

## RAPORTARE ȘTIINȚIFICĂ

**I. Raportul Științific și Tehnic 2018** – structură recomandată (max. 10 pagini):

Contract nr. 251CI/03/09/2018, cod proiect PN-III-P2-2.1-CI-2018-1464, titlul proiect “Mecanism de contracarare a acțiunii valurilor asupra sarcinilor manevrate de macaralele ambarcate”, durata proiect 3 luni.

### Descrierea științifică și tehnică a activităților:

În etapa I, de cercetare-dezvoltare industrială, s-a analizat stadiul tehnicii la nivel mondial privitor la compensatoarele de valuri destinate macaralelor ambarcate (plutitoare) și instalațiilor de foraj marin.

Astfel, În stadiul tehnicii se cunoaște faptul că mișcările de ridicare și coborâre a vaselor/platformelor purtătoare de macarale sau instalații de foraj, cauzate de dinamica perturbatorie a valurilor, variată în forță, frecvență, direcție și amplitudine, afectează poziționarea precisă a sarcinilor (la macarale) și duc la uzură prematură a sabelor de foraj (la instalațiile de foraj marin).

Acest efect perturbator asupra celor două tipuri de instalații plutitoare, respectiv starea de agitație a valurilor, influențează negativ condițiile normale de funcționare; inițial cele mai multe operațiuni de manevrare a acestor tipuri de instalații aveau loc pe marea calmă și erau întârziate ori de câte ori marea devenea foarte agitată, respectiv condițiile meteo deveneau nefavorabile.

Pentru creșterea productivității instalațiilor plutitoare de ridicare/forare, respectiv reducerea progresivă a dependenței funcționării acestora de starea de agitație a valurilor, s-au implementat în structura respectivelor utilaje sisteme de compensare din ce în ce mai evaluate: sisteme de compensare pasivă, sisteme de compensare activă și sisteme de compensare hibridă (activ-pasivă sau semiactivă). Toate aceste tipuri de compensatoare decuplează mișcarea de încărcare / descărcare a sarcinii de la mișcarea de ridicare /coborâre a navei.

*Compensatoarele pasive de valuri* sunt sisteme izolatoare de vibrații formate fie dintr-un amortizor și un arc de compresiune, montate în paralel, fie dintr-un acumulator hidropneumatic. Ele funcționează ca sisteme în buclă deschisă, în care intrarea este reprezentată de mișcarea navei, iar ieșirea este reducerea amplitudinii mișcării sarcinii atașate de cârligul macaralei plutitoare. Aceste compensatoare nu necesită energie din exterior pentru

funcționare. Sistemele de compensare cu buclă deschisă pot avea un randament mediu de până la 10-35%.

*Compensatoarele active de valuri* implică controlul în buclă închisă și necesită energie din exterior pentru funcționare. Dacă nava este ridicată de val, atunci printr-un controler se comandă un sistem compensator activ, care acționează în sens contrar coborârea sarcinii, cu aceeași deplasare. Sistemele de compensare cu buclă închisă pot avea un randament de cel puțin 80%.

Deși compensatoarele active au un randament ridicat, din cauza costurilor mari ele au fost abandonate în favoarea *compensatoarelor hibride* sau *semiactive*. Aceste tipuri de compensatoare au o componentă pasivă și o componentă activă. Componenta pasivă conține doi cilindri pneumatici mari, care se încarcă la o presiune corespunzătoare menținerii în echilibru a sarcinii, la jumătatea cursei lor. Componentă activă, mult mai ieftină decât în cazul compensatoarelor total active, conține un servocilindru hidraulic mic, ce aplică sarcinii forțe de ajustare bazate pe o strategie de control activă. Cele mai moderne modele de control pentru sistemele de compensare a valurilor sunt *modelele semiactive predictive, cu prognozarea intensității agitației valurilor*.

