



UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI  
ȘCOALA DOCTORALĂ DE INGINERIE ENERGETICĂ

Nr. Decizie CSUD: 875 din 08.07.2022

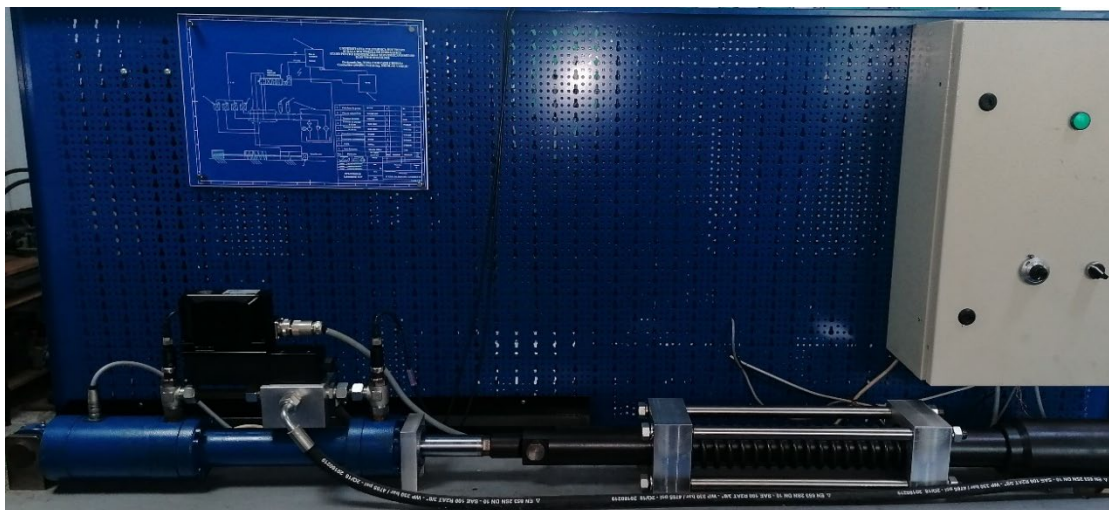
## REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

### Cercetări pentru mărirea randamentului servomecanismelor electrohidraulice

Researches for Improving the Efficiency of the  
Electrohydraulic Servomechanisms

**Autor: Ing. Toma COJOCARU-GREBLEA**

**Conducător științific: Prof.Dr.Ing. Nicolae VASILIU**



### COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof.dr.ing. Constantin BULAC	de la	U.P. BUCUREȘTI
Conducător de doctorat	Prof.dr.ing. Nicolae VASILIU	de la	U.P. BUCUREȘTI
Referent	Prof.dr.ing. Nicolae GOLOVANOV	de la	U.P. BUCUREȘTI
Referent	Prof.dr.ing. Ilare BORDEAȘU	de la	U.P. TIMIȘOARA
Referent	CSI dr.ing. Vergil MURARU	de la	I.N.M.A. BUCUREȘTI

