie, cu diviziunea scării de 2g,
- pentru 32 kg, V2- KCA 32, clasa a II-a de precizie, cu diviziunea scării de 0,1g.

Volumul real se poate determina și volumetric cu ajutorul unor debitmetre magneto-inductive, astfel:

- P3, KROHNE IFS 5000 + IFC, DN 2,5, pentru domeniul de debite 0,006...0,15m³/h,
- P2, KROHNE IFS 5000 + IFC 080, DN10, pentru domeniul de debite 0,15...1,5m³/h,
- P1, KROHNE IFS 5000 + IFC 080F, DN25, pentru domeniul de debite 1,5...20m³/h.

Manometrele pentru presiune sunt de tipul:

- BP1, DS 200, domeniul 1...40bar, cu precizia de 0,25% pe tot domeniul,
- BP2, DS 200, domeniul 1...16bar, cu precizia de 0,25% pe tot domeniul,
- BP3, 13312-S, domeniul 0...0,6bar, cu precizia de 1% pe tot domeniul,
- BP4, DMP, domeniul 0...0,25bar, cu precizia de 0,5% pe tot domeniul,

Termometrele instalate sunt de tipul:

- BT1, Pt100, cu domeniul 0...100°C, clasa A de precizie,
- BT2, Pt100, cu domeniul 0...100°C, clasa A de precizie.

Principiul de funcționare

Apa din rezervor este pompată cu ajutorul unor pompe și trecută astfel prin circuitul de măsurare având contoarele montate. După reglarea debitului, cu ajutorul contoarelor magneto-inductive, deviatorul de jet direcționează apa înspre cuva de cântărire, amplasată pe una dintre balanțe, în funcție de debitul folosit și volumul necesar a fi trecut prin contor. După ce s-au stabilizat oscilațiile lichidului din cuva de cântărire, se cântărește cantitatea de lichid trecută, apoi se determină volumul real trecut prin contor, cu ajutorul măsurătorilor de temperatură și presiune. Acesta se compară cu volumul afișat de contor, determinat prin interpolarea impulsurilor optice prelevate cu un traductor optic de la dispozitivul de verificare al contorului (de obicei, o stelută cu 4, 6, 8, sau 12 marcaje).

6.1.1.1. Descrierea componentelor mecanice ale standului experimental

Standul se compune din următoarele subgrupe principale:

- sursa de alimentare cu apă, rezervorul de apă și rezervorul de nivel constant,
- cuva standului, suportii pentru fixarea contoarelor și capătul mobil pentru strângerea contoarelor,
- blocul de reglare a debitului,
- deviatorul de jet și balanțele electronice,
- echipamentul pentru răcirea apei.

6.1.1.2. Modul de utilizare. Umplerea instalației. Verificarea cotoarelor

Pe acest stand este posibilă verificarea contoarelor de apă caldă sau rece cu ajutorul metodei dinamice start/stop sau cu metoda statică start/stop.

Verificarea prin metoda dinamică start/stop

Înainte de verificarea propriu-zisă, contoarele se fixează între distanțierele blocului de fixare și se strâng cu ajutorul capătului pneumatic mobil de strângere situat în partea de aval. Circuitul de măsurare se cuplează la sistemul de vacuumare, prin intermediul unei valvei, pentru a evacua aerul din interiorul instalației (prezența

unor bule de aer în zona rotorului poate duce la abateri mari la încercările cu debite mici). După extragerea aerului, circuitul de măsurare se umple cu apă la debit mic și apoi la debit mare. Prezența aerului în instalație poate fi vizualizată printr-un tub de sticlă montat în circuit. Bulele de aer se pot observa și sub geamul de protecție al contoarelor multijet umede (dacă sunt verificate). După umplerea instalației, începe verificarea.

Standul permite două tipuri de verificări:

- pentru fiecare debit se face o încercare individuală sau
- o încercare completă, pentru mai multe debite prestabilite inițial, în cadrul unui scenariu de verificare.

Verificarea prin metoda statică start/stop

La această verificare, circuitul de măsurare, având contoarele montate, este vacuumat și apoi umplut cu apă; debitul de verificare este setat la valoarea cerută. Se citește indexul inițial al contorului și se introduce în program, apoi testul pornește automat. După trecerea cantității de apă cerute prin instalație, o valva start/stop, se închide. După ce oscilațiile talerului balanței și acele dispozitivului de indicare al contorului s-au oprit, se citește indexul final al contorului și se introduce în program. Computerul citește și cantitatea de fluid trecută prin instalație și aflată în cuva de cântărire, prin intermediul unui port cuplat la balanță. Programul evaluează și afișează individual valorile erorilor, pentru fiecare contor.

După terminarea încercărilor, se deschide o valva, și se depresurizează blocul de strângere, iar apa din circuit este evacuată, apoi se acționează blocul, în vederea eliberării și demontării contoarelor din instalație.

6.2. Interpolarea impulsurilor

Interpolarea, prin definiție, este abilitatea de a estima valori ale unei funcții între două valori cunoscute. Prin urmare, interpolarea impulsurilor permite numărarea impulsurilor, care sunt fracțiuni de impuls. Astfel, se reduce eroarea de rotunjire, care apare atunci când numărarea impulsurilor se rotunjește la cel mai apropiat număr întreg, cum se întâmplă întotdeauna în absența interpolării impulsurilor.

6.2.1. Introducere

Verificarea unui contor se poate face prin dispunerea lui în serie cu un contor etalon (de o clasă de exactitate superioară), sau prin intermediul unor instalații de verificare: gravimetrice cu cântar, volumetrice cu rezervor etalon sau cu piston mobil. Verificarea contorului constă în compararea volumului său înregistrat cu volumul înregistrat de cântar, de rezervorul etalon, ori de contorul etalon.

Pentru a dimensiona contorul etalon, cântarul sau rezervorul etalon trebuie să se țină seama de faptul că, numărarea impulsurilor de la contor nu trebuie să contribuie cu mai mult de 0,01% la valoarea totală a incertitudinii rezultatului. Pentru orice metodă standard de numărare a impulsurilor, numărătorul poate să diferențieze un impuls sau un tren de impulsuri întregi. Aceasta rezultă a fi un detector „start-stop”, care se modifică odată cu semnalele apărute aleatoriu pe parcursul unui tren de impulsuri. Efectul acestei funcționări de tip „start-stop” este ilustrat grafic de două trenuri de impulsuri, A și B, unde același tren de impulsuri are 7 sau 8 impulsuri, în funcție de relația dintre semnalul start-stop și momentul de numărare a impulsului (în cazul nostru, după panta ascendentă). Un tren de impulsuri C arată că numărul real este de 7,35 impulsuri.

Cerința de rezolvare a acestei probleme a fost dictată de faptul că, în trecut, trebuia să treacă un volum suficient de mare de lichid prin contor, astfel încât să se genereze cel puțin 10.000 de impulsuri de la contorul de verificat. Eroarea de rotunjire la un impuls întreg pentru 10.000 de impulsuri este:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{10000} \cdot 100 = 0,01\%$$

În continuare s-au prezentat metode de verificare cu volume mici de lichid, care să genereze mai puțin de 10.000 de impulsuri de la contorul de verificat. Pentru a menține acuratețea verificării contorului, se respectă cerința de a avea o eroare de rotunjire mai mică de 0,01%.

6.3. Incertitudinea de măsurare pentru standul experimental folosit

6.3.1. Condiții necesare a fi respectate pentru a obține o incertitudine de măsurare în limite acceptabile

Metoda de determinare gravimetrică a volumului de lichid, trecut prin contor, poate fi considerată una dintre cele mai precise, dacă se respectă condițiile:

- să nu existe curgeri „parazite” sau scurgeri de lichid din instalație,
- să nu se producă o acumulare sau o eliberare de lichid într-o porțiune de circuit, prin contracție sau dilatare termică, ori prin variația volumului de vapori sau de gaz conținut în circuit, fără a fi sesizat de echipamentele de supraveghere sau de operator. La contoarele de lichide cu microturbină apare eliminarea insuficientă a aerului din interiorul acestora, înainte de începerea verificărilor.
- să se efectueze corecțiile necesare, pentru a ține seama de presiunea aerostatică. Corecțiile se pot face inițial, în cursul etalonării cântarului, iar rezultatele pot fi introduse în softul de calcul, pentru a se ține cont de ele.
- cântarul și contoarele etalon (de obicei, contoare electromagnetice, MID) să fie alese corespunzător exactității impuse,
- timpul de basculare a deviatorului de jet să fie mult mai mic în raport cu timpul de umplere a rezervorului de pe cântar,
- în cazul metodei de cântărire dinamice, efectele fenomenelor dinamice să fie suficient de mici,
- în cazul folosirii unor traductoare optice pentru preluarea impulsurilor optice de la contor, acestea împreună cu dispozitivul auxiliar, de obicei de forma unei roți stelate, trebuie să fie corect alese, pentru a asigura o preluare corectă a semnalului.

6.3.2. Calculul incertitudinii extinse de determinare a erorii de indicație a unui contor

Formula de calcul a erorii de indicație relative, pentru un contor de lichide, cu indicația volumului trecut prin el, este:

$$\varepsilon = \frac{V_i - V_r}{V_r} = \frac{V_i}{V_r} - 1 \quad \text{sau} \quad \varepsilon_{\%} = \frac{V_i - V_r}{V_r} \cdot 100 = \left(\frac{V_i}{V_r} - 1 \right) \cdot 100 \quad [\%]$$

unde: ε - eroarea de indicație relativă, $\varepsilon_{\%}$ - eroarea de indicație relativă procentuală, V_i – volumul indicat de contor, rezultat din diferența celor două citiri, de la începutul și sfârșitul verificării, V_r – volumul real determinat cu ajutorul cântarului sau a contorului etalon.

Din relația anterioară rezultă că, stabilirea incertitudinii de determinare a erorii implică determinarea incertitudinilor de măsurare a volumului indicat de contor și a volumului real.

În continuare, se calculează incertitudinea extinsă de determinare a erorii de indicație, pentru un contor multijet umed cu debitul permanent $Q_3=4 \text{ m}^3/\text{h}$, având

clasa metrologică R160. Acest contor are următoarele debite caracteristice: debitul minim $Q_1=0,025 \text{ m}^3/\text{h}$; debitul de tranziție $Q_2=0,040 \text{ m}^3/\text{h}$ și debitul de suprasarcină $Q_4=5 \text{ m}^3/\text{h}$. S-a ales acest tip de contor, pentru că este unul dintre cele mai des folosite pe piață și pentru că a fost folosit pe parcursul majorității testelor efectuate.

