



**UNIVERSITATEA NATIONALA DE STINTA SI TEHNOLOGIE POLITEHNICĂ
BUCUREȘTI**

ȘCOALA DOCTORALĂ

**din cadrul Facultății de Inginerie Industrială și
Robotică**

Departamentul Roboți și Sisteme de Producție

Nr. Decizie din

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR
SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE**

REZUMAT

Autor: doctorand: MIHAI AGUD

Conducător de doctorat: Prof.dr.ing. VELICU ȘTEFAN

COMISIA DE DOCTORAT			
Președinte		de la	
Conducător de doctorat	Prof. dr.ing. Stefan VELICU	de la	Universitatea Nationala de Stiință si Tehnologie POLITEHNICA București
Referent		de la	
Referent		de la	
Referent		de la	

BUCUREȘTI

2023

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

CUPRINS

INTRODUCERE	8.....3
CAP. 1 STADIUL ACTUAL PRIVIND ACȚIONAREA PNEUMATICĂ.....	12.....5
1.1 Analiza evolutivă a acționării pneumatice.....	12.....5
1.2 Formularea obiectivelor tezei	27.....6
1.3 Concluzii.....	28.....6
CAP. 2 METODE TEORETICE DE ANALIZĂ A SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE	29.....7
2.1 Principiile de bază în acționările pneumatice	29.....
2.2 Principii de reglare și control in pneumatică	37.....
2.3 Concluzii.....	45.....
CAP. 3 IPOTEZE ȘI MODELAREA MATEMATICĂ A IPOTAZELOR.....	46.....7
3.1 Definirea ipotezelor	46.....7
3.2 Scopul lucrării	50.....7
3.3 Limitările cercetării	51.....8
3.4 Configurare experimentală	52.....9
3.5 Implicații.....	53.....9
3.6 Rezultate așteptate	53.....9
3.7 Modelele matematice folosite pentru deducerea ipotezelor	54.....10
3.8 Concluzii.....	72...13
CAP. 4 CONTRIBUȚII EXPERIMENTALE PRIVIND PROIECTAREA SI REALIZAREA UNEI ELECTRO-SUPE DE CONTROL UNIDIREȚIONALĂ	73...13
4.1 Supapa de reglare a debitului unidirecțională AS2201FE-01-06SK	74...14
4.2 Limitări, necesitatea de îmbunătățire a supapei de reglare a debitului unidirecțională	77...14
4.3 Metode de îmbunătățire a supapei de reglare a debitului unidirecțională	78.....
4.4 Configurația bancului experimental	78...15
4.5 Proiectarea bancului experimental în CATIA	79...15
4.6 Descrierea detaliată a componentelor bancului experimental	86...20
4.7 Modul de funcționare a bancului experimental	99...22
CAP. 5 PROIECTAREA ȘI SIMULAREA SISTEMULUI PNEUMATIC ÎN AUTOMATION STUDIO	102...23
5.1 Simularea sistemului pneumatic.....	103...23
5.2 Descrierea Componentelor	106...24
5.3 Simulare și Analiză.....	116...24
CAP. 6 ANALIZA ȘI VALIDAREA REZULTATELOR EXPERIMENTALE OBTINUTE PE BANCUL DE TESTARE	125...28
6.1 Prezentarea rezultatelor pentru Ipoteza 1	126...28
6.2 Concluzii pentru Ipoteza 1.....	137...33
6.3 Prezentarea rezultatelor pentru Ipoteza 2	138...33
6.4 Concluzi pentru Ipoteza 2.....	151...37
6.5 Prezentarea rezultatelor pentru Ipoteza 3	152...38
6.6 Prezentarea Rezultatelor pentru Ipoteza 4	153...38
CAP. 7 ANALIZA DATELOR ȘI CONFIRMAREA IPOTEZELOR ȘI OBIECTIVELOR.....	153...38
7.1 Analiza Rezultatelor pentru Ipoteza 1	154...39
7.2 Analiza Rezultatelor pentru Ipoteza 2	155...39
7.3 Analiza rezultatelor pentru Ipoteza 3.....	156...40
7.4 Analiza Rezultatelor pentru Ipoteza 4	156...40
7.5 Interpretarea Generală a Rezultatelor	157...41
CAP. 8 CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE.....	158...41
8.1 Concluzii generale	158...41
8.2 Recomandări și direcții viitoare de cercetare.....	160...42
8.3 Valorificarea rezultatelor cercetării	161...43
BIBLIOGRAFIE	163...44

Cuvânt înainte

Prezenta teză de doctorat reprezintă culminarea a peste cinci ani de studii intensive, cercetări meticuloase și experimentări continue în fascinantul domeniu al sistemelor pneumatice. Aceste ani au fost dedicați eforturilor conjugate realizate la PLASTOR S.A., având ca partener de încredere Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București.

Perioada petrecută în cadrul acestui proiect reprezintă nu doar un segment de timp în evoluția academică, ci și o etapă esențială în dezvoltarea mea personală și profesională. A fost o călătorie plină de provocări, descoperiri și întâlniri memorabile cu persoane care au influențat în mod pozitiv direcția și calitatea cercetării mele.

În acest context, doresc să îmi exprim recunoștința profundă față de distinsul meu conducător științific, prof. univ. dr. ing. Ștefan Velicu. Fără încrederea, îndrumarea și sfaturile sale prețioase, această lucrare nu ar fi atins nivelul de excelență pe care îl are astăzi.

Nu aș putea să trec mai departe fără a menționa contribuția esențială a domnilor directori dr. ing. Seres Ioan, ing. Milas Gavril, ing. Horia Ungur și ing. Adrian Prada. Ei reprezintă pilonii pe care se sprijină structura impresionantă a societății Plastor S.A. Recunoscător fiind pentru susținerea neîntreruptă, resursele puse la dispoziție și încrederea manifestată, vreau să le mulțumesc pentru rolul lor decisiv în materializarea acestei lucrări.

Mulțumesc sincer colectivului tehnic, colegilor din departamentul de Inginerie și echipei de proiectare dezvoltare dispozitive. Interacțiunea și colaborarea cu fiecare dintre ei au fost esențiale, oferind un teren fertil pentru idei noi, experimentări și aprofundarea temei de cercetare.

Aș dori să exprim aprecierea mea sinceră conducerii facultății, departamentului și Școlii Doctorale. Mulțumirile mele profunde se îndreaptă către Prof.dr.ing. Miron ZAPCIU, Prof.dr.ing. Constantin Dogariu, și Dr.dipl.-eng. Mihai GHINEA pentru susținerea lor constantă și încurajările oferite pe parcursul acestui demers.

În final, dar nu cel din urmă, vreau să îmi exprim recunoștința profundă față de familia mea. Ei au fost refugiul meu, sursa de inspirație și forța care m-a împins înainte, în momentele de îndoială și epuizare. Le datorez totul.

Mulțumesc tuturor celor care au contribuit la această realizare și au avut încredere în mine. Această teză este nu doar o reflectare a efortului meu, ci și a comunității care m-a sprijinit necondiționat.

INTRODUCERE

În peisajul tehnologic contemporan, dezvoltarea și optimizarea sistemelor pneumatice de acționare reprezintă nu doar o necesitate, ci și o prioritate majoră pentru avansul industriei. Într-un context în care fiecare element al unei mașinării și fiecare detaliu al unui proces contează, este esențial să explorăm posibilitățile de perfecționare și, mai ales, să identificăm acele componente esențiale, dar susceptibile de îmbunătățiri.

Teza intitulată "CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE" nu este doar o simplă prezentare a sistemelor pneumatice așa cum sunt ele astăzi, ci o călătorie ambițioasă în inima mecanismelor, o explorare riguroasă a punctelor de rezistență și de vulnerabilitate. În parcursul cercetării, am reușit să identificăm o nișă, o componentă cheie a sistemelor pneumatice, care, deși utilizată pe scară largă, a fost, până acum, puțin atinsă de mâna inovării.

Revelația acestei nișe a fost doar începutul. Munca a continuat cu analiza meticuloasă a funcționalității componentei, identificarea punctelor vulnerabile și proiectarea unor soluții menite să crească eficiența acesteia. Aprofundând această direcție de evoluție, am constatat că îmbunătățirea performanțelor acestei componente nu

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

doar că ar genera un salt calitativ în ceea ce privește funcționarea sistemelor pneumatice, dar ar putea reprezenta, de asemenea, o revoluție în modul în care industria percepe și folosește pneumatica.

În cadrul acestei teze, am compilat o colecție detaliată de date și analize, orientându-mă către dezvăluirea profunzimilor acestei componente. Analizând fiecare aspect tehnic în detaliu, voi demonstra cum, printr-o abordare inovatoare și meticuloasă, am optimizat performanțele componente respective într-o manieră semnificativă.

Aceasta lucrare, deci, nu reprezintă doar o contribuție la literatura existentă, ci un pas înainte, o îndrăzneală, o provocare adusă stării actuale. Cu fiecare capitol, îmi propunem să vă oferim o perspectivă nouă, un aport original și o viziune clară asupra potențialului de inovație în domeniul sistemelor pneumatice de acționare.

Prin urmare, vă invităm într-o călătorie plină de descoperiri, unde teoria întâlnește practica, unde inovația este la ordinea zilei, și unde fiecare pagină vă va aduce mai aproape de viitorul sistemelor pneumatice.

CAPITOLUL 1: STADIUL ACTUAL PRIVIND ACȚIONAREA PNEUMATICĂ

Într-o lume în plină expansiune tehnologică, acest capitol face lumină asupra progresului impresionant al acționării pneumatice, trasând o linie temporală clară a evoluției sale. Obiectivele tezei sunt desfășurate cu precizie, argumentând necesitatea unei astfel de cercetări în contextul tehnologic actual.

CAPITOLUL 2: METODE TEORETICE DE ANALIZĂ A SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Aceasta nu este o simplă trecere în revistă a principiilor. Aici, pneumatica este dezvăluită în toată complexitatea ei, de la legile hidrostatiei până la mecanismele sofisticate de control. Metodele de reglare și control sunt analizate sub lupa expertizei, oferind cititorului o viziune clară a potențialului acestui domeniu.

CAPITOLUL 3: IPOTEZE ȘI MODELAREA MATEMATICĂ A IPOTAZELOR

Printr-o abordare meticuloasă, sunt stabilite ipotezele care vor ghida cercetarea. Scopul nu este doar de a identifica problemele, ci și de a oferi soluții, prin intermediul unei modelări matematice riguroase și a configurației experimentale inovative.

CAPITOLUL 4: CONTRIBUȚII EXPERIMENTALE PRIVIND PROIECTAREA ȘI REALIZAREA UNEI ELECTRO-SUPAPA DE CONTROL UNIDIRECȚIONALĂ

Mergând dincolo de teorie, acest capitol oferă o abordare practică, prezentând proiectarea și implementarea unei electro-supape revoluționare. Bancul experimental nu este doar un instrument, ci reprezintă viitorul inovației în pneumatică.

CAPITOLUL 5: PROIECTAREA ȘI SIMULAREA SISTEMULUI PNEUMATIC ÎN AUTOMATION STUDIO

Pătrundem în universul digital cu ajutorul Automation Studio. Acest capitol ilustrează nu doar capacitatea de a proiecta, ci și de a simula și testa într-un mediu controlat, evidențiind astfel precizia și eficiența sistemului pneumatic propus.

CAPITOLUL 6: ANALIZA ȘI VALIDAREA REZULTATELOR EXPERIMENTALE OBȚINUTE PE BANCUL DE TESTARE

Cercetarea devine palpabilă aici. Fiecare test, fiecare rezultat este analizat și validat, confirmând ipotezele și obiectivele. Această validare minuțioasă demonstrează soliditatea și relevanța cercetării.

CAPITOLUL 7: ANALIZA DATELOR ȘI CONFIRMAREA IPOTEZELOR ȘI OBIECTIVELOR

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Dovezile sunt clare, iar datele vorbesc de la sine. Printr-o analiză detaliată, acest capitol consolidează rezultatele obținute și le coroborează cu obiectivele cercetării, stabilind astfel o legătură strânsă între teorie și practică.

CAPITOLUL 8: CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

Acest capitol oferă o reflectare asupra întregului parcurs, subliniind valorile și contribuțiile personale. Recomandările pentru viitor sunt prezentate nu ca simple sugestii, ci ca pași logici în evoluția domeniului pneumatic.

Lucrarea prezentată oferă informații detaliate și bine structurate, însoțite de 192 de imagini. Aceste imagini arată scheme pneumatice, electrice, grafice, coduri, instrumente, tabele și desene, toate alese pentru claritate și pentru a sublinia ideile discutate.

Bibliografia prezentă în această teză este vastă și riguros selectată, fiind compusă din 151 de lucrări tehnice și științifice, 24 articole științifice publicate și în curs de publicare, 33 link-uri pentru pagini web, care au fost accesate în perioada 2015- 2023 și anexe cu documente tehnice.

CAPITOLUL 1 STADIUL ACTUAL PRIVIND ACȚIONAREA PNEUMATICĂ

Acest capitol oferă o prezentare a stadiului actual în domeniul acționării pneumatice, bazat pe o analiză a literaturii de specialitate. Acționarea pneumatică a cunoscut o evoluție semnificativă în ultimele decenii, cu o serie de inovații și îmbunătățiri care vizează optimizarea performanței și eficienței.

Diverse activități de cercetare din domeniul pneumaticii ale unor cercetători din diverse zone ale lumii prezintă metode de proiectare și testare a sistemelor pneumatice pentru automatizări industriale (Design and Test of Pneumatic Systems for Production Automation – Giorgio Figliolini, Pierluigi Rea, Università degli studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Italy)[44], tendințe în economia de energie a sistemelor pneumatice (Approach for Energy-saving of Pneumatic Systems, Yukio Kawakami, Shibaura Institute of Technology, Japonia)[92], dezvoltarea de sisteme electropneumatice pentru automatizare industrială prin experiment la distanță într-un mediu de învățare bazat pe web (Electropneumatic system for industrial automation: a remote experiment within a web-based learning environment - Farah Helúe Villa-López, Jesús García-Guzmán, Jorge Vélez Enríquez, Simón Leal-Ortíz și Alfredo Ramírez-Ramírez, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Veracruzana, Zona Universitaria, Xalapa, México [139], metode noi pentru controlul sistemelor pneumatice și electro-pneumatice (Teaching control pneumatic and electro-pneumatic circuits – a new method, António Ferreira da Silva, Adriano A. Santos, Polytechnic Institute of Porto, Portugal) [39], controlul instalațiilor pneumatice utilizând diverse metode precum metoda cascadei pe o platforma LabView (Control a Pneumatic Sequence using waterfall method in the LabVIEW platform, Jose Domingos Senra Simoes, Andre Monteiro Fernandes, Enrico Augusto Rodrigues de Sebra, [108], îmbunătățirea controlului sistemelor pneumatice și electropneumatice în contextul Industry 4.0 (The pneumatic and electropneumatic systems in the context of 4th industrial revolution, K. Foit, W. Banas, G. Cwikla, Silesian University of Technology Automation and Integrated Manufacturing Systems, Gliwice, Poland) [47].

Un aspect remarcabil, pe care l-am observat în numeroasele lucrări studiate, este o convergență în ceea ce privește instrumentele și metodologiile folosite pentru cercetare. Multe dintre aceste studii s-au bazat pe utilizarea unor softuri și tehnologii avansate, similare cu cele adoptate în cercetarea prezentată în această teză. De exemplu, Matlab s-a dovedit a fi esențial pentru majoritatea cercetătorilor, datorită capacității sale de a modela și analiza complexitatea sistemelor pneumatice. În plus, softuri precum Catia și Automation Studio sunt frecvent menționate ca fiind instrumente de vârf în proiectarea și simularea componentelor și sistemelor.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Un alt trend observat este interesul crescut pentru soluții accesibile și flexibile, cum ar fi platforma Arduino, în colectarea datelor și controlul sistemelor pneumatice.

În lumina acestor observații, se poate spune că stadiul actual al cercetării în acționarea pneumatică gravitează către un scop comun de optimizare și performanță. Scopul și instrumentele menționate în studiile analizate rezonează puternic cu abordarea adoptată în această teză, ceea ce subliniază relevanța și actualitatea cercetării noastre în contextul mai larg al domeniului.

1.1 Formularea obiectivelor tezei

Pentru a aprecia și îmbunătăți performanța sistemelor pneumatice de acționare, este esențial să definim mai întâi criteriile de apreciere a acestor performanțe. În centrul evaluărilor se află capacitatea sistemelor de a menține parametrii de funcționare constanți în pofida variațiilor factorilor externi precum presiunea sau sarcina. Păstrarea acestei consistențe este esențială pentru a elimina dezavantajul inerent al acționărilor pneumatice: compresibilitatea aerului.

Obiectivul principal al tezei este: CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE. Acest obiectiv se susține pe ideea fundamentală de a cerceta potențialul și beneficiile unei supape de control unidirecțională îmbunătățite în domeniul sistemelor pneumatice. Noua supapă, având la bază un design inovator și fiind dotată cu un motor electric pentru control de la distanță și reglare automată, este percepută ca o avanpremieră a progreselor viitoare în domeniu.

Un aspect esențial în performanța sistemelor pneumatice este capacitatea de a menține parametrii de funcționare constanți în fața variațiilor de factori externi precum presiunea și sarcina. Tradițional, compresibilitatea aerului a fost un dezavantaj major pentru acționările pneumatice, provocând fluctuații nedorite în acești parametri. În contextul acestei cercetări, designul inovativ al noii supape urmărește să abordeze și să minimizeze impactul compresibilității aerului, oferind astfel o soluție pentru o menținere constantă și optimizată a performanței, indiferent de variațiile externe.

În vederea atingerii acestui obiectiv principal, sunt stabilite următoarele **obiective specifice**:

Obiectivul 1: Confirmarea ipotezei potrivit căreia viteza unui cilindru pneumatic, în cadrul unui sistem pneumatic, este direct influențată de variațiile de presiune ale sistemului. Acest lucru se va realiza prin intermediul modelării matematice cu ajutorul softului MATLAB, prin simularea sistemului pneumatic folosind softul Automation Studio și a experimentării în cadrul unui banc de testare.

Obiectivul 2: Verificarea ipotezei conform căreia viteza unui cilindru pneumatic este afectată de sarcina pe care o are în mișcare. Procedura va include modelarea matematică folosind MATLAB, simularea sistemului pneumatic cu ajutorul softului Automation Studio și testele efectuate în cadrul unui banc de testare.

Obiectivul 3: Demonstrarea faptului că supapa de control unidirecțională îmbunătățită, echipată cu motor electric și posibilitate de comandă la distanță, poate optimiza eficiența sistemelor pneumatice în comparație cu modelele convenționale.

Obiectivul 4: Justificarea potențialului noii supape de control unidirecțională de a regla automat viteza în funcție de variațiile de presiune și de sarcină. Această capacitate asigură o adaptabilitate sporită, îmbunătățind în mod semnificativ flexibilitatea și fiabilitatea sistemelor pneumatice.

Prin urmare, această teză își propune să ofere soluții concrete și inovatoare pentru îmbunătățirea performanței sistemelor pneumatice de acționare, contribuind astfel la evoluția și eficiența industriei.

CAP. 2 METODE TEORETICE DE ANALIZĂ A SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Capitolul 2 se apleacă asupra metodelor teoretice esențiale pentru analiza sistemelor pneumatice de acționare. În cadrul acestui capitol, sunt discutate în detaliu principiile fundamentale care guvernează funcționarea și performanța sistemelor pneumatice.

Sunt abordate principiile de bază ale acționărilor pneumatice. Se începe cu o discuție a legii hidrostatiei, care oferă o înțelegere a presiunii în lichide și gaze. Următoarea lege prezentată este Legea lui Pascal, care subliniază principiul egalității presiunilor într-un fluid închis. Se discută apoi principiile transmiterii forței, atât în context hidraulic cât și pneumatic. Această secțiune continuă cu analiza legii debitului și ecuația de continuitate, punând accentul pe modul în care fluidul se mișcă într-un sistem. Sunt, de asemenea, discutate ecuația droselului și relația lui Bernoulli, oferind o perspectivă asupra relației dintre presiune, viteză și altitudine. În încheiere, se abordează legea energiei, cu o explorare aprofundată a ecuației lui Bernoulli în contextul energiei într-un fluid.