București, 2022

## CUPRINSUL TEZEI

<b>1</b>	<b>Stadiul actual al cercetărilor în domeniul servomecanismelor electrohidraulice</b>	<b>1</b>
	1.1 Analiza corelației dintre structura și performanțele servomecanismelor moderne	1
	1.2 Servomecanisme electrohidraulice rapide	4
	1.3 Servomecanisme electrohidraulice hibride	11
	1.4 Probleme de studiu abordate în lucrare și metode de rezolvare	20
	Bibliografie	21
<b>2</b>	<b>Analiza performanțelor limbajelor de simulare numerică utilizate în concepția sistemelor automate electrohidraulice</b>	<b>24</b>
	2.1 Caracteristicile limbajelor de simulare numerică de uz general	24
	2.2 Caracteristicile limbajului SIMULINK	24
	2.3 Caracteristicile limbajului AUTOMATION STUDIO	26
	2.4 Elemente definiții ale programului AMESIM și aplicații ale acestuia în domeniul sistemelor de acționare hidraulice și pneumatice	29
	2.4.1 Destinația și structura programului	30
	2.4.2 Metodologia de modelare și simulare	32
	2.5 Elemente definiții ale limbajului LabVIEW	34
	2.5.1 Destinația și capacitățile programului	34
	2.5.2 Problematika simulării în timp real și a simulării cu hardware-in-the-loop	35
	Bibliografie	36
<b>3</b>	<b>Modelarea matematică, simularea numerică și încercarea servomecanismelor electrohidraulice cu sarcină inerto-elastică</b>	<b>38</b>
	3.1 Modelarea matematică și simularea numerică a comportării dinamice	38
	3.1.1 Stabilirea parametrilor funcționali ai servomecanismului	38
	3.1.2 Rezultatele simulărilor numerice preliminare	38
	3.2 Determinarea experimentală a performanțelor servomecanismului în laboratorul de Acționări Hidraulice și Pneumatice al U.P.B.	50
	3.2.1 Structura standului conceput de autor	50
	3.2.2 Performanțele statice reale ale servomecanismului	55
	3.2.3 Performanțele dinamice ale servomecanismului	57
	3.3 Implementarea componentelor servomecanismului într-o platformă de cartare a proprietăților solurilor agricole și testarea sistemului în condiții reale	62
	Bibliografie	64
<b>4</b>	<b>Identificarea experimentală a motoarelor electrice fără perii</b>	<b>67</b>
	4.1 Structura motoarelor fără perii și a driverelor specifice	67
	4.2 Rezultatele determinării experimentale a răspunsului în frecvență a servomotoarelor fără perii și driverelor aferente	71
	Bibliografie	78
<b>5</b>	<b>Modelarea și simularea servomecanismelor electrohidraulice hibride simetrice</b>	<b>79</b>
	5.1 Structura servomecanismelor simetrice realizate cu electromotoare de curent continuu	79
	5.2 Modelarea matematică și simularea numerică a unui servomecanism tipic	81
	Bibliografie	87

<b>6</b>	<b>Modelarea și simularea servomecanismelor electrohidraulice hibride asimetrice</b>	<b>88</b>
<b>6.1</b>	Structura servomecanismelor hibride asimetrice realizate cu electromotoare fără perii	88
<b>6.2</b>	Dinamica servomecanismelor asimetrice realizate cu servomotoare fără perii	92
	Bibliografie	99
<b>7</b>	<b>O nouă soluție de servocontroler pentru servomecanismele hibride</b>	<b>100</b>
<b>7.1</b>	Definirea obiectivelor urmărite în concepția noului servocontroler	100
<b>7.2</b>	Structura hardware și software a noului tip de servocontroler	102
	Bibliografie	106
<b>8</b>	<b>Cercetări pentru validarea experimentală a modelelor teoretice de servomecanisme hibride</b>	<b>108</b>
<b>8.1</b>	Prezentarea soluției de principiu adoptată pentru standul de încercare a servomecanismelor hibride	108
<b>8.2</b>	Prezentarea rezultatelor preliminare ale experimentelor	110
	Bibliografie	114
<b>9</b>	Sinteza principalelor contribuții științifice și tehnice ale autorului	<b>115</b>
<b>10</b>	Lista lucrărilor publicate de autor	<b>117</b>
<b>11</b>	Lista figurilor incluse în lucrare	<b>120</b>

## CUVINTE CHEIE ALE TEZEI

Economia de energie, Servomecanisme electrohidraulice, Servomecanisme hibride, Modelare, Simulare, Validare experimentală

## SINTEZA PĂRȚILOR PRINCIPALE ALE TEZEI DE DOCTORAT

Integrarea exponențială a servomotoarelor fără perii comandate prin invertoare digitale în cele mai diverse aplicații cu grad uzual de protecție electrică și electromagnetică a extins domeniul de utilizare al servomecanismelor **electromecanice** de putere medie către domeniul servomecanismelor **electrohidraulice** clasice. Criteriile de opțiune între aceste două categorii de sisteme automate complexe sunt numeroase: performanțele statice și dinamice necesare aplicației, condițiile de mediu, posibilitatea conducerii digitale ierarhizate, calificarea personalului de mentenanță, compatibilitatea cu celelalte servomecanisme din instalații etc.