O soluție des utilizată în stadiul tehnicii este cea care se bazează pe un cilindru pneumatic pasiv, cuplat la un cilindru hidraulic activ. Sistemul cilindrului pasiv este preîncărcat, de la un acumulator pneumatic, la o presiune care să-i permită susținerea încărcăturii agățată de un cablu și echilibrarea acesteia la jumătatea cursei. Pentru amplificarea cursei cilindrului activ se folosește un sistem de scripeți montați la capetele opuse ale ansamblului celor doi cilindri. Cilindru activ este controlat hidraulic pentru a adăuga sau scoate sarcina în / de la sistemul cilindrului pasiv, funcție de ridicarea /coborârea valurilor, în scopul realizării unei compensări de echilibru. Cilindrul activ funcționează în buclă închisă de poziție, fiind comandat de un distribuitor hidraulic proporțional, prin intermediul unui traductor de poziție, unui servocontroler și a unei metode de măsurare a mișcării de accelerare și reglare a tensiunii din cablu.

Din analiza mai multor soluții de compensatoare de valuri s-a optat pentru soluția de compensator hibrid de valuri (semiactiv), iar ca realizare practică s-a optat pentru proiectarea și realizarea unui simulator (stand de laborator), cu dublu rol funcțional, respectiv:

- **simularea** unor valuri cu amplitudini și frecvențe variabile, în vederea reproducerii în laborator a condițiilor de lucru pentru componenta activă a compensatoarelor hibride de valuri;
- **testarea** în, condiții de laborator, a componentei active a compensatoarelor hibride de valuri.

**Soluția aleasă pentru stand** conține un servomecanism hidraulic cu o buclă externă și două bucle interne de reglare a poziției. Prima buclă internă de reglare a poziției se manifestă la nivelul unui servocilindru hidraulic, care simulează starea de agitație a valurilor și este amplasat la partea inferioară a unui ansamblu de doi cilindri hidraulici identici, cuplați între ei. A doua buclă internă de reglare a poziției se manifestă la nivelul unui alt servocilindru hidraulic, amplasat la partea superioară a aceluiași ansamblu, care simulează comportarea dinamică a componentei active dintr-un sistem hibrid de compensare a valurilor. Bucla externă de reglare a poziției face ca indiferent de semnalul de excitație aplicat primului servocilindru, cel de-al doilea servocilindru să urmărească deplasarea primului, în sens contrar și cu aceeași viteză, astfel încât capătul tijeii acestuia să rămână permanent poziționat la aceeași cotă față de un plan de referință fix (pardoseala laboratorului, de exemplu).

Prin utilizarea soluției de stand realizat se rezolvă următoarele probleme din stadiul tehnicii:

- testarea în condiții de laborator a componentei active a sistemelor semiactive de compensare a valurilor, destinate macaralelor și instalațiilor de foraj plutitoare (servocilindru hidraulic activ, distribuitor hidraulic proporțional sau servovalvă, traductor de poziție, controler);
- verificarea, în condiții de laborator, a metodelor de reglare și comandă dedicate componentei active a sistemelor hibride de compensare a valurilor;
- simularea în laborator a mișcării de ridicare / coborâre a valurilor, cu amplitudini și frecvențe variabile, respectiv a condițiilor reale de funcționare a compensatoarelor de valuri;
- simularea în laborator a unui program de prognoză a stării de agitație a valurilor, în funcție de care să se evalueze performanțele dinamice ale componentei active a sistemelor hibride de compensare a valurilor (timpul de răspuns, stabilitatea, eroarea de poziționare).

*Standul este util beneficiarului proiectului* la testarea în laborator a elementelor constitutive ale componentei active din cadrul compensatoarelor de valuri hibride, înainte de montarea acestora pe macarale sau instalații de foraj plutitoare.