6.3.2.1. Erori sistematice

La fiecare măsurătoare, care implică indicația unui cântar, apar erori sistematice, care sunt cunoscute din corecțiile aplicate conform certificatului de calibrare a acestuia. Atunci când se folosesc și contoare etalon, ele pot induce o eroare sistematică cunoscută, de care se poate ține cont folosind certificatul de etalonare al acestuia.

Erori sistematice care apar la folosirea cântarului

Rezultatul cântăririi, afișat de cântar, este folosit pentru determinarea volumului real trecut prin contor sau pentru calibrarea contorului electromagnetic, a MID-ului. În cazul al doilea, impulsurile generate de acesta sunt folosite pentru interpolarea impulsurilor provenite de la contorul supus verificării.

Cu ocazia cântării, nu se determină masa obiectului de cântărit, ci, o greutate, sau (în cazul determinării unei mase prin comparație) o mărime denumită valoare convențională de cântărire m_{cc} .

Dacă avem două corpuri cu volumele V_x și V_N , densitățile ρ_x și ρ_N și masele m_x și m_N , iar corpul cu indicele N a fost folosit la calibrarea cântarului, atunci la cântărirea lor (care este o operație de comparare a maselor) trebuie să se țină cont de masa aerului dislocat, care este egală cu volumul de aer dislocat (V_x respectiv V_N) înmulțit cu densitatea aerului ($V_x\rho_{aer}$ respectiv $V_N\rho_{aer}$). Notăția ρ_{aer} reprezintă densitatea aerului.

Erori sistematice apărute la folosirea contoarelor etalon

Eroarea sistematică a contoarelor etalon este determinată la fiecare calibrare a contoarelor de verificat, cu ajutorul cântarului; se ține cont de eroare prin soft.

Erorile de indicație pentru aceste contoare, date de către firma producătoare, pentru domeniile de debite folosite pe parcursul măsurătorilor, sunt în funcție de diametrul permanent al contorului astfel:

- $\epsilon_{DN2,5} \leq \pm 0,5\%$ din valoarea măsurată (VM) pentru DN2,5,

- $\epsilon_{DN10,DN25} \leq \pm 0,5\%$ din valoarea măsurată (VM) pentru DN10 și DN25.

6.3.2.2. Erori aleatorii

În acest subcapitol se determină incertitudinea de măsurare pentru instalația experimentală folosită. Pentru aceasta, trebuie identificate posibilele surse de erori și apoi determinate incertitudinile, cu care acestea contribuie la incertitudinea totală. Se vor determina aceste incertitudini, pentru cele 4 debite importante: debitul minim Q_1 , debitul de tranziție Q_2 , debitul permanent Q_3 și debitul de suprasarcină Q_4 , pentru contorul menționat mai sus.

Traductorul optic a fost amplasat deasupra unei roți stelate cu șase brațe echidistante. Rotația ei asigură o rată de impuls de 48,3 impulsuri/litru.

Se pot identifica următoarele surse de erori, datorate instalației de verificare și contorului de verificat :

1. Rezoluția contorului de verificat (er_1),
2. Rezoluția contorului etalon (er_2),
3. Precizia cântarului (er_3),
4. Stabilitatea în timp a indicațiilor cântarului (er_4),
5. Influența măsurării temperaturii, care intervine în calculul volumului prin cântărire (er_5),
6. Modificarea temperaturii conductelor instalației (er_6),
7. Prezența aerului în instalație (er_7),
8. Influența deviatorului de jet (er_8),
9. Măsurarea umidității din aer (er_9),
10. Stabilitatea contorului etalon (er_{10}),
11. Fluctuațiile de debit (er_{11}),
12. Influența metodei cu start-stop static (er_{12}),
13. Influența presiunii (er_{13}).

Coeficienții de sensibilitate ($\partial V/\partial f_i$) sunt egali cu unitatea, în majoritatea cazurilor, deoarece aceste influențe se regăsesc, în mod direct, în erori de volum. Este avantajos, dacă este posibil, ca influențele să fie determinate ca și influențe relative, pentru că, în acest caz, nu mai este necesară determinarea coeficienților de sensibilitate.

Calculul incertitudinii compuse

Incertitudinea compusă pentru sursele de erori mai sus menționate se calculează cu relația:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_{CE}^2 + u_B^2 + u_{B,T}^2 + u_{\rho,1}^2 + u_{\rho,2}^2 + u_{aer,1}^2 + u_{com}^2 + u_{fa}^2 + u_{V,CE}^2 + u_{(\Delta Q)}^2}$$

Înlocuind incertitudinile, cu valorile determinate, se obțin valorile *incertitudinii compuse* astfel:

$u_{cQ1}=0,002$, pentru debitul minim, Q_1

$u_{cQ2}=0,00198$, pentru debitul de tranziție, Q_2

$u_{cQ3}=0,001$, pentru debitul permanent, Q_3

$u_{cQ4}=0,00119$, pentru debitul de suprasarcină, Q_4

Repetabilitatea contorului

Eroarea relativă de indicație a unui contor, care este verificat de mai multe ori la același debit, prezintă variații. Din acest motiv, se vor executa cinci serii de verificări pentru cele patru debite menționate mai sus. Rezultatele verificărilor sunt tratate ca și observații independente $\mathcal{E}_{xj}$, care duc la determinarea *erorii medii de indicație* $\mathcal{E}_{x,m}$.

$$\mathcal{E}_{x,m} = \mathcal{E}_x + \delta\mathcal{E}_x$$

unde: $\mathcal{E}_x$ -eroarea relativă de indicație pentru o singură verificare, $\delta\mathcal{E}_x$ -corecția la eroarea de indicație obținută la diferite verificări din cauza lipsei de repetabilitate a contorului.

Măsurători ($\mathcal{E}_x$)

Sunt prezentate 5 curbe de erori, determinate în condiții de repetabilitate pentru un contor multijet de $Q_3=2,5\text{m}^3/\text{h}$.

1. Pentru debitul minim Q_3 , se determină erorile:

$\mathcal{E}_1=-0,00350$, $\mathcal{E}_2=-0,00028$, $\mathcal{E}_3=-0,00310$, $\mathcal{E}_4=-0,00574$, $\mathcal{E}_5=-0,00551$.

Pentru această serie avem:

- media $\mathcal{E}_m = -0,00363$

- abaterea standard experimentală $s_{\mathcal{E}_{x,j}} = 0,00221$

- incertitudinea standard $\sigma_{\varepsilon_{x,m}} = s_{\varepsilon_{x,m}} = \frac{0,00221}{\sqrt{3}} = 0,00128$

2. Pentru debitul de tranziție Q_2 , se determină erorile:

$\varepsilon_1 = -0,01098$, $\varepsilon_2 = -0,00849$, $\varepsilon_3 = -0,00925$, $\varepsilon_4 = -0,00912$, $\varepsilon_5 = -0,01009$.

Pentru această serie avem:

- media $\varepsilon_m = -0,00959$

- abaterea standard experimentală $s_{\varepsilon_{x,j}} = 0,00097$

- incertitudinea standard $\sigma_{\varepsilon_{x,m}} = s_{\varepsilon_{x,m}} = \frac{0,00097}{\sqrt{3}} = 0,00056$

3. Pentru debitul permanent Q_3 , se determină erorile:

$\varepsilon_1 = -0,00882$, $\varepsilon_2 = -0,00915$, $\varepsilon_3 = -0,00955$, $\varepsilon_4 = -0,00981$, $\varepsilon_5 = -0,00964$.

Pentru această serie avem:

- media $\varepsilon_m = -0,00939$

- abaterea standard experimentală $s_{\varepsilon_{x,j}} = 0,00040$

- incertitudinea standard $\sigma_{\varepsilon_{x,m}} = s_{\varepsilon_{x,m}} = \frac{0,00040}{\sqrt{3}} = 0,00023$

4. Pentru debitul maxim Q_4 , se determină erorile:

$\varepsilon_1 = -0,00607$, $\varepsilon_2 = -0,00798$, $\varepsilon_3 = -0,00805$, $\varepsilon_4 = -0,00756$, $\varepsilon_5 = -0,00771$.

Pentru această serie avem:

- media $\varepsilon_m = -0,00747$

- abaterea standard experimentală $s_{\varepsilon_{x,j}} = 0,00081$

- incertitudinea standard $\sigma_{\varepsilon_{x,m}} = s_{\varepsilon_{x,m}} = \frac{0,00081}{\sqrt{3}} = 0,00047$

Bugetele de incertitudini

Bugetele de incertitudini pentru cele 4 debite sunt prezentate în tabelele următoare.

Tab.6.5.Bugetele de incertitudini pentru debitul minim

Mărimea X_i	Valoare estimată, x_i	Incertitudine standard, $u_{(xi)}$	Grade de libertate, ν_{eff}	Distribuție probabilă	Coeficient de sensibilitate, c_i	Incertitudine datorată $u_{i(y)}$
ϵ_x	- 0,00362	0,00128	2	normală	1	0,00128
$\delta\epsilon_x$	0.0	0,00200	∞	normală	1	0,00200
$\epsilon_{x,m}$	- 0,00362		10			0,00237

Tab.6.6.Bugetele de incertitudini pentru debitul de trecere

Mărimea X_i	Valoare estimată, x_i	Incertitudine standard, $u_{(xi)}$	Grade de libertate, ν_{eff}	Distribuție probabilă	Coeficient de sensibilitate, c_i	Incertitudine datorată $u_{i(y)}$
ϵ_x	- 0,00959	0,00056	2	normală	1	0,00056
$\delta\epsilon_x$	0.0	0,00198	∞	normală	1	0,00198
$\epsilon_{x,m}$	- 0,00959		10			0,00206

Tab.6.7.Bugetele de incertitudini pentru debitul permanent

Mărimea X_i	Valoare estimată, x_i	Incertitudine standard, $u_{(xi)}$	Grade de libertate, ν_{eff}	Distribuție probabilă	Coeficient de sensibilitate, c_i	Incertitudine datorată $u_{i(y)}$
ϵ_x	- 0,00964	0,00023	2	normală	1	0,00023
$\delta\epsilon_x$	0.0	0,00100	∞	normală	1	0,00100
$\epsilon_{x,m}$	- 0,00964		10			0,00103

Tab.6.8.Bugetele de incertitudini pentru debitul maxim

Mărimea X_i	Valoare estimată, x_i	Incertitudine standard, $u_{(xi)}$	Grade de libertate, ν_{eff}	Distribuție probabilă	Coeficient de sensibilitate, c_i	Incertitudine datorată $u_{i(y)}$
ϵ_x	- 0,00747	0,00047	2	normală	1	0,00047
$\delta\epsilon_x$	0.0	0,00119	∞	normală	1	0,00119
$\epsilon_{x,m}$	- 0,00747		10			0,00128

Incertitudinea extinsă

Din cauza numărului mic de grade de libertate ale incertitudinii standard, asociate cu media erorii de indicație, factorul de acoperire a fost modificat în conformitate cu tabelul 6.9.

$$U = k \cdot u_{\varepsilon_{x,m}} = 2,28 \cdot u_{\varepsilon_{x,m}}$$

Tab.6.9. Valorile factorului de acoperire (k) pentru diferite grade de libertate

ν_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	∞
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00

Cu relația (6.48) se calculează incertitudinea extinsă pentru cele 4 debite caracteristice:

$$U_{Q1} = 2.28 \cdot 0,00237 = 0,00540 \text{ sau } U_{Q1\%} = 0,540 [\%]$$

$$U_{Q2} = 2.28 \cdot 0,00206 = 0,00470 \text{ sau } U_{Q2\%} = 0,470 [\%]$$

$$U_{Q3} = 2.28 \cdot 0,00103 = 0,00235 \text{ sau } U_{Q3\%} = 0,235 [\%]$$

$$U_{Q4} = 2.28 \cdot 0,00128 = 0,00292 \text{ sau } U_{Q4\%} = 0,292 [\%]$$

Rezultatele corectate ale verificărilor

Eroarea medie de indicație a unui contor multijet cu debitul permanent $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$, la debitul minim de 25l/h este $-0,00362 \pm 0,00540$ sau $-0,362 \pm 0,540 [\%]$.