Necesitatea realizării unor forțe importante cu randament ridicat a condus la apariția și perfecționarea rapidă a **servomecanismelor electrohidraulice hibride**, care păstrează transmisia hidraulică bidirecțională, formată dintr-o pompă volumică de capacitate constantă și un cilindru hidraulic, dar pompa este acționată de un servomotor fără perii a cărui viteză este reglată în funcție de eroarea de poziție a pistonului cilindrului hidraulic. Astfel randamentul servomecanismului hidraulic crește considerabil deoarece această structură elimină pierderea de energie majoră prin servovalvă, iar performanțele dinamice ale sistemului depind numai de puterea servomotorului fără perii și de constanta de timp a acestuia.

În acest context, pornind de la cerințele imediate ale domeniilor economice de mare interes actual, autorul a abordat, cu instrumentele moderne ale teoriei sistemelor, concepția, proiectarea, modelarea, simularea și identificarea experimentală a servomecanismelor electrohidraulice clasice și hibride ce constituie componente fundamentale ale sistemelor de reglare ale echipamentelor energetice, sistemelor de acționare ale celulelor de fabricație flexibilă, roboților industriali, preselor și laminoarelor de toate tipurile, precum și ale

aeronavelor, navelor, autovehiculelor rutiere, utilajelor mobile, sistemelor de transport telecomandate etc.

**Scopul practic al tezei este elaborarea unei metodologii unitare de concepție a ambelor tipuri de sisteme de acționare care au în comun transmisia hidraulică a puterii între o pompă de capacitate constantă și un cilindru hidraulic simetric sau diferențial.**

Pentru a facilita integrarea servovalvelor moderne în sisteme automate complexe digitale, modelele matematice aferente au fost transformate în subrutine compatibile cu programul de analiză prin simulare numerică a sistemelor tehnice **Simcenter AMESIM** (prescurtat - **Amesim**), simplificând considerabil sinteza optimă a acestora. Identificarea echipamentelor și sistemelor studiate în lucrare a fost realizată cu interfețe de achiziție a datelor experimentale produse de corporația NATIONAL INSTRUMENTS din S.U.A., asistate de pachetul de programe **LabVIEW** produs de aceeași firmă, precum și de alte programe performante similare.

Lucrarea prezintă sintetic rezultatele activității îndelungate a autorului în domeniul servomecanismelor electrohidraulice în cadrul Laboratorului de Acționări Hidraulice și Pneumatice al Departamentului de Hidraulică, Mașini Hidraulice și Ingineria Mediului din Facultatea de Energetică a UNIVERSITĂȚII POLITEHNICA din BUCUREȘTI. Laboratorul este recunoscut de Asociația de Acreditare din Romania (RENAR) în domeniul certificării calității servomecanismelor electrohidraulice.

**Primul capitol** al tezei este consacrat stadiului actual al cercetărilor în domeniul digitalizării servomecanismelor electrohidraulice industriale și a evoluției acestora către cele hibride. Se analizează și combinațiile optime dintre acestea pentru diferite aplicații specifice de mare interes practic precum servomecanismele necesare conducerii autonome a aeronavelor autocamioanelor, utilajelor mobile, navelor etc. Documentarea efectuată acoperă majoritatea producătorilor consacrați de sisteme automate electrohidraulice și indică tendința naturală spre hibridizare.

În ultimele trei decenii toate firmele inovative au adoptat simularea numerică cu limbaje specializate ca instrument obligatoriu de accelerare a concepției noilor sisteme automate complexe. În domeniul servomecanismelor electrohidraulice au fost elaborate și validate câteva limbaje complexe de mare eficiență în domeniul analizei și sintezei optime. Ca urmare, în **capitolul 2** autorul a întreprins o analiză obiectivă a performanțelor practice ale principalelor limbaje de largă utilizare industrială: SIMULINK, AUTOMATION STUDIO, AMESIM și LabVIEW.

În **capitolul 3** autorul prezintă concepția, modelarea matematică, simularea numerică, proiectarea și încercarea servomecanismelor electrohidraulice cu sarcină inertoelastică necesare unui mare număr de aplicații de larg interes practic. Atât calculele cât și experimentele au fost efectuate cu toate cele trei tipuri de servovalve industriale monoetajate moderne, comandate prin convertoare electromecanice cu bobină mobilă, electromagneți proporționali sau electromotoare liniare. Pentru toate aceste categorii ajunse la maturitate structurală, tehnologică și informațională, autorul a analizat rezultatele identificării experimentale a performanțelor statice și dinamice.

