

CONSIDERATIONS ON THE DETERMINATION OF SONIC PRESSURE IN TRANSMISSION SYSTEMS WITH SINGLE-PHASE ASYNCHRONOUS ALTERNATING FLOW, AT IDLE

CONSIDERAȚII ASUPRA DETERMINĂRII PRESIUNII SONICE ÎN SISTEMELE DE TRANSMISIE MONOFAZATE ASINCRONE CU DEBITE ALTERNANTE, LA MERS ÎN GOL

Ioana DENES-POP

Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Materials and Environmental Engineering, Department Environmental Engineering and Sustainable Development Entrepreneurship, 103-105 Muncii Ave, Cluj-Napoca, Romania

Abstract: Studies on sonics were taken first to the Technical University of Cluj-Napoca by a team of researchers which took part the author of the paper. Based on the ideas of the great Romanian inventor Gogu Constantinescu, founder of "sonics", for more than a decade, this team from the Faculty of Mechanical Engineering was the first in Romania to systematically address issues related to power transmission by pressure waves and issues related to synchronous rotative sonic engines and asynchronous three-phase sonic engines. Since the existing literature in this field was extremely low in the opening of investigations, it all started with understanding the phenomenology involved [1], [2] and "translate" the terms used by the inventor of this science in terms of hydraulics, leading gradually to achievement of a complex stand that can be studied various aspects of sonic drives with one, two and three phases.

Keywords: experimental research, stroke generator, sonic engines, transmission systems, sonicity.

1. Introduction

Starting from the idea that in Romania researches made in the sonics are limited and phenomena behind this concept are little known and understood, the author conducted several extensive experimental research that focused on achieving step-by-step "sonic engines" with synchronous or asynchronous operation under single-phase regime or two-phase asymmetric regime actuation, having regard to different races of the sonic generator pistons.

This paper considers the study of an asynchronous single-phase transmission system

Rezumat: Studiul asupra sonicității au fost întreprinse pentru prima dată în cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca de o echipă de cercetători din care a făcut parte și autoarea lucrării. Pornind de la ideile marelui inventator român Gogu Constantinescu, întemeietorul "sonicității", timp de mai bine de un deceniu, acest colectiv din cadrul Facultății de Construcții de Mașini a fost primul din România care a abordat sistematic aspecte legate de transmisia puterii prin unde de presiune precum și probleme legate de motoarele sonice rotative sincrone și asincrone trifazice. Deoarece literatura existentă în domeniu era extrem de redusă în momentul demarării cercetărilor, totul a început cu înțelegerea fenomenologiei implicate [1], [2] și "traducerea" termenilor folosiți de inventatorul acestei științe în termeni hidraulici, ajungându-se treptat la realizarea unui stand complex prin care să poată fi studiate diverse aspecte legate de acționările sonice mono, bi și trifazice.

Cuvinte cheie: cercetări experimentale, cursă generator, motoare sonice, sistem de transmisie, sonicitate.

1. Introducere

Pornind de la ideea că în România cercetările făcute în domeniul sonicității sunt limitate și fenomenele care stau în spatele acestui concept sunt prea puțin cunoscute și înțelese, autoarea a realizat un număr amplu de cercetări experimentale care au vizat obținerea unor "motoare sonice" pas cu pas, cu funcționare sincronă, respectiv asincronă, cu acționare în regim monofazic, respectiv bifazic cu faze asimetrice, având în vedere curse diferite ale pistoanelor generatorului sonic.

Lucrarea de față are în vedere studiul unui sistem de transmisie monofazat asincron cu debite

with alternating flow at idle for a generator stroke of 10 mm without-or-with balancing phase.

2. Materials and methods

The monophasic system of transmission may be transformed into a biphasic one if is necessary, and is composed of an electronic variable speed, a polyphased alternating hydraulic generator flow rates, a synchronous motor, another one asynchronous and connection pipes (phase) in which is ensures a bidirectional movement of oil between them.