Sunt prezentate principiile de reglare și control în pneumatică. Se începe cu o discuție despre reglarea debitului, prezentând aparatura specifică utilizată în acest proces. Se continuă cu reglarea presiunii, abordând importanța acesteia în funcționarea eficientă a sistemelor pneumatice. Compresibilitatea aerului și variația volumului gazelor cu temperatura sunt, de asemenea, subiecte cheie, oferind o înțelegere a comportamentului gazelor în diverse condiții și modul în care aceste proprietăți afectează performanța sistemelor pneumatice.

Capitolul se încheie concluzii pertinente cu privire la importanța și aplicabilitatea principiilor teoretice discutate, subliniind relevanța lor în analiza și proiectarea eficientă a sistemelor pneumatice de acționare.

CAP. 3 IPOTEZE ȘI MODELAREA MATEMATICĂ A IPOTAZELOR

Modelarea matematică a sistemelor pneumatice de acționare este esențială pentru o înțelegere aprofundată a modului în care acestea funcționează și pentru a prevedea comportamentul lor în condiții variabile. Acest capitol se concentrează pe patru ipoteze fundamentale legate de sistemul pneumatic de acționare și procesul de validare a acestora prin modelare matematică, simulare și experimentare.

3.1 Definirea ipotezelor

Pe baza contextului și a obiectivelor expuse, studiul actual pune următoarele ipoteze:

Ipoteza 1: Viteza unui cilindru pneumatic într-un sistem pneumatic este direct influențată de variația presiunii din sistem.

Ipoteza 2: Viteza unui cilindru pneumatic este direct afectată de sarcina pe care acesta trebuie să o miște.

Ipoteza 3: Supapa de control unidirecțională reproiectată, echipată cu un motor electric și cu control de la distanță, îmbunătățește eficiența generală a sistemelor pneumatice în comparație cu modelele tradiționale.

Ipoteza 4: Capacitatea de reglare automată a vitezei în supapa de control unidirecțională reproiectată controlează eficient variațiile induse de variațiile de presiune și modificările sarcinii.

3.2 Scopul lucrării

Scopul central al acestei teze de doctorat este de a sublinia potențialul îmbunătățirii performanțelor sistemelor pneumatice de acționare. Acest potențial este cristalizat în jurul unei supape de control unidirecțională inovatoare. Noua supapă, având la bază un design revoluționar și fiind dotată cu un motor electric pentru control de la distanță și reglare automată, nu doar că reprezintă o avanpremieră a progreselor viitoare în domeniu, dar

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

aduce și o abordare nouă pentru a face față unei provocări persistente: compresibilitatea aerului în sistemele pneumatice.

Unul dintre principalele dezavantaje ale acționărilor pneumatice a fost, de-a lungul timpului, compresibilitatea aerului, ceea ce a făcut dificilă menținerea constantă a parametrilor de funcționare în fața variațiilor factorilor externi precum presiunea și sarcina. Cu ajutorul designului inovator al noii supape, această cercetare explorează posibilitatea menținerii stabilității parametrilor de funcționare, chiar și atunci când factorii externi variază. Astfel, aceasta poate elimina una dintre cele mai mari provocări asociate cu sistemele pneumatice.

Speranța este ca această cercetare să deschidă calea către o nouă eră în domeniul sistemelor pneumatice, în care eficiența, adaptabilitatea și fiabilitatea sunt la cote superioare. Prin identificarea și abordarea acestei provocări centrale, lucrarea își propune să ofere o contribuție semnificativă la evoluția domeniului ingineriei industriale.

Dincolo de aceste obiective, scopul acestei cercetări aspiră, de asemenea, să contribuie la domeniul mai larg al ingineriei industriale prin:

Îmbunătățirea practicilor industriale : prin verificarea beneficiilor unui proiect îmbunătățit de control al debitului, această cercetare ar putea informa practicile industriale și ar putea încuraja adoptarea unor astfel de modele inovatoare în sistemele pneumatice, îmbunătățind astfel eficiența și fiabilitatea acestora.

Încurajarea cercetărilor ulterioare : aruncând lumină asupra acestui domeniu relativ neexplorat în proiectarea sistemului pneumatic, studiul poate declanșa cercetări și inovații suplimentare, ceea ce duce la soluții pneumatice și mai avansate și mai eficiente în viitor.

Prin realizarea acestor scopuri, studiul speră să avanseze semnificativ atât înțelegerea teoretică, cât și aplicarea practică a sistemelor pneumatice în domeniul ingineriei industriale.

3.3 Limitările cercetării

Cercetarea recunoaște mai multe limitări, inclusiv constrângeri experimentale datorate configurației bancului de testare, domeniul de aplicare al variabilelor luate în considerare, limitările modelului, specificitatea de proiectare a supapei de control a debitului unidirecțional și limitările resurselor.

Bancul de testare oferă un mediu controlat pentru testare, cu toate acestea este posibil să nu imite perfect condițiile de operare din industrie. Prin urmare, deși concluziile acestui studiu ar trebui să ne ofere perspective asupra performanței, pot exista încă discrepanțe.

În acest studiu, se concentrează în principal pe influența variației presiunii și a sarcinii asupra vitezei cilindrului pneumatic în sistemele pneumatice. Cu toate acestea, ar putea exista și alți factori în joc într-un cadru real, cum ar fi temperatura, umiditatea, uzura componentelor, care nu sunt luate în considerare în acest studiu.

Modelarea matematică oferă o bază teoretică pentru înțelegerea noastră, modelele utilizate se pot baza pe anumite ipoteze și simplificări, care ar putea să nu ia în considerare toate complexitățile dintr-un sistem practic.

Concluziile trase în această cercetare se bazează pe un proiect specific al unei supape de control a debitului unidirecțional. Alte modele sau variații pot avea performanțe diferite, care nu sunt luate în considerare în acest studiu.

Deși bancul de testare oferă un mediu controlat pentru evaluare, acesta s-ar putea să nu reproducă cu exactitate condițiile operative dintr-un context practic. Prin urmare, în timp ce concluziile acestui studiu ar trebui să ne ofere informații relevante privind performanța într-un scenariu aplicat, s-ar putea să existe totuși anumite neconcordanțe.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Pot exista limitări în ceea ce privește timpul, bugetul sau tehnologia disponibilă, care pot limita amploarea cercetării.

Identificarea acestor limitări nu slăbește cercetarea. Dimpotrivă, oferă o reflectare sinceră a sferei și aplicabilității constatărilor și sugerează domenii care ar putea fi explorate în cercetările viitoare.

3.4 Configurare experimentală

Ținând cont de scopul acestei lucrări, abordarea cercetării a fost structurată în următorii pași:

Modelare matematică a ipotezelor: Acesta este primul pas, în care am folosit analize matematice pentru a prezice comportamentul sistemului pneumatic în fața diverselor condiții.

Simularea sistemului pneumatic: Cu ajutorul softului Automation Studio, am simulat sistemul pneumatic pentru a valida predicțiile făcute în etapa de modelare matematică. Acest pas ma ajutat să înțeleg comportamentul componentelor înainte de testarea fizică și să identificăm orice posibile anomalii.

Construcția și configurarea bancului experimental: A fost proiectat și construit un banc de testare personalizat, având în vedere specificul cercetării. Bancul experimental a fost proiectat în software-ul CATIA, ceea ce a permis crearea unui plan detaliat de layout care a cuprins componentele pneumatice, mecanice și electronice. Modelul digital mi-a asigurat o interconectare eficientă a tuturor componentelor.

Testarea pe bancul experimental: În această etapă, experimentele au fost efectuate într-un mediu controlat, la o temperatură constantă de 23 de grade Celsius și 50% umiditate. Acest cadru a asigurat un mediu stabil, eliminând influențele externe care ar putea afecta rezultatele.

Prin combinarea modelării matematice, simularilor și testării experimentale, am avut o abordare riguroasă și detaliată a problemelor abordate în această lucrare.

3.5 Implicații

Integrarea unui motor electric cu o supapă de reglare a debitului unidirecțional poate oferi avantaje semnificative. Permite ajustări automate, în timp real, ale sistemului pneumatic, conducând la viteze mai consistente ale cilindrului pneumatic, creșterea eficienței sistemului și intervenția manuală redusă.

Cu toate acestea, această integrare aduce și partea ei de provocări. Proiectarea unui algoritm de control robust, care se ocupă de integrarea sistemelor electrice și mecanice și asigurarea durabilității și fiabilității sistemului în diferite condiții de operare sunt sarcini semnificative care necesită o atenție atentă.

Această cercetare își propune să investigheze în continuare aceste provocări și să propună soluții eficiente pentru a asigura implementarea cu succes a acestei integrări.

3.6 Rezultate așteptate

În urma îmbunătățirii aduse supape de reglare a debitului unidirecțională AS2201FE-01-06SK prin adăugarea unui motor pas cu pas, ne așteptăm la o serie de rezultate semnificative, care vor avea un impact pozitiv asupra performanței sistemelor pneumatice în care este utilizat.

Reglaj mai precis: Implementarea unui motor pas cu pas va permite un reglaj mai precis al debitului de aer. Acest lucru va îmbunătăți eficiența sistemelor pneumatice, permițând un control mai fin asupra vitezei pistoanelor.

Control automat și la distanță: Cu posibilitatea de a regla debitul de la distanță, această îmbunătățire va reduce necesitatea de intervenție manuală, economisind timp și efort.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Adaptabilitate crescută: Prin capacitatea de a regla automat viteza în funcție de variațiile de presiune și modificările de sarcină, ne așteptăm ca acest sistem îmbunătățit să fie mai adaptabil la variațiile de condiții de lucru. Aceasta ar trebui să conducă la o flexibilitate operațională crescută și o fiabilitate mai mare a sistemelor pneumatice.

Eficiență sporită: Anticipăm că reproiectarea supapei de control unidirecțională va duce la o eficiență mai mare a sistemului pneumatic, în sensul unei utilizări mai eficiente a energiei și a unei îmbunătățiri a productivității.

În concluzie, îmbunătățirea acestei componente ar trebui să aibă un impact semnificativ asupra procesului mai larg, prin îmbunătățirea eficienței și flexibilității sistemelor pneumatice în care este utilizat. Așteptăm cu nerăbdare să testăm această supapă de reglare a debitului unidirecțional îmbunătățită într-un context real pentru a confirma aceste așteptări.

3.7 Modelele matematice folosite pentru deducerea ipotezelor

În cadrul acestui capitol, m-am concentrat pe simularea și modelarea matematică a comportamentului cilindrului pneumatic sub diferite condiții. Folosind instrumente avansate precum MATLAB, am abordat următoarele aspecte:

Calculul performanței cilindrului pneumatic la diverse presiuni: Acesta a oferit o privire asupra modului în care presiunea afectează eficiența și performanța globală a cilindrului.

```
>> % Define piston and rod diameters in mm
d_piston = 32; % in mm
d_rod = 12; % in mm

% Convert diameters to meters
d_piston = d_piston / 1000; % in m
d_rod = d_rod / 1000; % in m

% Calculate areas for pushing and pulling
A_push = pi * (d_piston / 2)^2; % in m^2
A_pull = pi * ((d_piston / 2)^2 - (d_rod / 2)^2); % in m^2

% Define pressure values in bar and convert them to Pa (1 bar = 1e5 Pa)
P = [1 2 3 4 5] * 1e5; % in Pa

% Preallocate force arrays for better performance
F_push = zeros(size(P));
F_pull = zeros(size(P));

% Calculate forces for each pressure value
for i = 1:length(P)
    F_push(i) = P(i) * A_push; % in N
    F_pull(i) = P(i) * A_pull; % in N
end

% Display results
disp('Force when pushing for pressures 1-5 bar (in N):')
disp(F_push)
disp('Force when pulling for pressures 1-5 bar (in N):')
disp(F_pull)
Force when pushing for pressures 1-5 bar (in N):
    80.4248  160.8495  241.2743  321.6991  402.1239
Force when pulling for pressures 1-5 bar (in N):
    69.1150  138.2301  207.3451  276.4602  345.5752
```

Fig. 3.1 Cod MATLAB pentru calculul performanței cilindrului pneumatic în condiții diferite de presiune

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Evaluarea variației forței pe cilindru în funcție de mărimea încărcăturii: Aceasta ma ajutat să înțeleg relația dintre sarcina aplicată și forța exertată de cilindru.

```
>> % Define the weights of the loads in kg
masses = [0, 3, 9]; % These are the different mass values we are considering

% Define the acceleration due to gravity in m/s^2
g = 9.81; % This is the value of acceleration due to gravity

% Calculate the force due to each load
forces = masses * g; % We calculate the corresponding forces for these masses

% Display the results
disp('Forces due to load variation (in Newton):') % This line will print the message
disp(forces) % This line will print the calculated force values
Forces due to load variation (in Newton):
     0  29.4300  88.2900
```

Fig. 3.2 Cod MATLAB pentru calcului variației forței pe cilindru pneumatic în funcție de mărimea încărcăturii

Determinarea vitezei cilindrului la sfârșitul cursei pentru fiecare nivel de presiune: Aceasta a evidențiat cum presiunea afectează viteza deplasării pistonului la finalul cursei sale.

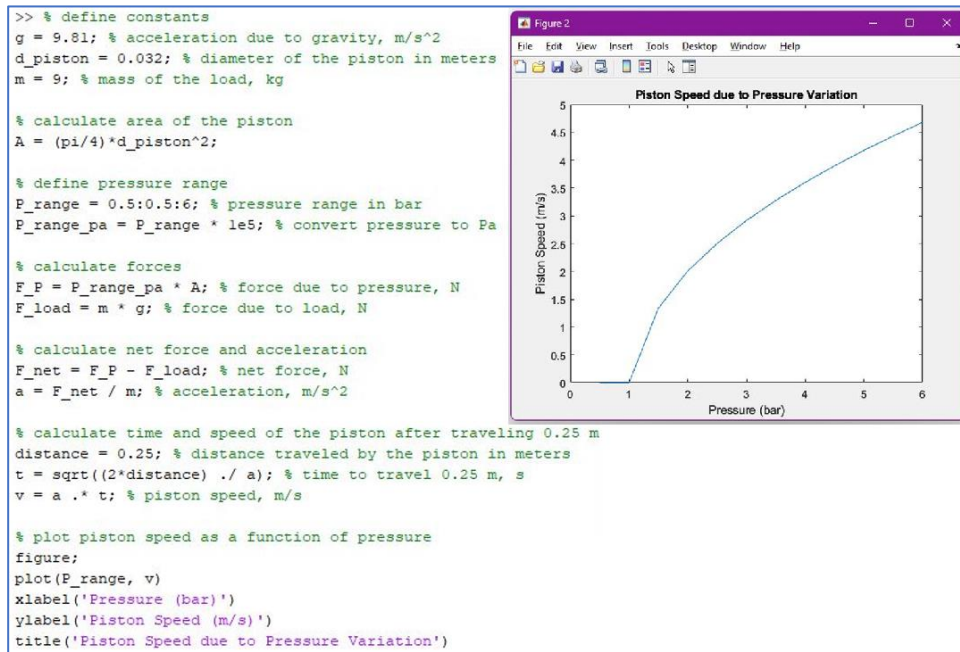


Fig. 3.3 Cod MATLAB pentru calculul vitezei cilindrului pneumatic la sfârșitul cursei pentru fiecare valoare a presiunii considerate

Analiza modului în care viteza cilindrului se schimbă cu variația masei sarcinii la o presiune constantă: Aceasta a dezvăluit relația dintre masa încărcăturii și viteza cilindrului, oferind date esențiale despre capacitatea cilindrului de a se adapta la schimbările de sarcină.

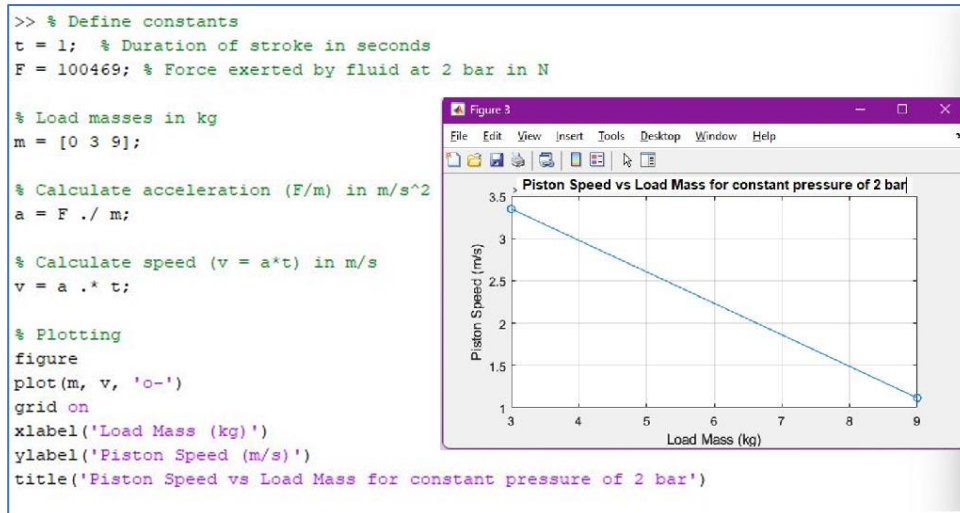


Fig. 3.4 Cod MATLAB pentru a calcula modul în care viteza cilindrului pneumatic variază cu masa de sarcină la o presiune constantă

Estimarea relației dintre presiune, sarcină și viteza cilindrului pneumatic: Acest calcul complex a oferit o privire holistică asupra interdependenței dintre variabilele principale ale sistemului.

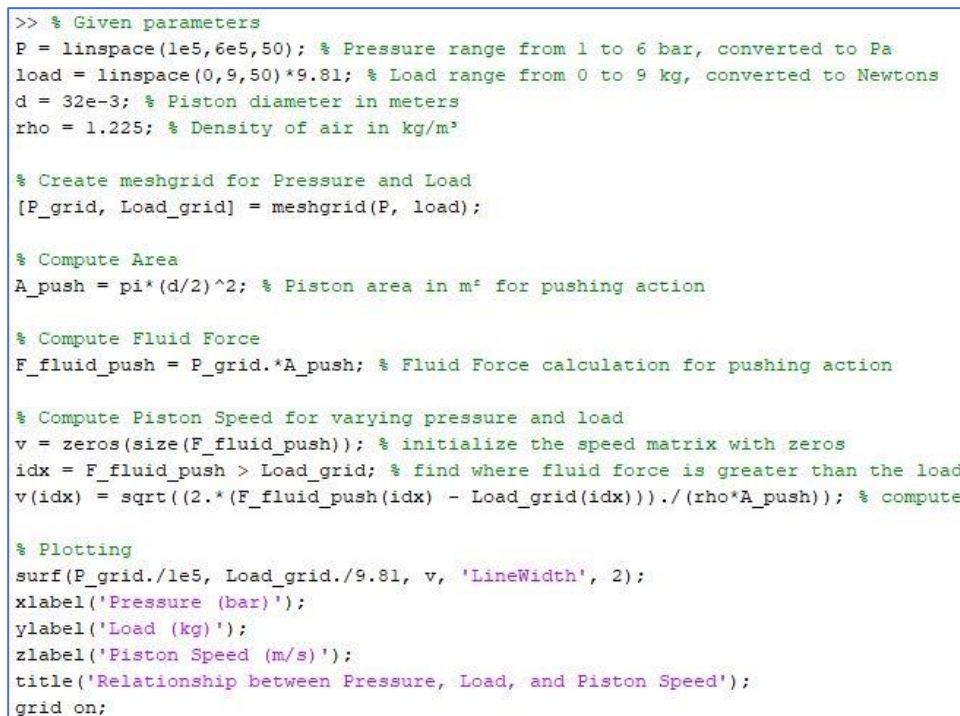


Fig. 3.5 Cod MATLAB pentru a calcula relația dintre presiune, sarcină și viteza cilindrului pneumatic

Graficul 3D din simularea MATLAB demonstrează relația complexă dintre presiune, sarcină și viteza cilindrului pneumatic. El arată relația dintre presiune, încărcătură și viteza cilindrului pneumatic. Acesta arată că o creștere a presiunii duce la o creștere a vitezei cilindrului pneumatic, în timp ce o creștere a sarcinii duce la o scădere a vitezei cilindrului pneumatic.