Eroarea medie de indicație a unui contor multijet cu debitul permanent $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$, la debitul de tranziție de 40l/h este $-0,00959 \pm 0,00470$ sau $-0,959 \pm 0,470 [\%]$.

Eroarea medie de indicație a unui contor multijet cu debitul permanent $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$, la debitul permanent de 4000l/h este $-0,00964 \pm 0,00235$ sau $-0,964 \pm 0,235 [\%]$.

Eroarea medie de indicație a unui contor multijet cu debitul permanent $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$, la debitul de suprasarcină de 5000l/h este $-0,00747 \pm 0,00292$ sau $-0,747 \pm 0,292 [\%]$.

Incertitudinea extinsă raportată este indicată ca și incertitudine standard a măsurătorii multiplicată cu factorul de acoperire $k=2,28$, care pentru o distribuție de tip *t-Student* cu $\nu_{\text{eff}}=10$ grade de libertate se află în intervalul menționat cu o probabilitate de aproximativ 95%.

6.4. Rezultate experimentale

Încercările experimentale s-au efectuat pe standul de verificări metrologice prezentat la subcapitolul 6.1. Acesta are implementat un soft, care folosește metoda

cu dublă cronometrare, pentru a determina numărul interpolat de impulsuri, iar în timpul ajustării contorului folosește metoda sincronizării impulsurilor. Incertitudinile cu care s-au efectuat măsurătorile au fost prezentate în subcapitolul 6.3.

6.4.1. Modelele experimentale folosite

Modelele experimentale folosite au fost contoare multijet cu debitul permanent $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$ și contoare monojet cu debitul permanent $Q_3=2,5\text{m}^3/\text{h}$.

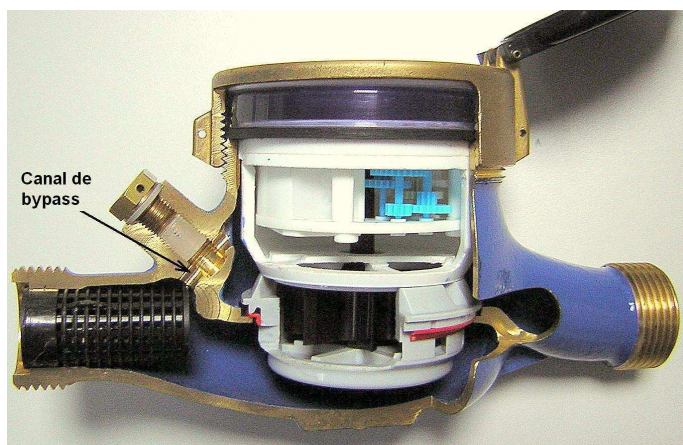
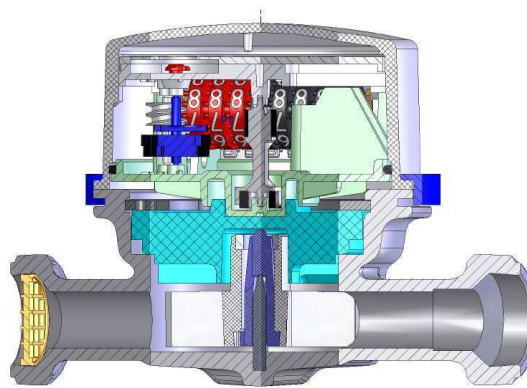


Fig.6.23. Secțiune printr-un contor multijet $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$



a.



b.

Fig.6.24. a. Contor monojet $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$, **b.** Secțiune printr-un contor monojet

Parametrii a căror influență asupra curbei de erori a contorului multijet a fost urmărită pe parcursul încercărilor sunt (figura 6.24):

1. distanța dintre rotor și nervurile suportului mecanismului obținută prin scăderea înălțimii nervurilor (D_{smr}),
2. distanța dintre rotor și nervurile suportului mecanismului obținută prin scăderea lățimii paletelor (D_{rsm}),
3. distanța dintre rotor și nervurile suportului rotorului obținută prin scăderea lățimii paletelor (D_{rsr}),

4. distanța dintre rotor și nervurile suportului mecanismului obținută prin scăderea înălțimii nervurilor ($Dsrr$),
5. interstițiul dintre rotor și suprafața cilindrică interioară a suportului rotor obținut prin mărirea diametrului interior al suportului ($Dsrrp$),
6. interstițiul dintre rotor și suprafața cilindrică interioară a suportului rotor obținut prin micșorarea diametrului exterior al rotorului ($Drpsr$),
7. numărul de nervuri de pe suprafața inferioară a suportului rotor,
8. obturarea canalului de bypass pentru poziția orizontală și cea verticală de funcționare a contorului,

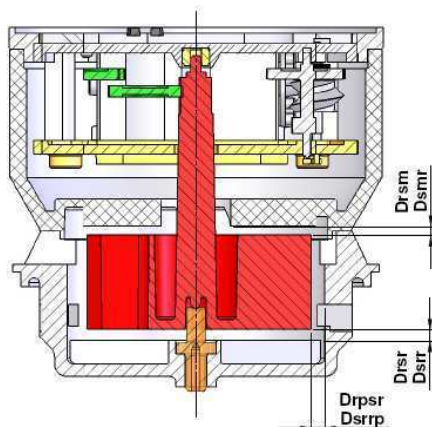


Fig.6.24. Parametrii de influență asupra curbei de erori a contorului multijet

Parametrii a căror influență asupra curbei de erori a contorului monojet a fost urmărită pe parcursul încercărilor sunt (figura 6.25 a. și b.):

1. distanța dintre rotor și nervurile plăcii de etanșare obținută prin scăderea înălțimii nervurilor ($Dper$),
2. distanța dintre rotor și nervurile plăcii de etanșare obținută prin scăderea lățimii paletei ($Drpe$),
3. distanța dintre rotor și suprafața interioară inferioară a carcasei obținută prin scăderea lățimii paletei (Drc),
4. interstițiul dintre rotor și suprafața cilindrică interioară a carcasei obținut prin micșorarea diametrului exterior al rotorului ($Drpc$),
5. aria secțiunii transversale de admisie a apei din carcasă (Asa).

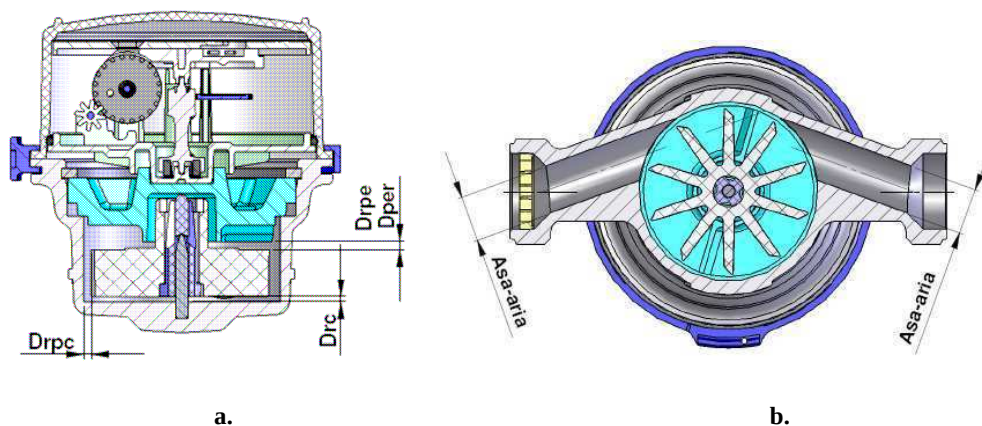


Fig.6.25. Parametrii de influență asupra curbei de erori a contorului monojet:
a.secțiune transversală, **b.**secțiune longitudinală

6.4.2 Metoda folosită pentru prelucrarea datelor experimentale

S-au efectuat cinci încercări, în condiții de repetabilitate, pentru determinarea erorii relative de indicație a contoarelor și a vitezei unghiulare a rotorului, pentru loturi de câte cinci contoare, care au conținut elemente constructive cu același parametru modificat. Rezultatele obținute au fost prelucrate statistic, astfel încât s-a ajuns la o curbă de erori în coordonate “eroare de indicație-debit”, caracteristică pentru fiecare valoare a parametrului urmărit. Au fost determinate și valorile vitezei unghiulare a rotorului, în funcție de debit, corespunzătoare acestor erori.

În continuare, la prelucrarea datelor s-a folosit softul Mathcad, pentru obținerea unei funcții matematice de modelare a vitezei unghiulare a rotorului în funcție de debit. După mai multe încercări de modelare folosind biblioteca de funcții a softului, cele mai bune rezultate s-au obținut prin utilizarea funcției “*genfit*”, care determină coeficienții unei funcții predefinite, care aproximează cel mai bine valorile experimentale ale vitezei unghiulare a rotorului, în funcție de debitele la care au fost obținute. Funcția “*genfit*” utilizează o variantă optimizată a metodei Levenberg-Marquardt de minimizare a diferențelor.

Funcția obținută pentru viteza unghiulară a rotorului în funcție de debit a fost de forma:

$$w(q) = w_1 + w_2 \cdot q + w_3 \cdot q^2 + \frac{w_4}{q} + \frac{w_5}{q^2} \quad [\text{rad/s}], \quad (6.49)$$

unde q [l/s] este debitul care trece prin contor.

