

RIDICAREA CARACTERISTICILOR LA MAȘINILE DINAMOMETRICE HIDRAULICE DE CUPLU RIDICAT 3.500÷20.000 Nm

Constantin Chiriță*, Petru Cârlescu**,
Adrian Hanganu*, Corneliu Comăneci*,
Laurențiu Damian*, Daniel Calfa*

Abstract: This paper present some of the authors' research results connected by on-line computer assisted working process monitoring on MDH.700.15000 hydraulic wrench concerning the evolution of pressure in cylinder wrench and cylinder from fixure versus time, and off-line computer data processing (pressure versus time, torque during working). The research is focused on hydraulic wrench behaviour during hydraulic loading, pressure measurement and torque calculation for calibration.

INTRODUCERE

În domeniul acționărilor hidraulice, o importanță deosebită se acordă concentrării de forță pe unitatea de masă a echipamentelor tehnologice. De asemenea, modularizarea subsistemelor hidraulice de generare a energiei de presiune, a subsistemelor de transfer energetic și de acționare, conduce la implementarea în diverse sectoare economice a sistemelor flexibile, printre acestea regăsindu-se și mașinile hidraulice dinamometrice. Mașinile hidraulice dinamometrice pot fi considerate ca parte integrantă prin utilitatea lor în ansamblările filetate M16÷M120, la valori de cuplu cuprinse între 3.500 și 20.000 [Nm]. Cuplul maxim asigurat de diverse tipuri de acționări se prezintă după cum urmează: chei dinamometrice cu acționare manuală (5÷2.500 Nm), cu acționare pneumatică (100÷3.500 Nm), cu acționare electrică (500÷5000 Nm) și cu acționare hidraulică (1.000÷20.000 Nm).

Echipamentele supuse cercetării în cadrul PNCDI [8] ale HYDRAMOLD prin colaborare cu DISAHP sunt: mașina hidraulică dinamometrică de cuplu maxim 15.000 [Nm] și unitatea de acționare hidraulică de 700 [bar] [7]. Demersul de cercetare propus a fost concretizat prin facilitățile și aparatura de automatizare și control pusă la dispoziție de DISAHP.

ANALIZA MIJLOACELOR DE CERCETARE

Descriere echipament tehnologic

Mașina hidraulică dinamometrică MDH-700.1500

(1500 daNm cuplu) cu adaptor dublu hexagonal HCAI-1500.80, precizie 3%, utilizată la stângerea și desfacerea ansamblărilor filetate M80 este acționată de o unitate de acționare hidraulică cu motor electric (700 bar) cu multiplicator de presiune produs de S.C. Hydramold S.R.L, Iași, România [1], [7].

Mașina hidraulică dinamometrică este compusă din corpul mașinii ce are montat un cilindru hidraulic care prin intermediul pistonului acționează un dispozitiv culisant cu clichet, iar prin intermediul roții de antrenare cu legătura la adaptorul tubular se poate monta pe piulița ce urmează a fi strânsă sau desfăcută (Figura 1).

Acționarea cilindrului hidraulic a mașinii dinamometrice se realizează de la o unitate de acționare hidraulică HUEH -700.010.01 AD prin intermediul setului de furtune hidraulice flexibile tip HFHP-700.

Tabel 1. Caracteristicile mașinii hidraulice dinamometrice HCHD-700.1500 cu adaptor HCAI-1500.80 [2], [8]

Deschiderea la cheie [mm]	80
Cuplu maxim recomandat [daNm]	740
Presiune maximă în camera activă a cilindrului [bar]	700

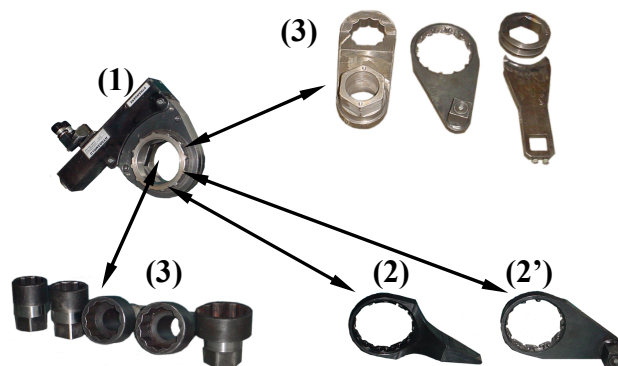


Figura 1. Mașină dinamometrică hidraulică [3]