Cu toate acestea, este important să reținem că acest model este o simplificare și nu ia în considerare alte efecte, cum ar fi rezistența aerului sau frecarea, care ar putea afecta de asemenea viteza cilindrului pneumatic.

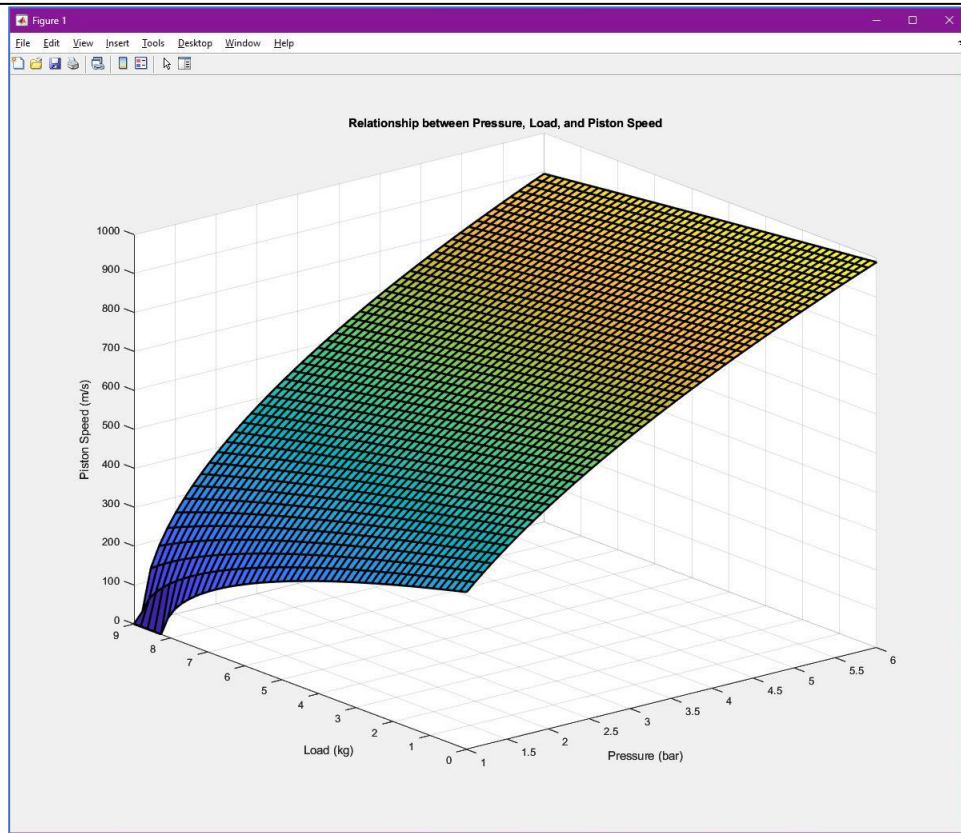


Fig. 3.6 Graficul realatiei intre presiune, sarcina si viteza cilindrului pneumatic

3.8 Concluzii

Am analizat diferite ipoteze legate de sistemele pneumatice, axându-ne pe impactul variațiilor de presiune și sarcină asupra vitezei cilindrului pneumatic. De asemenea, am evaluat eficiența supapei de control a debitului și integrarea unui motor electric pentru controlul debitului.

Utilizând modele matematice în Matlab, am validat majoritatea ipotezelor. Rezultatele noastre indică faptul că presiunea și sarcina influențează semnificativ viteza cilindrului. De asemenea, optimizarea supapei de control a debitului și adăugarea unui motor electric la aceasta pot crește performanța sistemelor pneumatice.

Aceste descoperiri sunt valoroase pentru domeniul sistemelor pneumatice, oferind insights-uri pentru îmbunătățirea performanțelor și deschizând noi căi pentru aplicații industriale.

CAP. 4 CONTRIBUȚII EXPERIMENTALE PRIVIND PROIECTAREA SI REALIZAREA UNEI ELECTRO-SUPAPA DE CONTROL UNIDIREȚIONALĂ

În acest capitol, sunt prezentate contributiile dezvoltării experimentale a unei electro-supape de control unidirecțională, inovația cheie a acestei cercetării. Acest dispozitiv, destinat controlului și operării sistemelor pneumatice, a fost supus unui proces detaliat de proiectare, simulare și testare.

Sunt descriși pașii de proiectare, subliniind principiile și deciziile tehnice esențiale. Cu ajutorul software-ului CATIA, am creat un model eficient și robust, adaptat cerințelor actuale.

Este prezentată construcția supapei, componentele sale vitale și electronica ce permite reglarea și supervizarea sa. Echipamente ca Arduino Mega 2560 și senzorii de presiune AVENTICS™ PE5 R412010760 sunt centrale în această fază.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Concluzionăm cu integrarea supapei în bancul de testare și evaluarea performanței sale. Acest capitol prezintă valoarea și impactul acestei inovații în domeniul sistemelor pneumatice.

4.1 Starea curentă a supapei reglare a debitului unidirecțională AS2201FE-01-06SK

Supapa AS2201FE-01-06SK de la SMC Corporation este esențială pentru sistemul nostru experimental. Funcționând ca un regulator de viteză cu supapa de sens, acest instrument pneumatic este folosit în multe industrii, de la automatizări la prelucrare.

În sistemele pneumatice, această supapa reglează debitul de aer comprimat, controlând astfel viteza cilindrilor pneumatice. Prin ajustarea sa, viteza și forța cilindrilor pot fi modificate cu precizie.

Într-un sistem, supapa se conectează la o sursă de aer comprimat și controlează actuatorii, ca de exemplu cilindrii pneumatice. Eficacitatea, siguranța și adaptabilitatea sistemului sunt asigurate prin utilizarea sa.

Deși supapa AS2201FE-01-06SK este eficientă și complexă, există anumite limitări. Acestea m-au ghidat spre formularea ipotezelor pe care dorim să le evaluăm.

4.2 Limitări, necesitatea de îmbunătățire a supapei de reglare a debitului unidirecțională

Deși supapa și-a îndeplinit funcționalitățile de bază, există domenii în care aceasta poate fi optimizată pentru a îmbunătăți eficiența și performanța în scenarii variate:

Stabilitatea vitezei cilindrului: Fluctuațiile de presiune pot afecta viteza constantă a cilindrului pneumatic, ceea ce poate compromite precizia și eficiența sistemului. O gestionare mai bună a acestor variații va duce la un control mai consistent.

Influența încărcăturii asupra vitezei: Schimbările de încărcătură pot influența viteza cilindrului pneumatic. Adaptarea la aceste schimbări va crește fiabilitatea sistemului.

Reglarea automată a vitezei de debit: Componenta actuală nu suportă reglaj automat sau de la distanță, limitând eficiența. Introducerea acestei funcționalități poate economisi timp și oferi un control mai bun.

Controlul la distanță și automatizarea: Reglajul manual poate fi nepractic în medii complexe. Capacitatea de a regla viteza cilindrului automat și de la distanță va îmbunătăți operaționalitatea.

Îmbunătățind aceste aspecte, performanța și eficiența sistemelor care utilizează supapa vor crește semnificativ, facilitând de asemenea operarea și întreținerea acestora.

4.3 Metode de îmbunătățire a supapei de reglare a debitului unidirecțională

În urma analizei și a înțelegerii necesității de îmbunătățire a componentei, am dezvoltat o strategie de îmbunătățire ce vizează creșterea eficienței, performanței și a facilității de utilizare. Principalul element de îmbunătățire este adăugarea unui motor pas cu pas la componenta existentă. Această modificare permite reglarea deschiderii și închiderii supapei de control de la un panou de comandă, fără a fi necesară intervenția manuală.

Avantajele acestei îmbunătățiri sunt direct legate de cele patru ipoteze:

Reglajul electronic al deschiderii și închiderii supapei va permite un control mai precis asupra vitezei cilindrului pneumatic, chiar și în condiții de variație a presiunii din sistem.

Cu ajutorul motorului pas cu pas, se poate ajusta fin viteza cilindrului pneumatic în funcție de sarcina acestuia, asigurând astfel un control superior al mișcării acestuia, indiferent de schimbările de încărcătură.

Prin introducerea controlului electronic, supapa de control unidirecțională devine mult mai eficientă și mai flexibilă decât designurile tradiționale, oferind posibilitatea reglării precise de la distanță.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Cu capacitatea de a regla automat și de la distanță viteza prin debit, putem controla eficient variațiile de viteză induse de variațiile de presiune și modificările sarcinii, sporind astfel flexibilitatea operațională și fiabilitatea sistemelor pneumatice.

4.4 Configurația bancului experimental

Bancul experimental este conceput punând accent pe modularitate și interschimbabilitate. Astfel de caracteristici aduc mai multe beneficii semnificative:

Flexibilitate în testare: Modularitatea permite să schimb rapid componentele, facilitând testarea diverselor scenarii, fără a reconfigura întregul sistem.

Testarea diferitelor cilindri: Avem capacitatea de a evalua cilindri pneumatice de diferite mărimi în condiții comparabile, asigurând obținerea de date precise și relevante.

Testarea electro-droselului: În centrul acestei modularități stă posibilitatea de a testa componenta principală, electro-droselul, în diverse condiții și combinații. Aceasta oferă o înțelegere aprofundată a performanțelor și eficienței sale în diferite scenarii și în conjuncție cu diverse alte componente.

Adaptabilitate pentru viitor: Nu doar că sistemul poate fi adaptat sau îmbunătățit pe măsură ce cercetarea avansează, dar oferă și posibilitatea de a incorpora și testa noi versiuni sau îmbunătățiri ale electro-droselului.

În esență, designul modular al bancului facilitează o testare riguroasă a componentelor, inclusiv a electro-droselului, garantând astfel că avem toate instrumentele necesare pentru o cercetare de vârf.

4.5 Proiectarea bancului experimental în CATIA

Bancul experimental, dezvoltat în Catia, este un sistem modular conceput pentru testarea diferitelor pistoane pneumatice în variate condiții de presiune și sarcină, cu scopul principal de a testa noua componentă electro-droselul. Acesta cuprinde:

Sistemul pneumatic: Comprende toate componentele care lucrează cu aer comprimat, inclusiv cilindrul pneumatic, electro-droselul și compresorul de aer.

Sistemul de comandă: Este responsabil pentru reglarea și monitorizarea presiunii și viteza cilindrului.

Prin intermediul acestui banc, putem observa cum variația presiunii și a sarcinii afectează viteza cilindrului pneumatic. De asemenea, datorită designului său modular, diferite tipuri și dimensiuni de cilindri pneumatice pot fi testate cu ușurință.

Elementul cheie al bancului este electro-supapa de control unidirecțională, care reglează de la distanță viteza cilindrului pneumatic, având rol esențial în experimentele noastre referitoare la aceasta noua componentă electro-drosel.

Figura 4.1 arată bancul cu un cilindru pneumatic de 250 mm, utilizat pentru a studia efectele electro-droselului în sisteme cu mari volume de aer. Scopul este de a analiza influența acestui drosel asupra vitezei cilindrului în astfel de sisteme.

În contrast, Figura 4.2 prezintă bancul cu un cilindru mai mic, de 40 mm, care ne ajută să analizăm performanța electro-droselului în sisteme cu răspuns rapid.

Bancul se distinge prin capacitatea sa de adaptare, având componente ușor de înlocuit. Designul său precis asigură o instalare corectă, promovând acuratețea și consistența rezultatelor.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

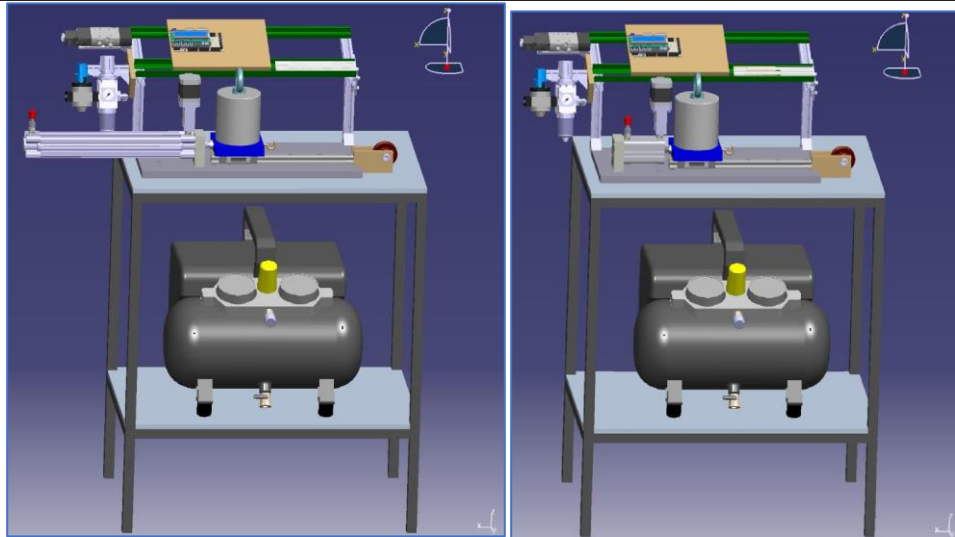


Fig. 4.1 Bancul experimental echipat cu un cilindru pneumatic Ø32 cursa de 250 mm/40mm proiectat în CATIA PLM Express V5-6R2023

4.5.1 Desenul de ansamblu al bancului experimental

Figura 4.3 prezintă o diagramă 2D a bancului experimental, ilustrând aranjamentul și interconexiunea componentelor sale mecanice, pneumatice și electronice.

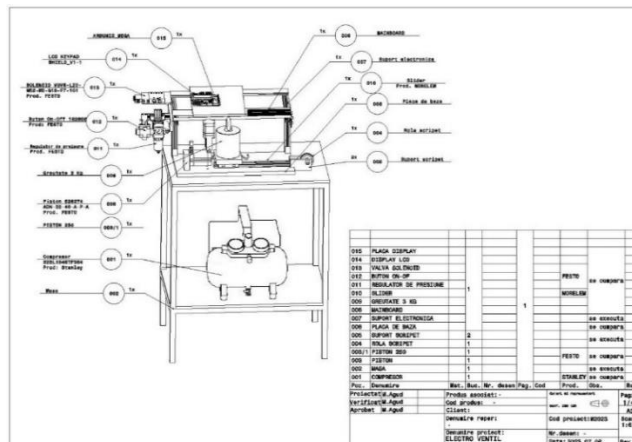


Fig. 4.2 Ansamblul bancului experimental executat în CATIA PLM Express V5-6R2023

Tabel de indice asociază fiecare componentă cu un număr de identificare și specifică dacă piesa a fost cumpărată sau produsă în proiect.

4.5.2 Proiectarea electro-supapa de control unidirecțională

Supapa de reglare a debitului unidirecțională utilizată în acest studiu este o variantă specializată, care include supapă de reglare a debitului unidirecțională integrat cu o supapă de eliberare a presiunii reziduale. Această configurație unică folosește un mecanism de montare cu o singură atingere, sporind ușurința în operare și eficacitatea.

Pentru a urmări obiectivul general al acestei cercetări : CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE prin reglarea de la distanță sau automată a vitezei cilindrului pneumatic, a fost adusă o modificare semnificativă acestei supape adică adăugarea unui motor pas cu pas. Motorul pas cu pas a fost asimilat pentru a favoriza o relație cinematică simbiotică între el însuși și supapă.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Un aspect de notat este caracteristica unică a dublei mișcări a supapei de control al debitului unidirecțional, care include atât mișcările de rotație, cât și mișcările de translație. Spre deosebire, axul motorului pas cu pas realizează doar o mișcare de rotație. Această diferență funcțională a necesitat proiectarea unui acuplaj special, conceput prin intermediul software-ului CATIA, pentru a asigura compatibilitatea operațională și pentru a preveni blocajul sistemului.

Această modificare majoră a supapei de control al debitului unidirecțional marchează o contribuție de pionierat la acest domeniu de cercetare, îmbinând elementele mecanice și electronice pentru un control optimizat al sistemelor pneumatice.

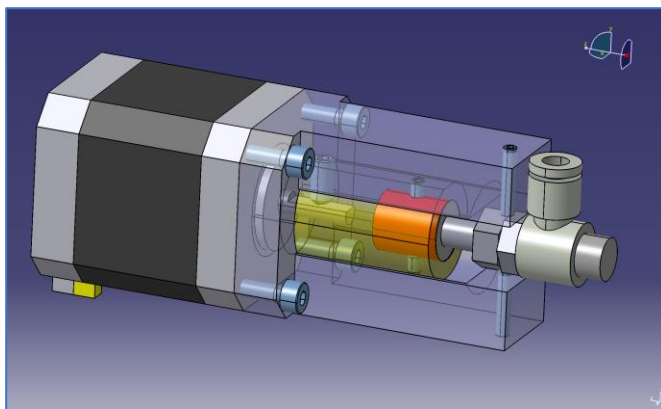


Fig. 4.3 Ansamblu 3D al motorului pas cu pas cu supapa de control realizata in Catia

În figura 4.3, este prezentat ansamblul 3D al motorului pas cu pas cu supapa de control. Ansamblul este simplu și fiabil, fiind compus din două componente principale: suportul motorului și cuplajul.

Cuplajul are un rol crucial în acest ansamblu, asigurând transmisia eficientă a mișcării de rotație de la motor la supapă. Într-un capăt, cuplajul este fixat de rozeta supapei cu ajutorul a două șuruburi. Acesta constrânge mișcarea de rotație a motorului, permițând în același timp supapei să efectueze mișcarea liniară necesară pentru reglarea debitului. În capătul opus, cuplajul este prins în motor cu ajutorul unui șurub, permițând doar mișcarea de rotație.

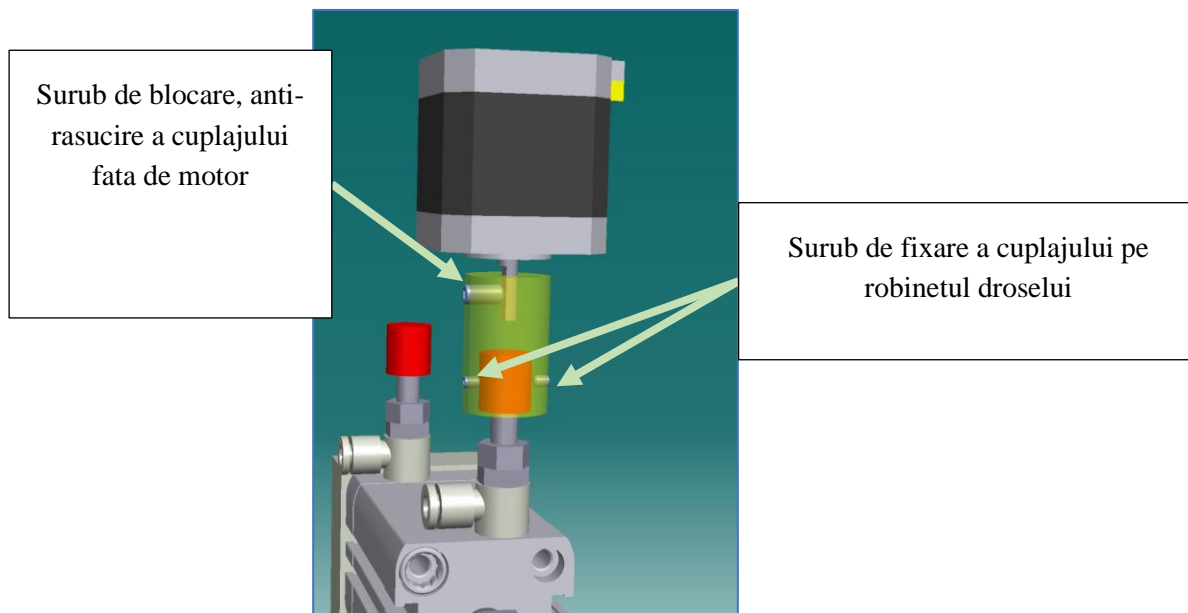


Fig. 4.4 Ansamblu droesel – cuplaj – motor realizata in Catia

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

În figura 4.4 avem ilustrată modalitatea de fixare a cuplajului. Este evident că acesta a fost conceput astfel încât să fie ferm fixat pe robinetul droselului, permițând transmisia mișcării de rotație. În plus, se poate observa că proiectarea cuplajului asigură blocarea rotației axului motorului în cuplaj. Aceasta reprezintă o caracteristică esențială care asigură funcționarea eficientă și corectă a ansamblului.