După mai multe teste, s-a obținut valoarea coeficientului w_5 ca fiind foarte mică (ordinul 10^{-6} - 10^{-7}), motiv pentru care funcția cautată s-a modificat astfel:

$$w_m(q) = w_1 + w_2 \cdot q + w_3 \cdot q^2 + \frac{w_4}{q} \text{ [rad/s]}, \quad (6.50)$$

Se definește *volumul ciclic al contorului* (V_{cc}) ca fiind volumul indicat de contor la o rotație a rotorului. Acesta este o constantă a contorului și există relația:

$$V_{cc} = \frac{w_{ac}}{2 \cdot \pi} \cdot f_{mt} \cdot T_r = \frac{w_{ac}}{2 \cdot \pi} \cdot f_{mt} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{w_m} = \frac{w_{ac}}{w_m} \cdot f_{mt} = \frac{f_{mt}}{i_{mr}} \text{ [m}^3\text{]}, \quad (6.51)$$

unde:

w_{ac} – viteza unghiulară a acului indicator al scării gradate de rang minim, [rad/s]

f_{mt} - factorul de multiplicare al scării de rang minim (de ordinul 10^n [m³] cu n pozitiv, negativ sau egal cu zero),

T_r - perioada de rotație a rotorului [s]

i_{mr} – raportul de transmitere al modulului reductor

Având funcția matematică din relația 6.50, definiția volumului ciclic și a erorii relative de indicație (relația 2.7), am determinat valorile teoretice ale erorilor relative de indicație cu relația 6.51 și le-am comparat cu erorile relative de indicație reale obținute în urma încercărilor.

$$\varepsilon_m(q) = \frac{V_i - V_a}{V_a} \cdot 100 = \left(\frac{V_i}{V_a} - 1 \right) \cdot 100 = \left(\frac{\frac{w_m(q)}{2 \cdot \pi} \cdot V_{cc} \cdot t}{q \cdot t} - 1 \right) \cdot 100 = \left(\frac{w_m(q) \cdot V_{cc}}{2 \cdot \pi \cdot q} - 1 \right) \cdot 100 [\%] \quad (6.52)$$

unde: t – durata încercării la debitul q , [s]

$V_{cc} = 44,365 \cdot 10^{-3} \text{ [dm}^3\text{]} \text{ sau [l]}$ pentru contoarele multijet încercate,

$V_{cc} = 26,455 \cdot 10^{-3} \text{ [dm}^3\text{]} \text{ sau [l]}$ pentru contoarele monojet,

Din relația 6.52, pentru ca eroarea relativă de indicație să fie nulă, trebuie ca volumul ciclic să fie egal cu:

$$V_{cc_0} = \frac{2 \cdot \pi \cdot q}{w_m(q)} \text{ [dm}^3\text{]} \quad (6.53)$$

Cum V_{cc_0} trebuie să fie o constantă a contorului, independentă de debitul la care se face încercarea, se va lua în considerare doar coeficientul puterii întâi a debitului din funcția vitezei unghiulare a rotorului. Rezultă:

$$V_{cc_0} = \frac{2 \cdot \pi \cdot q}{w_2 \cdot q} = \frac{2 \cdot \pi}{w_2} \text{ [dm}^3\text{]} \quad (6.54)$$

Pentru a putea compara evoluția acestor erori în funcție de parametrul modificat, s-a simulat funcționarea contorului cu un volum ciclic egal cu V_{cc_0} .

Cu acest volum ciclic se calculează erorile relative de indicație (relatia 6.55):

$$\varepsilon_{mt}(q) = \left(\frac{w_m(q) \cdot V_{cc0}}{2 \cdot \pi \cdot q} - 1 \right) \cdot 100 = \left(\frac{w_m(q)}{w_2 \cdot q} - 1 \right) \cdot 100 [\%] \quad (6.55)$$

Toate aceste curbe de erori relative calculate se reprezintă grafic și se alege curba cea mai apropiată de axa corespunzătoare valorii de zero a erorii. Această curbă este corespunzătoare valorii optime a parametrului studiat. Valoarea optimă se consideră a fi cea pentru care contorul va avea erori relative de indicație cât mai apropiate de zero.

De asemenea s-a reprezentat și un grafic de evoluție a volumului ciclic necesar pentru contor în funcție de valoarea parametrului studiat.

În continuare se va exemplifica metodologia completă de prelucrarea a datelor experimentale pentru parametrul $Dsmr$. Pentru ceilalți parametri se vor prezenta doar datele obținute în urma aplicării metodologiei mai sus menționate.

6.5. Concluzii. Rezultate

În urma încercărilor efectuate au rezultat valorile optime ale parametrilor cu influență semnificativă asupra curbei de erori a contoarelor multijet și monojet studiate. Aceste valori sunt prezentate în figurile 6.82 a și b, pentru contorul multijet și în figurile 6.83 a și b, pentru contorul monojet.

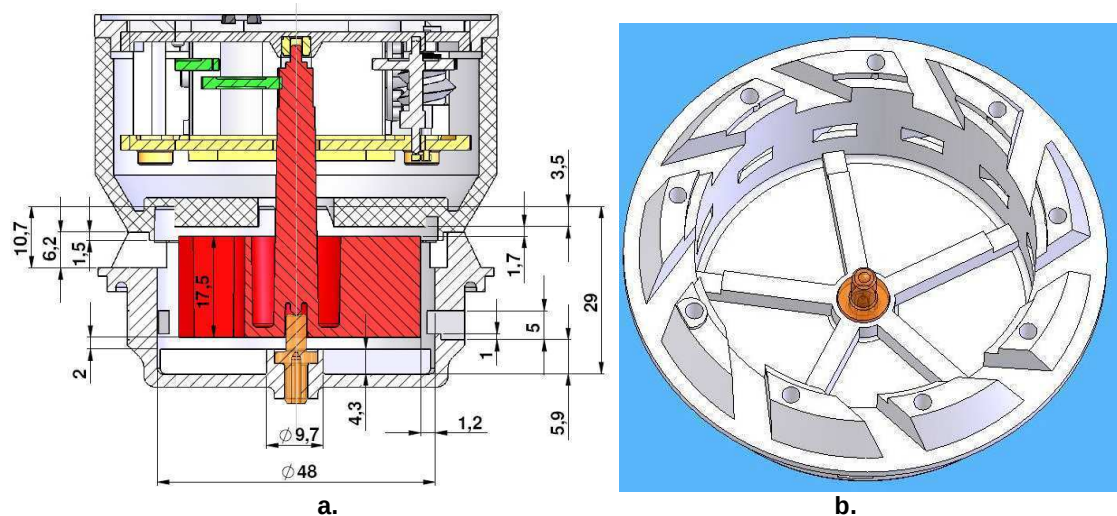


Fig.6.82 Patronul de măsurare al contorului multijet $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$:

a.cu cotele rezultate în urma încercărilor, **b.** forma optimă a suportului rotor cu 5 nervuri

Volumul ciclic pentru contorul multijet de $44,365 \cdot 10^{-3} [\text{cm}^3]$ este bine ales și este în concordanță cu rezultatele obținute prin încercări.

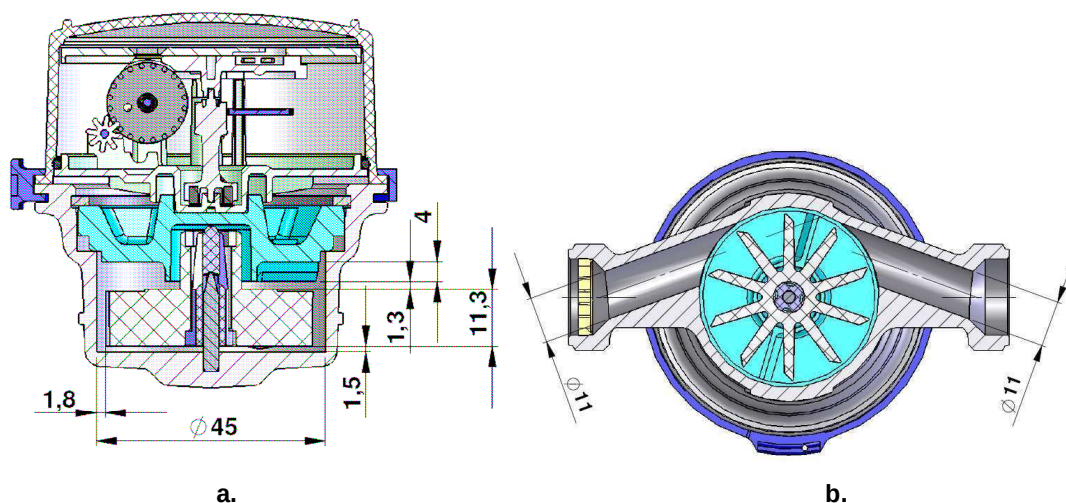


Fig.6.83 Secțiune printr-un contor monojet $Q_3=2,5\text{m}^3/\text{h}$:
a. cu cotele rezultate în urma încercărilor, **b.** diametrele secțiunilor de intrare-ieșire

Volumul ciclic pentru contorul monojet de $26,455 \cdot 10^{-3} [\text{cm}^3]$ a fost schimbat în $26,088 \cdot 10^{-3} [\text{cm}^3]$ pentru a fi în concordanță cu rezultatele obținute prin încercări.

Prin încercările efectuate, s-a demonstrat că, în cazul contoarelor multijet, prin modificarea ariei circuitului de bypass nu se obține o simplă translație a curbei de erori ci se modifică și alura acesteia.

Pentru contoarele monojet s-a obținut o relație de dependență a volumului ciclic necesar pentru contor în funcție de aria secțiunii de admisie a apei.

În urma încercărilor experimentale s-a ajuns la concluzia că este posibilă liniarizarea oricărei curbe de erori, pentru diferite valori ale volumelor ciclice și pentru încadrarea în valorile prescrise ale pierderii de presiune, doar prin modificarea unor parametri geometrici (menționați anterior).

Totodată metodologia prezentată permite o abordare matematică a influenței parametrilor constructivi ai contorului asupra curbei de erori și implicit a preciziei de măsurare, astfel încât, odată cu stabilirea valorilor lor optime, să se determine abaterile admisibile (toleranțele) și volumul ciclic necesar. De asemenea, este un instrument puternic de analiză a modificărilor apărute în alura curbelor de erori datorită unor abateri în procesul de fabricație a reperelor componente.

Bineînțeles că, ajustările finale se vor face în urma încercărilor pe standul de probă cu prototipurile care au valorile parametrilor determinate anterior. Metoda propusă duce la o scurtare a timpilor de cercetare, a încercărilor necesare și la identificarea mai rapidă a căilor de îmbunătățire a performanțelor metrologice ale contoarelor.