The stand allows continuous or discontinuous frequency varying of the input signal by changing the engine speed electric actuator in 0-50 Hz. Its nominal power is 2.2 KW. For research we refer to herein using a three-phase AC electric motor whose speed can be altered by means of a frequency converter LS600-4003 three-phase AC. The inverter operates at 380V and is produced by IGBT Taiwan under license of SGS England. The generator [3] used in the experimental stand is one with axial pistons, fixed port block and adjustable inclined disc. Its construction characteristics are:

- Number of buckets: 9;
- Maximum number of phrases: 9;
- Variable speed: 0 ± 4000 rev / min;
- Pistons diameter: $\phi 12$ mm;
- Adjustable piston stroke 0 ± 20 mm;
- A piston displacement: $0 \div 1.1$ cm³;
- Inclination of the fulant disc: $0 \div 20^\circ$

The engine used in the hydraulic research is a biphasic one with alternating flow [4] constructed so it can use the flow rates and harmonic pressures that generator provided and allowing the monitoring of many operating parameters. The engine can convert hydraulic energy, flow rates and alternating pressures supplied by generator [6] into mechanical energy through a group of three hydraulic linear motors with bilateral rod, double actuated, which may act out of phase, multiplying proportionally the number of steps obtained.

The rotation of the motor shaft is obtained by converting the oscillatory motion of the pistons of the hydraulic cylinders as a result of alternative drive wheel mounted on it. The rotation movement is transmitted from the wheels to the shaft by the means of coupling valve mounted inside them. [3], [5]. The presence of one-way clutches as an intermediary step between pinion and motor shaft

alternante, la mers în gol, pentru o cursă de 10 mm a generatorului, fără/cu echilibrare de fază.

2. Materiale și metode

Sistemul de transmisie monofazic, poate fi transformat într-unul bifazic la nevoie, și este compus dintr-un variator electronic de turație, un generator hidraulic polifazic cu debite alternante, un motor sincron, unul asincron și conductele de legătură (de fază) prin care se asigură o mișcare bidirecțională a uleiului între acestea.

Standul permite varierea continuă sau discontinuă a frecvenței semnalului de intrare prin modificarea turației motorului electric de acționare în domeniul 0-50 Hz. Puterea nominală a acestuia este de 2,2 KW. Pentru cercetările la care ne referim în prezenta lucrare s-a folosit un motor electric de curent alternativ trifazic a cărui turație poate fi modificată prin intermediul unui convertizor de frecvență LS600-4003 de curent alternativ trifazic. Convertizorul funcționează la 380V fiind produs de IGBT Taiwan sub licență SGS Anglia. Generatorul [3] utilizat în cadrul standului experimental este unul cu pistonase axiale, cu bloc port pistoane fix și disc reglabil înclinat. Caracteristicile constructive ale acestuia sunt următoarele:

- număr de pistoane: 9;
- număr maxim de faze: 9;
- turație reglabilă: 0 ± 4000 rot/min;
- diametrul pistoanelor: $\phi 12$ mm;
- cursă pistoane reglabilă: 0 ± 20 mm;
- deplasamentul pentru un piston: $0 \div 1,1$ cm³;
- unghi de înclinare a discului fulant: $0 \div 20^\circ$

Motorul folosit în cadrul cercetărilor este unul hidraulic bifazic cu debite alternante [4] astfel construit încât poate utiliza debitele și presiunile armonice furnizate de generator permițând monitorizarea a cât mai mulți parametri funcționali. Motorul poate converti energia hidraulică, debitele și presiunile alternante furnizate de generator [6] în energie mecanică printr-un grup de trei motoare hidraulice liniare cu tijă bilaterală, dublu acționate, care pot acționa defazat, multiplicându-se în mod proporțional numărul de pași obținut.

Mișcarea de rotație a arborelui motorului se obține prin conversia mișcării oscilatorii a pistoanelor cilindrilor hidraulici în urma acționării alternative a roților montate pe acesta. Mișcarea de rotație se transmite dinspre roți spre arbore prin intermediul unor cuplaje unisens montate în interiorul acestora. [3], [5]. Prezența cuplajelor unisens ca intermediar între pinion și arborele

causes unidirectional rotation of the motor shaft, regardless of the rotational direction of the drive generator shaft.

The returning of the wheels or couplings in the original position is ensured by springs and compressibility and expansion of a fluid column. Generator-motor system can run both synchronous and asynchronous regime. When operating under asynchronous mode, the movement is down-converted, without using a mechanical system for this purpose.

The acquisition, registration and processing system consists of proximity sensors, pressure sensors, the displacement transducer and also the data acquisition board type DAQPad-1200, the computing system and PC software for recording-processing of the acquired data. Voltage signals were taken by an acquisition board and processed using National Instruments LabView software.