Tabel 2. Elemente componente mașină dinamometrică hidraulică [3], [8]

Poziția	Denumire	Observații
1	Mașină dinamometrică hidraulică	Varianta de bază
2	Braț de reacție anticuplu	Varianta de bază
2'	Braț de reacție	Opțional, necesar în cazul piulițelor îngropate
3	Adaptori tubulari dublu hexagonali	La alegere
4	Mecanism de amplificare a cuplului	Opțional, disponibil doar pentru varianta HCHD-700.1500

* S.C. Hydramold S.R.L

** Departamentul Ingineria Sistemelor de Acționare Hidraulică și Pneumatică DISAHP – Universitatea Tehnică “Gh. Asachi” Iași

Unitatea de acționare hidraulică 700 bar cu acționare electrică se constituie drept sursă hidraulică generatoare de ulei hidraulic sub presiune înaltă pentru alimentarea cilindrilor hidraulici cu simplă sau dublă acțiune din structura unor echipamente, dispozitive sau instalații hidraulice ce funcționează cu debite relativ mici și presiune de lucru de până la 700 bar. Unitatea de acționare hidraulică-700 bar HUEH.700.010.01 AD varianta electrohidraulică, utilizată în procesul de experiment este compusă din următoarele echipamente: electropompă, multiplicator hidraulic, rezervor hidraulic, panou electric (Figura 2) [4], [7].

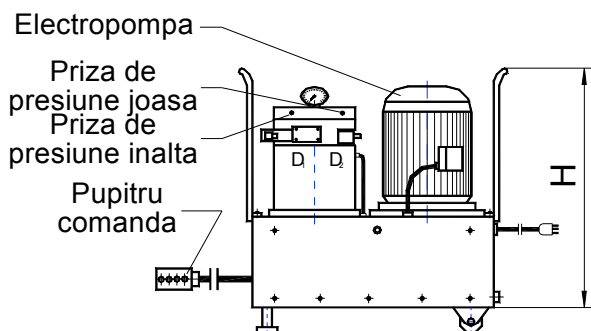


Figura 2. Unitate de acționare hidraulică cu acționare electrică 700 bar

În prima etapă a cercetării s-a intenționat realizarea monitorizării presiunii hidraulice la nivelul cilindrului hidraulic al mașinii dinamometrice și la nivelul cilindrului hidraulic a dispozitivului de testat mașini dinamometrice, raportat la timp, în cursul unui ciclu complet de lucru (Figura 3).

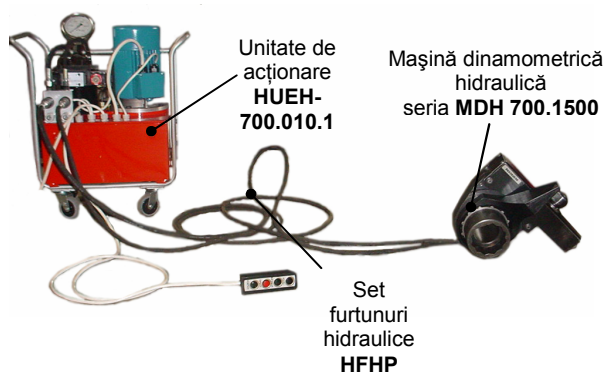


Figura 3. Ansamblul mașină hidraulică dinamometrică unitate de acționare hidraulică cu motor electric

Unitatea de acționare hidraulică de presiune transmite energia prin intermediul fluidului hidraulic către cilindrul hidraulic al mașinii dinamometrice care începe strângerea piuliței (șurub M80) prin deplasarea culisei și rotirea adaptorului dublu hexagonal montat în capul piuliței. Strângerea piuliței se realizează secvențial pe pasul roții de clichet [5].