7. Concluzii și contribuții personale

7.1. Concluzii

7.1.1. Contoare pentru lichide

Folosirea contoarelor pentru măsurarea cantităților sau debitelor diverselor tipuri de lichide este condiționată de efectele produse, la parcurgerea lor, de către acestea. Astfel, pentru lichide, altele decât apa, se folosesc contoarele directe, de tipul contoarelor cu piston inelar oscilant și contoarele indirecte fără piese în mișcare, cum sunt cele electromagnetice sau ultrasonice. Însă, contoarele cu piston inelar oscilant pot fi distruse în cazul folosirii lor pentru lichide cu impurități solide, motiv pentru care, în acest caz, se folosesc doar contoarele electromagnetice sau ultrasonice.

Pentru lichidele alimentare se folosesc soluții constructive ale contoarele cu piston, în care elementele constructive ale camerei de măsurare sunt executate din materiale metalice inoxidabile.

Contoarele indirecte, cu repere în mișcare, de tipul microturbinelor, se folosesc cu precădere la măsurarea volumelor de apă, care le traversează. Această limitare se datorează influenței pe care o are vâscozitatea altor lichide cât și comportarea dinamică diferită pe care o au acestea la interacțiunea cu rotorul.

Contoarele pentru măsurarea volumelor de apă, fiind cele mai folosite atât în industrie cât și în consumul casnic, au cunoscut o atenție deosebită atât din partea producătorilor cât și din partea organismelor abilitate să emită reglementări și norme în domeniu. Dacă până acum, reglementările s-au ocupat doar de precizia acestor aparate, clasificându-le din punct de vedere al claselor metrologice. Noile reglementări țin cont și de influența diferiților factori perturbatori și impun condiții necesare a fi respectate de către contoarele electronice.

Din punct de vedere al preciziei de măsurare, se tinde spre extinderea domeniului de debit, pentru care contorul de apă rece are erori de indicație de +/- 2%, prin restrângerea domeniului debitelor inferioare dintre Q_1 și Q_2 și prin micșorarea debitului de pornire, adică a debitului de la care senzorul de debit începe să preia semnalul.

Din punct de vedere al confortului clientului, în cazul în care acesta este furnizorul de apă, se tinde spre securizarea construcției contorului, adică spre reducerea posibilităților de fraudare a indicației acestuia și spre transmiterea la distanță a citirilor.

Securizarea construcției contorului implică protecții anti-magnetice, pentru construcțiile care folosesc transmisia magnetică a mișcării de la turbină la axul central al mecanismului integrator, precum și folosirea unor materiale casante pentru vizorul contorului, care să se spargă la orice tentativă de fraudă mecanică sau folosirea unor soluții cu rigiditate sporită.

Transmiterea la distanță a citirilor a apărut din necesitatea de reducere a costurilor generate de deplasarea cititorilor, precum și din necesitatea apariției unui management eficient al distribuției de apă odată cu urmărirea online a consumurilor și cu dimensionarea optimă a rețelelor de distribuție în vederea reducerii pierderilor.

După cum rezultă din încercările efectuate, în condițiile folosirii apei fără impurități, contoarele volumetrice cu piston inelar rotativ dau cele mai bune rezultate. În cazul folosirii apei cu conținut de impurități moderate, contorul multijet este mult mai indicat. Contorul monojet este indicat pentru utilizare în subcontorizare și în cazurile în care apa nu este foarte curată, în locul unui contor volumetric.

7.1.2. Traductorul de măsurare a debitmetrelor cinematice cu microturbină

Soluțiile constructive pentru microturbinele hidraulice utilizate în construcția debitmetrelor cinematice sunt de o mare diversitate. Principiile de funcționare, gama de debite și fluidele folosite stau la baza alegerii unei soluții.

Căile folosite pentru îmbunătățirea performanțelor metrologice sunt:

- folosirea unor materiale, pentru rotor, cu densitate apropiată de cea a fluidului de măsurat,
- soluții constructive care să permită echilibrarea hidrodinamică,
- lagăre cu frecări reduse atât la amplasarea verticală cât și la amplasarea orizontală a axului rotorului,
- soluții constructive care să nu permită acumularea unor punji de aer, care să denatureze rezultatul măsurărilor la debitele mici,
- soluții constructive care să nu permită acumulări de depuneri și impurități,
- soluții constructive cu compensarea în timp a uzurilor.

O parte din direcțiile de dezvoltare viitoare în construcția traductoarelor de măsurare sunt determinate de înlocuirea materialelor metalice cu materiale termoplastice. Datorită rezistenței mai reduse la solicitările ciclice de presiune interioară, carcasele din materiale termoplastice, trebuie reprojectate ca și formă.

Traductorul primar, care în prezent este de natură mecanică pentru unele contoare, va rămâne de aceeași natură, dar cu optimizări în vederea creșterii

tehnologicității și a îmbunătățirii performanțelor metrologice. Modificările apărute la traductorul primar sunt date de faptul că, acesta nu are repere în mișcare, iar camera de măsurare are o duză în zona de intrare a apei, iar în zona de ieșire două șicane care provoacă oscilații ale vânei fluide.

7.1.3. Transmisia mecanică și mecanismul reductor-integrator al contoarelor

Mecanismele reductor-integratoare constituie un capitolul aparte în teoria proiectării și dezvoltării contoarelor pentru fluide. Dacă la începuturile producției contoarelor pentru fluide s-au folosit mecanisme, care aveau doar funcția de contorizare și de memorizare a rezultatului contorizării, acum cerințele pentru acestea au devenit diverse, de la posibilitatea orientării spațiale a dispozitivului de indicare și introducerea unor facilități de control, până la preechipări în vederea dotării ulterioare cu module de preluare și transmitere a datelor înregistrate și o integrare tot mai accentuată cu module electronice.

Căile folosite pentru *îmbunătățirea performanțelor* unor astfel de mecanisme sunt:

- optimizarea formelor constructive ale roților dințate, în vederea transmiterii corecte a mișcării de rotație, a execuției corecte prin injecție de precizie și a obținerii unor momente de inerție cât mai mici (pentru mecanismele uscate);
- utilizarea unor materiale și a unor soluții constructive pentru lagăre, cu obținerea unor momente de frecare cât mai mici;
- rolele de indicare trebuie să aibă diametre mari pentru îmbunătățirea citirii;
- forma și amplasarea elementelor constructive trebuie să permită introducerea ușoară a unor soluții de asamblare automatizată;
- în cazul prezenței unor elemente, care să prevină sau să semnalizeze fraudă, acestea nu trebuie să blocheze funcționarea mecanismului, în cazul în care sunt acționate, până la identificarea manipulării;
- în cazul mecanismelor uscate, sunt necesare soluții constructive pentru evitarea apariției condensului sau pentru îndepărtarea acestuia, în vederea citirii indexului.

Calculatorul prezent la majoritatea contoarelor, care este practic un mecanism integrator mecanic, va fi înlocuit probabil de variante electronice odată cu scăderea costurilor de producere ale componentelor electronice fiabile.

7.2. Contribuții personale

7.2.1. Contoare pentru lichide

Ca și realizări personale se pot menționa:

- Proiectarea pentru prima dată în România a contorului multijet tip „Patrol”, cu debitul nominal $Q_n=2,5\text{m}^3/\text{h}$, clasa metrologică R160 și a contorului cu piston inelar oscilant „Astral” cu debitul nominal $Q_n=1-1,5\text{m}^3/\text{h}$, clasa metrologică R160,
- Îmbunătățirea claselor metrologice pentru contoarele multijet uscate pentru toată gama de debite de la $1,5\text{m}^3/\text{h}$ până la $15\text{m}^3/\text{h}$,
- Participarea la proiectele de îmbunătățire a claselor metrologice pentru contoarele multijet umede pentru toată gama de debite de la $1,5\text{m}^3/\text{h}$ până la $15\text{m}^3/\text{h}$,
- Realizarea unui contor multijet „Omnipoz” de debit $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$ cu clasa metrologică R80 indiferent de poziția de montaj.

7.2.2. Traductorul de măsurare a debitmetrelor cinematice cu microturbină

Contribuțiile personale se împart în soluții pentru contoarele monojet și soluții pentru contoarele multijet.

Contoarele monojet

Pentru a reduce influența turbioanelor produse de rezistențele hidraulice aflate în amonte de contoarele monojet și pentru a reduce lungimea necesară de porțiune dreaptă, am introdus un perete circular de grosime foarte mică, menit să obtureze o zonă mică de la intrare fluidului în camera rotorului. Astfel, se formează un turbion, care deformează câmpul de viteze în același mod și compensează deformările induse câmpului de către diferitele rezistențe hidraulice aflate în amonte. Am reușit, în acest mod, să reducem lungimile drepte necesare la amplasarea acestui tip de contoare pe standurile de probă și implicit să creștem productivitatea muncii în laboratorul de verificări metrologice.

Contorul monojet nou, la a cărui dezvoltare am participat, include *două soluții inovatoare*:

Prima, este cea mai economică soluție de lăgăruire a rotorului, având o durabilitate de 12 ani de funcționare (suficientă pentru 2 perioade de reverificare metrologică în Germania sau 4 perioade în România). Bucșa lagăr are o formă specială având o suprafață sferică convexă în partea superioară și o suprafață sferică concavă în partea inferioară. Lagărul superior este de tip punctiform și se

poate forma între calota convexă a bușei și suprafața plană a plăcii de etanșare sau între calota concavă și vârful sferic al știftului. Lagărul inferior este de tip cilindric și se formează între suprafața cilindrică interioară a bușei și suprafața cilindrică exterioară a știftului.

A doua soluție constă în rotorul de formă specială, pentru un contor monojet, cu palete având suprafețele înclinate sub un unghi de 3° și teșite în vederea reducerii rezistenței la înaintare

Echilibrarea hidrodinamică a microturbinei folosită în cadrul acestui traductor de măsurare constituie una dintre direcțiile de îmbunătățire a caracteristicilor metrologice. În acest mod, se poate mări debitul maxim până la care poate fi folosit acest debitmetru. De asemenea, rotorul își păstrează mult mai constantă poziționarea față de curentul de fluid, cu consecințe favorabile asupra minimizării erorilor de măsurare. Am efectuat o serie de teste cu un nou model de rotor, rezultatele au fost prezentate în capitolul patru. Din păcate, rezultatele nu au fost cele așteptate, așa cum rezultă din curbele de erori determinate. În viitor, se vor continua cercetările pentru obținerea unor lagăre mai stabile și pentru optimizarea raportului dintre zona închisă și cea deschisă a rotorului.