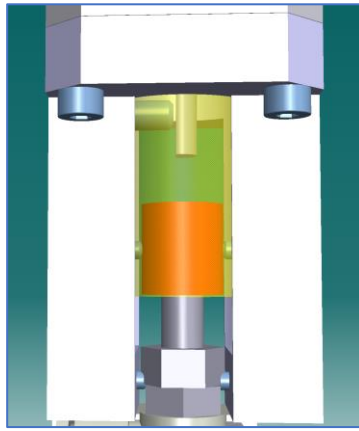


Fig. 4.5 Ansamblu drosel – cuplaj – motor realizat în CATIA

Figura 4.5 ilustrează cu claritate modul în care cuplajul este constrâns pe robinetul droselului. Se poate observa cu ușurință interstițiul șurubului care limitează rotirea axului motorului față de cuplaj, garantând o fixare fermă între carcasa motorului și carcasa droselului. Acest detaliu de design este esențial pentru a asigura funcționarea optimă a ansamblului, precum și pentru a îmbunătăți eficiența și fiabilitatea acestuia.

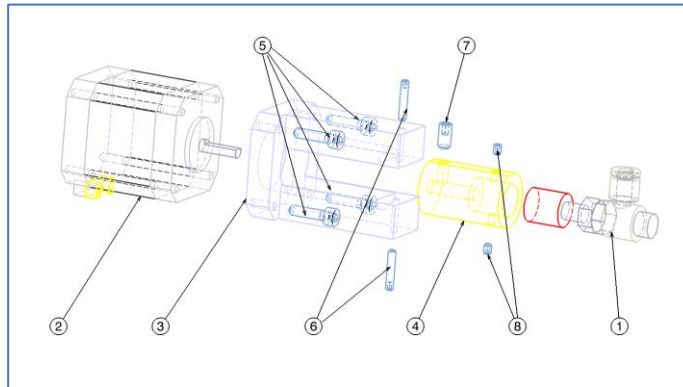


Fig. 4.6 Vedere din desenul de execuție explodată realizată în CATIA

Figura 4.7 reprezintă o imagine generată de software-ul de proiectare CAD, CATIA, care prezintă ansamblul îmbunătățit al regulatorului de viteză într-o vizualizare explodată. Acesta evidențiază modul în care diferitele componente ale ansamblului se îmbină și interacționează între ele.

Urmează o prezentare a componentelor ce alcătuiesc acest ansamblu, fiecare având un rol esențial în optimizarea performanțelor regulatorului de viteză:

1. Componenta pneumatică SMC este piesa centrală a acestui ansamblu, controlând viteza de evacuare a aerului pentru a regla viteza unui piston într-un sistem pneumatic.

2. Motorul pas cu pas este noua adăugire la ansamblul nostru, oferind posibilitatea de a regla debitul de aer într-un mod mai precis și de la distanță.

3. Suportul motorului face legătura între motorul pas cu pas și componenta pneumatică, asigurând o fixare solidă și alinierea corectă a acestor două componente principale.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

4. Cuplajul este o componentă esențială care permite transmiterea mișcării de la motor la componenta pneumatică, permițând în același timp mișcarea liniară a acesteia.

5-8. Suruburile de fixare sunt esențiale pentru asamblarea solidă a componentelor, asigurând stabilitatea ansamblului și prevenind orice mișcare nedorită a componentelor în timpul funcționării.

Desenele de execuție sunt o parte esențială a oricărui proces de proiectare și inginerie. Acestea oferă detaliile necesare pentru producția efectivă a pieselor și componentelor. Desenele de execuție pentru suportul motorului și cuplaj, create în CATIA, sunt prezentate mai jos.

Implementarea acestor desene de execuție în procesul de fabricație joacă un rol crucial pentru realizarea componentelor la standardele necesare. Prin furnizarea unui ghid precis și detalii minuțioase, desenele facilitează fabricarea componentelor cu nivelul de precizie necesar pentru a asigura funcționarea corectă a ansamblului îmbunătățit al regulatorului de viteză.

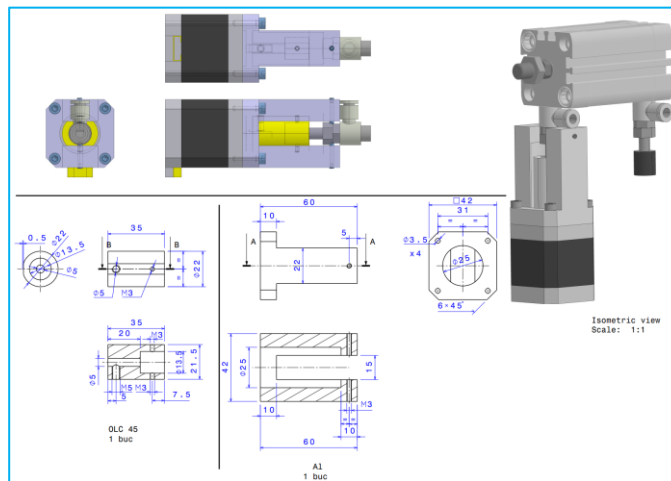


Fig. 4.7 Desen de execuție pentru cuplaj realizată în CATIA

Pentru a ilustra procesul de fabricație al ansamblului creat, am inclus imagini din diferite etape ale fabricației. Aceste imagini ilustrează execuția atât a cuplajului cât și a suportului motorului și arată cum componentele se potrivesc împreună pentru a forma ansamblul final.



Fig. 4.8 Execuția și produsul finit realizată în CATIA

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

În concluzie, prin implementarea acestei îmbunătățiri, mă aștept să îmbunătățesc semnificativ performanța și eficiența sistemului pneumatic, reducând în același timp necesitatea intervenției manuale și oferind un nivel superior de control și flexibilitate.

4.6 Descrierea detaliată a componentelor bancului experimental

Bancul experimental este esențial, fiind folosit pentru a testa ipotezele cercetării. Acesta combină componente mecanice, pneumatice și electronice într-un sistem complex, unde fiecare piesă are un rol precis. În acest capitol, este descrisă fiecare componentă, explicând importanța și funcționalitatea acesteia. Prezentarea va cuprinde componentele mecanice, pneumatice și electronice în ordine. Scopul este de a sublinia complexitatea și ingineria bancului experimental, asigurând înțelegerea corectă a funcționării acestuia și a rezultatelor obținute. De asemenea, este esențial să menționăm că am acordat o mare atenție detaliilor în construirea bancului pentru a garanta precizia și repetabilitatea testelor

4.6.1 Partea mecanică a bancului experimental

Partea mecanică a bancului experimental combină complexitate cu fiabilitate pentru a asigura experimentele. Conține elemente esențiale, toate proiectate meticulos. Stativul robust servește ca bază, găzduind compresorul pentru organizare eficientă. Bancul însuși este format dintr-o placă de aluminiu rezistentă la coroziune, având montat un suport de piston pentru cilindrul pneumatic. O șină cu patină asigură mișcarea lină a cilindrului, reducând fricțiunea. De asemenea, există un suport din profile de aluminiu care adăpostește componentele electronice și pneumatice, oferind flexibilitate și rezistență.

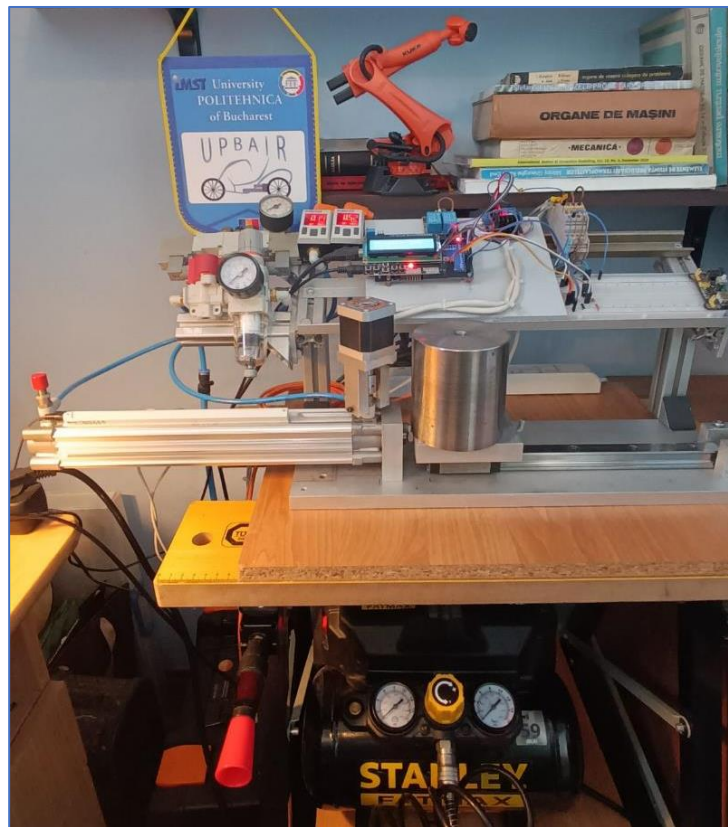


Fig. 4.9 Banc experimental

Componentele au fost modelate în CATIA, software care permite o reprezentare detaliată. Figurile 4.12 arată desenele de execuție ale bancului, evidențiind designul.

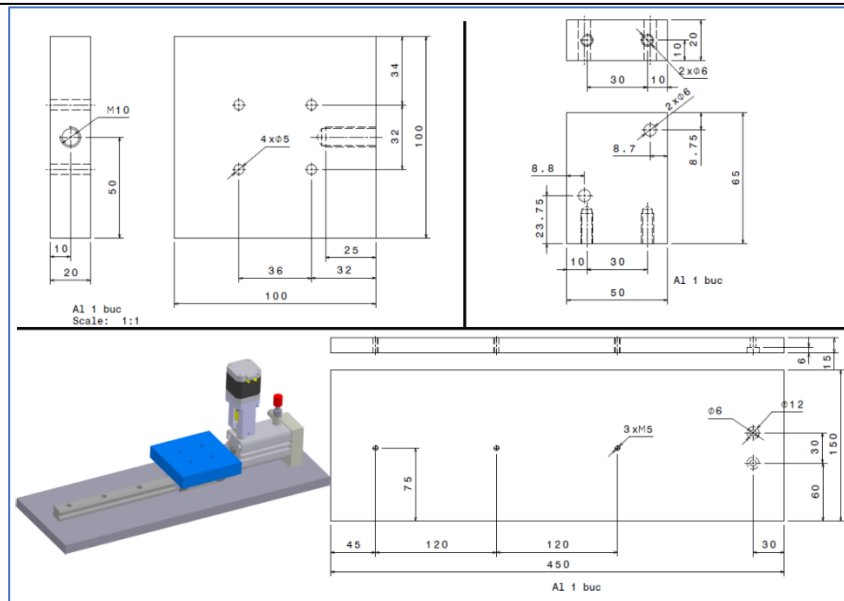


Fig. 4.10 Desene de execuție pentru placile de montaj realizata in CATIA

În concluzie, componenta mecanică a bancului îmbină robustețea cu adaptabilitatea, optimizându-se pentru experimentele propuse.

4.6.2 Partea pneumatică a bancului experimental

Partea pneumatică a bancului experimental este un ansamblu complex de componente, toate esențiale pentru realizarea și funcționarea experimentelor noastre. Acest sistem este o replică a celui simulat în software-ul Automation Studio, asigurând astfel coerența și validitatea rezultatelor obținute.

4.6.3 Partea electronică a bancului experimental

Partea electronică a bancului experimental joacă rolul de punte între mediul fizic și cel digital, transformând semnalele senzorilor în acțiuni concrete și controlând întregul sistem pentru a asigura experimente controlate și repetabile.

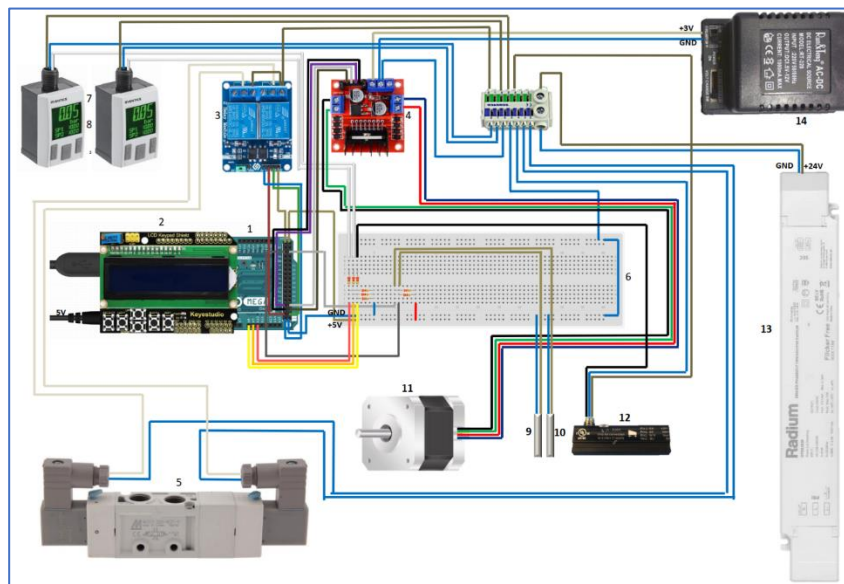


Fig. 4.11 Schema electrica a bancului experimental

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Există două tipuri principale de componente electronice: cele care comandă, precum Arduino Mega 2560 și motorul pas cu pas, și cele care colectează informații, cum sunt senzorii de presiune și magnetici. Aceste elemente colaborează pentru a garanta funcționarea corectă a bancului experimental.

Fig. 4.11 oferă o privire asupra schemei electrice, care detaliază conexiunile dintre componentele electronice. Microcontrollerul Arduino Mega 2560 este inima acestei scheme, procesând semnalele senzorilor și comandând alte componente.

4.7 Modul de funcționare a bancului experimental

Etapele principale de operare și interdependențele dintre diferitele sale componente sunt:

Pornire și inițializare: Bancul experimental este pornit folosind panoul principal de comandă de la arduino. În această fază, toate componentele sunt inițializate și pregătite pentru a începe testarea. Senzorii sunt calibrați și pe poziții, iar electro-supapa este setată la o poziție de start.

Setarea parametrilor de testare: Se poate seta diferiți parametri, cum ar fi presiunea aerului, sarcia sau viteza dorită a cilindrului pneumatic prin setarea timpului parcurs de către pistonului, folosind software-ul de control și monitorizare sau panoul de comandă.

Procedura de testare: Odată ce parametrii sunt setați, testarea poate începe. Pistonul este acționat, iar viteza și presiunea sunt monitorizate în timp real prin senzorii de presiune și cei magnetici. Electro-supapa reglează debitul de aer în funcție de comenzi și feedback-ul primit de la senzori.

Scenarii de testare: În funcție de obiectivele cercetării, pot fi configurate diferite scenarii de testare: de exemplu, modificarea a presiunii pentru a testa reacția electro-supapei sau simularea unor condiții specifice prin modificarea sarcini de la 0;3;6;9 kg pentru a evalua performanța în situații reale de funcționare.

Monitorizarea și înregistrarea datelor: Pe parcursul testării, toate datele sunt monitorizate și înregistrate în software-ul de control pentru analiză ulterioară. Acest lucru permite să se evalueze performanța electro-supapei și să confirme sau infirme ipotezele propuse.

Oprire și raportare: După finalizarea testului, bancul este oprit, iar datele sunt salvate și procesate pentru a genera rapoarte și diagrame. Aceste rapoarte pot fi folosite pentru analize detaliate și comparații cu rezultatele altor teste.

4.7.1 Scopul bancului experimental

Scopul principal al bancului experimental este de a testa și a demonstra eficiența utilizării electro-supapei de control unidirecțională în sistemele pneumatice. Acest lucru se face prin testarea a patru ipoteze, care se referă la modul în care viteza unui piston într-un sistem pneumatic este influențată de variațiile de presiune și sarcină, precum și la capacitatea de control și reglare a vitezei cilindrului pneumatic prin utilizarea electro-droselului.

Ipoteza 1: Viteza unui piston într-un sistem pneumatic este influențată de variația presiunii din sistem.

Ipoteza 2: Viteza unui piston într-un sistem pneumatic este afectată de sarcina pe care trebuie să o miște.

Ipoteza 3: Supapa de control unidirecțională reproiectată, care încorporează un motor electric (electro-drosel) permite controlul de la distanță.

Ipoteza 4: Capacitatea de reglare automată a vitezei cilindrului pneumatic cu electro-supapa de control unidirecțională a debitului va permite controlul eficient asupra variațiilor de viteză induse de variațiile de presiune și modificările sarcinii, îmbunătățind astfel flexibilitatea operațională și fiabilitatea sistemelor pneumatice.

4.7.2 Diagrama bloc de funcționare a bancului experimental

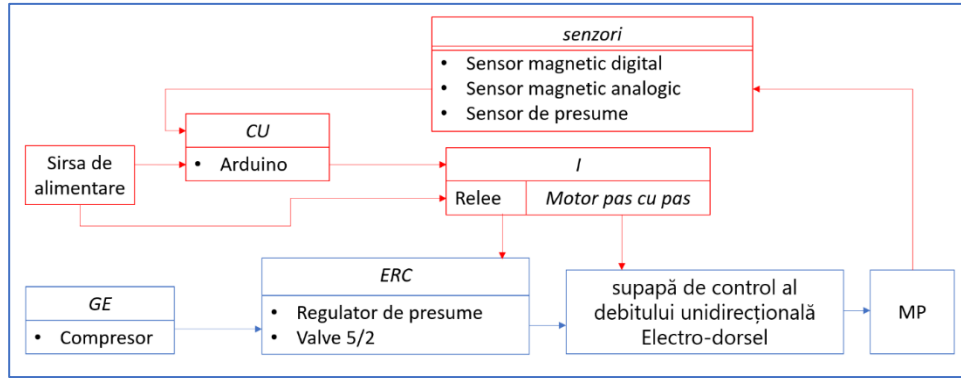


Fig. 4.12 Diagrama bloc de funcționare a bancului experimental

Figura 4.12 prezintă diagrama de funcționare a sistemului, care servește drept cadru conceptual pentru înțelegerea modului în care diferitele componente ale sistemului interacționează și funcționează împreună. Sistemul este alcătuit din două componente principale: sistemul pneumatic (marcat în albastru) și sistemul electric (marcat în roșu). Aceste două sisteme lucrează împreună pentru a controla viteza cilindrului pneumatic în funcție de variația presiunii și sarcinii.

CAP. 5 PROIECTAREA ȘI SIMULAREA SISTEMULUI PNEUMATIC ÎN AUTOMATION STUDIO

În acest capitol se prezintă utilizarea software-ului Automation Studio în cercetarea propusă pentru proiectarea și simularea sistemului pneumatic.

Se începe cu o prezentare a softului Automation Studio și a principalelor componente ale sistemului pneumatic. Apoi, se construiește modelul și simularea lui. Acest demers mi-a permis să analizăm viteza cilindrului pneumatic și să înțelegem contribuția fiecărei componente la performanța sistemului. Concluziile se bazează pe rezultatele acestor simulări.

5.1 Simularea sistemului pneumatic

În acest capitol, am folosit software-ul Automation Studio pentru a simula sistemul pneumatic. Această simulare permite o înțelegere a comportamentului și interacțiunile dintre componentele sistemului fără a fi necesară implementarea fizică.

