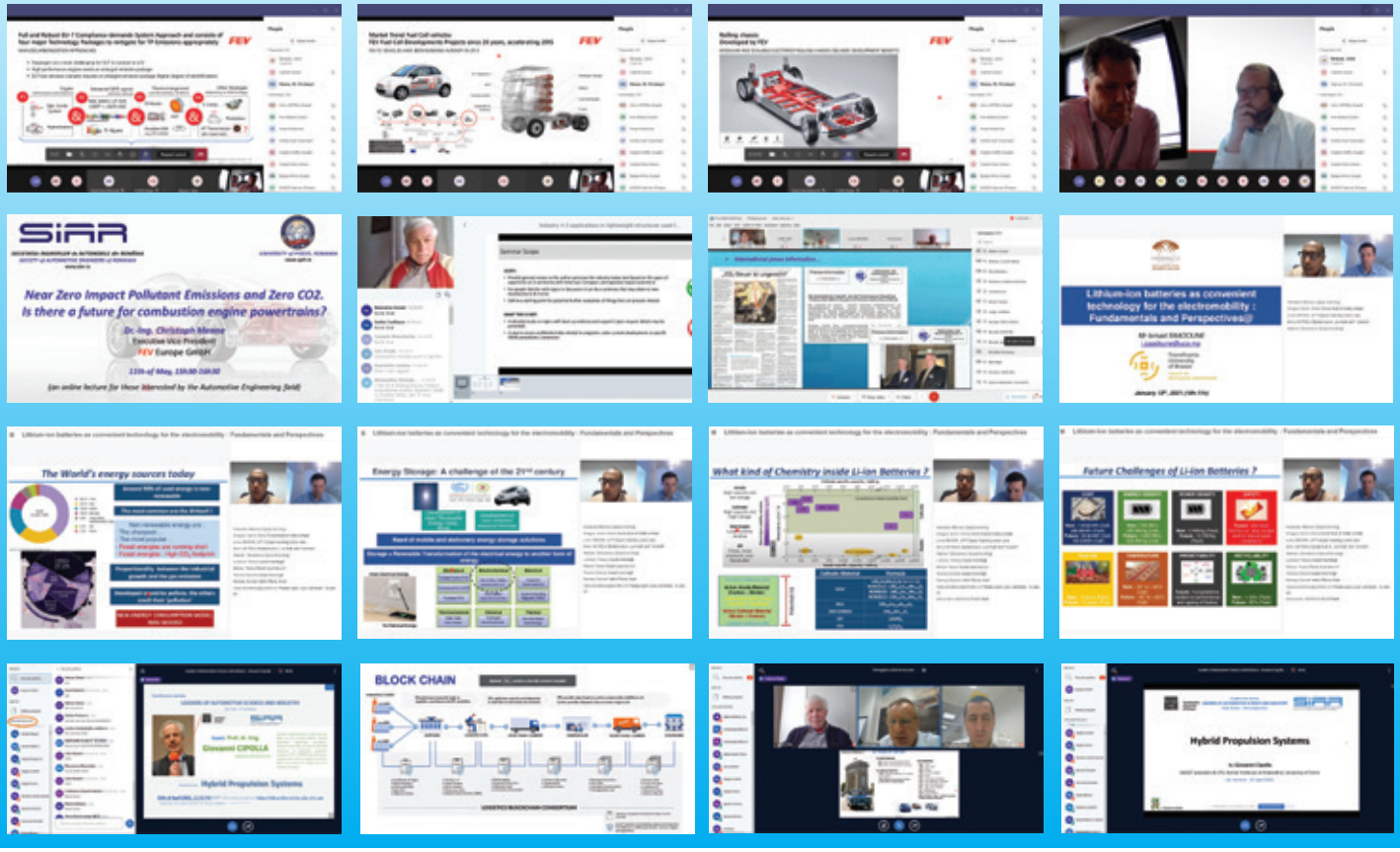
Ingineria automobilului

Registrul Auto Român
SIAR
Societatea Inginerilor de Automobile din România

SE DISTRIBUIE GRATUIT CA SUPLIMENT AL REVISTEI AUTOTEST
ISSN 1842 – 4074
Nr. 59 / iunie 2021

SIAR – CONFERINȚE ONLINE CU PARTICIPARE INTERNAȚIONALĂ



● Explorări lingvistice ● Implementarea principiilor „Lean Manufacturing” pentru îmbunătățirea calității fabricației autovehiculelor ● Studiu asupra raportului de transmisie al automobilelor electrice ● Reductor mecanic cu raport de transmitere variabil, autoadaptiv ● Aplicarea controlului statistic al proceselor tehnologice de fabricație; studiu de caz: fuzeta ● Aspecte privind funcționarea și controlul electronic al motoarelor diesel

SIAR ESTE MEMBRĂ FISITA INTERNATIONAL FEDERATION OF AUTOMOTIVE ENGINEERING SOCIETIES
EAEC EUROPEAN AUTOMOBILE ENGINEERS COOPERATION

APARE TRIMESTRIAL
APPEARS QUARTERLY

DIAGNOSTICAREA AUTOVEHICULELOR. TEORIE ȘI APLICAȚII

Autor (*Author*): **Cătălin V. ZAHARIA**
Editura (*Published by*): Editura Universității din Pitești
Anul apariției (*Published*): 2020
e-ISBN: 978-606-560-668-5

Lucrarea este destinată studenților programelor de studii de licență „Autovehicule Rutiere" și „Ingineria Transporturilor și a Traficului" ca suport pentru disciplina „Diagnosticarea autovehiculelor". Subiectele prezentate sunt o sinteză a reflecțiilor autorului dezvoltate pe parcursul activităților derulate începând cu anul 2009 în domeniul diagnosticării autovehiculelor.
În această lucrare autorul prezintă de o manieră atrăgătoare și, mai mult decât atât, utilă noțiunile teoretice specifice domeniului diagnosticării autovehiculelor.
Scopul lucrării este prezentarea pe capitole a unor subiecte de interes caracterizate de argumentare teoretică și aplicabilitate practică din domeniul diagnosticării automobilelor. Pentru fixarea aspectelor teoretice și exemplificarea modului de aplicare a noțiunilor prezentate structura lucrării face apel la considerații teoretice, descrierea echipamentului sau aparaturii utilizate, normele de securitate, recomandări și mod de lucru și, nu în ultimul rând, prezentarea și interpretarea rezultatelor obținute în urma derulării unei activități de diagnosticare.
Lucrarea este organizată pe următoarele capitole:
Diagnosticarea iluminării farurilor de automobil
Diagnosticarea sistemului hidraulic de frânare a automobilului
Diagnosticarea dezechilibrului roții de automobil
Diagnosticarea amortizoarelor de automobil
Diagnosticarea motorului cu aprindere prin scânteie cu ajutorul analizorului de gaze
Diagnosticarea motorului cu aprindere prin comprimare cu ajutorul opacimetrului
Diagnosticarea injectoarelor motorului cu aprindere prin scânteie

DICŢIONAR EXPLICATIV PENTRU ŞTIINŢĂ ŞI TEHNOLOGIE AUTOVEHICULE RUTIERE

Autori: **Gheorghe FRĂŢILĂ, Cristian ANDREESCU, Cornel VLADU, Raluca MOISESCU, Cornelia STAN, Marius TOMA, Gabriel CRISTEA**
Editura AGIR
Anul apariţiei: 2015
ISBN: 978-973-720-590-2

Dicţionarul de faţă reuneşte şi completează termenii publicaţi în volumele I şi II ale Dicţionarului Explicativ pentru TRANSPORTURI – Autovehicule Rutiere, apărute în anii 2006 şi respectiv 2009, în seria DICŢIONARE EXPLICATIVE pentru ŞTIINŢĂ şi TEHNOLOGIE, coordonată de regretatul acad. Gleb Drăgan. El se referă la terminologia domeniului AUTOVEHICULELOR RUTIERE şi este realizat pe baza fondului terminologic standardizat pe plan mondial.
Având la obârşie construcţia simplă a unei trăsături cu motor, automobilul a evoluat spectaculos pe parcursul unui secol, devenind un sistem complex la realizarea căruia contribuie specialist din multe domenii: mecanică, electronica, hidraulică, ştiinţa materialelor, optică, automatizări şi prelucrarea informaţiei, design şi altele. Acestora li se adaugă un mare număr de oameni implicaţi în activităţi conexe realizării automobilului propriu-zis, activităţi care au căpătat dimensiunile unor adevărate „industrii": comercializare, mentenanţă, asigurări, organizarea traficului şi transportului rutier, definirea regulamentelor tehnice privind automobilul şi urmărirea respectării lor etc. În aceste condiţii, fondul de termini cuprinşi într-un dicţionar explicativ referitor la domeniul autovehiculelor rutiere ar trebui să ajungă la dimensiuni apreciabile –după unii specialişti, până la 15.000-16.000. Întrucât, aşa cum s-a arătat mai sus, prezenta lucrare se încadrează într-o serie de dicţionare elaborate pe diferite domenii, s-a considerat că pentru evitarea unor suprapuneri, să fie prezentaţi termenii specifici autovehiculelor rutiere, iar dintre cei aparţinând ştiinţelor fundamentale (matematică, fizică, chimie ş.a.) sau celor tehnice generale (rezistenţa materialelor, organe de maşini, electrotehnică, electronică, termotehnică, informatică ş.a.) să fie abordaţi doar cei mai importanţi şi intim legaţi de ingineria autovehiculelor. Forma în limba română, termeni şi definiţii, au rezultat în urma consultării unui număr larg de factori tehnico-economici, de cultură şi educaţie apropiaţi domeniului, prin anchetă publică. Autorii au dedicat realizarea lor promotorului învăţământului superior de autovehicule rutiere din ţara noastră, profesorul universitar inginer Constantin Ghiulai şi memoriei academicianului Gleb Drăgan, iniţiatorul secţiei DICŢIONARE EXPLICATIVE pentru ŞTIINŢĂ si TEHNOLOGIE.

Lucrările prezentate fac parte din fondul bibliografic al Centrului de documentare al SIAR.

ECHIPA SIAR SIAR TEAM

„...Cred că ne putem împlini doar alături de ceilalți, prin ei, și fiecare eșec al celor din proximitatea noastră este și ecoul nepăsării noastre... Cred în viață ca tribut plătit speranței și sunt sigur că fiecare dintre noi suntem treaptă pentru celălalt..."

Ioan RUS

Spuneam cu ceva timp în urmă că: *„Toți cei care au/am avut un rol important în înființarea și promovarea Societății Inginerilor de Automobile din România, în înființarea domeniului „Ingineria autovehiculelor", în dezvoltarea învățământului superior în acest domeniu, în organizarea Congreselor SIAR și mai ales în recunoașterea ingineriei autovehiculelor și transporturilor, știm că fără întuneric, lumina ar fi inutilă. Acest fapt ne îndeamnă pe noi inginerii, să gândim, să privim spre lume cu admirație și respect, dar apoi să ne întoarcem privirile spre noi înșine și să sperăm că vom deveni ceea ce merităm să fim!"*

SIAR este rodul muncii și al implicării unor sufletiști de seamă, oameni de calitate, reprezentând împlinirea visului de a fi ingineri, a visului de asociere a specialiștilor din domeniul ingineriei autovehiculelor și transporturile rutiere, dorința de cooperare universitară, de stimulare și dezvoltare a schimbului de informații profesionale, de promovare a rezultatelor cercetării științifice, a noilor tehnologii specifice industriei autovehiculelor, de cooperare internațională, dorința de a fi împreună și a face lucruri deosebite împreună!

Pentru a duce mai departe visele noastre, ale celor din acest domeniu fascinant, SIAR are nevoie de experiența celor ce au contribuit din plin la înființarea și existența acestei organizații profesionale!

SIAR are nevoie de cât mai mulți tineri pentru cursa noastră comună în direcția de îmbunătățire a calității vieții pe acest pământ!

SIAR are nevoie de toți cei care sunt azi în SIAR și de mulți alții pe care îi așteptăm să vină alături de noi!

SIAR nu uită și îi va cinsti mereu pe cei al căror spirit îl regăsim în mediul universitar, în unități auto de elită, pentru că SIAR este mediul în care au activat cei mai iluștri profesori din zona ingineriei și care au pregătit generații întregi de specialiști de nivel mondial. Ar fi prea lungă lista celor care merită să fie enumerați atât în categoria magiștrilor, cât și în cea a discipolilor, deveniți peste timp nume de referință în acest domeniu.

Spiritul ingineresc, așa cum îl percepem noi astăzi, are rădăcini trainice, adânc înfipte în pământ. Nimic trainic nu poate fi construit fără o fundație solidă, iar aceasta a fost cea care a permis specializărilor din domeniul ingineriei autovehiculelor și transporturilor să se remarce prin stabilitate, modernitate și dinamism. Învățământul este fundația solidă a oricărei societăți. Toate țările care au investit în învățământ și au perfecționat standardele educaționale au obținut rezultate ce le permit să se situeze la înălțimea independenței economice și departe de orice griji. Aceste specializări au avut evoluții impresionante, creșterea exponențială pe toate palierele de indicatori de calitate fiind o realitate, dovedită și de rezultatele obținute în cercetare.

Cu toții știm că prin cercetare se ajunge la apariția noilor produse și servicii care trebuie să ducă la îmbunătățirea calității vieții.

Cercetarea trebuie să fie cel mai firesc proces asociat activităților de educație la nivel de învățământ superior. Nu pot să imprime caracterul de veșnici căutători pentru mai bine tinerilor noștri colegi, studenții, decât acei dintre noi care au cercetat ei înșiși de-a lungul unei bune bucăți de timp.

In ziua de astăzi cercetarea nu poate fi separată de educația academică, iar educația academică nu poate exista doar în teorie!

Cercetările comune întreprinse de echipe mixte au reflectat fără putere de contestare calea de urmat, a nevoii de o continuă și susținută investiție în această direcție. Munca în echipă trebuie să fie susținută pe multiple planuri. Nu trebuie să ne ferim să menționăm aspectul financiar, care este esențial pentru atingerea obiectivelor îndrăznețe.

Astăzi, când informația este disponibilă atât de ușor și într-o pondere atât de mare, este esențial să învățăm generațiile care vin cum anume să își formeze propriile mecanisme de selecție, de filtrare și evaluare a informațiilor reale și cu adevărat valoroase.

De aceea vreau sa subliniez încă o dată faptul că universitatea nu poate fi doar locul unde se prezintă cunoașterea acumulată de societate în decursul timpului, ci obligatoriu este locul unde se află și „căutătorii" - cei care vor găsi calea spre un viitor mai bun.