Cilindrul hidraulic al dispozitivului de testare este alimentat inițial cu ulei hidraulic H46EP prin

intermediul unei pompe hidraulice de picior HPHP-700.010 [700 bar] astfel încât comparatorul să nu indice nici o deplasare a suportului oscilant existent pe dispozitivul de testat mașini dinamometrice.

În timpul ciclului de lucru (mișcare de avans, strângerea piuliței de lucru) se înregistrează cei doi parametri importanți – presiunea în camera superioară a cilindrului hidraulic de la mașina dinamometrică și suprapresiunea care se creează în cilindrul hidraulic a dispozitivului de testare prin rotirea unui șurub ce acționează asupra pistonului până când apare deplasarea suportului oscilant. În timpul procesului se utilizează un sistem de achiziție de date.

Mijloacele de automatizare pentru testele propuse sunt: 1- traductor de presiune; 2- traductor de presiune, 3, 4- unități de afișare digitală, 5- osciloscop digital cu două canale PICO 212 - A pentru presiune cilindrul hidraulic la mașina dinamometrică și B pentru presiune cilindrul hidraulic dispozitiv de testat mașini dinamometrice (Figura 4).

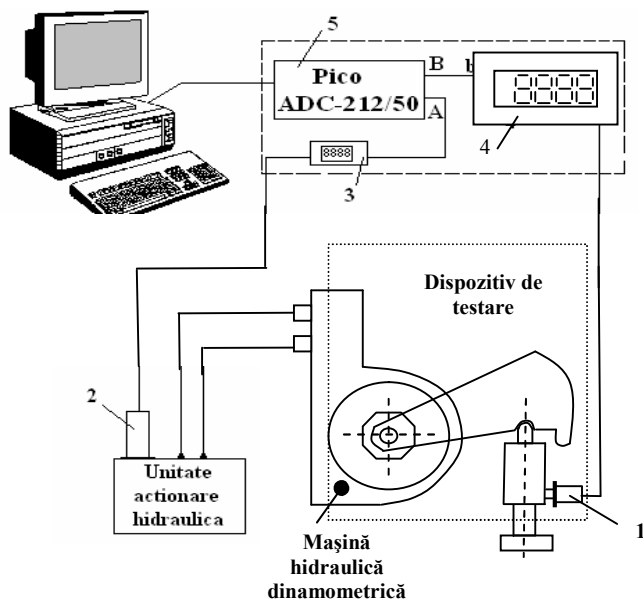


Figura 4. Schema de automatizare și achiziție date a standului mașină hidraulică dinamometrică – unitate de acționare hidraulică

Pentru măsurarea presiunii la nivelul unității ce alimentează mașina dinamometrică este utilizat un traductor de presiune și un dispozitiv de condiționare a semnalului (HTP-1000, domeniul de măsură 0-1000 bar, precizie 0.1%) și unitate de afișare digitală (3). Pentru canalul B măsurarea presiunii la nivelul dispozitivului de testare în cilindrul hidraulic se realizează cu un traductor de presiune (HTP-400, domeniul de măsură 0-400 bar, precizie 0,1%) și unitate de afișare digitală (precizie 0,5%). Sistemul de achiziție de date constă dintr-un osciloscop ADC 212/50 Pico Technology (precizie 1%)-(5) și un calculator PC.

ETAPE ALE CERCETĂRII

Ținând cont de aria mare de utilizare a mașinilor hidraulice dinamometrice în acțiuni de montaj instalații, unde apar îmbinări filetate și mai cu seamă introducerea lor în practica uzuală pentru controlul precis al cuplului de strângere, este utilă cercetarea experimentală în vederea calibrării și omologării acestor mașini dinamometrice.