Contoarele multijet

Contribuția personală cea mai importantă, referitoare la contoarele multijet, este *proiectarea pentru prima dată în România a unui contor multijet de tip „Patrol”*. Acest tip de contor este diferit de contoarele multijet clasice și prezintă avantaje importante prin faptul că verificarea metrologică se poate face pentru patronul de măsurare, iar acesta poate fi montat apoi în orice carcasă de contor tip “Patrol”. În cazul carcaselor montate în instalații nu este nevoie ca ele să fie demontate, înlocuirea patronului de măsurare se face local.

Alte două contribuții personale se referă la rotorul contoarelor multijet clasice.

Prima soluție se referă la unghiul de la capătul paletei care inițial a fost gândit pentru a reduce rezistența la rotirea microturbinei și avea valori în jur de 45° . În urma testelor efectuate, a rezultat faptul că, o valoare mai mică a unghiului, de 25° - 30° , îmbunătățește forma liniară a curbei erorilor.

Cea de a doua soluție personală a fost reducerea grosimii axului, prin prelungirea zonei dințate pe toată lungimea acestuia.

În capitolul patru se prezintă și două soluții complet noi pentru rotor și pentru suportul rotor cu care s-au efectuat teste.

Prima soluție are canalele radiale de intrare din partea inferioară a suportului rotor înlocuite cu nervuri înclinate, amplasate tot în partea inferioară, dar dinspre centru spre exterior. Ele susțin suportul central al lagărului inferior. Se păstrează amplasarea radială a canalelor de ieșire. Forma înclinată a nervurilor duce la formarea unui curent de fluid rotitor, care antrenează rotorul în mișcare de rotație. Pentru a compensa componenta axială a forței, care acționează asupra rotorului, în suportul mecanismului există un deflector de jet, cu ajutorul căruia se obține echilibrarea hidrodinamică a rotorului.

Cea de a doua soluție are nervurile înclinate, din suportul rotor, înlocuite cu spițe radiale drepte. Paletele rotorului au o formă înclinată, pentru a obține o componentă radială a forței de acționare. Și în acest caz, se păstrează amplasarea radială a canalelor de ieșire. Componenta axială a forței, care acționează asupra rotorului, este mai mare, motiv pentru care deflectorul de jet și lagărul superior trebuie să aibă o formă adecvată compensării ei.

Din păcate, nu au fost obținute rezultate mulțumitoare, pentru că, în timp, lagărul inferior se uzează foarte mult și curba de erori devine inacceptabilă.

Una din direcțiile de cercetare viitoare este determinarea formei unui deflector cu care să se realizeze o echilibrare hidrodinamică eficientă.

7.2.3. Transmisia mecanică și mecanismul reductor-integrator al contoarelor

În capitolul 5 am prezentat o metodă de calcul a cuplajului magnetic folosit la transmiterea mișcării de rotație a rotorului la mecanismul reductor-integrator. Conform rezultatelor obținute magneții sunt bine aleși.

În cadrul laboratorului de cercetare, am întreprins o serie de teste referitoare la influența câmpurilor magnetice exterioare asupra contoarelor cu mecanism uscat. Rezultatele testelor întreprinse și soluțiile constructive proiectate sunt prezentate în detaliu în secțiunea corespunzătoare din capitolul 5.

Pentru micșorarea spațiului ocupat de către modulul integrator, am reproiectat o soluție constructivă, pentru modulul de comutare cu pinioane de comutare interioare, pentru mecanismele contoarelor uscate, cu debite de până la DN50. Pe plan modal, acest tip de modul de comutare are dimensiuni mai mari și este folosit la contoarele cu debite nominale mai mari de DN50. Pinioanele de comutare se găsesc pe o axă situată în interiorul roților cu cifre. Avantajul acestei soluții este că roțile pot fi mai late, ceea ce permite o mărire a cifrelor. De asemenea, dispare spațiul dintre roți și implicit crește lizibilitatea ansamblului. Dezavantajul soluției este necesitatea

obținerii unor repere cu toleranțe dimensionale foarte mici și abateri geometrice minime.

Tot ca și o contribuție personală pot să menționez prezentarea unei metode de proiectare a mecanismelor reductor-integratoare folosite pentru contoare.

O realizare personală importantă este participare la un proiect comun româno-german, unde am coordonat compartimentul de cercetare-dezvoltare din România, pentru dezvoltarea unui mecanism cu role de control. Acesta, este o variantă mecanică a unui mecanism reductor-integrator, la care sunt adăugate două role de control aflate în legătură cu blocul integrator, iar indicația lor este în legătură cu seria contorului.

Soluția constructivă este cu un bloc reductor, format din roți dințate cilindrice cu dinți drepți, un bloc integrator compact cu role imprimate și pinioane stelate de comutare, legat cu un bloc de control printr-un pinion de comutare.

Valoarea consumului, indicată de blocul integrator, este în corespondență univocă cu indicațiile celor două role de control constituente ale blocului de control. Acest fapt permite verificarea valorii citite a consumului, cu ajutorul valorii citite la blocul de control și astfel rezultă confirmarea sau infirmarea citirii.

În concluzie, pentru un mecanism cu o serie dată, valorii indicate a consumului îi corespunde o indicație unică a rolelor de control.

O altă contribuție personală este participarea la un proiect pentru realizarea unui mecanism, la care blocul integrator, format din celulele de comutare, să poată fi montat în două poziții: o poziție, în care citirea să se facă privind perpendicular pe cadran și altă poziție, în care citirea să se facă privind la 45° . Soluțiile constructive sunt prezentate în capitolul 5. Avantajul acestui tip de mecanism este îmbunătățirea lizibilității indicației mecanismului. Contoarele monojet cu acest tip de mecanism nu trebuie să mai fie montate în poziție verticală sau înclinată, în vederea citirii mai ușoare a indexului, pentru că, o astfel de montare, ar declasifica contorul cu o clasă metrologică.

7.2.4. Încercările experimentale

Calculul incertitudinii de măsurare pentru standul experimental folosit constituie o contribuție personală.

Datele experimentale obținute au fost prelucrate cu ajutorul softului Mathcad după un algoritm conceput de către autor. Acesta permite o abordare matematică a influenței parametrilor constructivi ai contorului asupra curbei de erori și implicit a

preciziei de măsurare. Odată cu stabilirea valorilor optime ale parametrilor se determină și abaterile admisibile (toleranțele) și volumul ciclic necesar.

De asemenea, s-a obținut o relație matematică de dependență a vitezei unghiulare în funcție de debitul care trece prin contor.

S-au determinat astfel modelele optimizate pentru contorul multijet cu debitul permanent $Q_3=4\text{m}^3/\text{h}$ și pentru contorul monojet cu debitul permanent $Q_3=2,5\text{m}^3/\text{h}$.

Prin încercările efectuate, s-a demonstrat că, în cazul contoarelor multijet, prin modificarea ariei circuitului de bypass nu se obține o simplă translatăre a curbei de erori ci se modifică și alura acesteia.

Pentru contoarele monojet s-a obținut o relație de dependență a volumului ciclic necesar pentru contor în funcție de aria secțiunii de admisie a apei.

Metoda propusă duce la o scurtare a timpilor de cercetare, a încercărilor necesare și de identificare mai rapidă a căilor de îmbunătățire a performanțelor metrologice ale contoarelor. Ea este și un instrument puternic de analiză a modificărilor apărute în alura curbelor de erori datorită unor abateri în procesul de fabricație a reperelor componente.

În urma încercărilor experimentale s-a ajuns la concluzia că, este posibilă liniarizarea oricărei curbe de erori pentru diferite valori ale volumelor ciclice și pentru încadrarea în valorile prescrise ale pierderii de presiune, doar prin modificarea unor parametri geometrici menționați în cadrul capitolului 6.

Bibliografie

Cărți

1. *Adunka, F.* Messunsicherheiten: Theorie und Praxis, 3 Auflage, Vulkan-Verlag GmbH, Essen, 2007
2. *Alimpie, I.* Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice, curs, Lito IPTV, Timișoara, 1986
3. *Anton, I.* Turbine hidraulice. Ed. Facla, Timișoara, 1979
4. *Anton, V. Popoviciu, M. Fitero, I.* Hidraulică și mașini hidraulice, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1978
5. *Arregui, F., Cabrera, E. Jr., Cobacho, R.* Integrated water meter management, International Water Association (IWA) Publishing, London, 2007
6. *Burzo, E.* Magneți permanenți. Vol. II, Ed. Academiei RSR, 1987
7. *Chișiu, A., ș.a* Organe de mașini. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1981
8. *Demian, T* Elemente constructive de mecanică fină. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1980
9. *Demian, T., ș.a.* Mecanisme de mecanică fină, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1982
10. *Florea, J. Panaitescu, V* Mecanica fluidelor, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1979
11. *Gafițanu, M. ș.a* Organe de mașini. Vol.1, Ed. Tehnică, București, 1981
12. *Gligor, O., Rădulescu, C* Elemente constructive de mecanică fină. Vol. II, Lito IPTV, Timișoara, 1986
13. *Horovitz, B., ș.a* Angrenaje. Vol. I, Ed. Tehnică, București, 1970
14. *Hütte* Manualul inginerului. Fundamente, Ed. Tehnică, București, 1995
15. *Ionescu, D. Gh* Introducere în hidraulică, Ed. Tehnică, București, 1997
16. *Jacques, C* Meters for measuring water and industrial fluids, E.&F. N. Spon, London, 1960
17. *Jula, A., ș.a.* Proiectarea angrenajelor evolventice, Ed. Scrisul Românesc, Craiova, 1989.
18. *Mattews, W* The water works of London, Simpkin, Marschall and Co., Stationers' Hall Court, London, 1835
19. *Moșit, H.M., Ciocâltea-Vasilescu, A.* Debitmetrie industrială, Ed. Tehnică, București, 1988
20. *Moșit, H.M* Contoare, Ed. Artecno București srl, București, 1997
21. *Sextus, J.F. , Herschel C* Water supply of the city of Rome, D. Estes & Co., Boston, 1899
22. *Perju, D* Mecanisme de mecanică fină. Vol. II, Lito IPTV, Timișoara, 1990
23. *Perju, D., Puri, G* Aparate și sisteme de măsurare mecanice, îndrumător de laborator, Lito IPTV, Timișoara, 1985
24. *Popescu, P.P., Mihordea, R.* Măsurarea debitului în tehnică, Ed. Tehnică, București, 1969
25. *Popovici, V. Dragomir, E.* Tehnologia mecanicii fine și micromecanicii. Vol. II, Lito IPTV, Timișoara, 1987
26. *Stoica, I.A.* Interferența roților dințate, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1977