SIAR a avut și are oameni extrem de valoroși. Membrii SIAR au avut mereu o atitudine colegială, o atitudine de echipă și de aceea este cazul să fim acum cât mai uniți, să fim prieteni adevărați (nu din interes), să ne apreciem corect unii pe alții, să luăm ceea ce este bun de la fiecare și să ne sprijinim în dezvoltarea viitoare, să fim o familie tot mai mare și mai frumoasă!

Haideți să ne gândim la acțiuni comune, să ne întâlnim cât mai des, să ne sprijinim congresele, revistele, să dăm valoare și recunoaștere lucrărilor publicate în cadrul acestora, să devenim mai puternici!

Este momentul ca SIAR să fie portdrapelul pentru ceea ce înseamnă:

- învățământul superior în ingineria autovehiculelor și transporturilor,
- legislație în domeniul autovehiculelor și al transporturile rutiere,
- standardizare,
- organizare de congrese,
- promovarea excelenței etc.

SIAR poate și trebuie să fie inițiatorul, deschizătorul de porți, partenerul de dialog și decizii în România și pentru România!

Prof. univ. dr. ing. DHC Nicolae BURNETE
Președinte SIAR
Președinte al Senatului Universității Tehnice din Cluj-Napoca

SUMAR „INGINERIA AUTOMOBILULUI" NR. 59

3 ECHIPA SIAR
SIAR TEAM
5 EXPLORĂRI LINGVISTICE ÎN INGINERIA AUTOVEHICULELOR (VIII)
A LINGUISTIC JOURNEY IN THE FIELD OF AUTOMOTIVE ENGINEERING (VIII)
7 CERCETĂRI PRIVIND IMPLEMENTAREA PRINCIPIILOR LEAN MANUFACTURING ÎN VEDEREA ÎMBUNĂTĂȚIRII CALITĂȚII PROCESULUI DE FABRICAȚIE ÎN INDUSTRIA AUTO
ASPECTS ABOUT DEPLOYMENT OF LEAN PRINCIPLES FOR IMPROVING THE PRODUCTION PROCESS QUALITY IN AUTOMOTIVE INDUSTRY
11 STUDIU ASUPRA RAPORTULUI DE TRANSMISIE AL AUTOMOBILELOR ELECTRICE
STUDY ON GEAR RATIO OF BATTERY ELECTRIC VEHICLES
17 REDUCTOR MECANIC CU RAPORT DE TRANSMITERE VARIABIL, AUTOADAPTIV
SELF-ADAPTIVE MECHANICAL REDUCER WITH VARIABLE GEAR RATIO
20 STUDIU PRIVIND APLICAREA CONTROLULUI STATISTIC AL PROCESELOR TEHNOLOGICE DE FABRICAȚIE, CU APLICARE LA FUZETA DE AUTOMOBIL
RESEARCH ABOUT THE IMPLEMENTATION OF THE STATISTICAL PROCESS CONTROL WITH APPLICATION TO THE AUTOMOTIVE STEERING KNUCKLE
24 ASPECTE REFERITOARE LA FUNCȚIONAREA ȘI CONTROLUL ELECTRONIC AL MOTOARELOR DIESEL
ASPECTS REGARDING THE OPERATION AND ELECTRONIC CONTROL OF DIESEL ENGINES

REGISTRUL AUTO ROMÂN
Director general
Radian TUFĂ
Director adjunct
Iosif-Dorin CÂNDEA
Director adjunct
Ion ULICI
Director tehnic
Claudiu Ion MIJA
Director economic
Alina-Mihaela NIȚĂ
Director dezvoltare
Cristian SILAGHI
Director infrastructură
George-Adrian DINCĂ

Șef Compartiment Comunicare și Redacție Revistă Auto Test
Roxana DIMA
Redactori
Radu BUHĂNIȚĂ
Emilia PETRE
George DRUGESCU

Contact:
Calea Griviței 391 A,
sector 1, cod poștal 010719,
București, România
Tel/Fax: 021/202.70.00
E-mail: autotest@rarom.ro
www.rarom.ro
www.autotestmagazin.ro

SIAR

Contact
Facultatea de Transporturi
Universitatea Politehnica
București
Splaiul Independenței 313
Sala JC 005, Cod poștal 060042, sector 6, București, România
Tel/Fax: 021/316.96.08
E-mail: siar@siar.ro
www.ingineria-automobilului.ro
www.siar.ro
https://www.facebook.com/SIAR.FISITA/

TIPAR
S.C. PAPER PRINT INVEST S.R.L.
Șos. Baldovinești nr. 20, Brăila
Jud. Brăila

Reproducerea integrală sau parțială a textelor și imaginilor se face numai cu acordul Revistei Auto Test, a Registrului Auto Român.
The authors declare that the material being presented in the papers is original work, and does not contain or include material taken from other copyrighted sources. Wherever such material has been included, it has been clearly indented or/and identified by quotation marks and due and proper acknowledgements given by citing the source at appropriate places. The views expressed in the articles are those of the authors and are not necessarily endorsed by the publisher. While every case has been taken during production, the publisher does not accept any liability for errors that may have occurred.

SOCIETATEA INGINERILOR DE AUTOMOBILE DIN ROMÂNIA

Președinte: Prof. dr. ing. **Nicolae BURNETE**, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Președinte de onoare: Prof. dr. ing. **Eugen-Mihai NEGRUȘ**, Universitatea Politehnica din București
Vicepreședinte: Conf. dr. ing. **Victor CEBAN,** Universitatea Tehnică a Moldovei din Chișinău
Vicepreședinte: Prof. dr. ing. **Anghel CHIRU**, Universitatea „Transilvania" din Brașov
Vicepreședinte: Prof. dr. ing. **Adrian-Constantin CLENCI**, Universitatea din Pitești
Vicepreședinte: Conf. dr. ing. **Mihail-Daniel IOZSA**, Universitatea Politehnica din București
Vicepreședinte: Prof. dr. ing. **Liviu-Nicolae MIHON,** Universitatea Politehnica din Timișoara
Vicepreședinte: Prof. dr. ing. **Victor OȚĂT**, Universitatea din Craiova
Vicepreședinte: Prof. dr. ing. **Bogdan VARGA**, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Secretar General: Prof. dr. ing. **Minu MITREA**, Academia Tehnică Militară „Ferdinand I" din București

COMITETUL ȘTIINȚIFIC

Prof. **Dennis ASSANIS**
University of Michigan, Michigan, United States of America

Prof. **Rodica A. BĂRĂNESCU**
University of Illinois at Chicago College of Engineering, United States of America

Prof. **Nicolae BURNETE**
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, România

Prof. **Giovanni CIPOLLA**
Politecnico di Torino, Italy

Dr. **Felice E. CORCIONE**
Engines Institute, Naples, Italy

Prof. **Georges DESCOMBES**
Conservatoire National des Arts et Metiers de Paris, France

Prof. **Cedomir DUBOKA**
University of Belgrade Serbia

Prof. **Pedro ESTEBAN**
Institute for Applied Automotive Research Tarragona, Spain

Prof. **Radu GAIGINSCHI**
Universitatea Tehnică „Gh. Asachi" din Iași, România

Prof. **Berthold GRÜNWALD**
Technical University of Darmstadt, Germany

Eng. **Eduard GOLOVATAI-SCHMIDT**
Schaeffler AG & Co. KG Herzogenaurach, Germany

Prof. **Mircea OPREAN**
Universitatea Politehnica din București, România

Prof. **Nicolae V. ORLANDEA**
Retired Professor, University of Michigan Ann Arbor, M.I., USA

Prof. **Victor OȚĂT**
Universitatea din Craiova, România

Prof. **Pierre PODEVIN**
Conservatoire National des Arts et Metiers de Paris, France

Prof. **Andreas SEELINGER**
Institute of Mining and Metallurgical Machine, Engineering, Aachen, Germany

Prof. **Ulrich SPICHER**
Kalrsuhe University, Karlsruhe, Germany

Prof. **Cornel STAN**
West Saxon University of Zwickau, Germany

Prof. **Dinu TARAZA**
Wayne State University, United States of America

Prof. **Michael BUTSCH**
University of Applied Sciences, Konstanz, Germany

COMITETUL DE ONOARE AL SIAR

AVL România – **Gerolf STROHMEIER**
Magic Engineering SRL – **Attila PAPP**
Registrul Auto Român – RAR – **Radian TUFĂ**
Renault Technologie Roumanie – **Alexander SIMIONESCU**
Uniunea Națională a Transportatorilor Rutieri din România – UNTRR – **Radu DINESCU**

COLEGIUL DE REDACȚIE

Editor in Chief
Professor *Cornel STAN*
West Saxon University of Zwickau, Germany
E-mail: *cornel.stan@fh-zwickau.de*

Technical and Production Editor
Professor *Minu MITREA*
Military Technical Academy, Bucharest, Romania
E-mail: *minumitrea@yahoo.com*

Contributors:
Silvia BONCESCU • Nicolae BURNETE • Romeo CĂTĂLINOIU • Laura CÎȚU • Olivian CHIVER • Adrian CLENCI • Ion COPAE • Nicolae CRĂCIUNOIU • Leonard-Cătălin CUCU • Cătălin-Dumitru DARIE • Ilie DUMITRU • Adina MATROZI • Imre Zsold MIKLOS • Liviu NEAMȚ • Alexandru OPRICA • Cristina-Ileana PASCU • Eleonora POP • Sorin Aurel RAȚIU • Loreta SIMNICEANU • Ramona-Monica STOICA • Ioan-Radu ȘUGAR • Cătălin ZAHARIA

Registrul SIAR de referenți științifici / SIAR register of scientific reviewers:

Horia BELEȘ
Liviu BOCÎI
Alexandru BOROIU
Salvadore Mugurel BURCIU
Alexandru CERNAT
Valerian CROITORESCU
Radu DROSESCU
Mihai DUGULEANĂ
Nicolae FILIP
Lidia GAIGINSCHI
Marius Ioan GHEREȘ
Florin Stelian GÎRBACIA
Sorin ILIE
Ioan LAZA
Dorin LELEA
Claudiu-Laurențiu MANEA
Adriana-Teodora MANEA
Marin-Stelian MARINESCU
Liviu- Nicolae MIHON
Minu MITREA
Valentin-Dan MULLER
Rodica NICULESCU
Viorel PĂUNOIU
Adrian-Constantin SACHELARIE
Loreta SIMNICEANU
Virgil Gabriel TEODOR
Bebe TICĂ
Stelian ȚÂRULESCU

The articles published in „Ingineria automobilului" magazine are indexed by Web of Science in the „Emerging Source Citation Index (ESCI)" Section.

Web of Science Clarivate Analytics

Articolele publicate în „Ingineria automobilului" sunt incluse în ***Romanian Journal of Automotive Engineering*** *(ISSN 2457 – 5275) – revista SIAR în limba engleză.*
Revistele SIAR sunt publicate la adresa ***www.ro-jae.ro***

EXPLORĂRI LINGVISTICE ÎN INGINERIA AUTOVEHICULELOR (VIII)

A LINGUISTIC JOURNEY IN THE FIELD OF AUTOMOTIVE ENGINEERING (VIII)

Prof. dr. ing.
Adrian CLENCI[1]
adi.clenci@upit.ro

S.l. dr. ing.
Cătălin Zaharia[1]

Conf. dr.
Laura CÎȚU[2]

Conf. dr.
Adina MATROZI[2]

Lector dr.
Silvia BONCESCU[2]

[1] Universitatea din Pitești, Departamentul Autovehicule și Transporturi, Str. Târgu din Vale, Nr. 1, PITEȘTI, România
[3] Universitatea din Pitești, Departamentul de Limbi Străine Aplicate, Str. Târgu din Vale, Nr. 1, PITEȘTI, România

Termenii care au determinat scrierea acestor rânduri sunt *concepție* și *proiectare.* Sunt sau nu sinonimi? Dacă nu, atunci ce-i distinge, care sunt nuanțele ce îi diferențiază? Iată, deci, câteva întrebări cărora vom încerca să le găsim răspuns.

Pentru început, simțim nevoia să spunem că demersul nostru este îngreunat și de faptul că limba franceză, de unde, în mod frecvent, s-a alimentat limbajul tehnic românesc, nu are un corespondent direct pentru ceea ce în inginerie denumim *proiectare* (adică, pe scurt, conform DEX, *„elaborarea unui proiect bazat pe calcule tehnice și economice"* ce stă la baza dezvoltării unui produs). Pentru acest termen, în limba franceză se folosește *conception.* Așadar, iată un prim motiv ce generează confuzie : dacă termenul românesc *concepție* provine din franțuzescul *conception*[1], de ce în limba română s-a simțit nevoia folosirii termenului de *proiectare* pentru ceea ce în franceză este desemnat prin *concepție*? Să fie oare cei doi termeni sinonimi ? Punem aceste întrebări și pentru că *proiectarea* (sau acțiunea de *a proiecta*) are la bază franțuzescul *projeter* ; numai că în franceză, acest verb tranzitiv semnifică « *jeter dehors* », adică *a lansa ceva sau pe cineva în față sau în sus ori a trimite pe o suprafață un fascicul de raze, o succesiune de imagini cinematografice*[2]. Aceste semnificații există însă și în limba română. Le vom exploata ulterior în argumentația noastră.

Dacă așa stau lucrurile în limba franceză, să analizăm acum cei doi termeni puși în discuție și în limba engleză. Pentru ceea ce în inginerie, în franceză, este desemnat prin *conception*, în limba engleză avem corespondentul foarte uzitat *design* (foarte rar, se mai întâlnește și *conception*). La fel ca în limba franceză, și în engleză există verbul *a proiecta (to project)*, însă fără să aibă legătură cu semnificația inginerească din limba română.