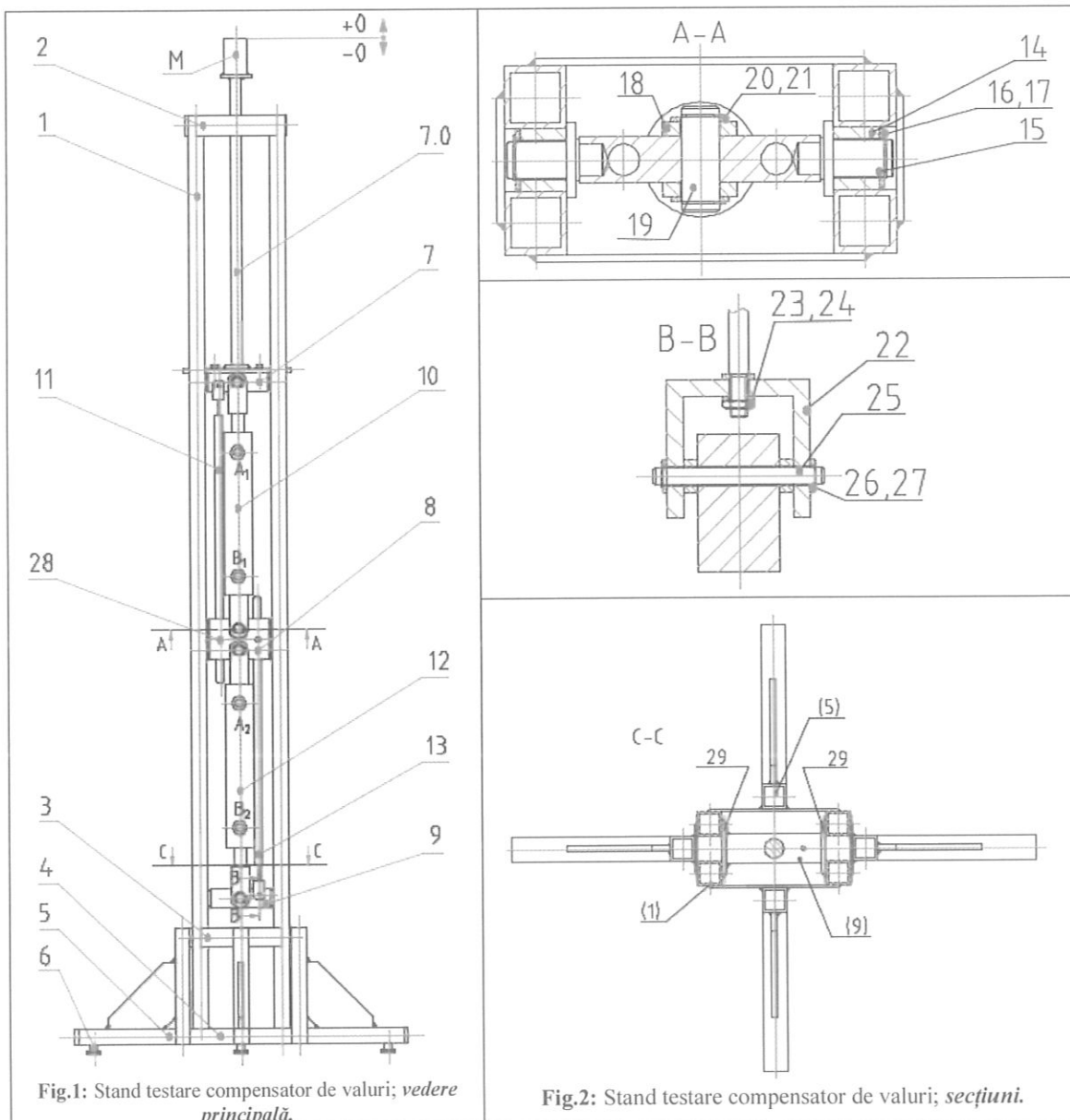
Pentru beneficiarul proiectului standul va permite obținerea următoarelor avantaje:

- posibilitatea efectuării unor demonstrații experimentale, cu costuri reduse, a metodelor de comandă dedicate compensatoarelor hibride de valuri, realizate cu mașini și elemente hidraulice furnizate de LYRA HYDRAULICS CONSULTING S.R.L., în vederea atragerii de noi clienți;
- posibilitatea realizării unor verificări periodice experimentale, cu costuri reduse, a componentelor specifice compensatoarelor hibride de valuri, cu ocazia reviziilor programate

ale macaralelor și platformelor de foraj plutitoare, în vederea extinderii portofoliului de lucrări de reparații al firmei LYRA HYDRAULICS CONSULTING S.R.L.