27. Șereș, I. Injectarea materialelor termoplaste, Ed. Imprimeria de Vest, Oradea, 1996
- 28.*** M6, Water meters – selection, instalation, testing, and maintenance. Fourth edition, American Water Works Association, 1999
- Articole, referate**
29. Breeds, A.R. ș.a. Wear behavior of acetal gears pairs. Wear, 166 (1993), pag. 85-91.
30. Engel, R Dynamic weighing-Improvements in gravimetric liquid flowmeter calibration, The 5-th International symposium on fluid flow measurement, Arlington, Virginia, **2002**
31. Luscher, A., Houser, D An investigation of geometry and transmisson error of injection molded gears Journal of injection molding technology, December 2000, Vol.4, No.4
32. Schraml, K.C., Ruiz V Uncertainty and error of a flow diverter valve actuated by a pneumatic piston, XVIII IMEKO World Congress, Rio de Janiero, **2006**
33. Silaghi, F. Mecanism integrator tip „Chekker” cu role de control. Proceedings of the VIth International Conference on Precision Mechanics and Mecatronics, COMEFIM-6, Brașov, Volume 3-21a, **2002**, ISSN 1220-6830, pag.241-245
34. Silaghi, F. Contor multijet tip “Patrol” cu patron de măsurare interschimbabil”, Proceedings of the VIth International Conference on Precision Mechanics and Mecatronics, COMEFIM-6, Brașov, Volume 3-21a, **2002**, ISSN 1220-6830, pag.235-239
35. Silaghi, F. Stadiul actual și tendințe în domeniul construcției contoarelor pentru lichide. Referat din Planul individual al activității de pregătire, Timișoara, **2005**
36. Silaghi, F. Soluții constructive pentru microturbinele hidraulice utilizate în construcția debitmetrelor cinematice. Referat din Planul individual al activității de pregătire, Timișoara, **2005**
37. Silaghi, F. Soluții constructive pentru transmisia mecanică și mecanismul integrator ale contoarelor. Referat din Planul individual al activității de pregătire, Timișoara, **2005**
38. Silaghi, D., Ionel, I., Kaposta, I., Silaghi, F, Padurean, I. The solar radiation influence upon the TiNOX selective coatings in the solar collectors”, Metalurgia International, VOL.XIV (**2009**), no.6, ISSN 1582-2214, pp. 41-48, Cod CNCSIS 480 și acreditată ISI (cat.A). Indexantă în bazele de date: EP Products (<http://www.ebscohost.com/>), SCOPUS, THOMSON SCIENTIFIC MASTER JOURNAL LIST, <http://www.isinet.com/>), Science Citation Index Expanded, Journal Citation Reports /Science Edition, THE BRITISH LIBRARY

39. Ionel, I., Silaghi, D., Stepan, D., **Silaghi, F.**, Pădurean, I
 :“Ecological and economical analysis of a solar thermal system working in west Romania”, *Metalurgia International*, VOL.XIV (2009), no.9, ISSN 1582-2214, pp.36-41, Cod CNCSIS 480 și acreditată ISI (cat.A). Indexantă în bazele de date: EP Products (<http://www.ebscohost.com/>), SCOPUS, THOMSON SCIENTIFIC MASTER JOURNAL LIST, (<http://www.isinet.com/>), Science Citation Index Expanded, Journal Citation Reports /Science Edition, THE BRITISH LIBRARY
40. Silaghi, D., **Silaghi, F.**
 „The dimensioning of solar system for domestic water heating (Part I)”, *Proceedings of the International Symposium: Research and Education in an Innovation Era, Section III, Engineering Processes and Technologies*, Aurel Vlaicu University, Arad, November 20-21, **2008**, ISBN: 9978-973-752-110-1, p.280-286
41. Silaghi, D., **Silaghi, F.**
 „The dimensioning of solar system for domestic water heating (Part II)”, *Proceedings of the International Symposium: Research and Education in an Innovation Era, Section III, Engineering Processes and Technologies*, Aurel Vlaicu University, Arad, November 20-21, **2008**, ISBN: 9978-973-752-110-1, p.286-291
42. Walton, D. ș.a
 The efficiency and friction of plastic cylindrical gears: Part 1. Influence of materials. *Proc. Of the IMechE Part J*, Vol 216, pag.75-92, Part J, *Journal of Engineering Tribology*, 2002
43. Walton, D. ș.a.
 The efficiency and friction of plastic cylindrical gears: Part 2. Influence of tooth geometry. *Proc. Of the IMechE Part J*, Vol 216, pag.93-103, Part J, *Journal of Engineering Tribology*, 2002
44. WHO/UNICEF
 Raport „Progress on sanitation and drinking-water - 2010 update”
45. *** DKD-3-E2
 Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen, Deutscher Kalibrierdienst, 08/2002
46. *** Analele
 „The sixth exhibition of the Massachusetts Charitable Mechanic Association”, Eastburn’s press, Boston, 1850.

Proiecte de cercetare

47. **Silaghi, F.**
conducător de proiect: “*Mecanism reductor-integrator cu posibilități de preluare a semnalului cu traductor inductiv*”, proiect în curs de realizare pentru firma Minol Messtechnik, Germania, în cadrul programelor de cercetare ale firmei, **2009-2010.**
48. **Silaghi, F.**
conducător de proiect: “*Contor multijet uscat tip „MTK-XS”*”, proiect în curs de realizare pentru firma Minol Messtechnik, Germania, în cadrul programelor de cercetare ale firmei, **2009-2010**

49. **Silaghi, F.** **participant:** *“Module electronice pentru preluarea semnalului de la mecanisme reductor-integratoare mecanice”*, proiect realizat pentru firma Contorgroup, România, în cadrul programelor de cercetare ale firmei, **2007-2009**
50. **Silaghi, F.** **conducător de proiect:** *“Contor monojet tip „Solaris”*”, proiect realizat pentru firma Contorgroup, România, în cadrul programelor de cercetare ale firmei, **2005-2006**
51. **Silaghi, F.** **autor unic:** *“Contor volumetric cu piston inelar oscilant tip „Astral”*”, proiect realizat pentru firma Contorgroup, România, în cadrul programelor de cercetare ale firmei, **2004-2006**
52. **Silaghi, F.** **conducător de proiect:** *“Mecanism reductor-integrator cu posibilități de citire a indexului din două direcții”*, proiect realizat pentru firma Contorgroup, România, în cadrul programelor de cercetare ale firmei, **2004-2005**
53. **Silaghi, F.** **conducător de proiect:** *“Mecanism înregistrator tip “Chekker” cu role de control ”*, proiect realizat pentru firma Zenner Zähler, Germania, în cadrul programelor de cercetare ale firmei, **2000-2001**
54. **Silaghi, F.** **autor unic:** *“Contor multijet tip “Patrol” cu patron de măsurare interschimbabil”*, proiect realizat pentru firma Zenner Zähler, Germania, în cadrul programelor de cercetare ale firmei, **1998-2000**
55. **Silaghi, F.** **conducător de proiect:** *“ Îmbunătățirea performanțelor metrologice ale contoarelor multijet. Realizarea contoarelor cu clasa metrologică C”*, proiect realizat pentru firma Zenner Zähler, Germania, în cadrul programelor de cercetare ale firmei, **1996-2000**
- Standarde**
56. **SR ISO 4064/1-1995** Măsurarea debitului de apă în conducte închise. Contoare de apă rece potabilă. Partea 1: Condiții tehnice
57. **SR ISO 4064/2-1996** Măsurarea debitului de apă în conducte închise. Contoare de apă rece potabilă. Partea 2: Condiții de instalare
58. **SR ISO 4064/3-1996** Măsurarea debitului de apă în conducte închise. Contoare de apă rece potabilă. Partea 3: Metode și instalații de încercare
59. **ISO 5168-2005** Measurement of fluid flow -Procedures for the evaluation of uncertainties
60. **SR ISO 7858/1-1996** Măsurarea debitului de apă în conducte închise. Contoare de apă rece potabilă- Contoare combinate. Partea 1: Condiții tehnice
61. **SR ISO 7858/2-1996** Măsurarea debitului de apă în conducte închise. Contoare de apă rece potabilă- Contoare combinate. Partea 2: Condiții de instalare

62.SR ISO 7858/3-1996	Măsurarea debitului de apă în conducte închise. Contoare de apă rece potabilă- Contoare combinate. Partea 3: Metode de încercare
63.SR EN14154-1-2005	Contoare de apă. Partea 1. Condiții generale
64.SR EN 14154-2-2005	Contoare de apă. Partea 2. Instalare și condiții de utilizare
65.SR EN 14154-3-2005	Contoare de apă. Partea 3. Metode și echipamente de încercare
66.SR EN 29104-1997	Măsurarea debitului fluidelor în conducte închise. Metode de evaluare a performanțelor debitmetrelor electromagnetice utilizate pentru lichide
67.SR EN 24185-1997	Măsurarea debitului de lichid în conducte închise. Metoda prin cântărire
68.SR EN ISO 8316-1997	Măsurarea debitului de apă în conducte închise. Metode de colectare a lichidului în rezervorul volumetric
69.SR EN ISO 6817-1997	Măsurarea debitului unui fluid în conducte închise. Metoda folosind debitmetre electromagnetice
70.SR ISO 7145-1997	Determinarea debitului fluidelor în conducte închise de secțiune circulară. Metoda prin măsurarea vitezei într-un punct
71.Guide to the expression of uncertainty in measurement	1-st edition, 1993, corrected and reprinted 1995, International Organization for Standardization, Geneva

Norme de metrologie legală

72.NML 3-03-1/94	Contoare de apă rece
73.NML 001-05	Cerințe metrologice și tehnice comune mijloacelor de măsurare supuse controlului metrologic legal
74.NML 003-05	Contoare de apă
75.NML CEE 71/319	Contoare volumetrice pentru lichide altele decât apa
76.NML CEE 71/348	Echipamente auxiliare pentru contoare volumetrice pentru lichide altele decât apa
77.NML CEE 75/33	Contoare de apă rece
78.NML 79/830	Contoare de apă caldă
79.NML 77/313	Sisteme de măsurare pentru lichide altele decât apa.
80.BRL-K618/3- 1994	Evaluation guideline for the assessment of cold water meters. Norma KIWA
81.Reglementation metrologique	Arrete royal du 18 fevrier 1977 relatif aux compteurs d'eau froide

Directive ale Parlamentului European

82.Directiva 71/316/CEE	Dispoziții comune referitoare la instrumentele de măsurare și metode de control metrologic
83.Directiva 75/33/CEE	Contoare de apă rece
84.Directiva 2004/22/EC	Instrumente de măsurare