Servomecanismul a fost executat de Societatea de Mecanică Fină ICPEST S.R.L. și a fost încercat în laboratorul de Acționări Hidraulice și Pneumatice al U.P.B. Rezultatele bune astfel obținute au fost valorificate în cadrul unui proiect de cercetare-inovare complex, necesar promovării agriculturii “inteligente” - **Platforma de identificare a compoziției chimice a solurilor cultivabile**, realizat sub coordonarea Institutului Național de Mașini Agricole (I.N.M.A.) și a Departamentului de Tehnologie Electronică și Fiabilitate al U.P.B. Proiectul de cercetare interdisciplinară a fost finanțat de M.E.C. prin planul național sub codul 41PCCDI/2018-2021. Servomecanismul a fost reconfigurat pentru a fi instalat pe platformă și

testat cu succes pe terenul agricol al institutului menționat. Astfel s-a verificat și capacitatea de urmărire reală a acestuia pentru condiții de utilizare (forțe și viteze) aleatoare.

În vederea studierii teoretice și experimentale a servomecanismelor electrohidraulice hibride de mare randament, în **capitolul 4** autorul a studiat identificarea experimentală a motoarelor electrice fără perii, pornind de la structura acestora și a driverelor specifice. Rezultatele determinării experimentale a răspunsului în frecvență a unui motor tipic confirmă performanțele motoarelor de ultimă generație.

O parte importantă a tezei (**capitolele 5 și 6**) este dedicată modelării și simulării numerice a dinamicii servomecanismelor electrohidraulice **hibride**. Autorul a studiat structurile moderne dezvoltate în ultimele trei decenii atât pentru aplicațiile aeronautice, cât și pentru cele dedicate fabricației integral robotizate. Studiul include și analiza soluțiilor hibride introduse în ultimul deceniu pentru conducerea autonomă a autocamioanelor de mare tonaj produse de firma VOLVO, precum și soluții hibride brevetate în SUA pentru aplicații mobile militare.

**Capitolul 7** este consacrat structurii, funcționării și construcției modelului experimental al unui servocontroler dedicat servodirecțiilor hibride. Sinteza acestuia fiind realizată prin simulare numerică cu limbajul LabVIEW. Soluția de controler este originală, făcând obiectul unei cereri de brevet de invenție.

**Capitolul 8** este dedicat construcției, funcționării, acordării parametrilor funcționali și prezentării principalelor rezultate ale încercărilor de tip ale servomecanismului electrohidraulic hibrid realizat în cadrul tezei. Performanțele obținute în conformitate cu reglementările consacrate pe plan internațional indică posibilitatea certă de utilizare a conceptului propus de autor pentru realizarea prototipului destinat unei familii largi de autovehicule rutiere și utilaje mobile.

**Capitolul 9** prezintă sinteza contribuțiilor originale ale autorului la rezolvarea temei abordate. Autorul a elaborat numeroase articole și studii publicate sau comunicate la manifestări științifice prestigioase. Sinteza acestora este prezentată în ultimul capitol al tezei.

## SINTEZA CONTRIBUȚIILOR ȘTIINȚIFICE ȘI TEHNICE

Din punct de vedere *conceptual*, prezenta teză de doctorat promovează cea de a patra revoluție industrială (Industria 4.0) deoarece este orientată către automatizarea continuă a proceselor industriale tradiționale folosind *tehnologia informației* pentru conducerea digitală **cu randamente maxime** a tuturor tipurilor de mecanisme și servomecanisme.