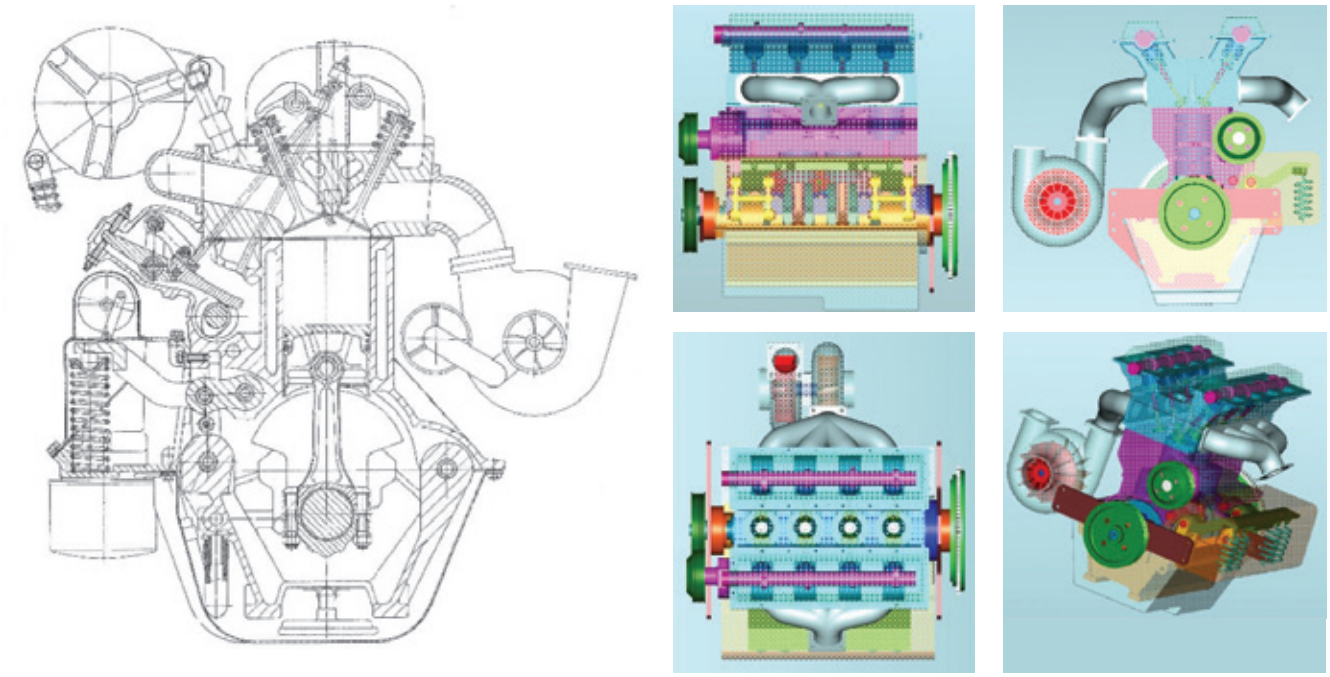
Așadar, pe baza analizei corespondenței cu limbile franceză și engleză, credem că cei doi termeni analizați pot fi considerați *și* sinonimi. O analiză mai detaliată conduce însă la ideea că cei doi termeni pot fi considerați *și* distincți, iar dacă așa este, atunci, din cele prezentate mai sus reiese imposibilitatea traducerii în franceză și engleză, a expresiei *„concepția și proiectarea..."*.

Să analizăm, acum, definiția furnizată de DEX pentru *concepție (s.f.)*: *„ansamblu de păreri, de idei, cu privire la probleme filosofice, științifice, tehnice etc"*. Deci, *o viziune* despre ceva, un *produs al spiritului*. Altfel spus, *concepția* este mai degrabă o viziune de ansamblu (a automobilului, în cazul nostru) ce se obține prin abstractizare, adică prin acea *„operație a gândirii prin care se desprind și se reține unele dintre caracteristicile și relațiile esențiale ale obiectului cercetării"*[3]. Prin urmare, și *concepția* se muncește, se lucrează, *se proiectează*, după cum vom încerca să explicăm în cele ce urmează. *Proiectarea*, prin urmare, ar fi un proces subsecvent pentru că nu poți proiecta ceva dacă nu există, mai întâi, o viziune concretizată printr-o formulă constructivă generică (sau, cum ar spune inginerii francezi, *„une définition technique"*). Prin formulă constructivă, după cum sugera profesorul B. Grunwald[4], am putea înțelege ansamblul trăsăturilor specifice care conferă produsului ce e pe cale să se nască o individualitate clară. De exemplu: automobil de tip mono-, bi- sau tri-volum, 4x2 sau 4x4, echipat cu motor electric sau termic, acesta din urmă putând fi motor cu aprindere prin scânteie sau prin comprimare (M.A.S./M.A.C.), cu cilindri mai mulți sau mai puțini, dispuși în linie sau altfel..., motor cuplat cu o transmisie manuală cu variație în trepte sau robotizată ori cu transmisie automată cu variație continuă etc. Așa cum este precizat și de către profesorul B. Grunwald[4], e limpede că anumite elemente ale formulei constructive se pot determina dintr-un calcul prealabil global din care ar rezulta un număr de parametri fundamentali care dau individualitate automobilului, grupului motopropulsor etc. Toate acestea se pot încadra în activitatea de *concepție*, care se concretizează, pe hârtie sau digital, prin *proiectarea* gândurilor, precum imaginile cinematografice sunt proiectate pe un ecran. Probabil din aceste motive, profesorul B. Grunwald în, poate, cea mai reprezentativă carte a sa[4], a introdus expresia *„proiectarea de concepție"* sau, am zice noi, *proiectarea concepției*.

Odată avute aceste detalii fundamentale referitoare la formula constructivă a produsului abordat (e.g., dimensiunile fundamentale ale motorului cu ardere internă determinate ținând cont de constrângerile (auto)impuse prin tema de proiectare sau printr-un caiet de sarcini), putem spune că începe și activitatea de proiectare care presupune, după cum se știe, mai multe iterații în urma cărora rezultă forma finală optimă a tuturor pieselor ce compun produsul abordat (cu toate dimensiunile, deci, gata pentru execuție/prototipare).

Așadar, revenind la întrebările inițiale, credem că se poate admite *și* ideea că activitatea de *concepție* este distinctă de cea de *proiectare*, ambele fiind parte din procesul de dezvoltare a unui produs. *Concepția* și *proiectarea* sunt concretizate cu prototipuri în lumea virtuală sau cea fizică (vezi imagine pagina următoare). Iar dacă cele două sunt distincte, atunci, la rigoare, și persoanele care se ocupă de ele ar trebui să fie identificate prin

1. sau ambele provin din latinescul *concéptio, -ónis*
2. din https://www.larousse.fr
3. cf. DEX
4. „Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere", Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980



M.A.S. cu raport de comprimare variabil conceput și proiectat la Universitatea din Pitești

termeni diferiți: *conceptor*, respectiv, *proiectant*. Numai că deși ocupația de *conceptor* a apărut pe piața muncii în România (este suficientă o simplă căutare pe internet pentru a găsi, ca atare, o asemenea denumire), totuși, limba română nu a asumat, încă, într-o manieră oficială acest termen.

Semnalăm că în două universități naționale (Universitatea din Pitești și Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi din Iași), în domeniul „Ingineria Autovehiculelor" există un program de studii de nivel Master intitulat *„Concepția și Managementul Proiectării Automobilului"*[5]. Această denumire a suscitat recent interesul mai multor profesioniști ai domeniului și chiar o controversă pe temă. A fost ridicată chestiunea unei posibile formulări inadecvate a acestei denumiri, deși în această coordonare a termenilor *concepția* și *managementul* este destul de evidentă contragerea provenită din *„Concepția automobilului"* și *„Managementul proiectării automobilului"*. Așadar, fiind evident că termenul *concepția* se referă la automobil și nu la *managementul proiectării*, iar contragerea a rezultat din evitarea necesară a repetiției, totuși a putut fi invocat, ca argument al așa zisei formulări inadecvate a acestei denumiri, faptul că ea conduce spre o altă lectură, care ar rezulta din contragerea sintagmelor *„Concepția proiectării automobilului"* și *„Managementul proiectării automobilului"*. Altfel spus, termenul *concepția* s-ar referi la proiectarea automobilului și nu la automobil, așa cum precizam mai sus. Adevărul este că, fără a fi complet exclusă ca posibilitate de lectură, fenomenul ambiguității[6] fiind unul specific limbilor naturale, această a doua interpretare este greșită, „concepția proiectării..." fiind chiar o formulare cu aer pleonastic. În concluzie, denumirea programului de master *„Concepția și Managementul Proiectării Automobilului"* (CMPA) este una adecvată, chiar dacă a suscitat unele obiecții, care, așa cum am văzut, nu se susțin.

Pe de altă parte, constatăm că dificultățile apar abia atunci când trebuie tradusă în limbile franceză și engleză această denumire. Deși termenul *proiectare* cunoaște în limba franceză aparent ca omolog pe *projection*, în realitate, *projection* corespunde românescului *proiecție*, care a și fost de altfel împrumutat din franceză, termenul provenind din latinescul *projectio, -onis*. În vreme ce românescul *proiectare* a fost derivat în limba română de la verbul *a proiecta*, după împrumutul acestuia din franceză, respectiv verbul *projeter*. Or, unul dintre sensurile verbului este „... a reprezenta schematic un corp pe o suprafață sau pe un plan, după anumite reguli geometrice...", sens care se regăsește și în substantivul *proiectare*, dar nu se regăsește in franțuzescul *projection*. În franceză, ***conception*** [*de l'automobile*] cuprinde sensurile cumulate ale lui *concepția* și *proiectarea* [automobilului], și tot astfel, *design* le regrupează în ce privește limba engleză. Astfel, cea mai fidelă traducere a denumirii programului de master în discuție în limba franceză ar fi **„Conception de l'automobile et gestion des projets d'ingénierie"**, iar în limba engleză **„Automobile Design and Engineering Project Management"**.

5. https://www.upit.ro/ro/masterat, https://mec.tuiasi.ro/studii/masterat/

6. Se înțelege prin ambiguitate acea situație lingvistică în care unei forme îi pot corespunde două sau mai multe interpretări. Aceasta este asociată cu un eșec sau cu o lipsă de eficacitate în comunicarea lingvistică. In realitate, ambiguitatea este rar persistentă, intrucât contextul lingvistic și capacitatea inferențială a vorbitorilor impun o lectură în mod preferențial și se asigură astfel eficacitatea schimbului lingvistic. Cu titlu anecdotic, în structurile *„pălării pentru bărbați de paie"*, *„pătuțuri pentru copii de lemn"* sau *„cuptor de pâine cu lemne"*, are cineva dubii cu privire la care dintre cele două elemente ale structurii ar fi de paie, respectiv de lemn ?

CERCETĂRI PRIVIND IMPLEMENTAREA PRINCIPIILOR LEAN MANUFACTURING ÎN VEDEREA ÎMBUNĂTĂȚIRII CALITĂȚII PROCESULUI DE FABRICAȚIE ÎN INDUSTRIA AUTO

ASPECTS ABOUT DEPLOYMENT OF LEAN PRINCIPLES FOR IMPROVING THE PRODUCTION PROCESS QUALITY IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

ABSTRACT:
This study presents the implementation of Lean principles in a supplying company of auto components for two international automobile companies. The deployment of Lean Principles (Standardized work, Visual Management, Visual Check, Kanban) is studied in this research. Lean Manufacturing, or production at minimal cost, is considered a production strategy based on customer satisfaction, which delivers quality products and services when the customer needs them, in the required quantity, at a fair price, with minimal material, equipment, space, work and time. Since 1980's, the Lean Manufacturing methodology in the field of automotive has become a survival practice in order to improve the quality of production. This study started with the process mapping using Spaghetti Diagram as a first useful tool for viewing activities within a process, and it describes the three essential elements Product / Information Flow, People Movement, Processing Work (WIP). It has highlighted the failures and the problems in the process flow, people and equipment movements, and interphase stocks. After determining the required time for each operation and the necessary components to cover a production change, it was concluded that it is necessary to apply some time-based methods to follow the FIFO (First In, First Out) technique. Therefore, after identifying the losses/waste and problems that occurred during the production process, the principles of Standardized work, Visual Management, Visual Check, Kanban were applied.

Key-Words: *Lean principles, Quality, Standardized work, Spaghetti Diagram, automotive components.*

Conf. dr. ing.
Nicolae CRĂCIUNOIU

Drd. ing.
Alexandru OPRICA

Conf. dr. ing.
Cristina-Ileana PASCU
ileana.pascu@edu.ucv.ro

Universitatea din Craiova, Departamentul de Autovehicule, Transporturi și Inginerie Industrială, Calea București, Nr.107, 200478 CRAIOVA, România

1. INTRODUCERE

Principiile Lean s-au născut, într-o manieră structurată și integrată, în industria auto japoneză atunci când, în domeniul auto, Toyota a dezvoltat sistemul de producție Toyota (TPS) [2].

Sistemul de producție Toyota (TPS) reprezintă o "filozofie de fabricație", care înglobează un set de principii, metode, instrumente, pentru găsirea și aplicarea ideilor de îmbunătățire, optimizare, inovație pas cu pas în fluxurile de lucru (stații de lucru, distribuție-aprovizionare, linii de producție, etc.) [1][19] și care, ulterior a fost introdus și dezvoltat în SUA, sub denumirea de Lean Manufacturing (producție flexibilă) de către cei trei mari producători auto americani, la începutul anilor '90 [9].

Lean Manufacturing sau "producție la costuri minime" definește valoarea ca „ceea ce clientul este dispus să plătească" [5]. Prin urmare, procesele interne trebuie analizate din punctul de vedere al valorii adăugate și al pierderilor - acele acțiuni și decizii care fie adaugă valoare produsului, fie măresc costul de producție [10][14].

Consecința logică este că îmbunătățirea performanței vine fie din maximizarea efectelor proceselor care adaugă valoare, fie din minimizarea celor care cauzează pierderi, fie din acțiunea concurentă a ambelor categorii de procese [7].

În figura 1 se prezintă cele 8 (7+1) tipuri principale de pierderi care pot să apară în timpul derulării procesului de fabricație în vederea obținerii produsului final într-o societate comercială [4][16].

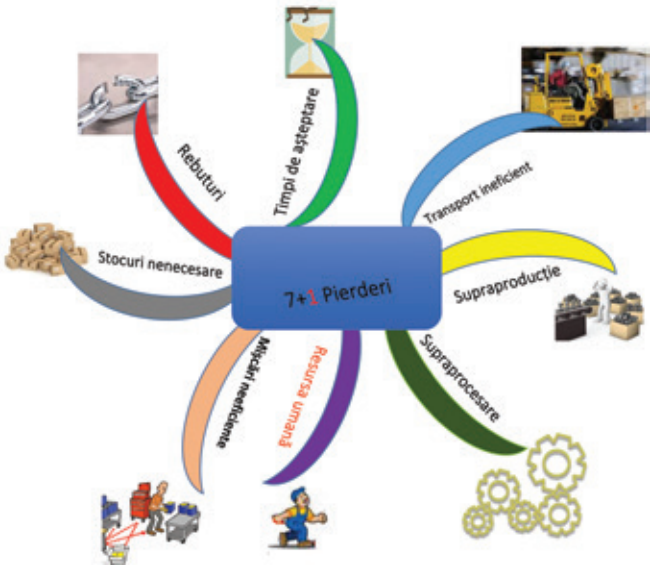


Fig. 1. Cele 8 tipuri de pierderi care apar în timpul derulării unui proces de fabricație

Fig. 2. Tehnici de bază pentru aplicarea Lean.

Lean este fie un sistem de management, fie o filozofie de producție sau un set de instrumente, în funcție de amploarea, strategia și nivelul de dezvoltare al organizației și culturii în care este aplicat [11]. Dar, fiecare societate comerciala care dorește să devină o companie Lean aplică acele instrumente, metode și metodologii specifice care să permită eficientizarea procesului de producție [15][17].