Reglementări OIML

85.OIML R49-1/2003	Water meters intended for the metering of cold potable water. Part 1: Metrological and technical
--------------------	--

86.OIML R49-2/2004	requirements Water meters intended for the metering of cold potable water. Part 2: Test methods.
87.OIML R49-3/2004	Water meters intended for the metering of cold potable water. Part 3: Test Report Format.
88.OIML R72/ 1985	Hot water meters
89.OIML R105/1993	Direct mass flow measuring systems for quantities of liquids
90.OIML R117/1995	Measuring systems for liquids other than water.
91.OIML D3/1979	Legal qualification of measuring instruments
92.OIML D4/1981	Installation and storage conditions for cold water meters
93.OIML D7/1984	The evaluation of flow standards and facilities used for testing water meters

Pagini web

94***	www.dkd.de
95***	www.drgears.com
96***	www.elsevier.com
97***	www.flowmeters.com
98***	www.insse.ro
99***	www.magnete.de
100***	www.omega.com
101***	www.ptb.de
102***	www.qtcgears.com
103***	www.sdp-si.com
104***	www.watermeters.com

Paginile web ale firmelor producătoare de contoare pentru lichide:

105***	www.elster.com
106***	www.kentmeters.co.uk
107***	www.krohne.com
108***	www.itron.com
109***	www.metronfarnier.com
110***	www.sensusesaap.com
111***	www.smartmeter.co.uk
112***	www.werhle.de
113***	www.zenner.de

Paginile web ale firmelor producătoare de materiale termoplastice:

114***	www.basf.com
115***	www.dsm.com
116***	www.dupont.com
117***	www.sabic-ip.com
118***	www.ticona.com

Cuprinsul tezei

	Pag.
1. Locul și rolul contorizării. Obiectivele lucrării.....	1
1.1. Scurt istoric al dezvoltării contoarelor de apă.....	2
1.2. Contoare pentru lichide. Clasificare.....	10
1.3. Concluzii.....	12
1.4. Obiectivele lucrării.....	14
1.5. Conținutul lucrării.....	15
 2. Debitmetrie și contorizare cu microturbine.....	 17
2.1. Prezentare generală.....	17
2.2. Structura contoarelor de debit convenționale.....	18
2.3. Norme și standarde care reglementează domeniul contoarelor de apă.....	21
2.4. Descriere și funcționare.....	23
2.4.1. Contoare cu prelevarea semnalului prin microturbine.....	23
2.4.1.1. Contoare cu rotor acționat de un singur jet (monojet).....	24
2.4.1.2. Contoare cu rotor acționat parțial de mai multe jeturi (multijet).....	26
2.5. Caracteristica statică a contoarelor de debit convenționale indirecte.....	29
 3. Factori de influență ai funcționării contoarelor.....	 37
3.1. Factori de influență pentru contorul monojet.....	37
3.1.1. Influența orientării poziției axei rotorului.....	37
3.1.2. Influența profilului de curgere al apei prin conductă.....	39
3.1.3. Influența duratei de utilizare.....	41
3.1.4. Comportarea contoarelor monojet la curgerea în sens invers.....	43
3.1.5. Comportarea contoarelor monojet în prezența generatorului de impulsuri.....	44
3.2. Factori de influență pentru contorul multijet.....	44
3.2.1. Influența orientării poziției axei rotorului.....	44
3.2.2. Influența profilului de curgere al apei prin conductă.....	45
3.2.3. Influența duratei de utilizare.....	46
3.2.4. Comportarea contoarelor multijet la curgerea în sens invers.....	47
3.2.5. Comportarea contoarelor multijet sub influența temperaturii.....	48
3.2.6. Comportarea contoarelor multijet în prezența generatorului de impulsuri.....	48
3.3. Contribuții personale. Concluzii.....	49
 4. Soluții constructive pentru traductorul de măsurare a debitmetrelor cinematice cu microturbina.....	 50
4.1. Soluții constructive pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de un singur jet.....	50
4.1.1. Soluții utilizate pentru formarea jetului de acționare.....	50
4.1.2. Soluții utilizate pentru crearea turbioanelor de liniarizare a vitezei de rotație a rotorului.....	53

4.1.3. Soluții constructive pentru lagărele care asigură rezemarea și rotirea rotorului.....	55
4.1.4. Soluții pentru forma constructivă a rotorului.....	58
4.2. Soluții constructive folosite pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de mai multe jeturi.....	60
4.2.1. Soluții utilizate pentru formarea jetului de acționare.....	60
4.2.2. Soluții utilizate pentru crearea turbioanelor de liniarizare a vitezei de rotație a rotorului.....	63
4.2.3. Soluții constructive pentru lagărele care asigură rezemarea și rotirea rotorului.....	65
4.2.4. Soluții pentru forma constructivă a rotorului.....	66
4.3. Contribuții personale.....	69
4.3.1. Soluții constructive dezvoltate pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de un singur jet.....	69
4.3.2. Soluție constructivă nouă, testată pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de un singur jet.....	71
4.3.3. Soluții constructive dezvoltate pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de mai multe jeturi.....	72
4.3.4. Soluții constructive noi pentru traductorul de măsurare al debitmetrelor cu rotor acționat de mai multe jeturi.....	76
4.4. Concluzii.....	78
5. Soluții constructive pentru transmisia mecanică și mecanismul reductor-integrator al contoarelor.....	80
5.1. Cerințe tehnice actuale pentru mecanisme de tip reductor-integrator folosite în componența contoarelor pentru lichide.....	80
(Recomandarea OIML R49-1:2003, Standardul European EN14154-1:2005)	
5.1.1. Dispozitivul de indicare.....	80
5.1.2. Dispozitivul de verificare.....	81
5.2. Transmiterea mișcării de la traductorul primar la mecanismul reductor-integrator.....	81
5.2.1. Transmiterea mecanică a mișcării.....	81
5.2.2. Transmiterea mișcării prin intermediul unui cuplaj magnetic.....	82
5.2.2.1. Tipuri constructive de cuplaje magnetice.....	83
5.3. Mecanismul reductor-integrator.....	88
5.3.1. Tipuri constructive de mecanisme.....	88
5.3.2. Soluții constructive pentru transmiterea mișcării de rotație de la trenul de roți dințate la celulele de comutare ale modulului integrator.....	93
5.3.3. Soluții constructive pentru modulul integrator cu celule de comutare cu role cu cifre.....	96
5.3.4. Soluții constructive pentru lagărele roților dințate componente ale mecanismelor.....	97
5.4. Contribuții personale.....	99

5.4.1. Calculul forței tangențiale maxime și a momentului maxim care poate fi transmis prin cuplajele magnetice folosite la contoarele proiectate.....	99
5.4.2. Comportarea cuplajelor magnetice sub influența câmpurilor magnetice exterioare. Protecția antimagnetică.....	101
5.4.3. Soluție constructivă pentru modulul integrator cu celule de comutare cu role cu cifre și pinioane de comutare interioare.....	103
5.4.4. Soluții folosite la proiectarea modulului reductor și a modulului integrator cu roți dințate.....	106
5.4.5. Influența mecanismului reductor-integrator asupra preciziei de măsurare a contorului monojet.....	108
5.4.6. Mecanismul reductor-integrator tip „Chekker” cu role de control.....	108
5.4.7. Soluție constructivă pentru îmbunătățirea lizibilității indicației mecanismului.....	110
5.4.8. Integrarea facilităților de generare a impulsurilor cu contact Reed sau traductor inductiv și transmitere la distanță prin unde radio.....	111
5.5. Concluzii.....	113
 6. Determinări experimentale.....	115
6.1. Standul experimental.....	115
6.1.1. Prezentarea standului experimental.....	115
6.1.1.1. Descrierea componentelor mecanice ale standului experimental.....	117
6.1.1.2. Modul de utilizare. Umplerea instalației. Verificarea cotoarelor.....	122
6.2. Interpolarea impulsurilor.....	125
6.2.1. Introducere.....	125
6.2.2. Cerința.....	126
6.2.3. Metodologie.....	126
6.2.3.1. Metoda 1. Cronometrarea dublă.....	126
6.2.3.2. Metoda 2. Cronometrarea cvadruplă.....	128
6.2.3.3. Metoda 3. Sincronizarea impulsurilor.....	129
6.3. Incertitudinea de măsurare pentru standul experimental folosit.....	131
6.3.1. Condiții necesare a fi respectate pentru a obține o incertitudine de măsurare în limite acceptabile.....	131
6.3.2. Calculul incertitudinii extinse de determinare a erorii de indicație a unui contor.....	131
6.3.2.1. Erori sistematice.....	132
6.3.2.2. Erori aleatorii.....	134
6.4. Rezultate experimentale.....	155
6.4.1. Modelele experimentale folosite.....	155
6.4.2 Metoda folosită pentru prelucrarea datelor experimentale.....	157
6.4.3. Prelucrarea datelor experimentale.....	159
6.4.3.1 Parametrii constructivi ai contorului multijet.....	159
6.4.3.1.1. Influența parametrului Dsmr.....	159
6.4.3.1.2. Influența parametrului Drsm.....	164
6.4.3.1.3. Influența parametrului Drsr.....	167
6.4.3.1.4. Influența parametrului Dsrr.....	170

6.4.3.1.5. Influența parametrului D_{srp}	173
6.4.3.1.6. Influența parametrului D_{psr}	176
6.4.3.1.7. Influența numărul de nervuri de pe suprafața inferioară a suportului rotor, N_n	179
6.4.3.1.8. Influența obturării canalului de bypass.....	182
a.poziția orizontală de funcționare a contorului.....	182
b.poziția verticală de funcționare a contorului.....	185
6.4.3.2. Parametri constructivi ai contorului monojet.....	187
6.4.3.2.1. Influența parametrului D_{per}	187
6.4.3.2.2. Influența parametrului D_{pe}	190
6.4.3.2.3. Influența parametrului D_{rc}	193
6.4.3.2.4. Influența parametrului D_{pc}	196
6.4.3.2.5. Influența parametrului A_{sa}	199
6.5. Concluzii. Rezultate.....	203
7. Concluzii și contribuții personale.....	205
7.1. Concluzii.....	205
7.1.1. Contoare pentru lichide.....	205
7.1.2. Traductorul de măsurare a debitmetrelor cinematice cu microturbină.....	206
7.1.3. Transmisia mecanică și mecanismul reductor-integrator al contoarelor.....	207
7.2. Contribuții personale.....	208
7.2.1. Contoare pentru lichide.....	208
7.2.2. Traductorul de măsurare a debitmetrelor cinematice cu microturbină.....	208
7.2.3. Transmisia mecanică și mecanismul reductor-integrator al contoarelor.....	210
7.2.4. Încercările experimentale.....	211
Bibliografie.....	213