În studiul mașinilor hidraulice dinamometrice s-a recurs la încercări experimentale, urmărind mai multe etape:

1. Realizarea standului prin montajul mașinii dinamometrice hidraulice pe dispozitivul de testare cu piulița de test precum și al traductorilor de presiune, conexiunea furtunelor hidraulice și a cablurilor de achiziție între traductorii de presiune unitățile de afișaj, osciloscop respectiv calculator.
2. Încercarea mașinii dinamometrice prin introducerea presiunii în camera activă a cilindrului acesteia de la un panou de acționare hidraulică și introducerea presiunii la o anumită valoare în cilindrul hidraulic de pe dispozitivul de testare prin intermediul unei pompe hidraulice de picior astfel încât acul comparatorului să rămână pe poziția zero.
3. Achiziția digitală de date de la traductori de presiune. Achiziția de date se realizează pe canalul B pentru presiunea din cilindrul de pe dispozitivul de testare prin rotirea șurubului din capul cilindrului până când se observă o deplasare a suportului oscilant sesizată la comparator. Simultan pe canalul A se înregistrează presiunea la nivelul mașinii dinamometrice.
4. Prelucrarea datelor, trasarea diagramelor și interpretarea rezultatelor obținute [6].

Aceste etape sunt realizate cu unitatea de acționare hidraulică 700 bar varianta cu electromotor HUEH 700.010.01, pompă hidraulică de picior HPHP-700.010 [700 bar] și dispozitiv de testare mașini hidraulice dinamometrice HDTC-01.00, produse de firma Hydramold [3], [7], [8].

Analiza determinărilor obținute în urma încercărilor experimentale efectuate în corelație cu datele teoretice, conduc la o serie de concluzii utile pentru dezvoltări ulterioare cu îmbunătățiri constructive și de precizie în funcționare a mașinilor hidraulice dinamometrice.

REZULTATELE MONITORIZĂRII CICLULUI DE LUCRU

În timpul strângerii piuliței pe dispozitivul de testare unitatea de acționare hidraulică cu motor electric introduce presiune în mai multe trepte în camera superioară a cilindrului hidraulic ce aparține mașinii dinamometrice. Utilizând sistemul de achiziție de date ciclul de lucru poate

fi descris în 2D, evoluția traiectoriei parametrilor (presiune mașina dinamometrică [bar], presiune dispozitiv de testare [bar]), figura 5.

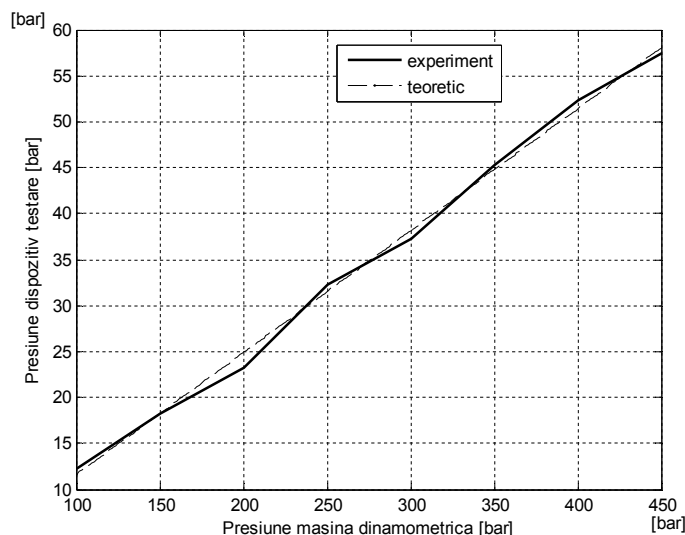


Figura 5. Presiunea la mașina dinamometrică raportată la presiunea pe cilindru hidraulic al dispozitivului de testare (traiectorie măsurată și traiectorie obținută teoretic).

Cu ajutorul indicatoarelor digitale de presiune se determină prin experiment presiunea pe cilindrul hidraulic al mașinii dinamometrice la diverse presiuni de lucru și momentul dezvoltat la aceste presiuni, figura 6.