5.2 Simulare și Analiză

Secțiunea se axează pe analiza detaliată a sistemului pneumatic prin software-ul Automation Studio. Prin simulare, se testează și validează funcționarea sistemului înainte de implementare, identificând posibile optimizări sau probleme. Procesul de simulare implică construirea unui model digital al sistemului, selectând și configurând componentele adecvate.

5.2.1 Crearea Modelului Sistemului

Am construit un model digital al sistemului pneumatic în software-ul Automation Studio, bazat pe configurarea reală de pe bancul experimental. Toate componentele din sistem, cu toți parametrii lor, au fost reproduse în acest model digital. Central în acest model este schema pneumatică, o reprezentare detaliată a tuturor conexiunilor și componentelor sistemului.

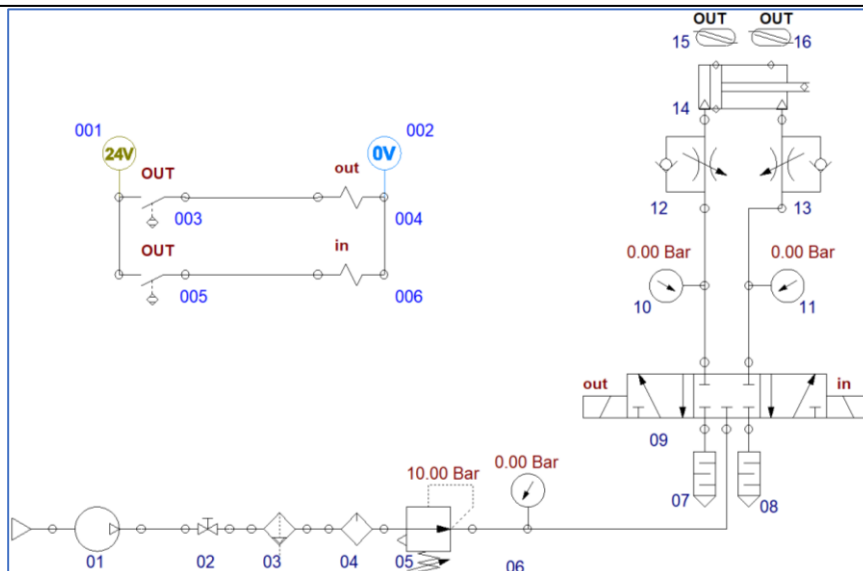


Fig. 5.1 Schema pneumatica si electrica realizata in Automation Studio

Detaliile minuțioase asigură ca simularea să fie cât mai apropiată de realitate. Odată ce modelul este gata, se poate rula simularea și folosi diferite instrumente de analiză oferite de software pentru a studia comportamentul sistemului.

5.2.2 Testarea Ipotezelor prin simulare

După modelarea și parametrizarea sistemului pneumatic în software-ul Automation Studio, am trecut la testarea ipotezelor noastre prin simulare.

Simulare Ipoteza 1: Varierea presiunii în sistem influențează viteza cilindrului pneumatic

Presiunea în sistemul pneumatic joacă un rol crucial în determinarea vitezei de deplasare a cilindrului pneumatic. Pentru a testa această ipoteză, am variat presiunea în sistem în timpul simulărilor și am monitorizat efectele asupra vitezei cilindrului pneumatic. Rezultatele simulării au arătat că, într-adevăr, viteza cilindrului pneumatic este sensibilă la variațiile de presiune din sistem. Mai precis, am observat că o creștere a presiunii duce la o accelerare a vitezei cilindrului pneumatic, în timp ce o reducere a presiunii duce la o încetinire a vitezei cilindrului pneumatic.

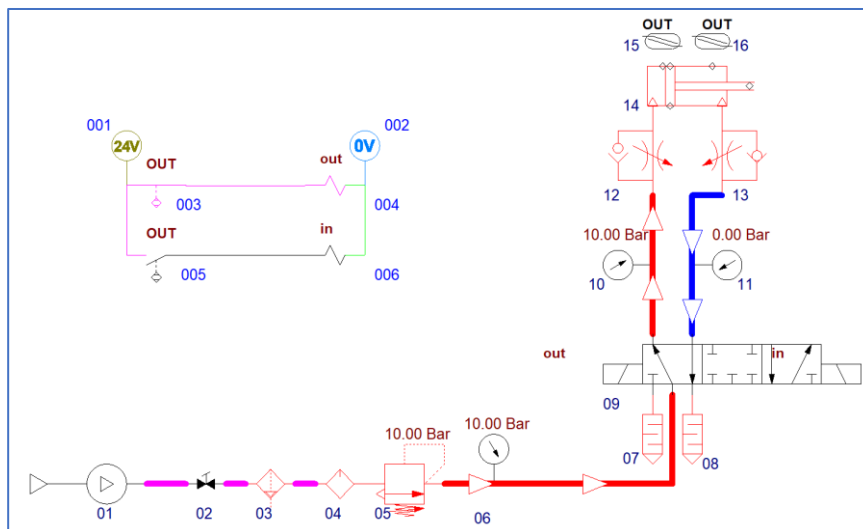


Fig. 5.2 Simularea schemei pneumatice realizata in Automation Studio

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Imaginea figura 5.3 reprezintă schema pneumatică simulată, arătând fluxul de aer indicat prin săgeți și nivelul de presiune din sistem reprezentat prin diferite culori. În această imagine, culorile mai calde de exemplu, roșu indică o presiune mai mare, în timp ce culorile mai reci de exemplu, albastru indică o presiune mai mică.

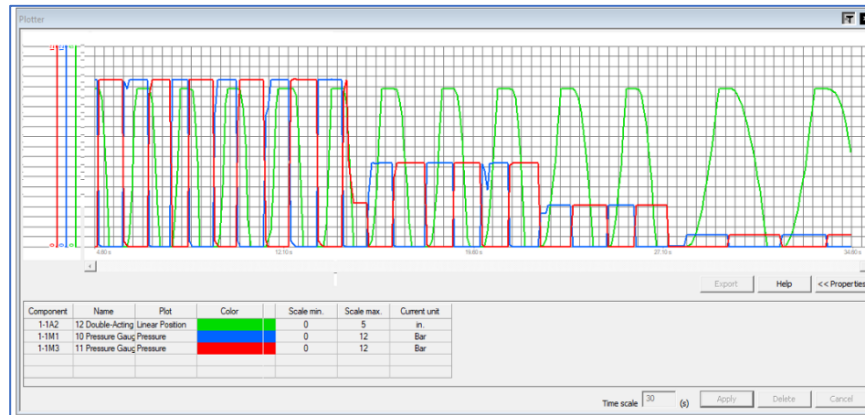


Fig. 5.3 Diagrama relației dintre presiunea din sistem și viteza cilindrului pneumatic

În figura 5.3, este o reprezentare grafică a comportamentului sistemului nostru pneumatic în timpul funcționării. Această diagramă oferă o imagine clară a relației dintre presiunea din sistem și viteza cilindrului pneumatic.

Pe grafic, linia albastră reprezintă presiunea în sistem în timpul extensiei tijeii cilindrului pneumatic, în timp ce linia roșie indică presiunea din sistem în timpul retragerii tijeii cilindrului pneumatic. Între timp, linia verde ilustrează poziția cilindrului pneumatic pe durata acestor două etape.

Deși linia verde indică poziția cilindrului pneumatic, viteza acestuia poate fi derivată observând durata de timp în care pistonul parcurge o anumită distanță. Astfel, putem observa că, în momentele în care presiunea din sistem scade (indicat de scăderea liniilor albastre și roșii), timpul necesar cilindrului pneumatic pentru a parcurge o anumită distanță crește, ceea ce indică o scădere a vitezei cilindrului pneumatic.

Acest lucru confirmă ipoteza inițială, că variația presiunii în sistem influențează viteza cilindrului pneumatic. Astfel, rezultatele acestei simulări oferă o validare empirică a acestei ipoteze și subliniază importanța menținerii unei presiuni adecvate în sistem pentru a asigura o viteză de funcționare optimă a cilindrului pneumatic.

Simulare Ipoteza 2: Mărirea sarcinii influențează viteza cilindrului pneumatic

Pentru a valida a doua ipoteză, am simulat sistemul cu sarcini crescând aplicate pe piston. Într-un sistem pneumatic real, sarcina ar putea fi reprezentată de forța necesară pentru a efectua o anumită activitate, cum ar fi ridicarea unui obiect sau deplasarea unei componente mecanice. În simulare, am variat această sarcină și am observat modul în care viteza cilindrului pneumatic este afectată.

În figura 5.4, putem vedea rezultatele acestei simulări. Pe grafic, linia albastră reprezintă presiunea în sistem în timpul extensiei tijeii cilindrului pneumatic, în timp ce linia roșie indică presiunea din sistem în timpul retragerii tijeii cilindrului pneumatic. La fel ca în analiza anterioară, linia verde ilustrează poziția cilindrului pneumatic pe durata acestor două etape.

Se observă că, pe măsură ce sarcina crește, timpul necesar pentru ca pistonul să parcurgă aceeași distanță crește. Aceasta indică o scădere a vitezei cilindrului pneumatic, ceea ce confirmă ipoteza noastră că mărirea sarcinii influențează viteza cilindrului pneumatic.

Această constatare subliniază importanța echilibrării sarcinii într-un sistem pneumatic cu presiunea disponibilă pentru a asigura o funcționare eficientă. Aceasta este, de asemenea, o considerație importantă pentru

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

proiectarea sistemelor pneumatice, întrucât sarcinile mari ar putea necesita presiuni mai mari sau pistoane cu diametre mai mari pentru a menține vitezele de funcționare dorite.

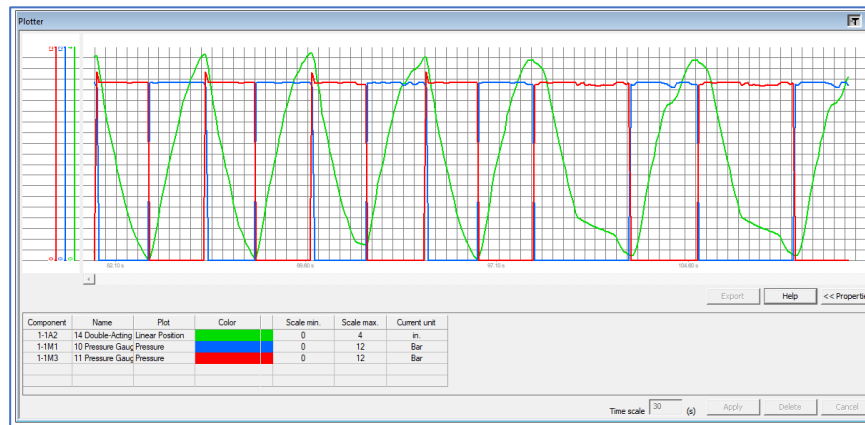


Fig. 5.4 Rezultatele simulării

Reglarea vitezei cilindrului pneumatic prin droselizare

Controlul vitezei de deplasare a cilindrului pneumatic este esențial în multe aplicații ale sistemelor pneumatice. Unul dintre metodele obișnuite de control al vitezei cilindrului pneumatic implică utilizarea unei droseluri, un dispozitiv ce permite reglarea debitului de aer care circulă prin acesta .[28]

În majoritatea cazurilor, droselul este montat pe linia de evacuare a aerului din cilindrul pneumatic. Această metodă de droselizare "exhaustivă" oferă un control mai predictibil și eficient asupra vitezei cilindrului pneumatic decât dacă s-ar controla debitul de aer care intră în cilindru. Controlul debitului de aer care iese din cilindru asigură o deplasare lină și constantă a cilindrului pneumatic, evitând mișcările bruște sau neașteptate.

În cadrul simulării efectuate în Automation Studio, am utilizat droselul configurat pe linia de evacuare a aerului din cilindrul pneumatic. Prin ajustarea deschiderii droselului, am putut controla debitul de aer evacuat din cilindru, și, prin urmare, viteza de deplasare a cilindrului pneumatic. Rezultatele simulării confirmă eficiența droselizării pe linia de evacuare a aerului în reglarea vitezei cilindrului pneumatic într-un sistem pneumatic.

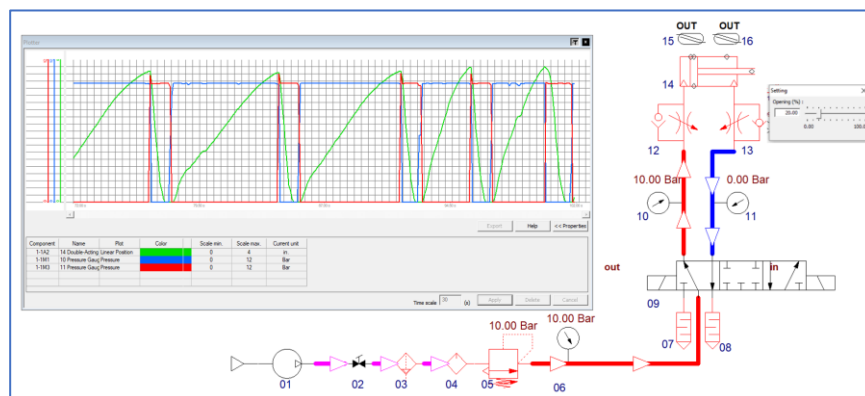


Fig. 5.5 Simularea cu reglarea vitezei cilindrului pneumatic prin droser realizata in A.S.

Simulările efectuate în Automation Studio au urmărit impactul reglării droselului pe linia de evacuare a aerului asupra vitezei de deplasare a cilindrului pneumatic. Conform rezultatelor, viteza de deplasare a cilindrului pneumatic a prezentat o relație invers proporțională cu mărimea deschiderii droselului. Cu cât era mai mare deschiderea droselului, cu atât viteza de deplasare a cilindrului pneumatic era mai mare.

Aceste rezultate confirmă eficiența droselizării pe linia de evacuare a aerului în reglarea vitezei cilindrului pneumatic într-un sistem pneumatic, așa cum a fost discutat în literatura de specialitate .[25]

5.2.3 Rezultate și discuții în urma simulărilor făcute în Automation Studio

Pe baza simulărilor realizate în software-ul Automation Studio, am obținut următoarele rezultate, care au relevanță directă pentru ipotezele noastre inițiale.

Ipoteza 1: Varierea presiunii în sistem influențează viteza cilindrului pneumatic

Din rezultatele simulărilor, am observat că există o relație invers proporțională între presiunea din sistem și viteza cilindrului pneumatic. Cu alte cuvinte, atunci când presiunea din sistem scade, viteza cilindrului pneumatic de asemenea scade. Acest fenomen poate fi explicat prin principiile fizice de bază care guvernează mecanica fluidelor. Presiunea dintr-un sistem pneumatic este forța motrice care împinge pistonul prin cilindru. Prin urmare, atunci când presiunea scade, forța care acționează asupra cilindrului pneumatic este mai mică, rezultând o viteză de deplasare mai mică.

Ipoteza 2: Mărirea sarcinii influențează viteza cilindrului pneumatic

La fel ca și în cazul primei ipoteze, simulările noastre confirmă că există o relație directă între sarcina pe care o duce pistonul și viteza acestuia. Într-adevăr, atunci când sarcina crește, viteza cilindrului pneumatic scade. Acest rezultat este în concordanță cu principiile de bază ale mecanicii. Când sarcina care acționează asupra unui corp crește, acesta are nevoie de o forță mai mare pentru a se mișca cu aceeași viteză. În absența unei creșteri corespunzătoare a presiunii în sistem, pistonul se va mișca mai încet.

Interpretarea rezultatelor simulării cu drosolizare

În plus, am analizat efectul drosolizării asupra vitezei cilindrului pneumatic. Drosolizarea, care este o tehnică de control a fluxului de aer din și către piston, s-a dovedit a avea un impact semnificativ asupra vitezei cilindrului pneumatic. Am observat că, prin controlul debitului de aer prin drosolizare, putem ajusta în mod eficient viteza de deplasare a cilindrului pneumatic. Acest lucru este în concordanță cu literatura existentă, care sugerează că drosolizarea poate fi o metodă eficientă de control al vitezei unui piston pneumatic.

5.2.4 Concluziile simulărilor făcute în Automation Studio

Examinând rezultatele obținute în urma simulărilor realizate în software-ul Automation Studio, se poate trage anumite concluzii legate de comportamentul și controlul unui sistem pneumatic.

Varierea presiunii în sistem influențează viteza cilindrului pneumatic. Presiunea și viteza cilindrului pneumatic sunt invers proporționale; o scădere a presiunii în sistem va rezulta într-o viteză de deplasare mai mică a cilindrului pneumatic. Acest lucru arată importanța controlului precis al presiunii în orice sistem pneumatic, pentru a asigura funcționarea optimă a acestuia.

Mărirea sarcinii influențează viteza cilindrului pneumatic. Sarcina și viteza cilindrului pneumatic sunt de asemenea invers proporționale; o creștere a sarcinii pe care o duce pistonul va rezulta într-o viteză de deplasare mai mică. Acesta este un aspect important de luat în considerare în proiectarea și funcționarea sistemelor pneumatice, în special în situații în care sarcina poate varia semnificativ.

Drosolizarea permite controlul vitezei cilindrului pneumatic. Rezultatele noastre confirmă că drosolizarea poate fi o metodă eficientă de a regla viteza de deplasare a unui piston într-un sistem pneumatic.

Prin urmare, pentru a asigura o funcționare eficientă și fiabilă a unui sistem pneumatic, este esențial să se ia în considerare și să se controleze atent acești trei factori: presiunea în sistem, sarcina pe piston și fluxul de aer controlat prin drosolizare.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

În concluzie, aceste constatări reprezintă un pas important în înțelegerea comportamentului și controlului sistemelor pneumatice. Cu toate acestea, mai multe studii și simulări ar fi benefice pentru a continua dezvoltarea și îmbunătățirea acestor sisteme.

CAP. 6 ANALIZA ȘI VALIDAREA REZULTATELOR EXPERIMENTALE OBȚINUTE PE BANCUL DE TESTARE

Acest capitol este un punct pivot al studiului. Aici, sunt prezentate și analizate rezultatele pe care le-am obținut în urma testării ipotezelor propuse prin utilizarea bancului experimental. Informațiile adunate și interpretate în acest capitol permit perspectiva despre modul în care viteza cilindrului pneumatic într-un sistem pneumatic este influențată de variații de presiune, sarcină și despre eficiența integrării electro-droselului în sistem.

Capitolul prezintă datelor brute obținute. Aceasta va fi urmată de o analiză detaliată și o interpretare a rezultatelor, legând datele de ipotezele și explorând semnificația lor în contextul cercetării.

Acest capitol este important pentru înțelegerea eficienței electro-droselului în controlul vitezei cilindrului pneumatic și va oferi o imagine clară a potențialului acestei tehnologii. Prin urmare, va trebui să fiu riguros în analiza și interpretarea datelor pentru a asigura că rezultatele sunt solide și relevante.

6.1 Prezentarea Rezultatelor pentru Ipoteza 1

Ipoteza 1 a fost testată utilizând bancul experimental descris în capitolul anterior. Pentru fiecare cilindru pneumatic testarea a început la o presiune de 3 bari, cu timpul setat pentru parcurs de tija cilindrului pneumatic stabilizat la 2 secunde. Ulterior, presiunea a fost diminuată treptat la 2 bari și, în final, la 1 bar. Obiectivul principal al acestei testări a fost de a observa dacă sistemul pneumatic este capabil să-și ajusteze eficient viteza cilindrului, menținând un timp constant de 2 secunde pentru deplasarea tijei cilindrului pneumatic, în ciuda fluctuațiilor de presiune simulate. Aceste teste și rezultatele lor sunt ilustrate în imaginile următoare.

6.1.1 Procedura de testare pentru cilindru pneumatic 1 Ipoteza 1

Procedura este o reprezentare vizuală a cilindrului pneumatic 1, care are un diametru de 32 mm și o cursă de 250 mm. Acesta a fost testat în condițiile experimentale inițiale, pentru a valida Ipoteza 1.