Totuși, există câteva metode și metodologii de bază care sunt obligatorii pentru a fi implementate: Harta fluxului de valoare (VSM), 6S, Mentenanța Totală Productivă (TPM), Fabrica Vizuală, Muncă standardizată, astfel încât o societate să devină Lean [3, 6], așa cum se arată în figura 2.

Aplicarea filozofiei de productie Lean si a principiilor acesteia si-a dovedit eficacitatea in toate domeniile, dar, mai ales, cu rezultate exceptionale in domeniul auto [18].

2. IMPLEMENTAREA PRINCIPIILOR MUNCII STANDARDIZATE ÎN COMPANIE

Această cercetare a fost realizată la o companie furnizoare de componente auto, respectiv rezervoarele de combustibil, pentru două firme producătoare de automobile, denumite generic F1 și F2. Implementarea principiilor de lucru standardizate a fost realizată începând cu 2014 și se continuă și în prezent.

Se menționează că, premergător aplicării principiilor Muncii standardizate, au fost aplicate în firmă tehnicile 6S [12] și Mentenanța totală productivă (TPM) [13].

Munca standardizată (SW) reflectă cele mai bune practici și reprezintă baza îmbunătățirii continue. Documentele de referință necesare pentru punerea în aplicare a elementelor care stau la baza standardelor de lucru sunt realizate pentru fiecare operațiune / succesiune de operațiuni de lucru, afișate la locul de muncă în locuri vizibile și vor fi discutate și dezvoltate împreună cu personalul angajat. Stabilirea corectă a procedurilor pentru fiecare operator într-un proces de producție este bazată pe următoarele trei elemente: timpul de producție disponibil - care este rata la care produsele trebuie realizate într-un proces pentru a satisface cererea clienților; secvența exactă a operațiunilor efectuate de operator în timpul de producție disponibil; stocul standard necesar pentru ca procesul de producție să se desfășoare în mod corespunzător.

Metodologia cercetării, prezentată în Figura 3, s-a concretizat în analiza stării de fapt, de la care s-a început aplicarea tehnicilor și metodelor de bază Lean din Figura 2, respectiv cartografierea procesului pentru stabilirea "fluxului inițial de fabricație".

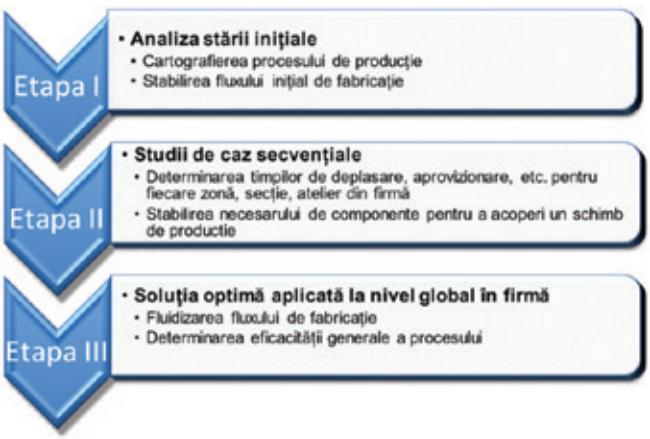


Fig. 3. Etapele implementării metodologiei lean, Munca standardizată (SW)

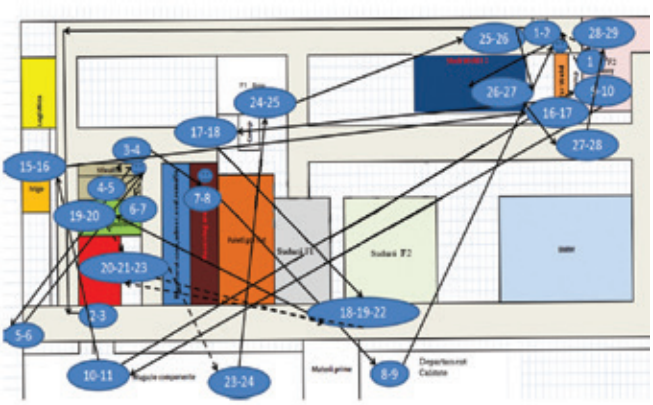


Fig. 4. Diagrama Inițială Spaghetti.

Etapa următoare a constat în stabilirea de soluții punctuale pentru fiecare zonă din arealul societății comerciale, prin determinarea diferiților timpi de aprovizionare între diferite zone, transport în interiorul firmei, descărcare, încărcare, etc. în vederea fluidizării fluxul procesului și micșorării durata ciclului de producție.

Aplicând metodologia la nivelul global al societății furnizoare de componente auto, se va obține soluția optimă de derulare a fluxului productiv și determinarea eficacității generală a echipamentelor/ procesului (OEE).

Au fost utilizate următoarele tehnici Lean: eficacitatea generală a echipamentului (OEE), diagrama Pareto, FIFO (primul intrat, primul ieșit) și Kanban. Se precizează că, pentru a aplica conceptele pentru Muncă standardizată, în etapa inițială, metodologia 6S și TPM au fost deja implementate.

Prima etapă a constat în utilizarea Diagramei Spaghetti, un instrument important pentru vizualizarea si cartografierea corectă a activitatilor din cadrul unui proces, descriind 3 elemente esențiale: Fluxul produsului / informației, Mișcarea oamenilor, Muncă în procesare (WIP). Cartografierea procesului s-a realizat prin identificarea activităților pas cu pas pe fluxul de realizare a produsului/serviciului, alocarea de indicatori măsurabili fiecărei activități, astfel încât să se poată identifica eficiența procesului, identificarea oricărui aspect din punct de vedere al echipamentului, mediului de lucru, etc., care poate da naștere unei soluții de îmbunătățire.

În prima fază, a fost efectuată monitorizarea operațiilor, rezultând diagrama inițială Spaghetti, redată în figura 4.

După cum se poate observa din figura 4, la momentul începerii aplicării principiilor Muncii Standardizate, procesul de fabricație se desfășura anevoios și destul de întortocheat, cu multe întoarceri pe traseu și multe pierderi, timpi pierduți datorită transportului ineficient, mișcări în plus inutile și multe întoarceri pe traseu, se lucra cu stocuri, ceea ce se reflecta în mărirea nejustificată a timpului de realizare al produselor.

În etapa următoare, s-au determinat timpii necesari derulării operațiunilor, prin cronometrare, și cartografierea corectă a operațiunilor. In tabelul 1 se prezinta fluxul procesului și durata ciclului de producție determinați pentru alimentarea cu componente a stației 4, prin cronometrarea timpilor necesari efectuării operațiilor.

Astfel, s-a constatat că asamblarea se realiza în două locuri diferite, iar depozitarea se realiza în alte 3 locuri, destul de depărtate de zona de asamblare. S-a trecut la reorganizarea procesului de fabricație, cronometrarea timpilor de deplasare, asamblarea și depozitarea s-au

Table 1. Fluxul procesului pentru alimentarea stației 4

Fluxul Procesului	Durată minimă realizabilă ciclu [sec]	Media ciclurilor de timp [sec]	Fluctuația [sec]
Deplasare stivuitor în stația 4	18	26	18
Verificare stoc stația 4 / Actualizare listă de verificare componente	28	35	23
Descărcare componente	18	26	18
Încărcare	123	122	6
Deplasare stivuitor în stația 0	7	155	8
Parcare stivuitor / Se încarcă	104	64	71

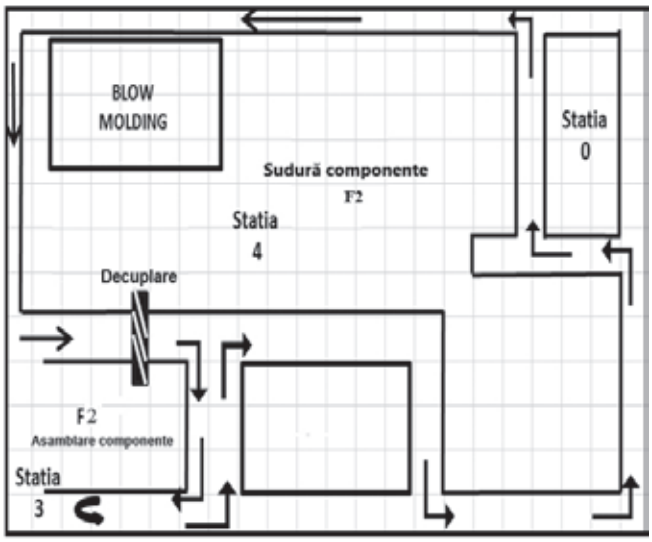


Fig. 5. Diagrama deplasărilor pentru stația 4, sudură componente Ford.

stabilit în aceeași zonă, aproape de stația de încărcare. S-a stabilit cu exactitate valoarea stocului necesar pe schimb, utilizând principiile Kanban si FIFO.

În figura următoare este prezentată diagrama deplasărilor pentru stația 4, ca studiu de caz secvențial în vederea optimizării parțiale și implicit generale, denumită "componente de sudură F2", după aplicarea principiilor corespunzătoare Muncii standardizate.

În figura 6 este prezentat noul proces de flux logistic în companie, după aplicarea principiilor Muncii standardizate și Kanban.

În ultima etapă, prin monitorizarea aplicării principiilor Muncii standardizate, s-au obținut valorile indicatorului eficienței procesului de fabricație, OEE (Overall Equipment Effectiveness), pentru primul an de aplicare a acestora.

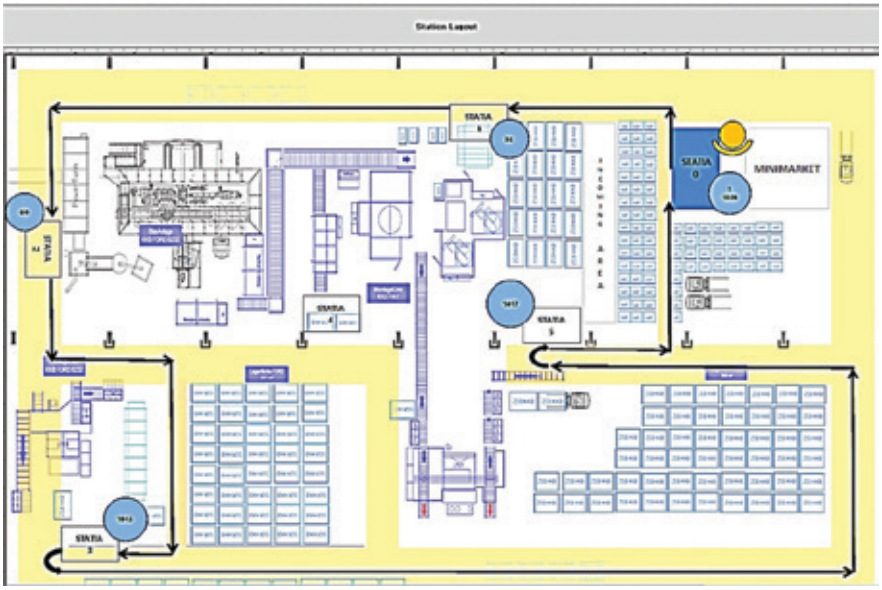


Fig. 6. Procesul nou de flux logistic.

Determinarea OEE într-o firmă reprezintă o analiză complexă, fiind necesară pentru a se observa mai rapid unde apar pierderile de productivitate. Această analiză începe cu Timpul total disponibil (Operating Time). Din Timpul total disponibil se elimină toate staționările planificate, rezultând Timpul Planificat de Lucru (Planned Production Time). Folosindu-ne de acesti doi timpi, se pot calcula trei pierderi generale importante: staționări/disponibilitate (Downtime/ Availability), pierderi de viteză (Performance) și pierderi de calitate (Quality Rate).

Formula de calcul este următoarea:

OEE= Disponibilitatea x Performanța x Calitatea (1)

Disponibilitatea (Availability) este direct dependentă de staționările neplanificate ale unei linii și reprezintă raportul dintre timpul total disponibil (Operating Time) și timpul planificat de producție (Planned Production Time):

$$Disponibilitatea = \frac{Timp\ de\ operare}{Timp\ de\ incarcare}\ x\ 100 \quad (2)$$

unde: Timpul de încărcare [sec] = (Timpul normal de lucru + ore suplimentare) – (timpul planificat de nefuncționare + capacitate în exces); Timpul de operare [sec] = Timpul de încărcare – timpul de nefuncționare.

Se observă că disponibilitatea se diminuează din cauza timpului în care linia de fabricație nu funcționează, deși putea fi disponibilă.

Performanța (eficiența) este indicatorul operațional care arată la ce capacitate lucreaza linia de producție. Este strict dependentă de timpul de ciclu al unui produs (Ideal Cycle Time), formula sa de calcul fiind:

$$Performanta = \frac{Timp\ ciclu/produs\ \ x\ nr.de\ produse}{Timp\ de\ operare}\ x\ 100 \quad (3)$$

unde: Timp ciclu/produs(Ideal Cycle Time) [sec] este timpul necesar pentru a produce un produs.

Rata calității, cel de-al treilea indicator prin care se determină OEE se calculează cu relația:

$$Calitatea = \frac{Nr.de\ produse - Nr.de\ rebuturi}{Nr.de\ produse}\ x\ 100 \quad (4)$$

Prin prisma complexității determinării eficienței procesului (OEE), există

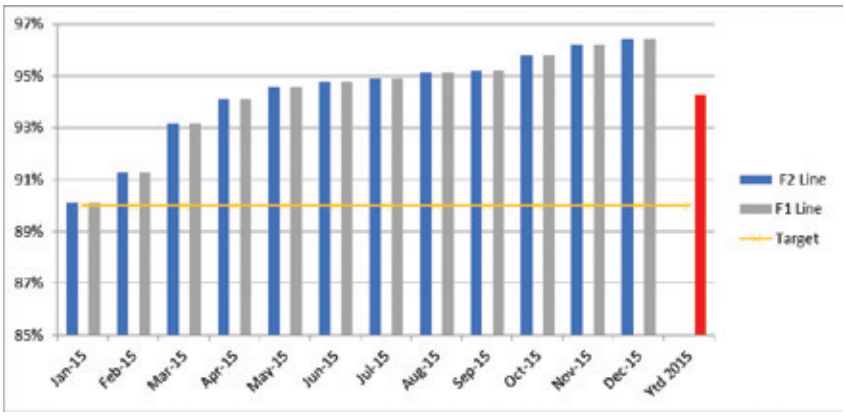


Fig. 7. Evoluția indicatorului eficienței procesului de fabricație după aplicarea principiilor Muncii standardizate (Standardized work)

site-uri dedicate care permit înțelegerea metodologiei de calcul [8].