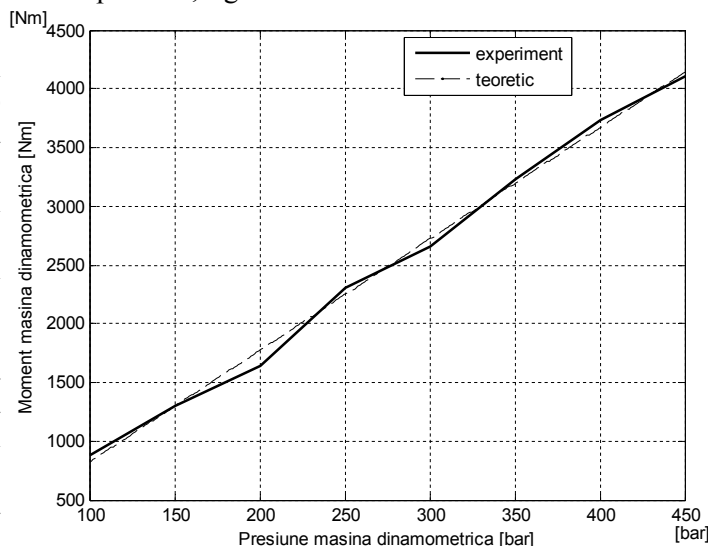


Figura 6. Presiunea la mașina dinamometrică raportată la momentul dezvoltat de mașina dinamometrică

Conform figurii 6, momentul rezultat în urma experimentului ce se situează peste valorile teoretice apare ca urmare a poziționării mașinii dinamometrice în timpul procesului de strângere cu modificări mici ale brațului prin rearanjarea sistemului mașină dinamometrică - adaptor hexagonal-piuliță test.

În determinarea momentului de cuplu al mașinii dinamometrice hidraulice pentru calibrare, s-au considerat două valori ale presiunii la mașina dinamometrică 350 [bar] respectiv 450 [bar]. La presiunea de 350 [bar] pe mașina dinamometrică, s-a măsurat la nivelul cilindrului hidraulic de pe dispozitivul de testare o presiune de 43,3 [bar].

Cilindrul hidraulic de pe dispozitiv este alimentat cu o pompă hidraulică de picior. În etapa a doua s-a trecut la creșterea presiunii în cilindrul hidraulic de pe dispozitivul de testare prin rotirea unui șurub, crescând în acest fel reacțiunea anticuplu pe mașina dinamometrică testată. Variațiile tensiunii preluate de pe traductorul de presiune (0-400 bar) la nivelul cilindrului hidraulic de pe dispozitivul de testare sunt prezentate în figura 7.

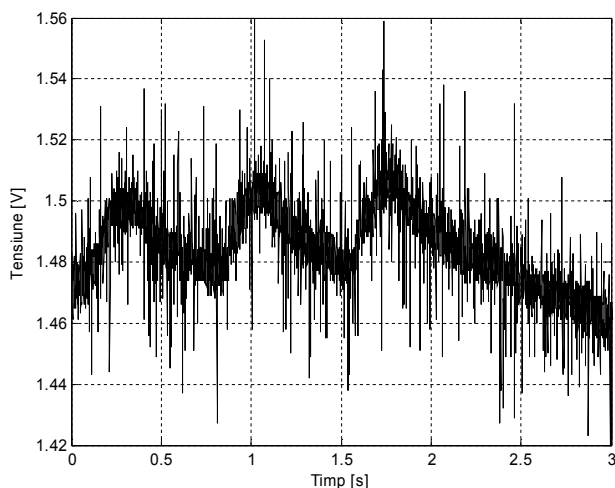


Figura 7. Semnal preluat de la traductorul de presiune (0-400 [bar], precizie 0,1%)

Pentru o interpretare cât mai corectă a semnalului fără a pierde din informațiile utile s-a recurs la o filtrare prin mediere, considerând primele 100 valori ca medie, prezentate conform figurii 8.