Pentru soluția de realizare a standului *furnizorul de servicii* a depus la OSIM o cerere de brevet de invenție (CBI), în legătură cu fig. 1...3, care reprezintă:

- **fig.1**, un desen de ansamblu-montaj al standului, în vedere principală;
- **fig.2**, trei secțiuni prin stand, efectuate la: nivelul bolțului de prindere a corpului cilindrului superior, nivelul bolțului de prindere a traductorului de cursă al cilindrului inferior, nivelul tijei cilindrului inferior;
- **fig.3**, schema principală de acționare și comandă hidraulică a standului.



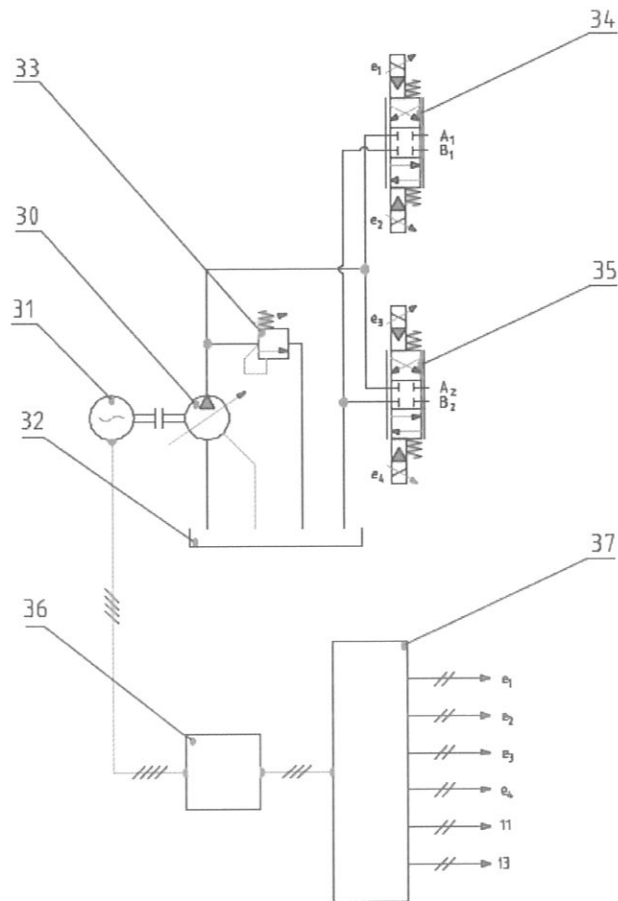


Fig.3: Stand testare compensator de valuri; *schema de acționare și comandă.*

Modul de funcționare al simulatorului, conform CBI depuse, pe faze este următorul:

*În faza 1*, se pregătește instalația hidraulică de lucru: se aerisesc cei doi cilindri hidraulici 10 și 12, prin comanda alternativă, din calculatorul de proces 36, a acționării lor succesive, astfel încât fiecare să efectueze 10-15 curse complete; pentru deplasarea completă, în ambele sensuri, a cilindrului 10 se alimentează succesiv electromagneții  $e_1$ ,  $e_2$  după care, pentru deplasarea completă, în ambele sensuri, a cilindrului 12 se alimentează succesiv electromagneții  $e_3$ ,  $e_4$ .

*În faza 2*, se poziționează fiecare din cei doi cilindri hidraulici, 10 și 12, la jumătatea cursei lor.

*În faza 3*, se introduce în calculatorul de proces 37 o aplicație software dedicată, care să genereze semnale de excitație pentru cilindrul 12, de formă treaptă, sinusoidală, dreptunghiulară ș.a., prin acționarea programată a electromagnețiilor  $e_3$ ,  $e_4$  și să lanseze comenzi electrice, pentru electromagneții  $e_1$ ,  $e_2$ , proporționale cu deplasarea cilindrului 12, astfel încât cilindrul 10 să urmărească deplasarea cilindrului 12, cu aceeași viteză și mărime a cursei, dar în sens opus.