În figura 7 se prezintă estimarea OEE în cadrul firmei producătoare de componente auto, observată și determinată de-a lungul primului an de implementare a Muncii standardizate.

Se amintește că aplicarea principiilor Muncii standardizate s-a realizat după implementarea tehnicilor 6S și TPM la firma producătoare de componente auto, prezentate în [12] și [13], acesta fiind unul din factorii care au permis obținerea de valori ridicate ale OEE, de fapt, fiind o însumare a îmbunătățirii calității procesului de fabricație în societatea comercială prin aportul celor trei metode de bază Lean.

De asemenea, se poate observa trendul ascendent al valorii determinate a indicatorului eficienței procesului de fabricație, OEE (Overall Equipment Effectiveness), după aplicarea principiilor Muncii standardizate (Standardized work) pentru ambele linii de producție din societatea comercială, atât pentru componentele firmei F1 cât și ale lui F2, ambele fiind producătoare consacrate de autoturisme.

Se mai constată că, pe parcusul anului, s-a depășit în mod constant ținta (Target-ul firmei) stabilit pentru anul respectiv, pentru ambele lini de producție F1 și F2, fiind o dovadă categorică a îmbunătățirii calității procesului de fabricație în firma furnizoare de componente auto.

De fapt, la momentul actual, toate firmele producătoare de autoturisme impun furnizorilor lor să devină '"firme Lean", fiind o condiție sine-qua-non în industria automotive.

Din figura 7 se poate observa că valorile OEE obținute pentru luna noiembrie a fost de 96,2%, iar pentru luna decembrie de 96,4%, pentru ambele linii de fabricație ale componentelor firmelor F1 și F2, dezideratul stabilit inițial fiind de 90%, evidențiind astfel faptul că soluția adoptată generează valori superioare.

3. CONCLUZII

După implementarea principiilor Lean s-au realizat îmbunătățiri substanțiale, atât în timpii necesari alimentării liniei de producție, dar și în eliminarea muncii fără valoare adăugată a membrilor echipei de logistică, reușindu-se astfel eliminarea surselor cauzatoare de pierderi din companie și a operațiilor executate de către aceștia fără a adăuga valoare produsului.

S-a obtinut un flux de proces care permite minimizarea timpului de execuție a produselor, adăugarea de valoare acestora, precum și creșterea indicatorului eficienței procesului de fabricație, OEE, in companie. Totodată în studiile dezvoltate, se remarcă valori aproape similare obținute pentru ambele linii de producție a componentelor, atât pentru firma F1 cât și F2, ceea ce denotă o monitorizare corectă, imparțială și dedicată.

Un alt indicator care consacră optimizarea este valoarea medie anuală a eficienței procesului de fabricație în firma producătoare de componente auto care a crescut la 94,30%, față de ținta propusă de 90%.

ACKNOWLEDGEMENT

Această cercetare a fost sprijinită de grantul POCU380/6/13 /123990, co-finanțat de European Social Fund prin Programul Sectorial Operational Human Capital 2014 – 2020.

BIBLIOGRAFIE:

[1] Black, J.T., *Design rules for implementing the Toyota Production System.* International Journal of Production Research, vol. 45(16),pag. 3639-3664, 2007

[2] Dahlgaard Park, Su-Mi, Dahlgaard, J.Jens, *Organizational learnability and Innovability: A system for assessing, diagnosing and Improving Innovations.* International Journal of Quality and Service Sciences, vol.2(2), pag.153-174 , 2010

[3] Dickmann, Phillip, *Schlanker Materialfluss: mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Vol.3.* Springer Vieweg. Grafing, Germany. 2015

[4] Durakovic, Benjamin, Demir, Rukiye, Abat, Kemal, Emek, Celal, *Lean Manufacturing: Trends and Implementation Issues*, Periodicals of Engineering and Natural Sciences. vol.6(1), pag. 130-143, 2018

[5] Floyd, Raymond, *Liquid, Lean: Developing Lean Culture in the Process Industries. Vol.1.* Taylor and Francis Group, New York, USA. 2010

[6] Fujimoto, Takahiro T, *The Evolution of Production Systems.* Annals of Business Administration, vol. 11 , pag. 25-44, 2012

[7] Li, Jingshan, *Continuous improvement at Toyota manufacturing plant: applications of production systems. Vol.1.* Taylor & Francis Group, Madison, Wisconsin, USA. 2012

[8] OEE.com, https://www.oee.com/calculating-oee.html

[9] Ohno, Taiichi, *Das Toyota-Produktionssystem, Vol.3,* Campus Verlag Group. Frankfurt/Main, Germany. 2013

[10] Omoush, Majd Mohammad, *An integrated model of lean manufacturing techniques and technological process to attain the competitive priorit\cy,* Management Science Letters. vol.10, pag. 3107–3118, 2020

[11] Meybodi, Mohammad, *Sequential and integrated new product development: Experience transferred from conventional and lean manufacturing systems,* Journal of Competitiveness Studies, 25(1), pag. 7–22, 2017

[12] Pascu, Cristina-Ileana, Gheorghe, Stefan, Dumitru, Ilie, Nisipasu, Mihai, Ciocioi-Troaca, Dragoș, *Aspects about Implementation of Lean Manufacturing Principles for Quality Improvement in a Production System for Automotive Industry*, Applied Mechanics and Materials. vol. 823(1), pp 283-288, 2016

[13] Pascu, Cristina-Ileana, Dumitru, Ilie, Gheorghe, Stefan, Nisipasu, Mihai, *Implementation of Total Productive Maintenance Principles for Quality Improvement in an Automotive Company*, Applied Mechanics and Materials, vol. 830(1) , pp.171-176, 2018

[14] Rahman, Lina, Ullah, Hafiz, *The Concept and Implementation of Kaizen in an Organization,* Global Journal of Management and Business Research. vol. 19(1), 0975-5853, 2019

[15] Ries, Eric, *The Lean Startup. Vol.1.* Crown Publishing Group, Random House, New York, USA. 2011

[16] Simboli, Alberto, Taddeo, Rafaella, *Value and Wastes in Manufacturing. An Overview and a New Perspective Based on Eco-Efficiency*. Administrative sciences, vol. 4(2). pag. 173-191, 2014.

[17] Thun, Jörn-Henrik., Drüke, Martin, & Grübner, A André, *Empowering Kanban through TPS-principles - an empirical analysis of the Toyota Production System. Vol 1.* Taylor & Francis Group, Mannheim, Germany. 2009

[18] Vikas Gupta, *Lean manufacturing: A Review*. International Journal of Science Technology & Management, vol.3, pag.176-190. 2015.

[19] Womack, James, Jones, Daniel, *Lean Solutions: How companies and customers can create benefits and wealth together. Vol.1.* Free Press group, New York, USA. 2005

STUDIU ASUPRA RAPORTULUI DE TRANSMISIE AL AUTOMOBILELOR ELECTRICE

STUDY ON GEAR RATIO OF BATTERY ELECTRIC VEHICLES

REZUMAT:
Într-o lume din ce în ce mai poluată,cu resurse de combustibili fosili în scădere, cercetătorii din industria auto sunt în căutarea unor soluții noi. Automobilelecu motoare cu combustie internă sunt o sursă importantă de poluare și unul dintre principalii consumatori de hidrocarburi. Necesitatea înlocuirii acestor automobile este evidentă, și la acest moment, cea mai bună soluție pare a fi utilizarea tuturor autovehiculelor hibride sau electrice care se conectează la rețeaua electrică, dar in special așa numitele vehicule electrice cu baterii de la care se alimentează motoarele electrice de antrenare. Aceste automobile electrice au de regulă un singur raport de transmisie și acesta este subiectul principal abordat în această lucrare. Pentru realizarea studiului au fost utilizate programul Simulink și ciclul de conducere agresivă US06, inclus în Procedura de Testare Federală – alături de ciclul de conducere în oraș (FTP-75) și conducerea pe autostradă (HWFET) – din SUA.

Key-Words: *gear ratio; motor; battery electric vehicle*

Conf. dr. ing.
Olivian CHIVER[1]
olivian.chiver@cunbm.utcluj.ro

Prof. dr. ing.
Nicolae BURNETE[2]

Conf. dr. ing.
Ioan Radu ȘUGAR[3]

Conf. dr. ing.
Liviu NEAMȚ[1]

S.l. dr. ing.
Eleonora POP[1]

[1] Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Departamentul de Inginerie Electrică, Electronică și Calculatoare, Str. Victor Babeș, Nr. 62A, 430083 BAIA MARE, România
[2] Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Departamentul de Autovehicule Rutiere și Transporturi, Bdul Muncii, Nr. 103-105, 400641 CLUJ-NAPOCA, România
[3] Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Departamentul de Inginerie și Managementul Tehnologiei, Str. Victor Babeș, Nr. 62A, 430083 BAIA MARE, România

1. INTRODUCTION

The first electric machine (a generator with permanent magnets) was made by Antoine-Hippolyte Pixii in 1832 just one year after the discovery of the phenomenon of electromagnetic induction by Michael Faraday [1]. It is considered that the first electrically propelled vehicle was the one made by Thomas Davenport in 1834, the direct current (DC) motor, built by him, being powered by a battery system [2]. Probably the first vehicle usable for public transport was the one made by the Russian engineer (of Jewish origin, born in Germany), Moritz von Jacobi, who in 1838/1839 propelled a boat, also with a DC motor powered by to batteries, and the boat carried 14 passengers on the Neva river, against the current, at a velocity of three miles/h [1]. Although electrical engineering had only begun a few decades ago (we can consider the year 1800 when Alessandro Volta made the first DC source), the interest of scientists in this field was very high, so that in 1859, the Italian physicist Antonio Pacinotti made the first DC machine with notches and collector, very close to the today DC motor. An important role in the development of electric traction was played by the German engineer Siemens, who experimented in Berlin the first tram line in 1879. In the following years, both urban electric traction and electric propelled vehicles, experienced a rapid development. Such that, out of the total number of cars sold in 1900 in the US, about 40% were battery electric vehicles (BEV), 20% with gasoline and 40% were steam driven vehicles [2]. But the situation changed rapidly in just a few decades. The main reasons why BEVs lost supremacy were the following: they were expensive and had limited driving range. Since the last decade of the 19th century, engineers have noticed the potential of ICE (internal combustion engine), which has known a continuous development from its appearance the inventor being considered G. Brayton in 1872) [2]. Transportation, as a large energy-consuming branch, has been at the forefront of electricity use.

After Lenoir used the electric spark to ignite the fuel in the ICE in 1870, an unknown mechanic in Brussels built an electric car. Its energy source was the zinc plate batteries, and the traction was provided by an electric motor. The four-wheeled vehicle was designed for two people and was equipped with a parking brake with wooden clogs and had an autonomy of 20 kilometers, the distance after which the batteries had to be replaced. In 1875, an electric tricycle was built in France, also by an anonymous manufacturer, on the same principles as the Belgian one. Finally, the third prototype allows us to leave the anonymity of the manufacturer, because history has kept his name: the engineer was called Trouvé. In 1881 he built a three-wheeled vehicle equipped with two electric engines that ensured the transmission of the engine effort through a gear wheel. The speed reached 15 kilometers per hour and the autonomy had already reached 40 km.

But the one who established the prestige of the electric car and opened its way as a means of transport with a large public presence, was the Belgian Camille Jenatzy. For a decade, Jenatzy developed a car with the body shape of an artillery projectile, on two axes with two sets of batteries and a single seat. The suspension on lamellar springs, the stability of the vehicle determined by the judicious placement of the batteries, the steering, and the braking system sufficiently stable for the functional parameters of the car are noticed. The Acheres competition, on May 1, 1889, rewarded Jenatzy's work. He was ranked on the first place and by achieving the speed of 105.9 kilometers per hour, he was the first man who exceeded the 100 kilometers per hour speed on a road. We can appreciate that at that time the ICE was practical. Most observers were inclined to believe that its time had passed.

Incidentally, in 1889, in the U.S. there were 1575 electric cars operating, compared to only 936 equipped with ICEs. The "Tudor" plants in this country, manufactured battery packed with lead plates and electrolyte

consisting of sulfuric acid and water. After 1900 the "Studebaker" Company expanded the manufacture of electric cars in series production- always more improved for example, "Wolverhamton" - American production or "Electromotion", of French construction [3].

The best performances obtained by the electric series cars were at 70-80 kilometers per hour traffic speed, at 10 hours the battery life between two successive recharges and at 6 passengers the transport capacity. All these features represented quite much for the stage of technique of the early twentieth century.

Other qualities that required its use were: very fast and smooth start, quiet operation, achieving an unlimited number of traffic modes by manoeuvring the controller and, finally, but not at least, increased safety by using the additional electric brake if needed.

Only one major shortcoming was the decisive element that made it be taken out from the public roads for almost half a century: the small action range determined by the limited capacity of the batteries. When the ICE managed to surpass it in this field, at the end of the first decade of this century, its short supremacy in road passenger traffic came to an end.

When everyone thought that the use of electricity in transport was finally over, new possibilities of use were found, where we would have expected less, in the railway and naval transportation.

After the Second World War, it would spectacularly return in the road transport, especially in the conditions created by the global energy crisis [3].

The large autonomy given by high value of energy stored in fossil fuels (diesel or gasoline) but also the low price of ICE vehicle, especially after the implementation of the mass production system by the inventor Henry Ford (his cars were at a quarter price compared to existing EVs), caused EVs to be rapidly marginalized. The low efficiency of ICEs has been accepted by automakers and society, while growing environmental issues, especially in large metropolises, being still disregarded. After a century of continuous increase in pollution due to ICE vehicles, using almost exclusively diesel or gasoline [4], major increases in health-care costs due to urban smog and a strong environmental degradation, the concept of highly efficient, clean, and even smart transportation became the new rule (starting with the last decade of the 20th century).

More stringent standards regarding engines efficiency and fuel economy became the major factor of designing more efficient engines and increasing the "electrification level" of the vehicles. At this time, the best ICEs (diesel) can reach a real maximum efficiency of a little more than 50%. An electric motor, of every type, reaches a minimum 90%. Besides this, an engine consumes fuel regardless of whether the vehicle brakes, runs on a slope or stays still, while an electric machine generate energy when vehicle brakes or descends, and it is easily stopped when the vehicle is stationary. In this context, the wheel is turning slowly but surely, and we are turning again our attention to "more electric" vehicles [5]. Starting to micro-hybrid (only a stop-start function and regenerative braking) up to hybrid range extended electric vehicle and full electric vehicle (BEV), all these use "more electrification" to increase the total efficiency. This increase in "electrification" is also a trend [6] due to the increase of batteries performances, the world research is focused on this direction [7], but also due to the decreasing price of electric vehicles [8].