3. Results and Discussion

Among the many cases that can be analyzed using the experimental stand, the work refers to two of them. First one is the case in which the transmission system is a single-phase asynchronous with alternating flow at idle, for a stroke of 10 mm at the generator, without balancing phase, and the second one is the same system but in the situation where phases are balanced.

motorului determină o mișcare de rotație unidirecțională a arborelui motorului, indiferent de sensul de antrenare a arborelui generatorului.

Readucerea roților, respectiv a cuplajelor în poziția inițială este asigurată prin arcuri și prin compresibilitatea și destinderea unei coloane de fluid. sistemul generator-motor poate funcționa atât în regim sincron cât și asincron. În cazul funcționării în regim asincron, mișcarea este demultiplicată, fără a se folosi un sistem mecanic în acest scop.

Sistemul de achiziție, înregistrare și prelucrare a datelor este format din senzori de proximitate, presiune, traductorul de deplasare dar și placa de achiziție date de tip DAQPad-1200, sistemul de calcul PC și software-ul de înregistrare-prelucrare a datelor achiziționate. Semnalele de tensiune au fost preluate de placa de achiziție și prelucrate cu ajutorul programului LabView produs de firma National Instruments.

3. Rezultate și discuții

Dintre multiplele cazuri care pot fi analizate cu ajutorul standului experimental, lucrarea se referă la două dintre acestea. Primul este cazul în care sistemul de transmisie este monofazat asincron cu debite alternante, la mers în gol, pentru o cursă de 10 mm a generatorului, fără echilibrare de fază, iar al doilea vizează același sistem dar în condițiile în care fazele sunt echilibrate.

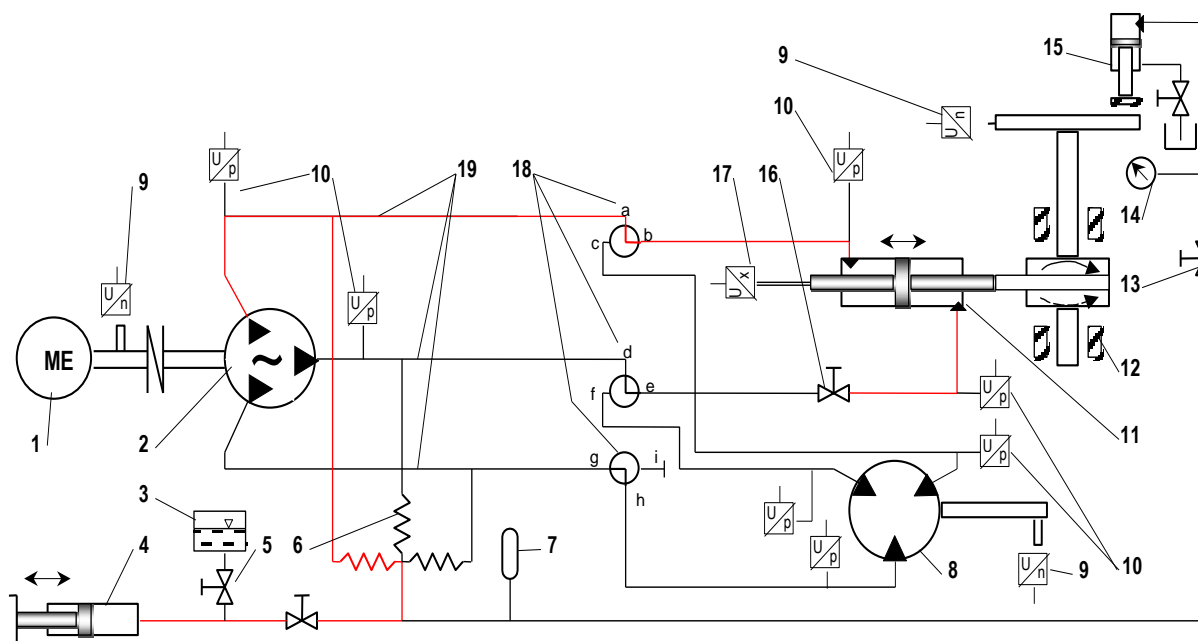


Figure 1. Scheme of the asynchronous phase transmission with alternating flow at idle.