*Fazele 1, 2 și 3 se desfășoară în regimul de lucru manual al simulatorului.*

În faza 4, pentru desfășurarea testelor experimentale și achiziția de date se comută funcționarea simulatorului în regimul de lucru automat. Pe displayul calculatorului de proces 37 sunt afișate graficul de răspuns al servocilindrului format din cilindrul 12+distribuitorul 35+traductorul 13+calculatorul de proces 37, care simulează valul, la semnalul de excitație generat de calculatorul de proces 37 și graficul de răspuns al servocilindrului format din cilindrul 10+distribuitorul 34 +traductorul 11+calculatorul de proces 37, care simulează comportarea dinamică a componentei active dintr-un compensator de valuri, la comenzile date din același calculator de proces 37. În memoria calculatorului de proces se pot stoca, sub forma tabelară și prelucra, în forma grafică, datele experimentale obținute. Vizual, se poate observa că deplasările **sus-jos ale corpului** cilindrului 12 sunt compensate de deplasările **jos-sus ale corpului sau tijei** cilindrului 10, iar masa **M**, aplicată ca sarcină pentru cilindrul 10, respectiv *cilindrul activ al compensatorului hibrid de valuri* rămâne imobilă.

În etapa II, de dezvoltare experimentală, s-a trecut la realizarea standului cu schema de acționare și comandă din fig.3, care evidențiază următoarele aspecte:

Cei doi cilindri hidraulici 10 și 12 se racordează la un grup hidraulic format dintr-o pompă volumică cu debit reglabil 30, antrenată de un motor electric trifazat cu turație constantă 31, care aspiră dintr-un rezervor de ulei 32 și refulează pe un circuit prevăzut cu o supapă de siguranță 33, în racordul P al distribuitorului hidraulic proporțional 34, ce comandă viteza și sensul de deplasare al cilindrului 10 și în racordul P al distribuitorului hidraulic proporțional 35, ce comandă viteza și sensul de deplasare al cilindrului 12. Racordurile A1 și B1 ale distribuitorului 34 se leagă prin furtune hidraulice cu racordurile A1 și B1 ale cilindrului 10, iar racordurile A2 și B2 ale distribuitorului 35 se leagă prin furtune hidraulice cu racordurile A2 și B2 ale cilindrului 12. Racordul de drenaj al pompei 30, racordul de ieșire al supapei 33 și racordurile T ale distribuitoarelor 34 și 35 se leagă la rezervorul 32.

Grupul hidraulic este completat cu un subansamblu de alimentare electrică și de comandă, format dintr-un tablou electric 36 cu un circuit trifazic pentru alimentarea motorului electric 31 și un circuit monofazic de comandă, pentru alimentarea unui calculator de proces 37, care primește informații de la traductoarele de cursă 13 și 11, prin două cabluri electrice și emite comenzi, prin aceleași cabluri, către electromagneții  $e_4$ ,  $e_3$  și  $e_2$ ,  $e_1$  ai distribuitoarelor 35, respectiv 34.

Pentru încadrarea în bugetul proiectului s-a elaborat documentația de execuție și s-a realizat fizic *un model funcțional de stand*, cu o structură simplificată și în conformitate cu desenul de ansamblu montaj din fig.4.