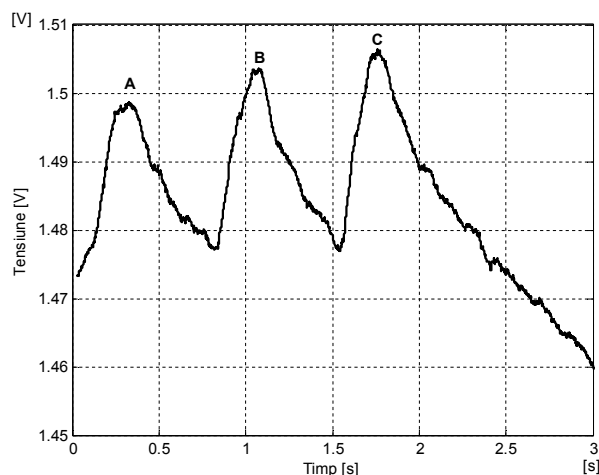


Figura 8. Semnal filtrat preluat de la traductorul de presiune (0-400 [bar], precizie 0.1%)

În figura 8 se observă apariția a trei maxime notate cu A, B, C care sunt interpretate prin creșterea presiunii în cilindrul hidraulic iar în zona de maxim suportul culisant se deplasează, fapt

observat cu ajutorul unui comparator montat pe dispozitivul de testare în contact cu suportul oscilant. Prima deplasare se observă în maximum A al curbei când prin rotirea șurubului se produce o creștere a presiunii în cilindrul hidraulic de pe dispozitivul de testare, prin aceasta fiind învinse și frecările care apar la nivelul cilindrului. Prin transformarea directă a tensiunii în presiune se obține caracteristica presiune timp la nivelul cilindrului hidraulic de pe dispozitivul de testare atunci când mașina hidraulică dinamometrică este la o presiune de 350 [bar], figura 9.

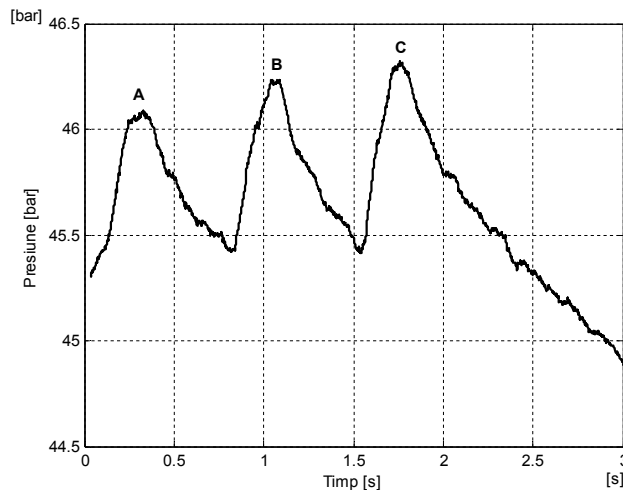


Figura 9. Caracteristica presiune-timp obținută pe cilindrul hidraulic de pe dispozitivul de testare

Căderea de presiune din maximum A se explică prin pierderile din cilindrul hidraulic al standului ca urmare a momentului dezvoltat de mașina dinamometrică hidraulică ce tinde să învingă pentru scurt timp forța de reacție anticuplu.

Continuând rotirea șurubului se obține un nou maxim în punctul B respectiv C când se observă noi deplasări ale acului comparator. În cazul de față am considerat numai maximum obținut în punctul A când este detectată prima deplasare a acului comparator. Cunoscând valoarea tensiunii în punctul A, respectiv valoarea presiunii în acest punct (46,08 [bar]), se calculează valoarea forței ce acționează ca reacțiune asupra suportului oscilant obținând în acest fel momentul de strângere real dezvoltat de mașina dinamometrică hidraulică supusă testării.

Similar se procedează și pentru o presiune de 450 [bar] la mașina dinamometrică.

Semnalul preluat de pe traductorul de presiune (0-400 [bar]) la nivelul cilindrului hidraulic de pe dispozitivul de testare este prezentat în figura 10. Măsurând o presiune mai mare la mașina dinamometrică cu traductorul de 0-1000 [bar] (precizie 0,1%) se pune în evidență o creștere a valorilor tensiunilor măsurate cu traductorul la nivelul dispozitivului de testare. Semnalul obținut la traductorul de presiune pe mașina dinamometrică este prezentat ca valoare, întrucât aceasta rămâne constantă pe parcursul celor 3

secunde cât are loc achiziția pe traductorul 0-400 [bar], tabelul 3.