In figure 1 the following notations have been made:

- 1 – Three-phase AC electric motor;
- 2 – Alternating flow generator;
- 3 – Tank clearing;
- 4 – Manual pump with screw;
- 5,13,16 – Valves for closing the inlet pipes;
- 6 – Hydraulic resistance;
- 7 – Hydraulic battery;
- 8 – Alternating rotary hydraulic motor;
- 9 – Proximity sensors;
- 10 – Pressure sensors;
- 11 – Angular steps converter;
- 12 – Brake system;
- 14 – Manometer;
- 15 –Hydraulic cylinder for brakes;
- 17 – Inductive displacement transducer;
- 18 – Phase inversion;
- 19 – Pipeline phase.

În figura 1 s-au făcut următoarele notații:

- 1 – Motor electric de curent alternativ;
- 2 – Generator de debite alternante;
- 3 – Rezervor de compensare;
- 4 – Pompă manuală cu șurub;
- 5,13,16 – Robineți pentru închiderea conductelor de alimentare;
- 6 – Rezistențe hidraulice;
- 7 – Acumulator hidraulic;
- 8 – Motor hidraulic rotativ alternant;
- 9 – Senzori de proximitate;
- 10 – Senzori de presiune;
- 11 – Convertor pași unghiulari;
- 12 – Sistem frânare;
- 14 – Manometru;
- 15 – Cilindru hidraulic pentru frânare;
- 17 – Traductor de deplasare inductiv;
- 18 – Inversoare de fază;
- 19 – Conducte de fază.

In the first case through a phase conductor of 10.5 m, there was achieved the connection of one phase of a generator drum hydraulic cylinder with one of the working chambers of the hydraulic engine, which we call room number one. The other room (room 2), was connected to another phase of the generator through a phase conductor of 11.13 m (figure 1) without balancing the generator phases. After processing of the experimental data from the sensors mounted in the system, there resulted primary histograms, with the shape shown in figures 2 and 3. These illustrate the pressure evolutions, the engine piston stroke amplitude and also the generator and engine speeds as corresponding to operation of the idle system.

În primul caz printr-o conductă de fază de 10.5 m s-a realizat legătura dintre un cilindru de fază a generatorului și una din camerele de lucru ale motorului hidraulic, pe care o vom numi camera 1. Cealaltă cameră a motorului (camera 2), a fost legată la o altă fază a generatorului prin intermediul unei conducte de fază de 11,13 m (figura 1) fără echilibrarea fazelor generatorului. După prelucrarea fișierelor de date experimentale provenite de la senzorii montați în sistem au rezultat histogramme primare, de forma celor prezentate în figurile 2 și 3. Acestea ilustrează evoluțiile presiunilor, a cursei pistonului motorului și ale turațiilor la generator și la motor în timp, corespunzătoare funcționării în gol a sistemului.

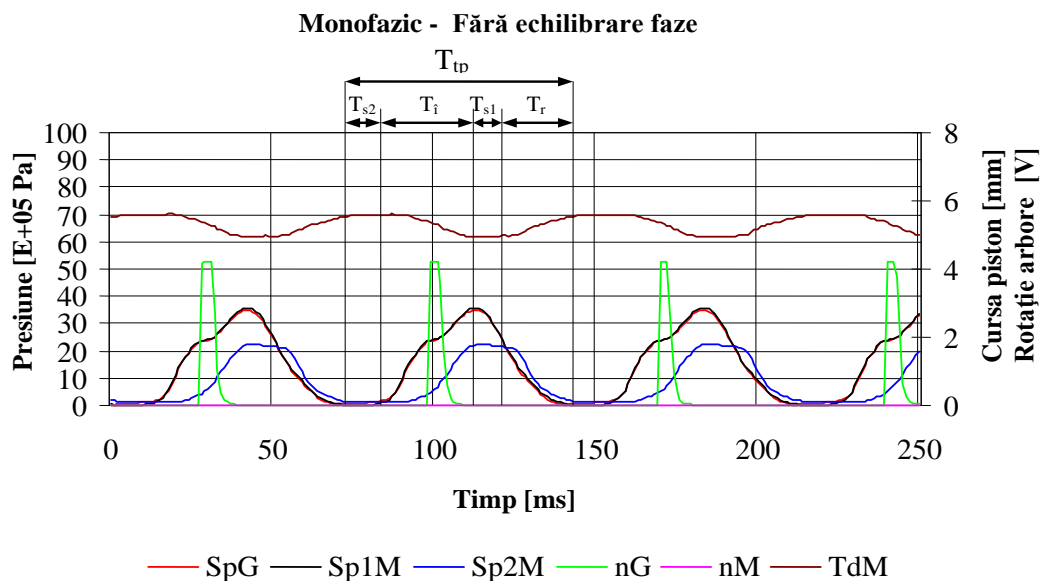


Figure 2. Evolution of pressures, stroke piston engine, revolution – time.