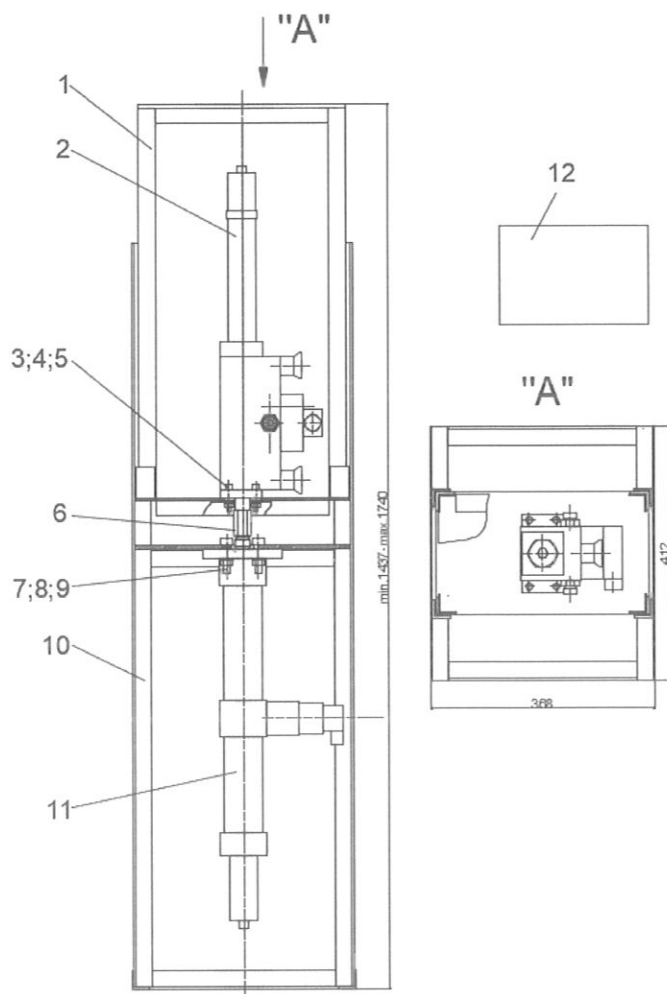


Fig.4: Stand testare compensator de valuri; desen de ansamblu-montaj model funcțional stand executat.

Față de soluția brevetată modelul funcțional de stand executat a suferit următoarele transformări / simplificări:

- cele două sănii mobile cu role, deplasabile pe căi de rulare din țevi pătrate calibrate, conform soluției brevetate, au fost înlocuite cu un ansamblu mobil din cornier, poz.1, deplasabil în interiorul unui ansamblu fix, poz.10, tot din cornier;
- cei doi cilindri, prevăzuți fiecare cu câte un traductor de cursă și comandați prin câte un distribuitor proporțional, conform soluției brevetate, au fost înlocuiți cu doi servocilindri, la care traductorul de cursă și servovalvă sunt încorporate, respectiv servocilindrul Parker, cu  $\text{Ø}60/\text{Ø}25,4/150$ , poz.11, care simulează mișcarea valurilor și servocilindrul Moog poz.2, cu  $\text{Ø}60/\text{Ø}25/150$ , care simulează dinamica componentei active a unui compensator hibrid de valuri;
- tijele celor doi servocilindri au fost cuplate între ele prin intermediul unei piese de legătură, poz.6 și a unor șuruburi, piulițe și șaibe plate, poz.3,4,5, respectiv poz.7,8,9;

- în locul calculatorului de proces din soluția brevetabilă s-a utilizat un automat programabil, amplasat în dulapul electric și de comandă, poz.12.

După realizarea fizică a standului, acesta s-a recordat la un grup de pompare după care s-a trecut la *testarea sa*. Testele s-au efectuat la o presiune constantă de probare de 30 bar, un debit de 60 l/ min și o tensiune de alimentare a servovalvelor de -10...+10 V.

Testele experimentale au constat în:

- *generarea unor semnale* sinusoidale, (cu amplitudini și frecvențe constante), triunghiulare, dreptunghiulare, sinusoidale variabile pentru servocilindrul de simulare valuri, cu amplitudini maxime de  $\pm 60$  mm și frecvențe de 0,01...0,04 Hz;
- *urmărirea răspunsului* servocilindrului activ al compensatorului hibrid de valuri la semnale sinusoidale cu amplitudine de  $\pm 60$  mm și frecvențe de 0,01...0,04 Hz, generate de servocilindrul de simulare valuri.

Răspunsurile servocilindrului activ al compensatorului hibrid de valuri la semnale sinusoidale de excitație constante sau variabile sunt prezentate în fig.5, respectiv fig.6.