Din punct de vedere *practic*, autorul se concentrează asupra realizării unei **economii majore de energie** obținută prin eliminarea pierderilor de sarcină liniare și locale specifice servomecanismelor hidraulice și electrohidraulice clasice. Lansarea simultană, în anul 2006, a celor mai moderne aeronave civile (A380) și militare (F35) a relevat tendința de înlocuire progresivă a *servovalvelor*, mari consumatoare de energie și sensibile la contaminanți, cu *servopompe* de capacitate constantă, antrenate de servomotoare electrice fără perii, comandate prin invertoare digitale. Această combinație a devenit posibilă datorită perfecționării electromotoarelor cu magneți permanenți din lantanide și a măririi puterii invertoarelor cu tranzistoare și tiristoare.

Autorul tezei a studiat comparativ problematica ambelor tipuri de servomecanisme în primul capitol al lucrării pe baza unei documentări ample recente, care include toate tipurile de informații disponibile, de la comunicatele de presă ale marilor producători de echipamente aeronautice și industriale până la cele mai noi prezentări la conferințe și reviste de prestigiu. Lista completă a referințelor bibliografice depășește 200 de titluri datate după anul 2000. Astfel, sinteza elaborată de autor a fost deja publicată de editura IntechOPEN în anul 2020,

fiind consultată de un mare număr de cercetători în domeniu. Volumul intitulat “**Hybrid Steering Systems for Automotive Application**” a fost editat de Dr.ing. Luigi Cocco, directorul tehnic al firmei MASERATI, cu denumirea “Advanced Applications of Hydrogen and Engineering Systems in the Automotive Industry”. Capitolul menționat a fost consultat de un număr considerabil de specialiști, atestând originalitatea acestuia.

Principalul instrument de calcul utilizat în teză pentru analiza performanțelor dinamice și energetice ale servomecanismelor electrohidraulice clasice și hibride concepute și realizate în cadrul stagiului doctoral a fost simularea numerică cu limbaje de uz general sau specializate. Autorul a întreprins în capitolul 2 un studiu aprofundat asupra particularităților limbajului interactiv de nivel înalt **SIMULINK**, care permite utilizarea directă a modulelor **MATLAB** dedicate analizei și sintezei sistemelor automate, precum și exportul programelor în controlerele de timp real precum **dSPACE**. Valențele acestui limbaj sunt ilustrate teoretic și experimental printr-un exemplu caracteristic servomecanismelor electrohidraulice cu motoare rotative utilizate în sistemele de direcție ale utilajelor mobile telecomandate.

Autorul a expus succint valențele programului **AUTOMATION STUDIO**, larg utilizat în proiectarea sistemelor automate electrohidraulice și electropneumatice realizate din componente tipizate. Este evidențiat principalul avantaj al acestui program: ajustarea directă în timpul simulării a tipodimensiunilor componentelor, măbind esențial productivitatea procesului de proiectare.

Sarcina asumată de autorul tezei - concepția unor servomecanisme originale, a impus analiza detaliată a modului de utilizare a programului **Amesim**, utilizând un exemplu de importanță majoră pentru domeniul acționărilor hidraulice: modelarea matematică și simularea numerică a dinamicii unei pompe reglabile cu pistoane axiale, cu disc înclinat.

Toate înregistrările fenomenelor tranzitorii din sistemele electrohidraulice nou concepute în cadrul tezei au fost realizate cu programul **LabView**, care permite atât simularea numerică cât și conducerea proceselor din sistemele automate de orice fel. **LabVIEW** are un domeniu de aplicare extrem de larg, modelarea, simularea și controlul proceselor reprezentând doar o parte din posibilele aplicații. Autorul a studiat și bazele simulării în timp real a proceselor cu programul **LabVIEW**, care oferă posibilitatea rulării aplicațiilor pe o platformă compatibilă echipată cu un sistem de operare în timp real precum **PXI** sau **dSPACE**.