După inițierea testării, datele au fost achiziționate folosind sistemul de date. Aceste date au fost stocate și procesate în timp real de către unitatea de comandă Arduino, care a generat un fișier de date cu toate măsurătorile relevante. Fișierul de date includea timpul de parcurgere a cursei cilindrului pneumatic, starea electro-droselului (deschis sau închis), timpul setat și alte informații relevante pentru experiment.

Fișierul de date generat de Arduino a fost descărcat pe un laptop pentru analiză ulterioară. Acest proces de achiziție de date și generare de fișiere mi-a permis să monitorizez și să înregistrăm cu precizie comportamentul cilindrului pneumatic 1 în cadrul experimentului.

Datele obținute au fost analizate ulterior pentru a înțelege modul în care viteza cilindrului pneumatic varia în funcție de presiunea din sistem. Am putut de asemenea să observ modul în care electro-droselul ajusta debitul de aer pentru a compensa variațiile de viteză. Prin aceasta, am putut valida Ipoteza 1 pentru cilindru pneumatic 1.

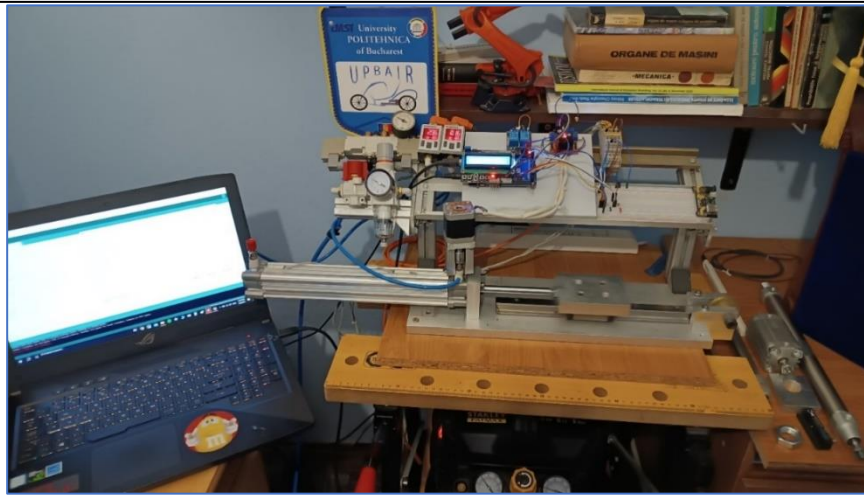


Fig. 6.1 Cilindru pneumatic 1 setat la 3 bari pentru demonstrarea Ipotezei 1

6.1.2 Analiza rezultatelor pentru cilindru pneumatic 1 Ipoteza 1

Cilindrul pneumatic 1, a fost subiectul testului inițial pentru validarea Ipoteza 1. Pentru a începe, pistonul a fost setat la o presiune de 3 bari, iar timpul de parcurs pentru tija cilindrului pneumatic a fost setat la 2 secunde.

După pornirea sistemului, pistonul a început să efectueze mișcări de ieșire și de introducere a tijei, în timp ce unitatea de comandă Arduino citea semnalele de la senzorii magnetici amplasați pe cilindru. Acest lucru mi-a permis să măsoz timpul în care a fost parcursă cursa cilindrului pneumatic și să îl comparăm cu timpul setat de 2 secunde.

Achiziția de date la 3 bar pentru cilindrul pneumatic 1:

```
COM4
22:17:13.208 -> Cursa OUT [26858] 12 2347
22:17:13.727 -> DESCHIDERE
22:17:13.727 -> 2000
22:17:16.429 -> Ten seconds iterations: 4
22:17:18.068 -> Cursa OUT [31686] 14 2251
22:17:18.587 -> DESCHIDERE
22:17:18.587 -> 2000
22:17:22.957 -> Cursa OUT [36514] 16 2144
22:17:23.476 -> DESCHIDERE
22:17:23.476 -> 2000
22:17:26.472 -> Ten seconds iterations: 4
22:17:27.694 -> Cursa OUT [41246] 18 2042
22:17:28.258 -> Droser SWEET SPOT
22:17:28.258 -> 2000
22:17:32.396 -> Cursa OUT [45871] 20 2041
22:17:32.912 -> Droser SWEET SPOT
22:17:32.912 -> 2000
5  Autoscroll  Show timestamp Newline 9600 baud Clear output
```

Fig. 6.2 Achiziția de date la 3 bar pentru cilindrul pneumatic 1

Dacă timpul de parcurgere a cursei era prea mic, Arduino comanda motorului pas cu pas să se învârtă în direcția acelor de ceasornic, deschizând astfel robinetul electro-droselului și măbind debitul de aer pentru a crește viteza cilindrului pneumatic. Invers, dacă timpul era prea mare, Arduino comanda motorului să se învârtă în sens contrar acelor de ceasornic, închizând robinetul și reducând debitul de aer pentru a încetini pistonul. Acest proces de ajustare s-a repetat până când timpul de parcurgere a cursei de către piston a ajuns în toleranța de +/- 0,1 secunde în raport cu timpul setat de 2 secunde.

După ce pistonul a ajuns la timpul setat, presiunea a fost redusă la 2 bari, apoi la 1 bar, și am urmărit dacă timpul de parcurs al cursei cilindrului pneumatic se modifică. Modificarea timpului de parcurs a cursei cilindrului pneumatic la aceste noi setări de presiune a validat ipoteza numărul 1 pentru cilindru pneumatic 1.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

6.1.2.1 Achiziția de date pentru cilindru pneumatic 1 la 2 bari Ipoteza 1

După ce cilindrul pneumatic 1 a ajuns la timpul setat pentru cursă la o presiune de 3 bari, presiunea a fost redusă la 2 bari. La această presiune, am continuat să monitoriz și să înregistrez timpul de parcurgere a cursei cilindrului pneumatic. Ajustările sistemului au continuat să se facă automat, prin intermediul sistemului Arduino, până când timpul de parcurgere a cursei a ajuns din nou în toleranța de +/- 0,1 secunde în raport cu timpul setat de 2 secunde. Observarea acestei ajustări a vitezei cilindrului pneumatic la modificarea presiunii reprezintă un punct crucial în validarea ipotezei numărul 1.

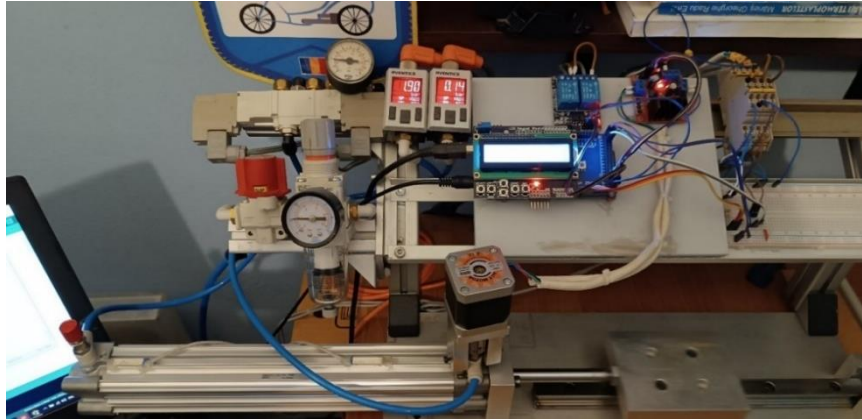


Fig. 6.3 Cilindrul pneumatic 1 setat la 2 bari pentru demonstrarea Ipotezei 1

Achiziția de date la comutare de 3 bar la 2 bar pentru cilindru pneumatic 1:

```
COM4
22:20:23.460 -> Cursa OUT [1856] 2 1937
22:20:24.022 -> Droser SWEET SPOT
22:20:24.022 -> 2000
22:20:27.706 -> Cursa OUT [6073] 4 2251
22:20:28.269 -> DESCHIDERE
22:20:28.269 -> 2000
22:20:31.751 -> Ten seconds iterations: 5
22:20:31.890 -> Cursa OUT [10188] 6 2144
22:20:32.407 -> DESCHIDERE
22:20:32.407 -> 2000
22:20:36.214 -> Cursa OUT [14508] 8 2042
22:20:36.214 -> Droser SWEET SPOT
22:20:36.262 -> 2000
22:20:40.434 -> Cursa OUT [18695] 10 2041
22:20:40.998 -> Droser SWEET SPOT
22:20:40.998 -> 2000
 Autoscroll  Show timestamp
Newline 9600 baud Clear output
```

Fig. 6.4 Achiziția de date la comutare de 3 bar la 2 bar pentru cilindru pneumatic 1

6.1.2.2 Achiziția de date pentru cilindru pneumatic 1 la 1 bar Ipoteza 1

După testarea la 2 bari, presiunea a fost ulterior redusă la 1 bar. Procedura de monitorizare și înregistrare a timpului de parcurgere a cursei cilindrului pneumatic a continuat, la fel ca în cazurile anterioare. Ajustările de debit de aer comprimat, făcute prin intermediul sistemului Arduino și a motorului pas cu pas, s-au făcut până când timpul de parcurgere a cursei a ajuns în toleranța de +/- 0,1 secunde în raport cu timpul setat de 2 secunde. Acest proces de adaptare la variațiile de presiune, prin modificarea vitezei cilindrului pneumatic, a completat validarea ipotezei numărul 1 pentru cilindru pneumatic 1.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

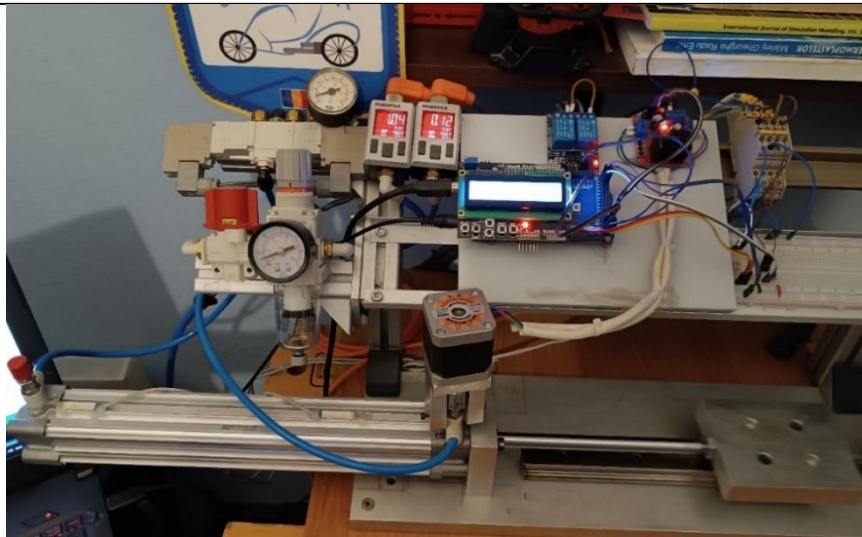


Fig. 6.5 Cilindru pneumatic 1 setat la 1 bari pentru demonstrarea Ipotezei 1

Achiziția de date la comutare de 2 bar la 1 bar pentru cilindru pneumatic 1:

```
COM4
22:22:16.654 -> Cursa OUT [25230] 12 1938
22:22:17.220 -> Droser SWEET SPOT
22:22:17.220 -> 2000
22:22:21.033 -> Cursa OUT [29549] 14 2244
22:22:21.533 -> DESCHIDERE
22:22:21.533 -> 2000
22:22:21.548 -> Ten seconds iterations: 5
22:22:25.243 -> Cursa OUT [33736] 16 2147
22:22:25.668 -> DESCHIDERE
22:22:25.668 -> 2000
22:22:29.568 -> Cursa OUT [38040] 18 2045
22:22:29.568 -> Droser SWEET SPOT
22:22:29.616 -> 2000
Autoscroll Show timestamp Newline 9600 baud Clear output
```

Fig. 6.6 Achiziția de date la comutare de 2 bar la 1 bar pentru cilindru pneumatic 1

Ipoteza 1 a fost supusă aceleași proceduri de testare și pentru cilindru pneumatic 2 și 3. Astfel, cilindru 2, având un diametru de 25mm și o cursă de 250mm, precum și cilindru 3, având un diametru de 32mm și o cursă de 40mm, au fost amândouă testate utilizând bancul experimental descris anterior. Pentru fiecare dintre aceste cilindri, testarea a început la o presiune de 3 bari, cu timpul setat pentru parcurs de tija cilindrului pneumatic stabilizat la 2 secunde. Ulterior, presiunea a fost diminuată treptat la 2 bari și, în final, la 1 bar. Obiectivul principal al acestei testări a fost de a observa dacă sistemul pneumatic este capabil să-și ajusteze eficient viteza cilindrului, menținând un timp constant de 2 secunde pentru deplasarea țigii cilindrului pneumatic, în ciuda fluctuațiilor de presiune simulate. Aceste teste și rezultatele lor sunt ilustrate în imaginile următoare.

```
COM4
21:32:23.582 -> Cursa OUT [26315] 14 1644
21:32:23.582 -> INCHIDERE
21:32:24.100 -> 2000
21:32:27.299 -> Cursa OUT [10088] 16 1747
21:32:27.394 -> INCHIDERE
21:32:31.820 -> 2000
21:32:31.820 -> Cursa OUT [19915] 18 1837
21:32:35.023 -> INCHIDERE
21:32:35.537 -> 2000
21:32:38.868 -> Ten seconds iterations: 5
21:32:39.386 -> Cursa OUT [23598] 20 1940
Autoscroll Show timestamp Newline 9600 baud Clear output
```

Fig. 6.7 Achiziția de date la 3 bar pentru cilindrului 2

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

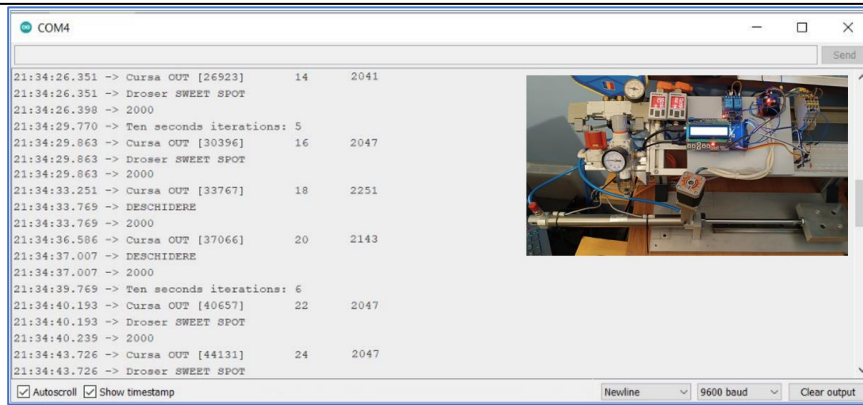


Fig. 6.8 Achiziția de date la comutare de 3 bar la 2bar pentru cilindrului 2



Fig. 6.9 Achiziția de date la comutare de 2 bar la 1bar pentru cilindrului 2

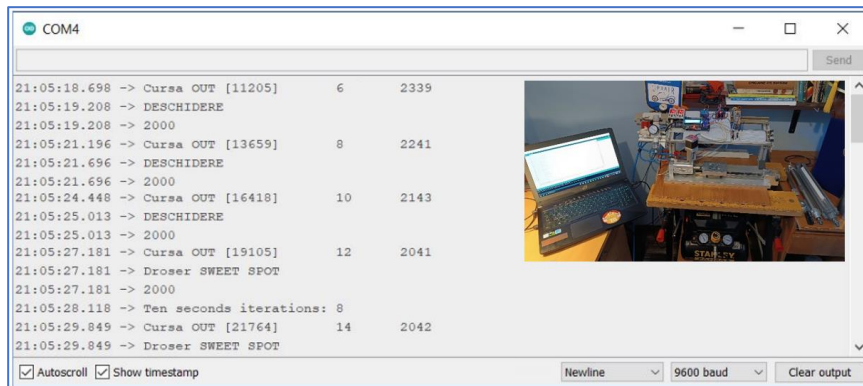


Fig. 6.10 Achiziția de date la 3 bari pentru cilindrului 3

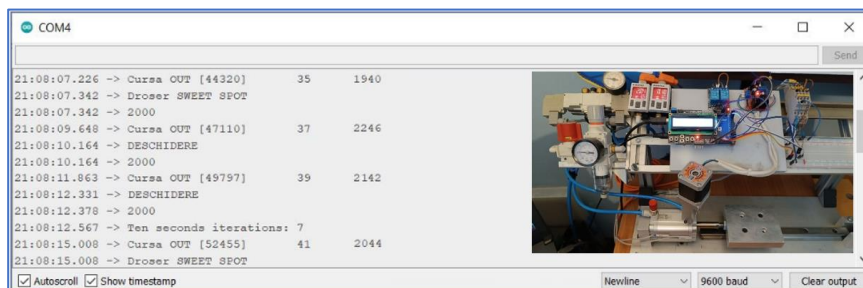


Fig. 6.11 Achiziția de date la comutare de 3 bar la 2 bar pentru cilindrului 3

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

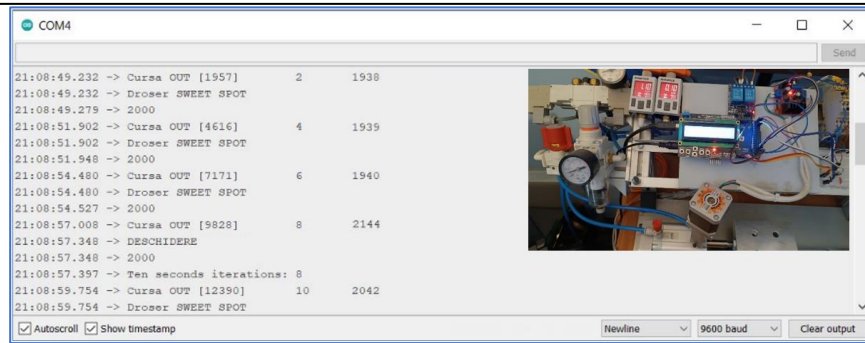


Fig. 6.12 Achiziția de date la comutare de 2 bar la 1 bar pentru cilindru 3

6.2 Concluzii pentru Ipoteza 1

În urma procesului de testare pentru Ipoteza 1, se poate trage concluzia că procesul experimental a fost executat cu succes pentru toate cele trei pistoane în condițiile de presiune diferite. A fost posibilă achiziționarea datelor necesare, în ciuda unor mici întreruperi care nu au afectat în mod semnificativ rezultatele obținute.

Funcționarea electro-droselului a fost în mare parte optimă, cu mici abateri, care nu au avut impact asupra procesului de testare sau asupra rezultatelor. Senzorii magnetici au avut unele dificultăți în citirea semnalelor, posibil din cauza vibrațiilor, ceea ce ar putea fi un aspect care să necesite îmbunătățiri în viitor. Cu toate acestea, aceste mici abateri nu au afectat validarea ipotezei.

Aceste rezultate demonstrează că procedura de testare a fost executată cu succes, ceea ce permite să avanseze spre analiza și interpretarea rezultatelor în următorul capitol.

6.3 Prezentarea rezultatelor pentru Ipoteza 2

Pentru testarea Ipotezei 2, s-au folosit trei tipuri diferite de cilindri pneumatici, fiecare cu dimensiuni și specificații distincte. În fiecare dintre aceste teste, am demarat cu o sarcină de bază de 0 kg, pe care am mărit-o succesiv la 3 kg, 6 kg și, ulterior, 9 kg. În tot acest proces, atenția a fost îndreptată asupra modului în care această variație de sarcină influențează viteza cilindrului pneumatic și timpul de parcurgere a cursei sale.

Obiectivul principal al acestei testări a fost de a observa dacă sistemul pneumatic este în stare să-și regleze eficient viteza cilindrului, aspirând la menținerea unui timp constant de 2 secunde pentru deplasarea tijei cilindrului, chiar și în fața fluctuațiilor de sarcină simulate. Toate aceste teste și consecințele lor sunt grafic reprezentate în imaginile ce urmează.