A major difference between an engine and an electric motor is the rotational speed range. While an ICE has a useful 1000 - 6000 RPM range, some electric motors used in vehicles traction have a range of 0 - 20000 RPM. What this mean? An ICE vehicle requires multiple gears (4 – 6) to be properly driven, while BEVs usually have only a simple gear.

Of course, currently, both for technical reasons but also for economic reasons (cars with lower price), there are few exceptions to this rule. But they are important because, probably, they show the new trend in BEV's transmission. Among these exceptions, we can mention Tesla Roadster, which initially had a multi-speed gearbox, not for they desired, but because they had reliability and durability problems. After switching to a one-speed transmission, now they use a dual-motor transmission (model S), each of the motors having a different G.R., so every motor (with different power) will be used such the efficiency being maximum. The car can use one of the motors or both at a time, depending on the needed power.

Another BEV with two-speed transmission is Porsche Taycan. In fact, one of the two motors on the Taycan has two-speed gearbox and the other has only a simple G.R. The first step has an approximate 15:1 G.R. while the second has an approximate 8:1 G.R. Even though not many BEVs use a multi-speed gearbox now, researchers have anticipated and say that in the future all pure electric cars will have two- or multi-speed transmissions, [9], [10], and some authors dealt with the issue of shift gear optimizing, so that the drive to be performed with maximum efficiency [11], [12].

In this paper we will analyse not the motor efficiency at different RPMs, but how the G.R. influences the manoeuvrability of the BEV using only regenerative brake. Why? Because in this manner we can appreciate how efficient the vehicle drive is. The longer you can follow a driving cycle without using mechanical braking, the more you will recover from energy. Some comparisons with ICE vehicle, with four speed gearbox, will be made.

2. OBJECTIVES

The paper objectives are focused on the dependence between G.R. and the electric drive efficiency, so a high-level manoeuvrability of the BEV to be fulfilled in different scenarios. We considered high efficiency electric drive, if a driving cycle is followed as rigorously as possible (high-level manoeuvrability), using only regenerative brake. Three scenarios have been studied: vehicle runs on ramp, horizontally and on slope. The BEV has a simple gear [13]. We started with a G.R. of 11. Which is the optimum G.R. for these scenarios? We will see. For the same vehicle (mass, wheels, etc.) and in the same conditions (driving cycle, wind, and road incline) an ICE with four speed gearbox, with controlled gear selection and mechanical brake, we considered in order to make comparisons regarding the consume and manoeuvrability. Of course, we can anticipate some of the results of the comparisons. But what is wanted, is to show that the degree of energy recovery, or the efficiency of a BEV, depends also on the G.R. The simulations have been made in Matlab Simulink.

3. METHODOLOGY

The vehicle speed has been imposed according to US06 driving cycle, which sets the speed-time relationship for 600 seconds. It is one of the three driving cycle defined by the US Environmental Protection Agency (EPA) and included in Federal Test Procedure – together with the city driving (FTP-75) and highway driving (HWFET); it refers to aggressive driving. We decided to consider this driving cycle because of the specific issues regarding regenerative braking [14]. The Simulink model of ICE vehicle transmission and vehicle model are shown in fig. 1 and 2.

The inputs for driver are imposed speed (driving cycle) and the car speed. The driver compares the speeds and accelerates or brakes.

The accelerating signal is sent to the motor for increasing the torque. When the signal for breaking is sent to the vehicle, mechanical braking occurs.

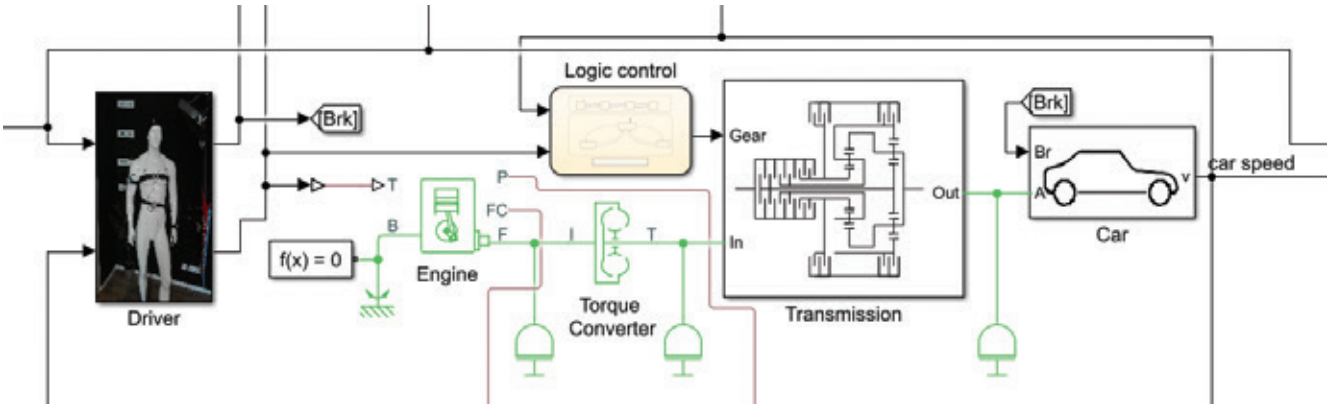


Fig. 1. Simulink ICE vehicle transmission model

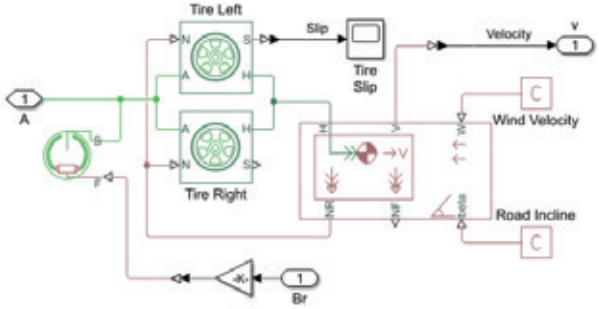


Fig. 2. Simulink vehicle model propelled by ICE.

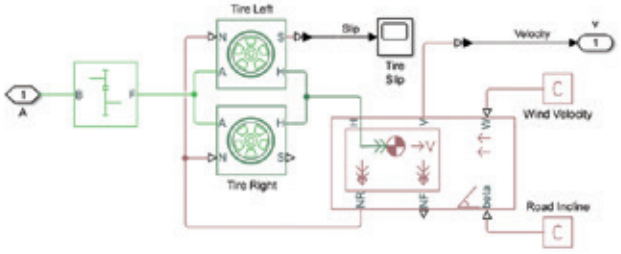


Fig. 4. Simulink vehicle model propelled by DC motor

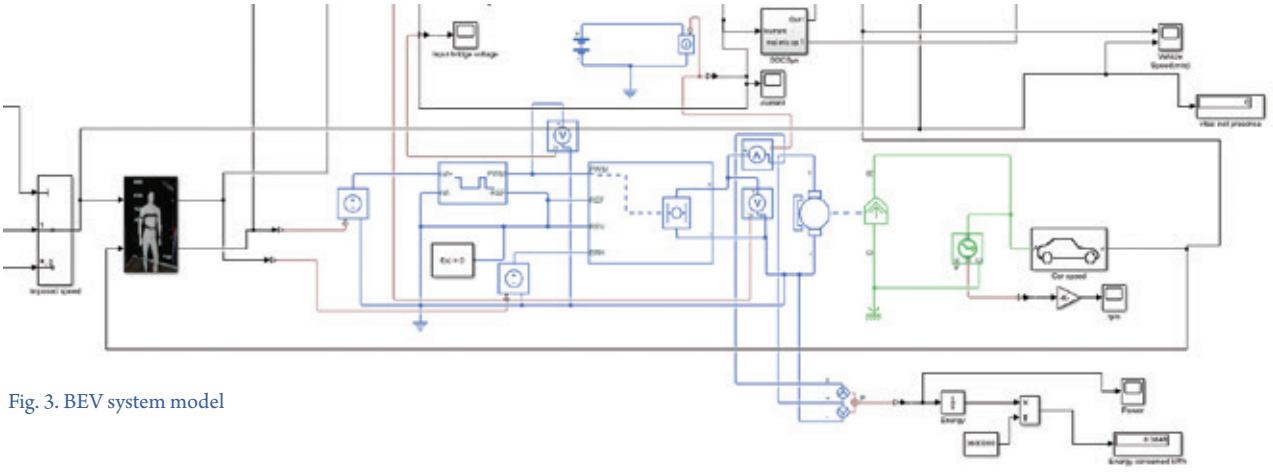


Fig. 3. BEV system model

The logic control of the gearbox depends by the accelerating signal and vehicle speed and based on these, imposes to change up or down the steps. The ICE has a maximum power of 150 kW at 4500 RPM and can reach a maximum 6000 RPM.

The BEV system model and the vehicle model are shown in fig. 3 and 4. BEV is propelled by a DC motor, energized through a controlled (PWM) H-bridge, which allow regenerative braking.

The system of batteries is also modelled, and based on the electric current value, current direction and batteries capacity, the state of charge (SOC) is calculated and shown. DC motor has no load speed 10000 rpm, nominal speed 5000 rpm, rated voltage 300V and rated power 100 kW.

3.1 BEV runs horizontally

In the case of BEV running horizontally, seven values of the G.R. were considered to observe when the driving cycle is respected properly using only the regenerative brake. The low values of the G.R. (5-8) are inappropriate in this case, when fast accelerations and braking are required, especially at low speeds. In this case, a G.R. of 11-12 seems to be more appropriate regarding the driving cycle concordance. Even higher G.R.s are not very inappropriate, but they are less good.

3.2 BEV runs on ramp

In this case, a G.R. of 6 seems to be more appropriate than 11. Of course, it does not make sense to consider a higher G.R., as we move even further

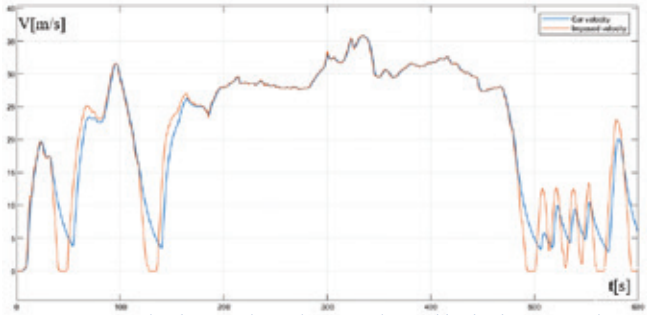


Fig. 5. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=5

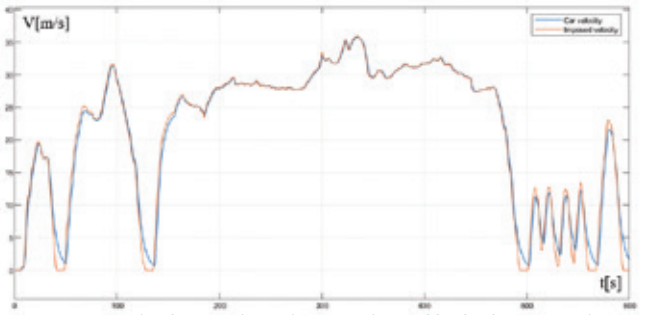


Fig. 6. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=8

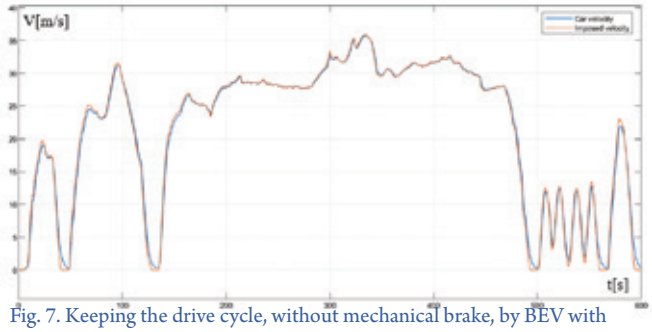


Fig. 7. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=11

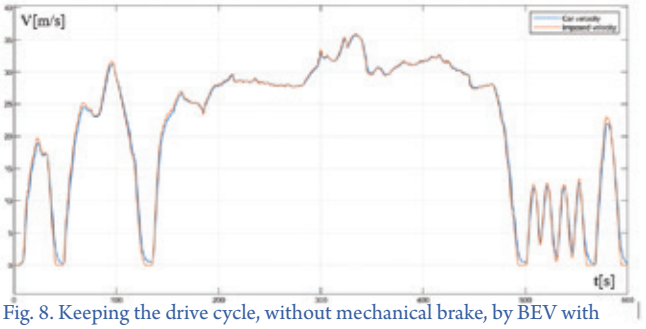


Fig. 8. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=11.6

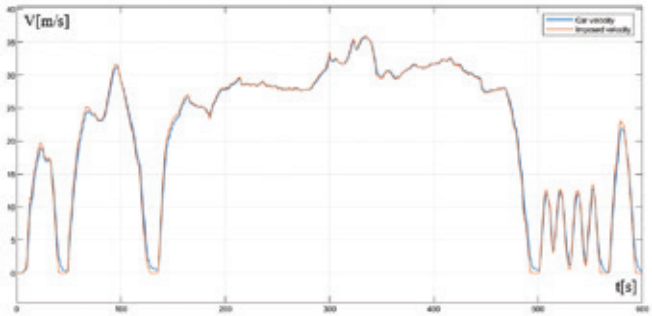


Fig. 9. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=12

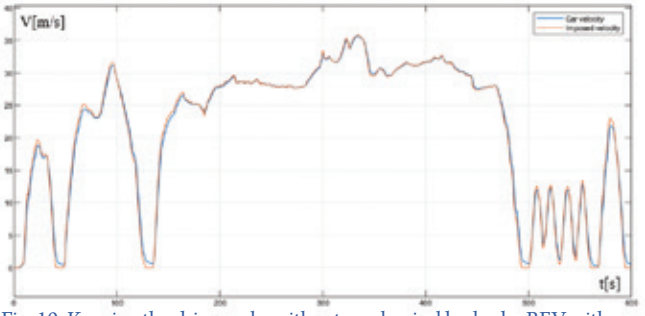


Fig. 10. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=13

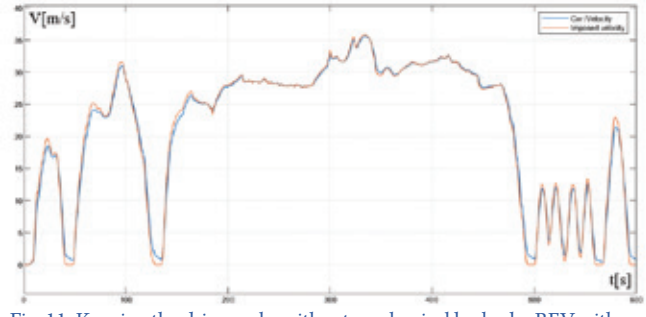


Fig. 11. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=17.