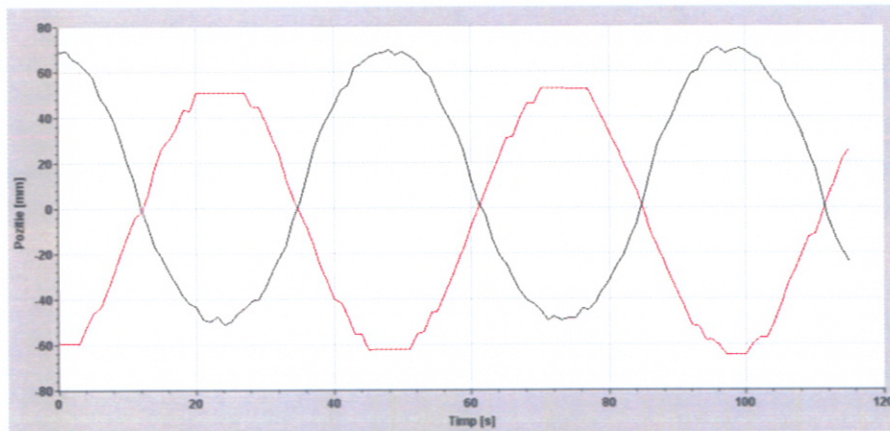


Fig.5: Răspunsul servocilindrului activ al compensatorului de valuri (roșu) la perturbația servocilindrului de simulare valuri (negru), care este excitat cu un semnal sinusoidal cu frecvență de 20 mHz.

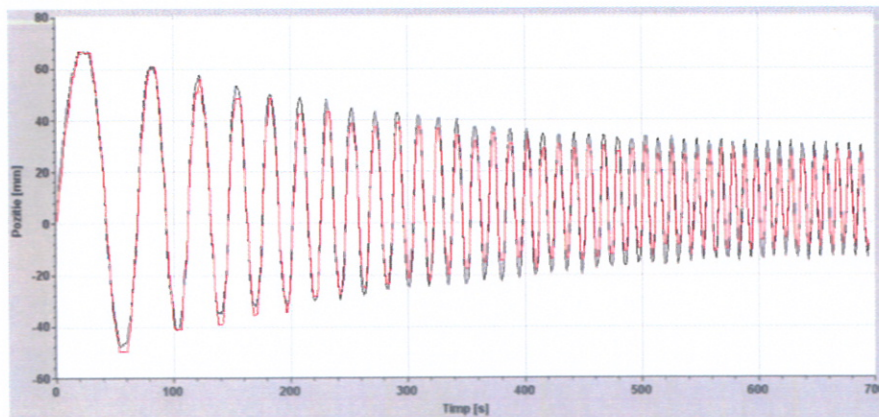


Fig.6: Răspunsul servocilindrului activ al compensatorului de valuri (roșu) la perturbația servocilindrului de simulare valuri (negru), care este excitat cu un semnal sinusoidal cu frecvență variabilă de 10...100 mHz.



În fig.5 se observă dinamica servocilindrului activ al compensatorului de valuri, atunci când la intrarea servocilindrului de simulare valuri se aplică un semnal sinusoidal constant, cu frecvență de 20 mHz și amplitudine de 120 mm. În fig.6 se observă dinamica servocilindrului activ al compensatorului de valuri, atunci când la intrarea servocilindrului de simulare valuri se aplică un semnal sinusoidal variabil, cu frecvență de 10...100 mHz și amplitudine de 115...34 mm. Cele două încercări au durat 115, respectiv 694 secunde.

S-a constatat experimental că în intervalul de stabilitate pentru dinamica servocilindrului activ al compensatorului de valuri, cuprins în domeniul de frecvențe 10...40 mHz, timpul de răspuns la excitația servocilindrului de simulare a valurilor este cuprins în intervalul 10...120 ms.