6.3.1 Procedura de testare pentru cilindrii 1, 2 și 3 - Ipoteza 2

În cadrul acestei etape experimentale, cilindrii pneumatici 1, 2 și 3 au fost testați. La început, aceștia au fost supuși unei presiuni de 2 bari, cu un timp prestabilit de 2 secunde pentru a parcurge tija. Odată cu activarea sistemului, cilindrii au demarat un ciclu de mișcări de extensie și intrare, acest ritm fiind monitorizat de dispozitivul Arduino care detecta semnalele emise de senzorii magnetici poziționați pe cilindru.

Bazându-se pe comparația dintre durata reală a deplasării cilindrului pneumatic și timpul predefinit, sistemul a optimizat viteza cilindrului pneumatic prin ajustarea fluxului de aer. Acest proces de reglaj s-a realizat prin controlul unui motor pas cu pas care manevra droselul, influențând astfel cantitatea de aer.

După stabilizarea cilindrului pneumatic la durata dorită de 2 secunde pentru parcurs, cu o marjă de eroare de +/- 0,1 secunde, sarcina a fost crescută incremental: mai întâi la 3 kg, apoi la 6 kg și în cele din urmă la 9 kg. În timpul acestor adaptări, s-a observat dacă durata necesară cilindrului pneumatic pentru a finaliza cursa se modifică. Dacă timpul s-a alterat, dar sistemul, prin intermediul electro-droselului, a reușit să regleze și să mențină

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

viteza cilindrului pneumatic la 2 secunde, atunci ipoteza 2 a fost validată pentru pistonul 1, iar ipotezele 3 și 4 au fost de asemenea confirmate.

Colectarea datelor în această fază este esențială pentru a determina capacitatea sistemului de control de a ajusta viteza cilindrului pneumatic astfel încât să se alinieze la setarea inițială de 2 secunde per deplasare. Datele acumulate oferă o viziune clară asupra adaptabilității sistemului la schimbările de sarcină și modului în care acestea influențează viteza cilindrului pneumatic.

Prin urmare, aceste informații sunt cruciale pentru a evalua eficiența sistemului în menținerea vitezei cilindrului pneumatic conform setărilor inițiale, chiar și în prezența variațiilor de sarcină. Colectarea datelor subliniază esențialitatea verificării presupunerii că, ajustând fluxul de aer prin intermediul electro-droselului, sistemul poate contrabalansa variațiile de viteză ale cilindrului pneumatic în raport cu sarcina aplicată.

6.3.1.1 Achiziția de date pentru - Ipoteza 2

În demersul verificării Ipotezei 2, achiziția de date a jucat un rol esențial. Procesul de colectare a datelor a fost meticolos structurat pentru a captura cu acuratețe modul în care viteza cilindrului pneumatic se adaptează la variațiile sarcinii. Utilizând echipamente de monitorizare de precizie, fiecare deplasare a cilindrului pneumatic a fost înregistrată, de la micile ajustări până la schimbările majore de viteză.

Achiziția de date a fost realizată în timp real, permițând astfel o evaluare instantanee a performanței sistemului. Acest lucru a facilitat observații directe despre comportamentul cilindrului pneumatic la diferite sarcini, și a permis identificarea rapidă a oricăror abateri de la parametri setați. Cu ajutorul software-ului asociat, datele colectate au fost apoi analizate pentru a evidenția tendințele și modelele de comportament ale cilindrului pneumatic.

Pe lângă viteza și timpul de deplasare, alte parametri, cum ar fi presiunea a fost monitorizată, oferind o imagine completă asupra dinamicii sistemului pneumatic în diferite condiții de sarcină. Această colectare detaliată de date a fost vitală nu doar pentru validarea Ipotezei 2, dar și pentru a oferi informații valoroase despre eficiența generală a sistemului și a potențialelor sale de optimizare. Aceste teste și rezultatele lor sunt ilustrate în imaginile următoare.



Fig. 6.13 Achiziția de date la 2 bar fara sarcina pentru cilindru pneumatic 1

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

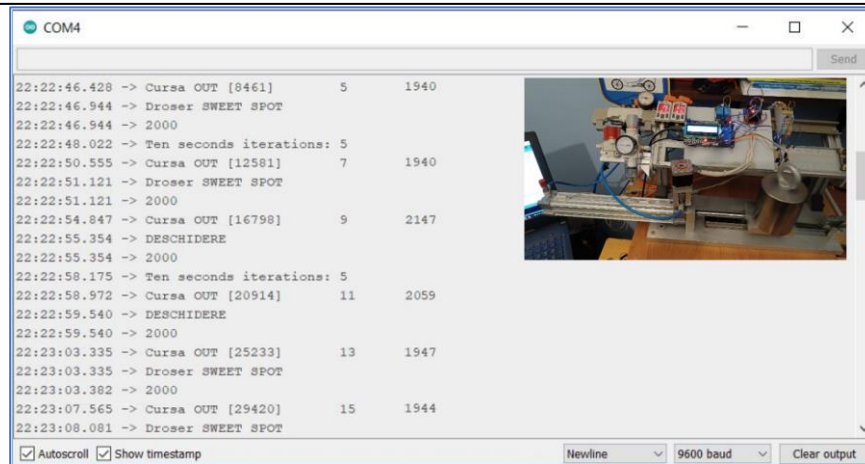


Fig. 6.14 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 3kg pentru cilindru pneumatic 1

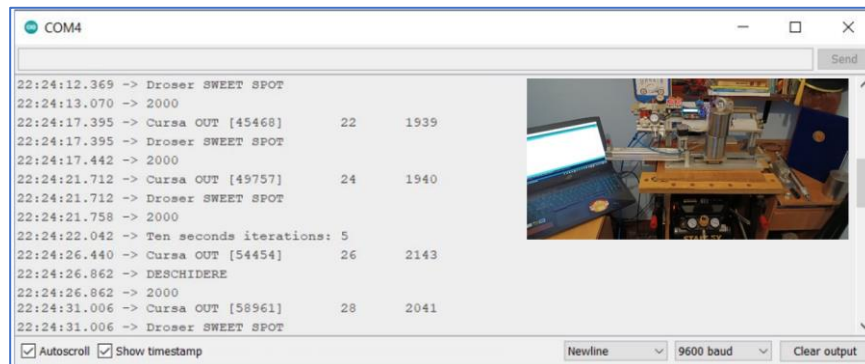


Fig. 6.15 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 6kg pentru cilindru pneumatic 1

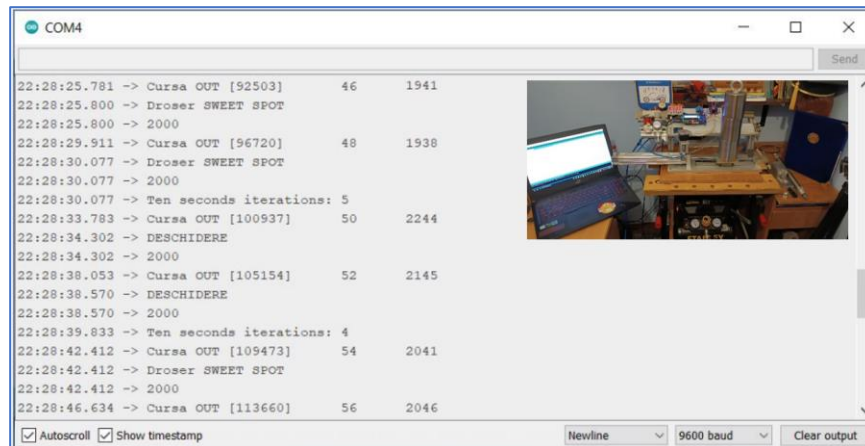


Fig. 6.16 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 9kg pentru cilindru pneumatic 1

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

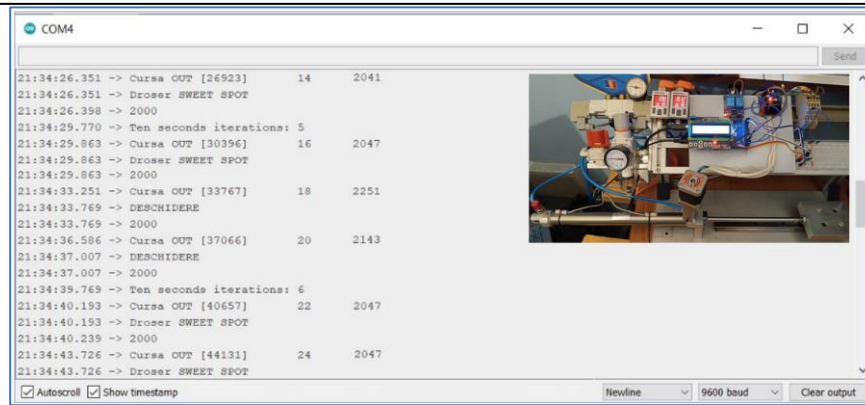


Fig. 6.17 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 0kg pentru cilindru pneumatic 2

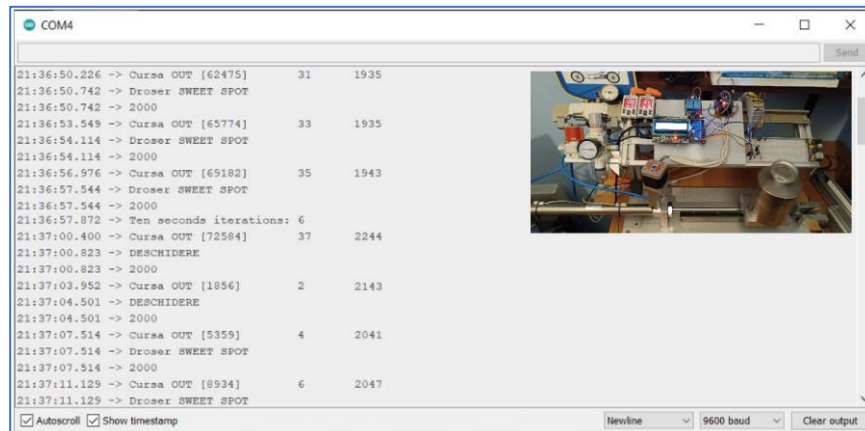


Fig. 6.18 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 3kg pentru cilindru pneumatic 2

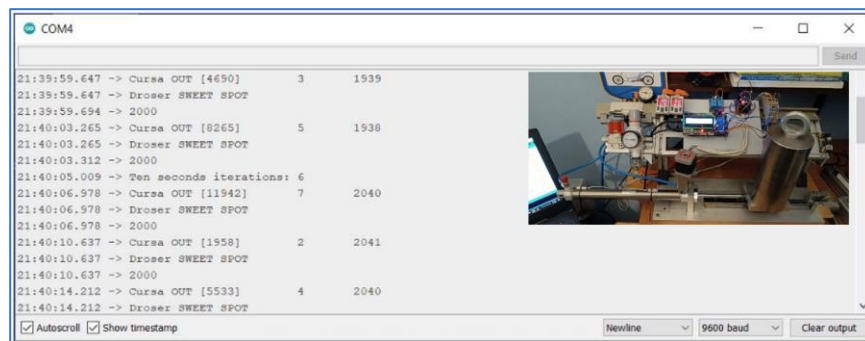


Fig. 6.19 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 6kg pentru cilindru pneumatic 2

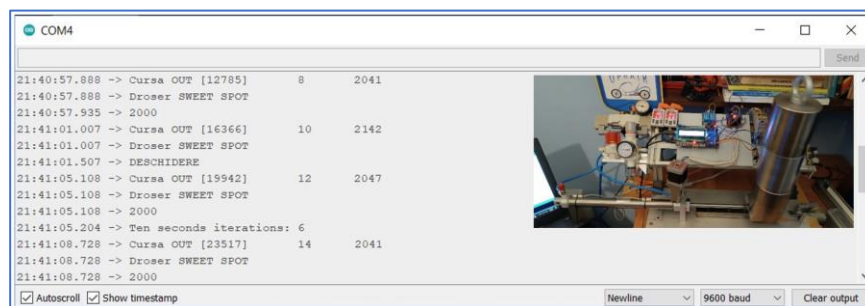


Fig. 6.20 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 9kg pentru cilindru pneumatic 2

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE



Fig. 6.21 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 0kg pentru cilindru pneumatic 3

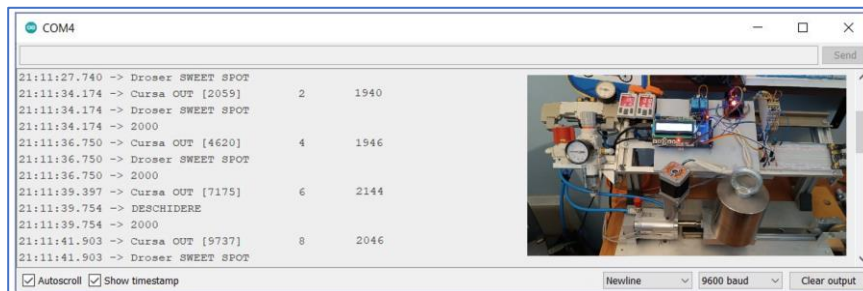


Fig. 6.22 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 3kg pentru cilindru pneumatic 3

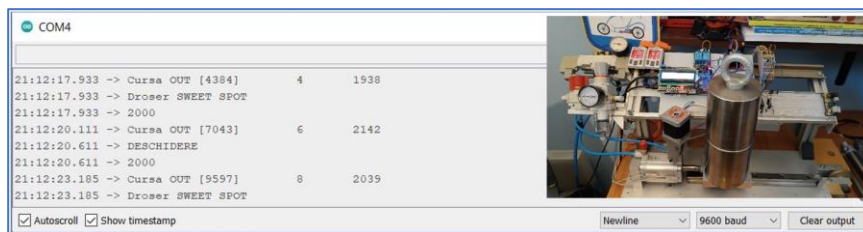


Fig. 6.23 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 6kg pentru cilindru pneumatic 3

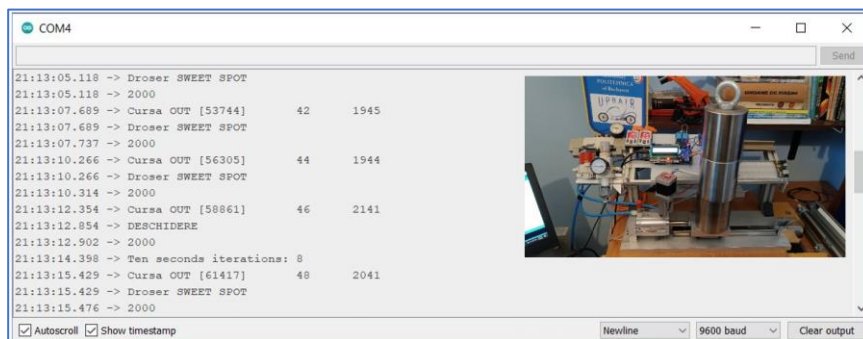


Fig. 6.24 Achiziția de date la 2 bar cu sarcina de 9kg pentru cilindru pneumatic 3

6.4 Concluzi pentru Ipoteza 2

În urma procesului de testare pentru Ipoteza 2, se poate conchide că testarea experimentală a fost efectuată cu succes pentru toate cele trei pistoane sub condițiile de sarcini diferite. Achiziția de date a fost realizată cu succes, deși au existat unele întreruperi minore care nu au influențat rezultatele în mod semnificativ.

Performanța electro-droselului a fost în mare parte constantă, cu câteva variații minore care nu au avut un impact major asupra rezultatelor sau asupra procesului de testare. Citirea semnalelor de la senzorii magnetici a întâmpinat câteva dificultăți, posibil datorită vibrațiilor, ceea ce reprezintă un posibil domeniu de îmbunătățire pentru experimentele viitoare. Cu toate acestea, aceste mici inconveniențe nu au avut impact asupra validării ipotezei.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Aceste rezultate arată că procedura de testare a fost implementată în mod corespunzător, ceea ce permite să avansăm analiza și interpretarea rezultatelor în capitolul următor.

6.5 Prezentarea rezultatelor pentru Ipoteza 3

Ipoteza 3 postulează că supapa de control unidirecțională reproiectată, care încorporează un motor electric (electro-drosel), permite controlul de la distanță a vitezei cilindrului pneumatic într-un sistem pneumatic.

6.5.1 Descrierea Ipotezei 3

Ipoteza 3 este strâns legată de primele două ipoteze testate. În ipoteza 1, am demonstrat că motorul electric (electro-drosel) poate controla viteza cilindrului pneumatic într-un sistem pneumatic, ajustându-se la variațiile de presiune. În ipoteza 2, am arătat că acest mecanism de control poate regla viteza cilindrului pneumatic într-un sistem pneumatic, chiar și în condițiile schimbării sarcinii aplicate.

Această ipoteză se concentrază pe posibilitatea controlului de la distanță a vitezei cilindrului pneumatic. Aceasta implică o interfață între motorul electric și un sistem de control automat, care ar putea fi programat și monitorizat de la distanță.

Folosind datele achiziționate din ipotezele 1 și 2, pot examina modul în care sistemul a răspuns la modificările de presiune și la modificările de sarcină, și pot determina dacă sistemul poate fi controlat eficient de la distanță.

Pentru a valida această ipoteză, pot verifica dacă sistemul a răspuns la comenzi și dacă viteza cilindrului pneumatic s-a ajustat în mod corespunzător, fără intervenția manuală necesară.

6.6 Prezentarea rezultatelor pentru Ipoteza 4

Ipoteza 4 explorează ideea că capacitatea de reglare automată a vitezei cilindrului pneumatic cu electro-drosel, permite un control eficient asupra variațiilor de viteză induse de variațiile de presiune și modificările sarcinii. În consecință, aceasta ar putea îmbunătăți flexibilitatea operațională și fiabilitatea sistemelor pneumatice.

6.6.1 Descrierea Ipotezei 4

Ipoteza 4 își bazează fundamentul pe succesul ipotezelor precedente, care au stabilit că electro-drosel poate controla și regla viteza cilindrului pneumatic într-un sistem pneumatic, în funcție de variațiile de presiune și modificările sarcinii.

Controlul și reglarea automată a vitezei ar permite operatorilor să gestioneze sistemul fără a fi în imediata apropiere a acestuia, îmbunătățind astfel flexibilitatea operațională. În plus, acest lucru ar putea crește fiabilitatea sistemului, întrucât aceasta ar reduce necesitatea intervențiilor manuale.

Pentru a valida această ipoteză, o să analizez performanța sistemului în condiții variabile de presiune și sarcină, evaluând în același timp capacitatea acestuia de a se ajusta autonom la aceste schimbări. Acest lucru va implica examinarea detaliată a datelor achiziționate în timpul testării ipotezelor 1 și 2, cu accent pe aspectele care demonstrează adaptabilitatea sistemului și autonomia în controlul vitezei.

CAP. 7 ANALIZA DATELOR ȘI CONFIRMAREA IPOTEZELOR ȘI OBIECTIVELOR

După colectarea și prezentarea datelor obținute în cadrul procesului de testare, este esențial să mă întorc la întrebările inițiale de cercetare și să analizăm aceste date în contextul ipotezelor formulate. Analiza și

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

interpretarea rezultatelor reprezintă un pas crucial în demersul științific, fiind momentul în care se evaluează validitatea ipotezelor și se trag concluziile ce se impun.

În acest capitol, analizez rezultatele experimentului pentru fiecare ipoteză în parte, căutând să înțeleg mai bine dinamica sistemului pneumatic și să verific ipotezele formulate. Fiecare secțiune va examina datele specifice obținute în cadrul testelor pentru ipotezele respective, oferind o imagine clară asupra impactului pe care îl are integrarea motorului electric în sistemul de supape de control unidirecționale asupra vitezei cilindrului pneumatic.

Interpretarea rezultatelor imi va permite să înțeleg nu doar dacă ipotezele sunt susținute sau respinse, dar și de ce aceste rezultate au fost obținute. Prin explorarea acestei dimensiuni a cercetării, imi propunem să ofer contribuții valoroase la înțelegerea sistemelor pneumatice și a modalităților de optimizare a acestora.

7.1 Analiza rezultatelor pentru Ipoteza 1

Ipoteza 1 anticipa fluctuații în viteza pistonului pneumatic cauzate de variații de presiune. Pentru a contracara acest efect, am introdus electro-droselul ca soluție de compensare a acestor variații.