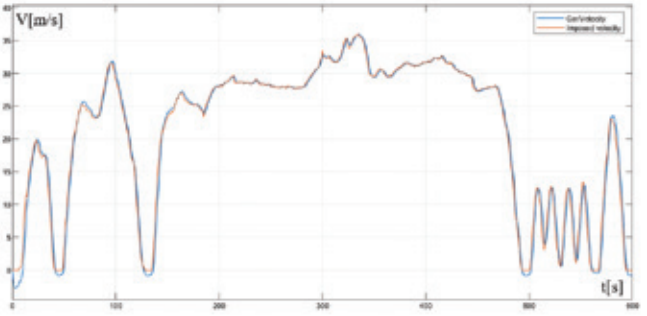


Fig. 12. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=3.

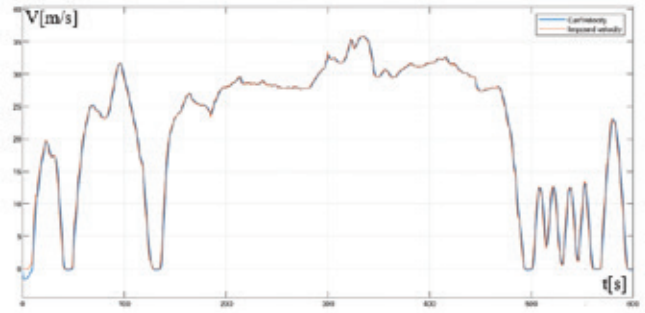


Fig. 13. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=5

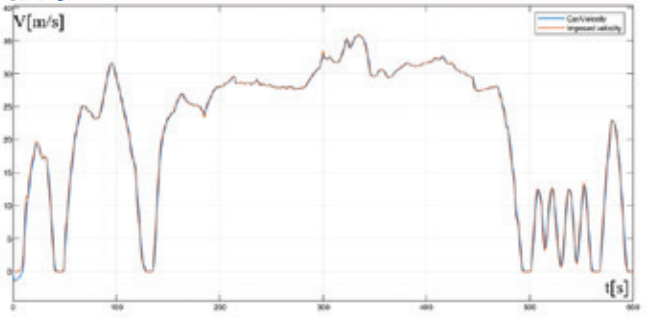


Fig. 14. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=6

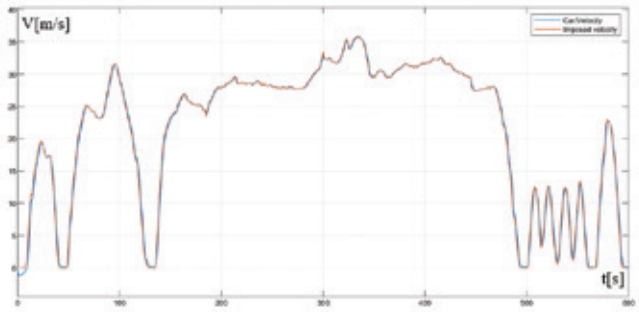


Fig. 15. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=7

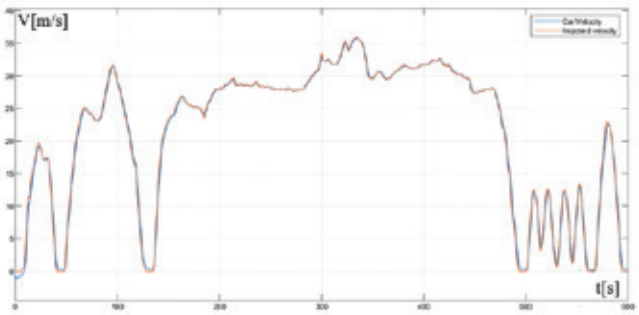


Fig. 16. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=8

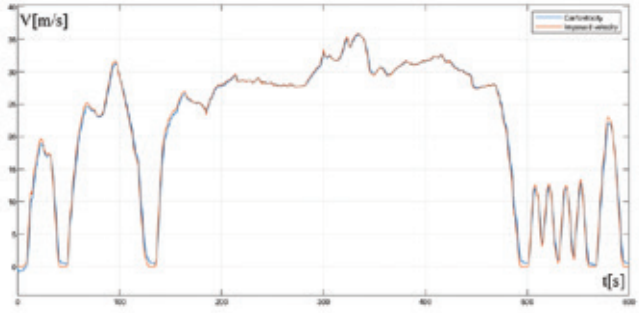


Fig. 17 Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=11

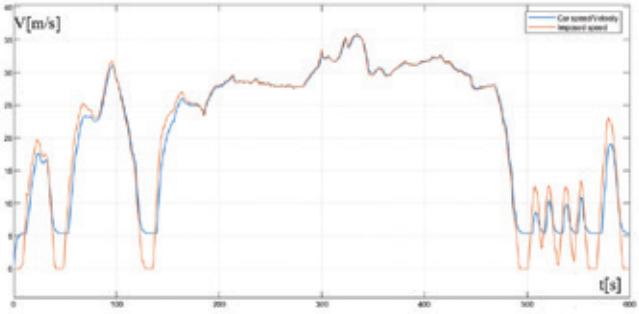


Fig. 18. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=14

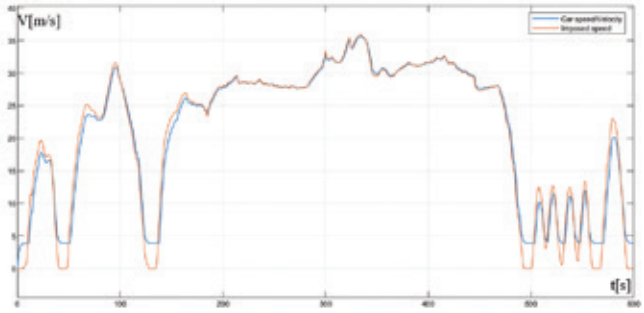


Fig. 19. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=16.5

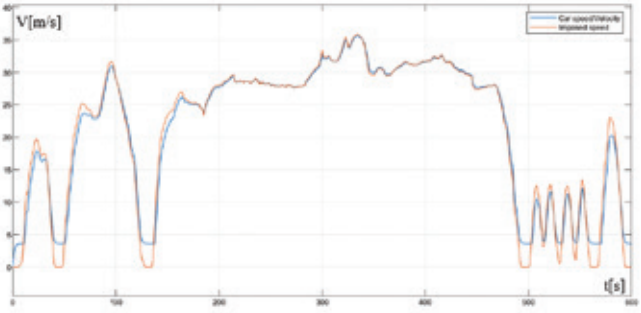


Fig. 20. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=17.2

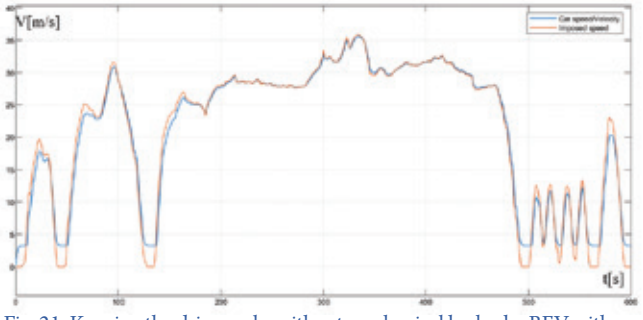


Fig. 21. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=18

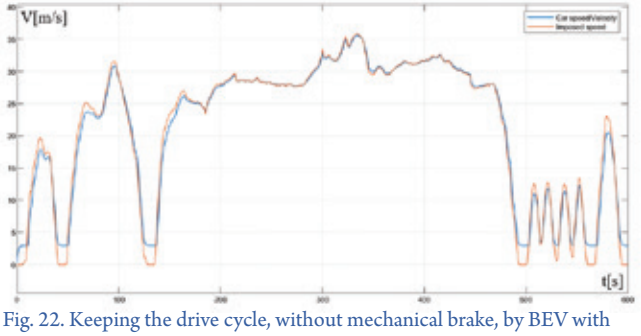


Fig. 22. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=19

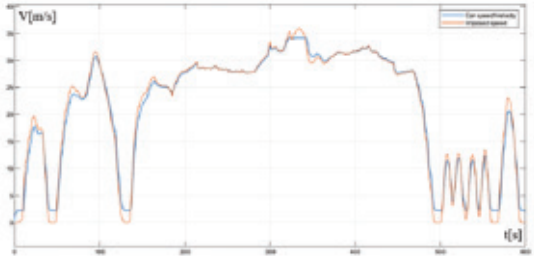


Fig. 23. Keeping the drive cycle, without mechanical brake, by BEV with G.R.=22

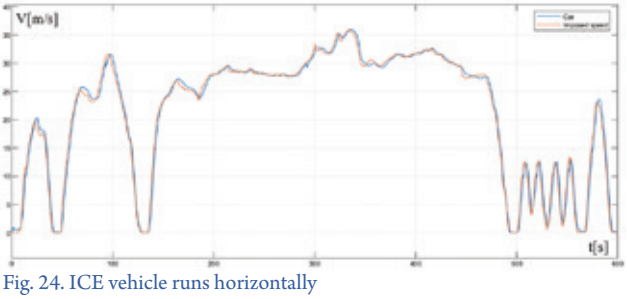


Fig. 24. ICE vehicle runs horizontally

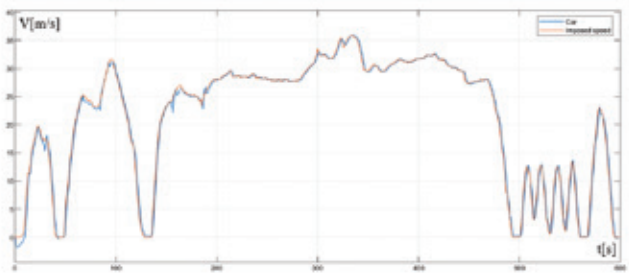


Fig. 25. ICE vehicle runs on ramp

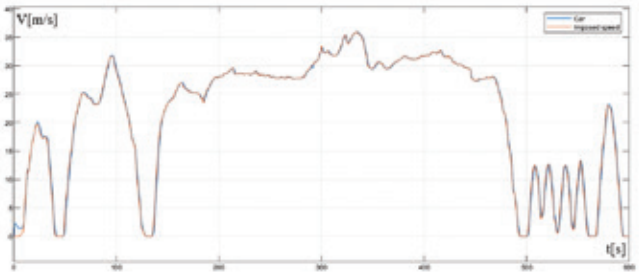


Fig. 26. ICE vehicle runs on slope

away from respecting the imposed cycle.

3.3 BEV runs on slope

We must keep in mind that it is theoretically impossible to stop the vehicle or run at very low speed, on a slope, using only a regenerative brake. For this reason, it is practically impossible to respect the imposed cycle. But the authors' desire was to see "how much" the cycle can be followed without using mechanical braking.

3.4 Running ICE vehicle using mechanical brake

For different G.R.s, we analyse the manner how the car respects the imposed speed, these being presented before.

4. CONCLUSION

As has been shown, for the studied case, the optimum G.R. in case of BEV running horizontally is in range 11 to 12. This ratio is around 6 in case of running on ramp while in case of running on slope is around 17-18. But what is important is the fact that when BEV rolling horizontally, for studied case, a G.R. of 17 is not bad.

The major difference is in case of BEV rolling on ramp, when the optimum G.R. is around 6-7. Regarding the consumed energy, of course it is maximum when BEV runs on ramp. For considered conditions (vehicle. mass 1200 kg, incline -25 and US06 driving cycle, etc.) this energy was about 6 kWh, while running horizontally (incline 0) requires 0.25 kWh and when the vehicle is rolling on slope (incline -25) there is no consumed energy only recovered energy. In case of ICE vehicle in the same conditions as BEV, the consumed gasoline has been 0.456 kg (horizontal rolling), 1.3 kg (rolling on ramp) and 0.4 kg (rolling on slope) or the equivalent of about 5.3 kWh, 15 kWh and 4.8 kWh respectively.

We notice there is a very small difference between horizontal rolling and rolling on slope in case of ICE vehicle. We also will mention that ICE vehicle respects well the imposed cycle because of the mechanical braking.

Regarding the comparison between BEV and ICE vehicle, things are generally known. While the rated efficiency of an electric motor used at BEV is at least 0.9, the efficiency of an ICE is at best 0.4. But the great advantage of an electric drive is highlighted in the case of regenerative braking and therefore in the case of cycles that require frequent braking or downhill.

But what we want to emphasize is the fact that a single transmission ratio in case of BEV, cannot satisfy an optimal operation from the point of view of electric propulsion and energy consumption in all situations. We consider that for maximum efficiency of a BEV (in this case with DC motor), a transmission with a minimum of two gears will be more suitable. In the future study, we want to make a comparison between two BEVs, one with a single G.R., the other with two G.R.s.

REFERENCES:

[1] Micu, Emil. *Utilizari ale energiei electrice*, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1977.

[2] Emadi, A., *Advanced electric drive vehicles*, CRC Press, 2015.

[3] Rus, Ioan., *Autovehicule Rutiere*, Editura Sincron, Cluj-Napoca, 2002.

[4] Boulanger, G. Chu, A. C. Maxx, S. and Waltz, D. L., *Vehicle Electrification: Status and Issues,"* Vol. 99, No. 6, June 2011 | Proceedings of the IEEE, pp. 1116-1138, 2011.

[5] Un-Noor, F. Padmanaban, S. Mihet-Popa, L. Mollah, M. N. and Hossain, E. *A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development.* Energies 10, pp. 1-82, 2017.

[6] Frieske, B. Kloetzke, M. Mauser, F., *Trends in Vehicle Concept and Key Technology Development for Hybrid and Battery Electric Vehicles*, World Electric Vehicle Journal Vol. 6, pp. 09-20, 2013.

[7] Budde-Meiwes, H. Drillkens, J. Lunz, B. Muennix, J. Rothgang, S. Kowal J.and Sauer, D. U., *A review of current automotive battery technology and future prospects*, Proc. IMechE Part D: J Automobile Engineering 227(5), pp. 761-776, 2013.

[8] Weiss, M. Zerfass, A. and Helmers, E., *Fully electric and plug-in hybrid cars - An analysis of learning rates, user costs, and costs for mitigating CO_2 and air pollutant emissions*, Journal of Cleaner Production 212, pp. 1478-1489, 2019.

[9] L. He, D. Xie, J. Wang and Q. Shi, "Design and Optimization of the Shift Schedule and Gear Ratios for a Two-speed Pure Electric Logistics Vehicle," 2019 3rd Conference on Vehicle Control and Intelligence (CVCI), Hefei, China, 2019, pp. 1-5.

[10] Ahssan, M., Ektesabi, M., and Gorji, S., „Electric Vehicle with Multi-Speed Transmission: A Review on Performances and Complexities," *SAE Int. J. Alt. Power.* 7(2):169-181, 2018.