The chart from the figure 2 corresponds to the case of generator running without balancing phase, which is the case where the piston's return is achieved through the mean of fluid compressibility from the short pipe. In this situation, it appears that the pressure in the generator room evolves in phase with the pressure in the room number 1 of the engine.

In figure 2 the following notations have been made:

- T_{tp} = total time of a period
- T_i = time of advancing hydraulic engine
- T_{s1} = residence time to the end number one of the hydraulic motor
- T_{s2} = residence time to the end number two of the hydraulic motor
- T_r = withdrawal time of the hydraulic motor.

Also, the pressure from the chamber 2 of the hydraulic motor is out of phase as compared to the pressure from the generator chamber and to the chamber number 1 of the engine. Pressures from both engine rooms have a similar pattern, i.e. up and down almost simultaneously. This is explained by the fact that the pressure generator acts on only one of the engine room, thereby forcing the pressure in the chamber 2 to follow its evolution.

The displacement of the hydraulic engine follows the evolution of the pressure curves. Thus, in the time interval (T_i) in which the pressure from the engine room number one, respectively from the engine room number two are growing, the displacement histogram register a decreasing trend, which means that the hydraulic motor has moved in one direction.

Movement takes place to the end of its stroke, where stationary as long (T_{s1}) as the pressure from the engine chamber (number 1) is higher than the pressure of the second engine room. In the moment in which due to the pressure drop in chamber number one, the pressure in the chamber 2 becomes equal to this, the hydraulic motor starts to move again.

As long as the pressure from the second room of the engine is higher than in room number one (T_r), the motor moves in the opposite direction until the two pressure equals. Here is stationary (T_{s2}) until the pressure from the room number one of the engine is again higher than the one of the second room.

Diagrama din figura 2 corespunde cazului fără echilibrarea fazelor generatorului, deci cazul în care sursa de revenire a pistonului este asigurată de compresibilitatea lichidului din conducta scurtă. În această situație, se observă că presiunea din camera generatorului evoluează în fază cu cea din camera 1 a motorului

În figura 2 s-au făcut următoarele notații:

- T_{tp} = timpul total al unei perioade;
- T_i = timp de înaintare motor hydraulic;
- T_{s1} = timp de staționare la capăt 1 motor hydraulic;
- T_{s2} = timp de staționare la capăt 2 motor hydraulic;
- T_r = timp de retragere motor hidraulic.

De asemenea, presiunea din camera 2 a motorului hidraulic este defazată atât față de presiunea din camera generatorului, cât și față de cea din camera 1 a motorului. Presiunile din cele două camere ale motorului au o evoluție similară, adică cresc și scad aproape simultan. Acest lucru se explică datorită faptului că presiunea de la generator acționează doar asupra camerei 1 a motorului, forțând astfel presiunea din camera 2 să îi urmeze evoluția.

Deplasarea motorului hidraulic urmărește evoluția curbilor presiunilor. Astfel, în intervalul de timp (T_i) în care presiunile din camera 1 a motorului, respectiv din camera a doua cresc, histograma deplasării înregistrează o scădere, ceea ce înseamnă că motorul hidraulic s-a deplasat într-un sens.

Deplasarea are loc până la capătul cursei sale, unde staționează atâta timp (T_{s1}) cât presiunea din camera 1 a motorului este mai mare decât cea din camera 2 a sa. În momentul în care datorită scăderii presiunii din camera 1, presiunea din camera 2 devine egală cu aceasta, motorul hidraulic începe iar să se deplaseze.

Atâta timp cât presiunea din camera 2 a motorului se menține mai mare decât cea din camera 1 (T_r), motorul se deplasează în sens contrar până când cele două presiuni se egalează. Aici staționează (T_{s2}) până când presiunea din camera 1 a motorului redevine mai mare decât cea din camera 2 a sa. Atât T_{s1} cât și T_{s2} se înregistrează pe porțiunea orizontală a histogramei de deplasare.

Both T_{s1} and T_{s2} are recorded on the horizontal of the histogram. Once with the increasing of the frequency drive, downtime, retreat and advance decline. This can be seen in the histogram of the displacement shown in Fig. 3.

Odată cu creșterea frecvenței de acționare, timpii de staționare, retragere și înaintare scad. Acest lucru poate fi observat în histograma de deplasare prezentată în figura 3.