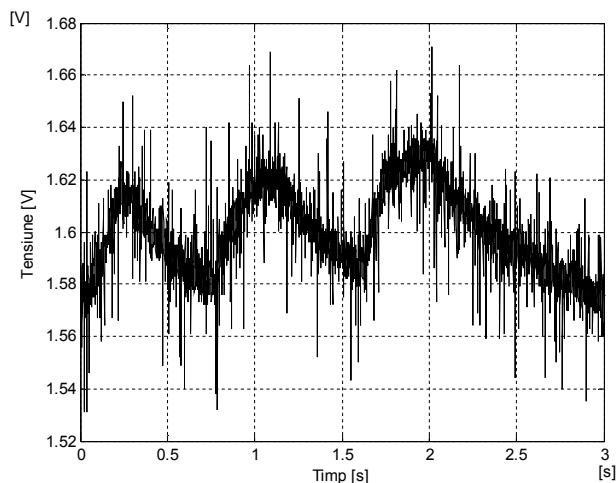


Figura 10. Semnal preluat de la traductor de presiune (0-400 [bar], precizie 0.1%)

Filtrarea semnalului se realizează prin medierea primelor 100 valori astfel încât să nu se piardă din informațiile utile, figura 11.

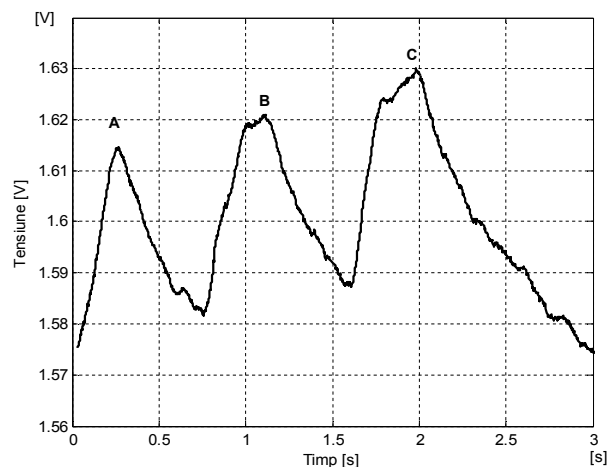


Figura 11. Semnal filtrat preluat de la traductorul de presiune (0-400 [bar], precizie 0.1%)

Spre deosebire de maximele A, B și C obținute la 350 [bar], la presiunea de 450 [bar] la cheia dinamometrică, apar diferențieri valorice la maximele A, B, C. Intervalele de timp sunt apropiate, excepție făcând punctul de maxim din C, figura 11.

Prin conversia tensiunii în presiune, se obține caracteristica presiune timp la nivelul cilindrului hidraulic de pe dispozitivul de testare atunci când mașina hidraulică dinamometrică este la o presiune de 450 [bar], figura 12.

Conform figurii 12 se observă cele trei maxime ale presiunii A, B respectiv C cu valori mai crescute (59,02; 59,25 respectiv 59,58) comparativ cu valorile maximelor din figura 9.

La o valoare a presiunii în maximum din punctul A se observă prima deplasare a suportului oscilant de pe dispozitivul de testare indicată prin deplasarea acului comparatorului, forța dezvoltată

învîngând momentul de torsiune dat de mașina dinamometrică.

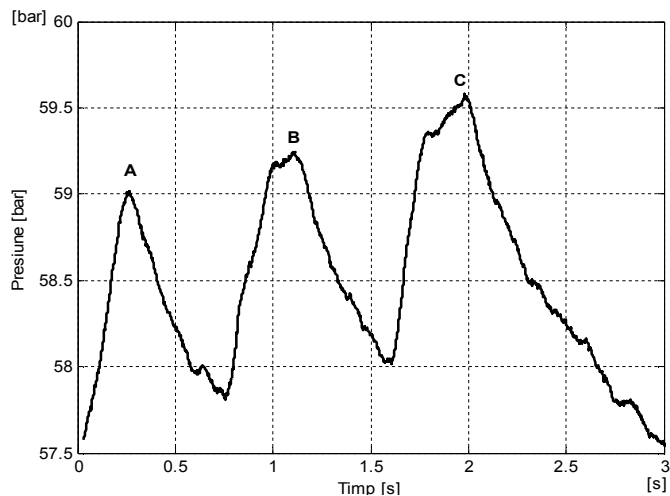


Figura 12. Caracteristica presiune-timp obținută pe cilindrul hidraulic de pe dispozitivul de testare