**Capitolul 3** răspunde cerințelor unui proiect național de cartare a proprietăților solurilor din țara noastră cu ajutorul unei platforme tractate, echipată cu sistem de măsurare a pH-ului la diferite adâncimi și cu un sistem optoelectronic de identificare a compoziției chimice a solului. Autorul a făcut parte din colectivul interdisciplinar condus de Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații Destinate Agriculturii și Industriei Alimentare – **INMA** București. Autorul tezei a participat la stabilirea soluției de principiu și constructive a unui servomecanism electrohidraulic realizat cu servovalve industriale, a elaborat modelul matematic, a efectuat optimizarea parametrică a controlerului prin simulare numerică cu programul **Amesim**. În continuare, autorul a participat la proiectarea și realizarea servomecanismului de către Societatea de Mecanică Aerospațială **ICPEST** și a standului de încercare pentru laboratorul de A.H.P. al U.P.B. Ulterior, autorul tezei a participat la instalarea servomecanismului pe platforma executată de institutul menționat și la testarea cu succes a acestuia pe terenul agricol al I.N.M.A. Performanțele servomecanismului se situează la același nivel cu echipamentele similare citate în literatură, validând toate etapele de concepție, execuție, încercare și implementare pe platformă.

**Capitolul 4** al tezei pregătește din punct de vedere practic studiul servomecanismelor hibride dezvoltate în partea a doua a tezei prin identificarea experimentală a motoarelor electrice fără perii utilizate în construcția servomecanismelor hibride. După o analiză succintă a structurii motoarelor fără perii, autorul prezintă rezultatele determinării experimentale a răspunsului în frecvență a servomotoarelor fără perii și driverelor aferente. Determinarea

funcției de transfer a unui servomotor tipic s-a realizat prin excitarea acestuia în frecvență și prelucrarea rezultatelor cu programul MATLAB. Rezultatele obținute coincid cu cele disponibile în literatura de specialitate.

Servomecanismele hibride realizate cu cilindri hidraulici simetrici sunt modelate și studiate din punct de vedere dinamic în **capitolul 5**. Rezultatele obținute prin simulare numerică cu programul Amesim coincid cu cele publicate de firmele avansate în domeniu.

Autorul a studiat și cazul de mare interes practic al servomecanismelor hibride realizate cu cilindri hidraulici asimetrici (**capitolul 6**). Diferența de arii active ale pistonului a impus introducerea în schema hidraulică a unei supape de sens cu 3 căi, a cărei dinamică este decisivă pentru precizia de reglare a poziției pistonului cilindrului hidraulic.

În pregătirea cercetărilor experimentale asupra performanțelor servomecanismelor hibride, autorul a participat la concepția, execuția și încercarea unui microcontroler dedicat acestui tip de sistem, prezentat în **capitolul 7**. Modelul funcțional a fost realizat cu sprijinul sucursalei române a concernului MICROCHIP din SUA. Testele au validat schema de principiu și posibilitatea de a acorda controlerul pentru diverși parametri mecanici și hidraulici ai componentelor.

Pentru studierea performanțelor servomecanismelor hibride asimetrice, autorul a conceput un stand complex executat de aceeași societate de prelucrări mecanice. Standul a fost asamblat în laboratorul de A.H.P. al U.P.B. Rezultatele preliminare, corespunzătoare unor semnale treaptă de diferite amplitudini au validat simulările numerice din capitolul anterior.

**Cercetările experimentale au relevat randamentul ridicat al acestui tip de servomecanism, care este aplicat în ritm accelerat de firme prestigioase din domeniu în toate tipurile de echipamente industriale, aeronautice și mai ales în robotica industrială.**

Rezultatele teoretice și experimentale originale ale tezei au permis autorului publicarea a numeroase lucrări în reviste și la conferințe internaționale.

## LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE DE AUTOR

### Articole incluse în bazele de date internaționale

1. A. C. Rădulescu-Gămalet, D. Vasiliu, C. Călinoiu, **T. Cojocaru-Greblea**, O. NICA, "Electrohydraulic braking systems for electric and hybrid vehicles - simulations and experiments", UPB Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering and Computer Science, Volume 84, Issue 3, 2022, ISSN 2286-3540

**WOS: în curs de comunicare**

2. **T. Cojocaru-Greblea**, N. Vasiliu, C. Calinoiu, O. Nica, A. Rădulescu-Gămalet, "Electrohydraulic control systems for skid-steering vehicles", UPB Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering and Computer Science Volume 84, Issue 2, 2022, ISSN 2286-3540

**WOS: în curs de comunicare**

3. D. Vasiliu, **T. Cojocaru-Greblea**, C. Drăgoi, O. Constantinescu, S.L. Muraru, 2021, "Electrohydraulic servo system for real time mapping soil properties", UPB Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering and Computer Science Volume 83, Issue 3, 2021, ISSN 2286-3540, **WOS: în curs de comunicare.**