### **Punerea în evidență a modului de valorificare și a rezultatelor cecului de inovare**

**Rezultatele acestui proiect au fost valorificate** prin realizarea unui stand modern, capabil să simuleze mișcarea valurilor maritime și să testeze performanțele dinamice ale componentei active din cadrul compensatoarelor hibride de valuri.

Standul va permite beneficiarului acestui proiect *să-și îmbunătățească cifra de afaceri prin posibile noi activități* desfășurate pe două direcții, respectiv:

- realizarea unor *demonstrații practice* de funcționare a standului de testare servocilindru activ compensatoare de valuri, în fața unor beneficiari de macarale plutitoare și instalații de foraj marin, interesați în *reparația și mentenanța mașinilor / componentelor hidraulice din structura compensatoarelor active de valuri* (pompe, cilindri, servocilindri, distribuitoare proporționale, servovalve);
- determinarea pe stand a opțiunilor avantajoase din punct de vedere funcțional în alegerea sistemului hidraulic de acționare și comandă a compensatoarelor active de valuri (sursă de debit, distribuție cu proporțional sau servovalvă, tipul de servocontroler) pentru a obține o *abatere minima a poziției sarcinii față de poziția de "nivel zero"*.

**Rezultatele proiectului s-au materializat** prin: realizarea, punerea în funcțiune și testarea unui *produs nou*, cu *documentație tehnică de execuție, fișă tehnică și manual de utilizare*; realizarea unei *proceduri de testare*, pe standul realizat, a componentei active a compensatoarelor hibride de valuri; publicarea a *două articole* cotate în BDI; depunerea unei cereri de brevet la OSIM.

### **Gradul de realizare a rezultatelor estimate în ofertă**

Toate livrabilele estimate în ofertă , respectiv **1** stand, **1** documentație la nivel de model funcțional pentru stand, **1** metodologie de testare, **1** raport de încercare, **1** manual de utilizare

a produsului, 1 fișă tehnică de produs, 2 articole în reviste indexate BDI, 1 cerere de brevet, au fost realizate în proporție de 100%.

**Raportare indicatorii de stare și de progres realizați:**

**Au fost realizați toți indicatorii de stare urmăriți**, în concordanță cu obiectivele specifice ale proiectului, respectiv materializarea ideii dezvoltării unui produs inovativ, destinat menținerii la punct fix a sarcinii macaralelor plutitoare, indiferent de mișcările sus-jos ale platformei plutitoare pe care este montată macaraua. În acest sens s-a realizat un model funcțional de stand pe care se poate simula mișcarea valurilor și urmări dinamica componentei active a compensatoarelor hibride de valuri. Soluția inovativă constă în folosirea forței hidraulice, într-un sistem de reglare automată în buclă închisă, în scopul stabilizării sarcinilor manevrate de macaralele plutitoare. Noul produs s-a realizat prin efectuarea unor activități de: proiectare, execuție și experimentare; elaborare a documentației de execuție pentru modelul funcțional de „compensator de valuri”; execuția modelului; experimentarea modelului.

**Au fost realizați toți indicatorii de progres urmăriți**, în concordanță cu obiectivele specifice ale proiectului, respectiv: elaborarea unei cereri de brevet de invenție pentru produsul realizat, care conține revendicări specifice sistemelor active de compensare a valurilor; realizarea documentației de execuție a modelului funcțional; elaborarea manualului de utilizare a standului; publicarea a 2 articole în reviste de specialitate.

**Contractor - Furnizor de servicii**

INOE 2000-IHP București

**Director general**

Reprezentant legal

dr.ing. Cătălin Dumitrescu

Semnătura

Ștampila



**Contabil Șef**

ec. Ecaterina Gheorghe

Semnătura

**Responsabil Proiect**

dr.ing. Petrin Drumea

Semnătura

**Avizat,**

**Contractor – Beneficiar**

LYRA HYDRAULICS

CONSULTING S.R.L.

**Director general**

Reprezentant legal

drd.ing. Mihail Petrache

Semnătura

Ștampila



**Contabil Șef**

ec. Oana Andrei

Semnătura

**Responsabil Proiect**

drd.ing. Mihail Petrache

Semnătura