Datele experimentale și cele calculate pentru valori ale presiunilor de 350 [bar] și 450 [bar] sunt conform tabelului 3.

Tabel 3. Valori ale presiunii, forței, momentului de torsiune și tensiunile corespunzătoare măsurate de traductorii de presiune

Presiune măsurată la mașina dinamometrică [bar]	350	450
Tensiune măsurată la traductorul de presiune (0-1000 [bar]) [V]	2,323	2,722
Moment de torsiune calculat la mașina dinamometrică [Nm]	3.234	4.105
Presiune măsurată cu traductorul de presiune (0-400 [bar]) [bar]	45,3	57,5
Tensiune măsurată la traductorul de presiune (0-400 [bar]) în punctul de maxim A [V]	1,473	1,573
Forța de reacție dezvoltată inițial de cilindrul hidraulic de pe dispozitivul de testare [N]	12.683	16.100
Tensiune măsurată la traductorul de presiune (0-400 [bar]) în punctul de maxim A [V]	1,499	1,615
Presiune măsurată cu traductorul de presiune (0-400 [bar]) în punctul de maxim A	46,08	59
Forța de reacție dezvoltată de cilindrul hidraulic de pe dispozitivul de testare în punctul de maxim A [N]	12.902	16.529
Moment de torsiune obținut la mașina dinamometrică [Nm]	3.290	4.215

Momentul de torsiune calculat cu un braț $b = 0,255$ [m], este mai mic valoric față de momentul de torsiune obținut. Aceasta se explică prin faptul

că brațul b în timpul funcționării variază în anumite limite, prin elasticitatea constructivă a corpului mașinii dinamometrice și chiar prin abaterile geometrice de la cota nominală a pistonului și brațului.

CONCLUZII

Rezultatele prezentate arată utilitatea monitorizării performanțelor mașinilor hidraulice dinamometrice prin achiziția de date cu ajutorul calculatorului, pentru dezvoltări ulterioare ale acestor mașini și calibrarea lor.

Se impune luarea în considerare a posibilităților de control a parametrilor constructivi a mașinilor dinamometrice, în special abaterile la pistonul cilindrului hidraulic și brațul.

De asemenea prin achiziția de date direct de pe echipamentul hidraulic, se oferă beneficiarului informațiile optime corespunzătoare momentului de strângere la ansamblările filetate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] CHIRIȚĂ, C. ș.a. Brevet de invenție Nr. A20000475, RO 2000. *Dispozitiv pentru strângerea-desfacerea asamblărilor filetate*. Hydramold, Iași, RO.
- [2] *** SC HYDRAMOLD SRL, *Carte tehnică – chei hidraulice dinamometrice, cod HCHD-700.xxxx*, 2004.
- [3] *** SC HYDRAMOLD SRL *Catalog firma*, 2005.
- [4] CHIRIȚĂ, C., HANGANU, A., PLUGARU, C. I. *Unitate de acționare hidraulică autonomă*. În: Hidraulica. Buletin informativ. Nr. 4. București, Editat de Institutul de Cercetări pentru Hidraulică și Pneumatică, 1997, pp. 30-32.
- [5] CHIRIȚĂ, C. *Acționări electrohidraulice.*, Editura SATYA, Iași, 2000.
- [6] HORODINCA, M. *Introducere în tehnica prelucrării informației.*, Editura Tehnopress, Iasi, 2003.
- [7] Contract Nr. 4-2001 PROGRAM –INVENT.
- [8] Contract Nr. 93-2003 PROGRAM –INVENT.