La o scădere a presiunii de la 3 la 2 bari, s-a observat o reducere corespunzătoare a vitezei de deplasare a cilindrului pneumatic. Cu toate acestea, datorită capacităților reglatoare ale electro-droselului, a fost posibilă compensarea acestei modificări de viteză în doar trei iterații. Acest comportament subliniază eficiența electro-droselului în a regla debitul de aer și, prin urmare, viteza cilindrului pneumatic, chiar și în condiții de variație a presiunii.

O provocare mai mare s-a înregistrat în momentul reducerii presiunii la 1 bar. În această situație, viteza cilindrului pneumatic a scăzut considerabil, necesitând un număr mai mare de iterații pentru electro-drosel pentru a readuce viteza cilindrului la setarea inițială. Acest comportament poate fi atribuit atât scăderii semnificative a presiunii, cât și algoritmului software care controlează motorul pas cu pas al electro-droselului.

Software-ul este configurat să rotească motorul cu un pas constant de 10% dintr-o cursă completă, indiferent de mărimea decalajului dintre viteza actuală a cilindrului pneumatic și viteza setată. În cazul unei scăderi semnificative a vitezei cilindrului, această abordare poate duce la o perioadă mai lungă de ajustare.

Dacă software-ul ar putea realiza un calcul pentru a ajusta numărul de pasi al motorului în funcție de mărimea decalajului de viteză, procesul de reglare ar putea fi mai eficient. Aceasta este o posibilă îmbunătățire a sistemului care ar putea fi luată în considerare în dezvoltările ulterioare.

În concluzie, testele efectuate pentru Ipoteza 1 validează fluctuațiile vitezei cilindrului. Introducerea unui electro-drosel în sistemul pneumatic asigură o ajustare eficientă a vitezei cilindrului pneumatic, chiar și în fața variațiilor de presiune. Totuși, algoritmul de control al motorului pas cu pas poate afecta calitatea reglării, semnalând o potențială zonă de optimizare a sistemului.

7.2 Analiza rezultatelor pentru Ipoteza 2

Ipoteza 2 anticipa fluctuații în viteza pistonului pneumatic cauzate de variații de sarcină. Pentru a contracara acest efect, am introdus electro-droselul ca soluție de compensare a acestor variații.

Pentru cilindru pneumatic nr. 1, unde consumul de aer a fost semnificativ mai mare, s-au observat variații în viteza cilindrului pneumatic în răspuns la modificările de sarcină. Acest fenomen este de așteptat, deoarece schimbările de sarcină reprezintă o perturbare pentru sistemul pneumatic, iar viteza cilindrului pneumatic este susceptibilă să fie influențată de acestea. Cu toate acestea, electro-droselul și-a demonstrat eficiența, compensând variațiile de viteză și menținând-o în intervalul setat, chiar și în prezența acestor perturbări.

La pistoanele nr. 2 și 3, care au avut un consum de aer mai mic, au fost înregistrate de asemenea mici variații de viteză la introducerea de sarcini diferite. Aceasta sugerează că chiar și în cazul pistoanelor cu un consum

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

de aer mai redus, modificările de sarcină pot genera variații de viteză. Totuși, aceste variații au fost mici și au fost rapid compensate de electro-drosel.

Un aspect de notat este faptul că variațiile de viteză observate ar fi putut fi mai pronunțate dacă sarcina ar fi fost crescută la limita de sarcină a cilindrului pneumatic. Acest fapt indică că reglajul electro-droselului poate avea performanțe diferite în funcție de magnitudinea sarcinii aplicate, ceea ce ar trebui explorat în studii ulterioare.

În concluzie, testele efectuate pentru Ipoteza 2 validează fluctuațiile vitezei cilindrului. Introducerea unui electro-drosel în sistemul pneumatic asigură o ajustare eficientă a vitezei cilindrului pneumatic, chiar și în fața variațiilor de sarcină. Aceste rezultate indică robustețea și fiabilitatea sistemului, chiar și în fața perturbărilor, cum ar fi modificările de sarcină. Cu toate acestea, este evident că există o anumită dependență între magnitudinea sarcinii și performanța reglajului, ceea ce merită să fie investigat în continuare.

7.3 Analiza rezultatelor pentru Ipoteza 3

Ipoteza 3 propune ideea electro-droselului, permite controlul de la distanță a vitezei cilindrului pneumatic într-un sistem pneumatic.

Aceasta reprezintă o avansare semnificativă în domeniul tehnologiei pneumatice, oferind posibilitatea de a ajusta funcționarea sistemelor pneumatice în funcție de nevoile specifice ale aplicației, în timp real, fără a fi necesară prezența fizică a unui operator. În plus, controlul de la distanță oferă potențialul de a îmbunătăți eficiența și performanța sistemelor pneumatice, optimizând funcționarea acestora pentru a se potrivi cu condițiile de lucru curente.

Rezultatele experimentelor indică faptul că această ipoteză este susținută. Prin utilizarea unui drosel controlat de un motor pas cu pas, am putut realiza un control eficient asupra vitezei cilindrului pneumatic, chiar și atunci când condițiile de funcționare au variat. Controlul de la distanță a permis modificarea setărilor în timp real, în funcție de necesități, ceea ce oferă o flexibilitate deosebită în gestionarea sistemelor pneumatice.

Prin urmare, rezultatele experimentelor susțin Ipoteza 3 și confirmă faptul că îmbunătățirile aduse supapei de control unidirecțională permit un control de la distanță eficient și flexibil al vitezei cilindrului pneumatic într-un sistem pneumatic, precum și posibilitatea de a face acest lucru de la distanță. Aceste constatări deschid calea pentru dezvoltarea ulterioară a tehnologiei pneumatice și sugerează potențialul acestor abordări de a îmbunătăți performanța și eficiența sistemelor pneumatice într-o varietate de aplicații.

7.4 Analiza rezultatelor pentru Ipoteza 4

Ipoteza 4 susține că posibilitatea de reglare automată a vitezei prin intermediul unui electro-drosel, poate îmbunătăți considerabil eficiența și flexibilitatea sistemelor pneumatice. Prin această ipoteză, se presupune că ajustările fine, făcute automat de sistem, vor permite o gestionare mai eficientă a variațiilor de viteză și a modificărilor sarcinii, ceea ce va contribui la îmbunătățirea performanței generale a sistemului.

Rezultatele achiziționate în urma testărilor vin în sprijinul acestei ipoteze. Am observat că electro-droselul a permis ajustarea fină a vitezei cilindrului pneumatic în funcție de variațiile de presiune și de modificările sarcinii. Mai mult, datorită capacității sale de a face ajustări fine și rapide, acesta a permis menținerea unei viteze constante, chiar și în condiții de fluctuații ale presiunii sau ale sarcinii. Acest lucru reprezintă un avantaj major în termeni de eficiență energetică și de flexibilitate operațională.

Astfel de sistem poate funcționa eficient și fără supraveghere continuă, reducând astfel necesitatea de intervenție umană și posibilele erori asociate.

În concluzie, rezultatele experimentale obținute în cadrul acestei cercetări susțin Ipoteza 4, confirmând că reglarea automată a vitezei cilindrului pneumatic cu electro-droselul îmbunătățește eficiența și flexibilitatea

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

sistemelor pneumatice. Aceste descoperiri au implicații importante pentru dezvoltarea viitoare a tehnologiei pneumatice și a potențialului de utilizare într-o gamă largă de aplicații industriale.

7.5 Interpretarea generală a rezultatelor

Interpretarea generală a rezultatelor experimentale obținute din testarea ipotezelor propuse indică faptul că utilizarea unui electro-drosel aduce îmbunătățiri semnificative în funcționarea sistemelor pneumatice.

În primul rând, în contextul Ipotezei 1, s-a observat că electro-droselul a fost capabil să ajusteze viteza cilindrului pneumatic în variațiile de presiune. Acest lucru a fost realizat în ciuda faptului că unele iterații au fost necesare pentru a atinge viteza setată, ceea ce sugerează că software-ul ar putea fi optimizat pentru a îmbunătăți acest proces.

În al doilea rând, pentru Ipoteza 2, s-au constatat fluctuații ale vitezei cilindrului pneumatic în funcție de sarcină. Cu toate acestea, electro-droselul a reușit să aducă viteza cilindrului înapoi la viteza setată, chiar și cu aceste variații. Acest lucru arată potențialul electro-droselului de a menține o operare constantă, chiar și în condițiile fluctuațiilor de sarcină.

În ceea ce privește Ipoteza 3, experimentele au evidențiat că electro-droselul, poate facilita controlul de la distanță a vitezei cilindrului pneumatic. Aceasta demonstrează avantajele aduse de utilizarea unui electro-drosel în termeni de accesibilitate și adaptabilitate.

În final, Ipoteza 4 prin experimentele facute susține reglarea automată a vitezei cilindrului pneumatic prin intermediul unui electro-drosel cu capacitatea de a gestiona variațiile de viteză aparute de la fluctuațiile de presiune și sarcina, ceea ce s-a dovedit a fi o contribuție importantă la îmbunătățirea flexibilității și fiabilității sistemelor pneumatice.

În concluzie, rezultatele acestui studiu sunt confirmate toate cele patru ipoteze, sugerând că implementarea unui electro-drosel poate aduce beneficii substanțiale pentru eficiența, flexibilitatea și adaptabilitatea sistemelor pneumatice. Aceste descoperiri oferă perspective promițătoare pentru dezvoltarea viitoare a tehnologiilor pneumatice.

CAPITOLUL 8 CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

8.1 Concluzii generale

Pe măsură ce am aprofundat domeniile de cercetare ce fac obiectul acestei teze de doctorat, mi-am dat seama de semnificația profundă a interacțiunilor dintre componentele pneumatice și electrice și a nevoii iminente de inovație în acest spațiu. Evoluția rapidă în tehnologia supapelor și a componentelor de control ne oferă oportunități unice de optimizare și performanță. Pentru a răspunde nevoilor actuale ale industriei, este imperativ să îmbinăm înțelegerea teoretică cu aplicarea practică.

Având în vedere că această teză de doctorat se aliniază strâns cu domeniul meu de specializare, am structurat și realizat obiectivele majore legate de electro-supapele unidirecționale și comportamentul lor în sisteme pneumatice, în special:

- Studiarea și demonstrarea modului în care designul modernizat al supapei poate oferi eficiență crescută și fiabilitate în aplicații practice.
- Investigarea comportamentului dinamic al supapelor în condiții variabile și identificarea modurilor de îmbunătățire.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

În ceea ce privește obiectivele specifice, am abordat:

- Modelarea matematică detaliată a vitezei cilindrului.
- Dezvoltarea și validarea simulărilor în software-ul Automation Studio.
- Construcția unui banc de testare pentru validarea experimentală a ipotezelor.
- Analiza detaliată a rezultatelor experimentale și teoretice și corelarea lor pentru a trage concluzii relevante.

Investigațiile teoretice și experimentale au urmărit două direcții principale: optimizarea designului supapelor pentru o eficiență maximă și validarea performanței acestor supape în condiții reale.

Teza a adus o lumină asupra posibilităților viitoare de design și aplicare, ținând cont de evoluția tehnologică rapidă și nevoia de soluții robuste în sistemele pneumatice. Cu un interes crescut în sectorul industrial pentru eficiență și fiabilitate, cercetarea noastră se aliniază perfect cu tendințele actuale și cu cerințele industriei moderne.

În urma cercetării efectuate, am identificat direcții promițătoare pentru dezvoltarea ulterioară a tehnologiei supapelor și a sistemelor pneumatice. Aceasta ne oferă o bază solidă pentru cercetări viitoare și aplicabilitatea practică a descoperirilor noastre.

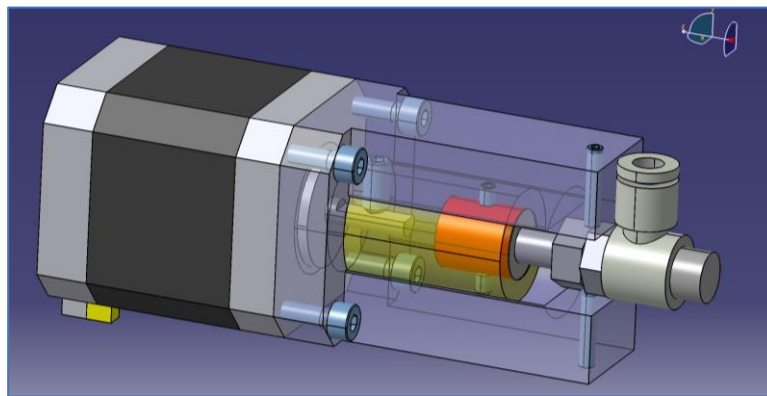


Fig. 8.1 Schematică a designului modernizat al supapei.

Acest final de lucrare subliniază relevanța, aplicabilitatea și contribuțiile semnificative ale cercetării noastre în domeniul sistemelor pneumatice și oferă o bază solidă pentru inovațiile viitoare.

8.2 Recomandări și direcții viitoare de cercetare

După cum a fost discutat și concluzionat în secțiunea precedentă, evoluția tehnologică rapidă și cerințele din ce în ce mai stricte ale industriei ne oferă o mulțime de posibilități, dar și provocări. Pe baza concluziilor trase și a experienței acumulate pe parcursul acestei teze, propun următoarele recomandări și direcții de cercetare viitoare:

Adaptarea designului supapelor la noile materiale: Pe măsură ce tehnologia avansează, materialele noi și mai eficiente devin disponibile. Astfel, recomand evaluarea periodică a materialelor și a posibilității de integrare a acestora în designul supapelor pentru a oferi performanță și durabilitate mai mare.

Integrarea tehnologiei IoT: Cu avansul Internetului Obiectelor (IoT), există o oportunitate de a integra senzori și alte componente inteligente în supape, pentru monitorizare în timp real și ajustare dinamică a performanței.

CERCETĂRI PRIVIND CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE

Dezvoltarea unui software avansat pentru simulări: Deși am utilizat Automation Studio pentru simulări, există o nevoie continuă de dezvoltare software care să permită simulări mai detaliate și adaptate la nevoile specifice ale industriei.

Studiul asupra integrării surselor de energie regenerabilă: În contextul unei tendințe globale spre durabilitate, cercetarea ar trebui să se orienteze și spre posibilitatea de a utiliza surse regenerabile de energie în sistemele pneumatice.

Formare și educare: Pe lângă inovație și cercetare, recomand dezvoltarea de programe de formare pentru ingineri și tehnicieni în domeniu, astfel încât să poată înțelege și exploata la maxim noile tehnologii și descoperiri.

În încheiere, aș sublinia faptul că sistemele pneumatice, deși au fost studiate și utilizate pe scară largă de-a lungul anilor, rămân un domeniu în continuă evoluție. Această teză a adus contribuții semnificative, dar cercetarea nu se oprește aici. Este esențial ca industria și mediul academic să colaboreze îndeaproape pentru a răspunde provocărilor viitoare și pentru a avansa în această direcție promițătoare.

8.3 Valorificarea rezultatelor cercetării

În cadrul acestui demers științific privind CREȘTEREA PERFORMANȚELOR SISTEMELOR PNEUMATICE DE ACȚIONARE, rezultatele cercetării au fost valorificate după cum urmează:

Pe durata elaborării acestei teze, au fost prezentate și dezbătute în cadrul Școlii Doctorale de Inginerie și Managementul Sistemelor Tehnologice un total de 5 rapoarte științifice. Acestea sunt:

- Raportul 1: Evoluții recente în designul supapelor pentru sisteme pneumatice.
- Raportul 2: Metodologii și abordări teoretice în evaluarea performanței supapelor pneumatice.
- Raportul 3: Modelarea matematică avansată a comportamentului supapelor în condiții dinamice.
- Raportul 4: Construcția și optimizarea bancului de testare pentru evaluarea experimentală a supapelor.
- Raportul 5: Simulare, achiziționarea datelor și validarea practică a performanței supapelor în condiții reale.

Partea experimentală a cercetării a fost efectuată în laboratoarele de la Plator și Universitatea Nationala de Stiinta si Tehnologie POLITEHNICA București.

Articolele care au emanat pe parcursul acestei cercetari și care au fost publicate în reviste de specialitate vor fi listate ulterior în această secțiune.

1. Mihalache Ghinea, **Mihai Agud**, Mircea Bodog, Mark Antonio Agud. – *Pneumatic Cylinders Controlled by Two Different Controllers, Arduino and MyRIO: an Educational Approach*. International Journal of Education and Information Technologies, E-ISSN: 2074-1316, Volume 16, 14 mar. 2022, Art. 12 [DOI: 10.46300/9109.2022.16.12](https://doi.org/10.46300/9109.2022.16.12)
2. Mihalache Ghinea, **Mihai Agud**, Mircea Bodog – *Simulation of pneumatic systems using Automation Studio software platform*. International Journal of Simulation Modelling ISSN: 1726-4529 Volume 19(4):655-666 [DOI:10.2507/IJSIMM19-4-541](https://doi.org/10.2507/IJSIMM19-4-541)
3. Prada A., Blaga F., Mihaila S., **Mihai Agud** – *Experimental Research Regarding the Defects Occurring at the Injection-molding of Long Technical Parts. Made of Thermoplastic Material, Using CAE Systems*. Case Study, Mater. Plast., Year 2023, Volume 60, Issue 2, 121-133 [DOI:10.37358/MP.23.2.5668](https://doi.org/10.37358/MP.23.2.5668)
4. **Mihai Agud**, Ștefan Velicu, Florin Enache, Mihai-Stelian Hagiescu, Cristian Paunescu – *Functional*

5. Florin Enache, **Mihai Agud**, Stefan Velicu, Anisoara Corabieru – *Enhancing speed regulation in pneumatic systems with electric flow control valves*. TECHNICAL UNIVERSITY OF CLUJ-NAPOCA, ACTA TECHNICA NAPOCENSIS, Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering, Vol. XX, Issue xx, Month, 20xx– in curs de publicare

Bibliografie selectivă

- [23] Chris N., Justin L. – Why Using IIoT for Pneumatics is Simple, Yet Critical – A closer look at the value of IIoT and pneumatics in the packaging industry, în MachineDesign, Aug.4, 2020,
- [34] Drath R., Horch A. – (2014) Industrie 4.0: Hit or Hype? [Industry Forum] IEEE Ind. Electron. Mag. 8 56–8
- [39] Ferreira da Silva, A., Santos, A.A. – Teaching control pneumatic and electro-pneumatic circuits – a new method, Polytechnic Institute of Porto, Portugal
- [44] Figliolini, G., Rea, P. – Design and Test of Pneumatic Systems for Production Automation –Universita degli studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Italy
- [45] Fleischer H. – 1995. Manual of Pneumatic Systems Optimization, McGraw Hill, New York.
- [47] Foit K., Banas W., Cwikla G. – The pneumatic and electropneumatic systems in the context of 4th industrial revolution, Silesian University of Technology Automation and Integrated Manufacturing Systems, Gliwice, Poland Kawakami Y. – Approach for Energy-saving of Pneumatic Systems, Shibaura Institute of Technology, Japonia
- [98] Lee J, Bagheri B, Kao H-A – (2015) A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0- based manufacturing systems Manuf. Lett. 3 18–23
- [180] Parikh P.A., Modi N., Prajapati R. - Control of Industrial Pneumatic & Hydraulic Systems using Serial Communication Technology & Matlab, Sal College of Engineering, India
- [125] Silva A, Santos A, – „Controlo de Circuits Pneumatici și Electropneumatici - Metodo dos Mapas de Karnaugh”, a 7-a Semana das Engenharias, Diagnosticul Engenharia Mecânica, ESTIG - Școala Superioară de Tehnologie și de Gestiune a IPB - Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2003.
- [139] Villa-López F.H., García-Guzmán J., Vélez Enríquez J., Leal-Ortíz S., Ramírez-Ramírez. – Electropneumatic system for industrial automation: a remote experiment within a web-based learning environment - Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Veracruzana, Zona Universitaria, Xalapa, México