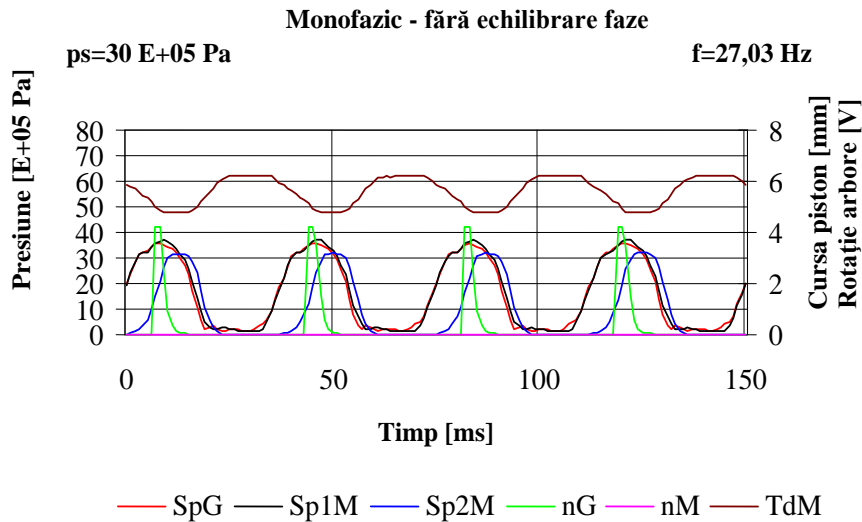


Figure 3. Evolution of pressures, stroke piston engine, revolution – time

If the generator phases are balanced and the generator frequency is 13.89 Hz, its pressure evolution can be seen in figure 4.

În cazul în care fazele generatorului sunt echilibrate și frecvența generatorului este de 13,89 Hz, evoluția presiunilor se poate vedea în figura 4.

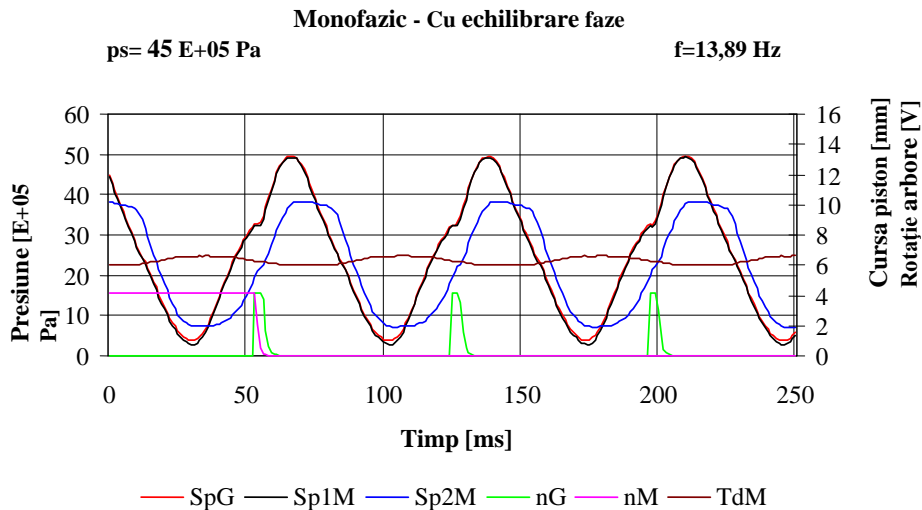


Figure 4. Evolution of pressures, stroke piston engine, revolution – time

The diagram from the figure 4 corresponds to the case in which the balancing of the generator phases has been done. Even in this case, it can be noted that the pressure in the generator chamber evaluates in phase with the one from the chamber no. 1 of the engine. Also, the pressure in the chamber 2 of the hydraulic motor is out of phase as compared to the pressure in the generator chamber and to the chamber 1 of the engine. Pressures from both engine rooms have a similar

Diagrama din figura 4 corespunde cazului în care s-a efectuat echilibrarea fazelor generatorului. Și în acest caz, se observă că presiunea din camera generatorului evoluează în fază cu cea din camera 1 a motorului. De asemenea, presiunea din camera 2 a motorului hidraulic este defazată atât față de presiunea din camera generatorului, cât și față de cea din camera 1 a motorului. Presiunile din cele două camere ale motorului au o evoluție similară, adică

pattern, i.e. up and down almost at once, and the curve of displacement transducer follows the evolution of the pressure curves.