4. D. Vasiliu, C.G. Vasiliu, **T. Cojocaru-Greblea**, O. Nica, 2020, "The transition from hydraulic to hybrid servo systems - a way to save energy", UPB Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering and Computer Science Volume 82, Issue 4, 2020, Pages 313-328, **WOS:000596151000026**

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-5098176171&partnerID=40&md5=26803c4e2245527a7cfc83026a1cc34b>

5. M. Petrache, N. Vasiliu, C. Calinoiu, **T. Cojocaru-Greblea**, 2019, "*Design of the electrohydraulic heave compensation systems for marine cranes*", Proceedings of 2019 International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT, CIEM 2019, art. no. 8937695, pp. 449-453, **WOS: 000630902700092**

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078314959&doi=10.1109%2fCIEM46456.2019.8937695&partnerID=40&md5=891e9582d65e10082157b384ea5a1ce1>

6. D. Vasiliu, G.C. Vasiliu, A. Rădulescu, **T. Cojocaru-Greblea**, 2018, "*Predicting the dynamic performance of the fuel injectors by numerical simulation*", UPB Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering and Computer Science Volume 78, Issue 4, 2018, Pages 173-188, ISSN 1454- 2358, **WOS: 000452434900016**

7. N. Vasiliu, **T. Cojocaru-Greblea**, C. Călinoiu, D. Vasiliu, D. Bontos, 2018, "*Modeling and simulation of a hybrid electrohydraulic flight control servomechanism for A380*", 150-155. 10.1109/ICCCC.2018.8390452, **WOS: 000437157500023**

8. N. Vasiliu, D. Vasiliu, C. Călinoiu, **T. Cojocaru-Greblea**, 2018, "*Dynamic performance of the hybrid electrohydraulic servo-systems*", Zilele Academiei de științe tehnice din România, Ploiești, 18-19 Octombrie 2018, **ISSN 2066-6586**

9. **T. Cojocaru-Greblea**, M.D. Bontoș, N. Vasiliu, A. Dobre, 2017, "*Redundant steering systems for articulated vehicles*", International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 17 (42), pp. 497-504, **DOI: 10.5593/sgem2017/42/S17.063**

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85032455373&doi=10.5593%2fsgem2017%2f42%2fS17.063&partnerID=40&md5=2bc02177065451470172654bbc99ff18>

10. V.F. Pirăianu, G.I. Pavel, C. Drăgoi, **T. Cojocaru-Greblea**, 2017, "*Optimal operation of hydropower plants while assuring necessary energy reserve for a nuclear power plant*", International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 17 (42), pp. 443-450, **DOI: 10.5593/sgem2017/42/S17.056**

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85032438507&doi=10.5593%2fsgem2017%2f42%2fS17.056&partnerID=40&md5=eb9a2b298fb0b7231a4c94e6ca269e19>

11. A. Dobre, **T. Cojocaru-Greblea**, O. Nica, 2017, "*The behavior of the magnetorheological fluid dampers with small energy consumption*", International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, **DOI:10.5593/SGEM2017/61/S24.045**

<https://sgem.org/sgemlib/spip.php?article9610&lang=en>.

12. A. Dobre, C. Călinoiu, **T. Cojocaru-Greblea**, O.I. Nica, 2015, "*Correlation between the control current and the damping effect for magnetorheological shock absorbers*", UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering, 77 (4), pp. 119-130.



<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85010737766&partnerID=40&md5=9076510786bebdb26c34f3cee4db9745>

### Capitol de carte în editură internațională

N. Vasiliu, D. Vasiliu, C. Drăgoi, C.Călinoiu, **T. Cojocaru-Greblea**, 2020, Chapter "*Hybrid Steering Systems for Automotive Applications*", IntechOpen, **DOI: 10.5772/intechopen.94460**, IntechOpen's Online First, 25 pag., Book „Advanced Applications of Hydrogen and Engineering Systems in the Automotive Industry” (ISBN: 978-1-83968-298-8), INTECH, London, 2020.