The histogram analysis shows that the residence time T_{s2} is crashing, and is no longer visible because the pressure curves of phase 1 and 2 of the engine only intersect at one point, and T_{s1} increase.

As can be seen from the histograms presented, the pressures evolution to generator and motor can be viewed directly. However, other parameters such as engine speed and generator speed are obtained indirectly by reporting at time the voltage signals from the proximity sensors, which indicates an extreme position of the pistons that is the rotational position of the shaft of the generator or the engine to each full rotation thereof.

Information on the phase shifts between the pressure and harmonic flow can be obtained by reference at the time, both the generator and the engine. By these values we can highlight their capacitive or inertial behavior, in the analyzed cases. The interpretation of these histograms provides information about pressure loss in the connecting pipes between energy converters and also the moving of the engine pistons from the initial starting position.

4. Conclusions

After experimental research we can note major differences between the operation mode of classic drives against the ones with waves of pressure and flow alternating in that in the first case, the fluid has a permanent flow between elements energy conversion while the second case it exerts only an oscillatory movement.

The effect of the compressibility of the liquid column and the elasticity of the pipes are experienced differently in these two types of drives.

The showed research have paved the way for others to allow, based on an initial static pressure and pressure waves caused by the sonic generator, to obtain linear, angular and oscillating travel at polyphaser stepper under monophasic or biphasic synchronous or asynchronous regime.

References

- [1] Constantinescu, G., *Sonicity Theory*, The Academy Publishing House, Bucharest, 1985.
- [2] Pop, I.I., *Sonicity Theory Treaty*, Performantica Publishing, Iași, 2006.

cresc și scad aproape deodată, iar curba traductorului de deplasare urmărește evoluția curbelor presiunilor.

Analiza histogramei arată că timpul de staționare T_{s2} scade vertiginos, nemaifiind vizibil deoarece curbele presiunii din faza 1 și 2 amotorului se intersectează doar într-un punct, iar T_{s1} crește.

După cum se poate observa din histogramele prezentate, evoluția presiunilor la generator și la motor poate fi vizionată direct. Cu toate acestea, alți parametri, cum ar fi turațiile motorului și generatorului, se obțin indirect, raportând la timp semnalele de tensiune provenite de la senzorii de proximitate, care indică o poziție extremă a pistoanelor și anume poziția rotațională a arborilor generatorului și motorului la fiecare rotație completă a acestora.

Informațiile referitoare la defazajele existente între presiunea și debitul armonic pot fi obținute tot prin raportare la timp, atât la generator, cât și la motor. Prin aceste valori se poate evidenția comportamentul inerțial sau capacitiv al acestora, în cazurile analizate. Interpretarea acestor histograme oferă informații referitoare la pierderile de presiune în conductele de legătură dintre convertorii de energie și deplasarea pistoanelor motorului din poziția inițială de pornire.

4. Concluzii

În urma cercetărilor experimentale efectuate se remarcă diferențe majore între modul de funcționare a sistemelor de acționare clasice față de cele cu unde de presiune și debite alternante prin faptul că în primul caz, fluidul prezintă o curgere permanentă între elementele de conversie a energiei în timp ce în al doilea caz acesta exercită doar o mișcare oscilatorie.

Efectul de compresibilitate a coloanei de lichid precum și elasticitatea conductelor sunt resimțite diferit la cele două tipuri de acționări.

Cercetările redade au deschis calea spre altele mai ample care să permită pe baza unei presiuni statice inițiale și a undelor de presiune produse de generatorul sonic polifazat obținerea unor deplasări pas cu pas liniare, unghiulare sau oscilante, în regim sincron sau asincron monofazice sau bifazice.

- [3] Pop, I.I., Marcu, I.L., Khader Ali M., Săceanu, V., Denes-Pop, I., Bal, C., Duma, S. S., *Sonicity Applications. Experimental Results*, Performantica Publishing, Iași, 2007.
- [4] Marcu, I.L., *Improving research and contributions on drives with pressure waves*, PhD Thesis, Cluj-Napoca, 2004.
- [5] Denes-Pop, I., *Research on obtaining new hydraulic drive systems of industrial robots*, PhD Thesis, Cluj-Napoca, 2005.
- [6] Săceanu, V., *Research and contributions on improving sonic drives*, PhD Thesis, Cluj-Napoca, 2004.