[11] Tahmoores Farjam, Mahmoud Saadat Foumani and Mojtaba Delkhosh, Optimization of multiple transmission layouts for minimal energy consumption of a battery electric vehicle, Transactions on Mechanical Engineering (B), vol.26, issue 4, 2019, pp. 2382-2393.

[12] Y. Xiang, L. Guo, B. Gao and H. Chen, "A study on gear shifting schedule for 2-speed electric vehicle using dynamic programming," *2013 25th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, Guiyang, China, 2013, pp. 3805-3809.

[13] Yang, Y. Arshad-Ali, K. Roeleveld J. and Emadi, A., *State-of-the-art electrified powertrains – hybrid, plug-in, and electric vehicles.* Int. J. Powertrains, Vol. 5, No. 1, pp. 1-29, 2016.

[14] De Cauwer, C. Van Mierlo, J. and T. Coosemans, T., *Energy Consumption Prediction for Electric Vehicles Based on Real-World Data,* Energies 8, pp. 8573-8593, 2015.

REDUCTOR MECANIC CU RAPORT DE TRANSMITERE VARIABIL, AUTOADAPTIV

SELF-ADAPTIVE MECHANICAL REDUCER WITH VARIABLE GEAR RATIO

ABSTRACT:
The invention presented in this paper consists of a mechanical reducer which can be integrated in the transmission of a full electric car or a hybrid one, in order to reduce the electricity consumption required by the motors, during running under real road conditions and to improve dynamics. The reducer allows the continuous, self-adaptive variation of the total gear ratio, between two limit values, depending on the load torque, ensuring the operation of the motors on a restricted range of speeds and with minimum electricity consumption. The proposed solution is the subject of patent application No. A 2019 00889.
Key-Words: *mechanical reducer, gear transmission, electric vehicle transmission, electric motor, electric vehicle*

Conf. dr. ing.
Sorin Aurel RAȚIU[1]
sorin.ratiu@fih.upt.ro

Ing.
Romeo CĂTĂLINOIU[2]

S.l. dr. ing.
Imre Zsolt MIKLOS[1]

[1] Universitatea Politehnica Timișoara, Departamentul de Inginerie și Management, Str. Revoluției, Nr. 5, 331128 HUNEDOARA, România
[2] Coramex by Service Automobile SA, B-dul 22 Decembrie, Nr. 259-261, 330161 DEVA, România

1. INTRODUCERE

Informațiile privind reducerea emisiilor și independența față de sursele de energie generate de combustibilii fosili, care în cele din urmă determină scăderea încălzirii globală și a poluării din lume, au atras din ce în ce mai mult atenția în ultimii ani. Prin urmare, dezvoltarea vehiculelor electrice hibride (HEV) și a vehiculelor electrice (EV) viabile din punct de vedere comercial este una dintre contribuțiile majore din industria auto. Acest lucru se datorează faptului că aceste tipuri de vehicule sunt considerate ca fiind mai ecologice, mai competitive și mai eficiente din punct de vedere al costurilor decât vehiculele alimentate cu benzină pe parcursul duratei de viață [25]. Deși interesul pentru HEV este acum copleșitor [1] [12], majoritatea experților prezic că acestea sunt doar o dezvoltare temporară intermediară care va fi în cele din urmă înlocuită de EV-uri [23], deoarece EV-urile produc zero emisii în trafic.

Spre deosebire de vehiculele propulsate convențional, cu ajutorul motoarelor cu ardere internă, la care transmisia include o cutie de viteze cu mai multe trepte, la majoritatea soluțiilor constructive actuale ale transmisiilor automobilelor propulsate exclusiv electric, transmiterea cuplului motor de la motorul electric la puntea motoare este asigurată prin intermediul unui reductor mecanic cu o singură treaptă și a unui diferențial, ceea ce face ca motorul electric să funcționeze într-o plajă largă de turații, cu consum mărit de energie. În acest caz, valoarea raportului de transmitere singular este ales în așa fel încât să asigure cel mai bun echilibru între performanțele de accelerare și viteza maximă atinsă de automobilul electric. Alegerea unui raport de transmitere prea mic favorizează accelerarea, dar viteza maximă atinsă are o valoare mai redusă. Pe de altă parte, un raport de transmitere prea mare conduce la o valoare maximă a vitezei atinse spre limita extremă, dar apar penalizări privind accelerarea [22]. Spre exemplu, Formula E utilizează monoposturi având cutii de viteze cu trei trepte [5].

Sunt cunoscute în literatura de specialitate diverse soluții constructive asemănătoare celei prezentate aici. Spre exemplu: "Reductor diferențial cu două trepte de reducere" (Brevet de invenție RO 122685 B1/Szabo Adam și alții), „Reductor magnetic cu raport de transmisie în trepte" (Brevet de invenție RO 130450 B1/ Fodorean Daniel) și „Reductor multiplicator de putere" (Brevet de invenție RO 126331 A0/Dănilă Iftimie). Dezavantajul acestor soluții constructive este acela că nu permit varierea continuă a raportului de transmitere funcție de momentul rezistent.

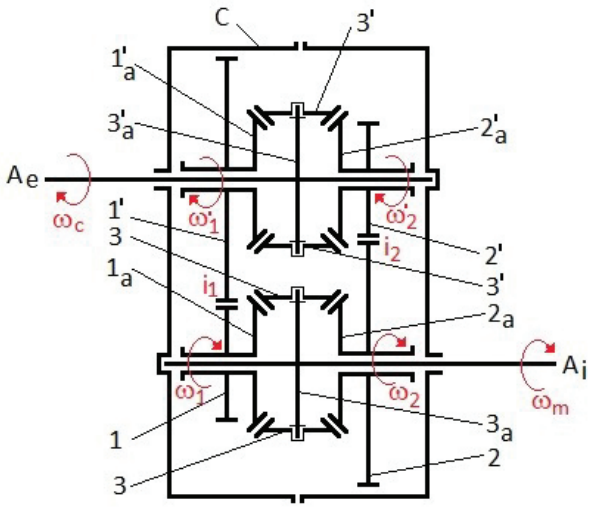


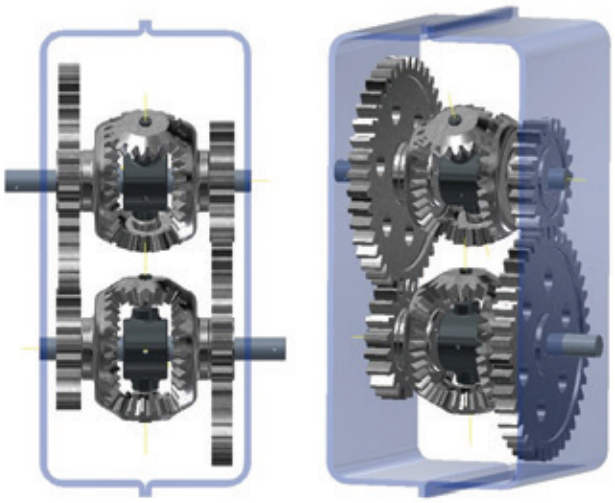
Fig. 1. Schema reductorului mecanic cu raport de transmitere variabil, autoadaptiv

Această lucrare are scopul de a evidenția modul în care invenția de față vine să înlăture dezavantajele prezentate mai sus prin varierea continuă a raportului de transmitere a reductorului între două limite extreme, în funcție de valoarea momentului rezistent (M_c) al consumatorului. Variația raportului de transmitere se realizează între două valori fixe, alese constructiv, astfel încât motorul electric să funcționeze pe o plajă restrânsă de turații, cu consum redus de energie.

2. STADIUL TEHNOLOGIC ACTUAL

Stadiul tehnologic actual al utilizării cutiei de viteze sau a transmisiilor alternative la vehiculele electrice (EV) se găsește în [20] [10] [23] [13] [18], incluzând un număr mare de comparații bazate pe simulare folosind cutia de viteze cu două trepte comparativ cu cea cu o singură treaptă sau utilizarea CVT [8] [4] [20] [3] [16] [19] [7] [17]. În [15] au fost discutate diferite configurații ale transmisiei electrice împreună cu implicațiile instalării unei cutii de viteze cu multiple trepte într-un sistem de transmisie complet electric.

În [14], autorii au continuat să analizeze transmisii cu două trepte, cu trei trepte și cu patru trepte, cu rapoarte de transmitere selectate pe baza rezultatelor optimizării raportului de transmitere CVT. Rezultatele arată o îmbunătățire semnificativă față de transmisia cu o singură viteză prin utilizarea unei transmisii cu viteză multiplă, cu îmbunătățiri ale consumului de energie cuprinse între 4,5% și 11% pe diferite cicluri de testare [21]. Este evident că se pot obține îmbunătățiri suplimentare prin adoptarea



a) b)

Fig. 2. Model tridimensional al reductorului mecanic cu raport de transmitere variabil, autoadaptiv

unei transmisii CVT, cu toate acestea, câștigurile marginale asupra transmisiei cu patru trepte ar fi de fapt anulate de pierderile suplimentare de transmisie între cele două sisteme. În final, unele prototipuri conceptuale ale cutiei de viteze care vizează în principal utilizarea ei pentru vehiculele electrice sunt deja prezentate pe piață, cum ar fi cele de la Vocis/Oerlikon Graziano, Antonov și Kreisler Electric [2] [11] [6].

3. CONCEPT

3.1 Descrierea constructivă

În figura 1 este schițată soluția constructivă a reductorului mecanic cu raport de transmitere variabil, autoadaptiv. Au fost făcute următoarele notații:

i_T – raportul de transmitere total al reductorului,
ω_m – viteza unghiulară de rotație a motorului,
ω_c – viteza unghiulară de rotație a arborelui de ieșire,
ω_1 – viteza unghiulară de rotație a roții dințate cilindrice cu dinți drepți (1),
ω_2 – viteza unghiulară de rotație a roții dințate cilindrice cu dinți drepți (2),
$\omega_{1'}$ – viteza unghiulară de rotație a roții dințate cilindrice cu dinți drepți (1'),
$\omega_{2'}$ – viteza unghiulară de rotație a roții dințate cilindrice cu dinți drepți (2'),
M_m – momentul motor al motorului,
M_c – momentul rezistent al consumatorului.

Reductorul este compus dintr-o carcasă turnată (**C**), cu plan de separație, formată din două corpuri, în care este montat un arbore de intrare ($\mathbf{A_i}$) (vezi figura 1). Pe acesta sunt montate liber roțile dințate cilindrice cu dinți drepți (**1**) și (**2**), solidare cu roțile dințate conice cu dinți drepți ($\mathbf{1_a}$) și ($\mathbf{2_a}$). Solidarizarea celor două perechi de roți dințate: (**1**) cu ($\mathbf{1_a}$) și respectiv (**2**) cu ($\mathbf{2_a}$) se face prin îmbinarea acestora cu ajutorul penelor. Roțile dințate conice cu dinți drepți ($\mathbf{1_a}$) și ($\mathbf{2_a}$) sunt în angrenare permanentă cu două pinioane satelit (**3**), pinioane ce sunt montate liber pe un port satelit ($\mathbf{3_a}$), montat, la rândul său fix, prin intermediul unor caneluri, pe arborele de intrare ($\mathbf{A_i}$).

Tot in interiorul carcasei este montat și arborele de ieșire ($\mathbf{A_e}$), cuplat direct la consumator. Pe acesta sunt montate liber roțile dințate cilindrice cu dinți drepți (**1'**) și (**2'**) solidare cu roțile dințate conice cu dinți drepți ($\mathbf{1'_a}$) și ($\mathbf{2'_a}$). Solidarizarea celor două perechi de roți dințate: (**1'**) cu ($\mathbf{1'_a}$) și respectiv (**2'**) cu ($\mathbf{2'_a}$) se face prin îmbinarea acestora cu ajutorul penelor. Roțile dințate conice cu dinți drepți ($\mathbf{1'_a}$) și ($\mathbf{2'_a}$) sunt în angrenare permanentă cu două pinioane satelit (**3'**), pinioane ce sunt montate liber pe un port satelit ($\mathbf{3'_a}$), montat, la rândul său fix, prin intermediul unor caneluri, pe arborele de ieșire ($\mathbf{A_e}$).

Roata dințată cilindrică cu dinți drepți (**1**) se află în angrenare permanentă cu roata dințată cilindrică cu dinți drepți (**1'**) cu raportul de transmitere ($\mathbf{i_1}$). Roata dințată cilindrică cu dinți drepți (**2**) se află în angrenare permanentă cu roata dințată cilindrică cu dinți drepți (**2'**) cu raportul de transmitere ($\mathbf{i_2}$).

Constructiv se alege $\mathbf{i_1} > \mathbf{i_2}$.

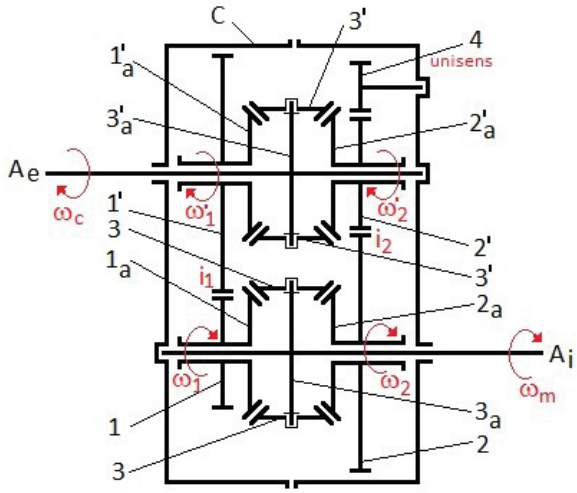


Fig. 3. Schema reductorului mecanic cu raport de transmitere variabil, autoadaptiv-variantă

În afara elementelor și reperelor principale descrise și enumerate mai sus, repere ce definesc constructiv reductor mecanic cu raport de transmitere variabil, autoadaptiv, în alcătuirea acestuia mai intră o serie de organe de asamblare, fixare și blocare.

Figura 2 a) și b) ilustrează un model tridimensional al reductorului mecanic cu raport de transmitere variabil, autoadaptiv.

3.2 Descrierea funcțională

Arborele de intrare $\mathbf{A_i}$ este acționat de motorul electric cu viteza unghiulară $\boldsymbol{\omega_m}$ și un cuplu motor $\mathbf{M_m}$, dezideratul principal fiind acela de a menține cvasi-constante ambele mărimi în timpul funcționării.

Arborele de ieșire $\mathbf{A_e}$ este cuplat direct la consumator, el rotindu-se în timpul funcționării cu viteza unghiulară $\boldsymbol{\omega_c}$ - variabilă.

Mișcarea de rotație cu viteza unghiulară $\boldsymbol{\omega_m}$ primită de arborele de intrare $\mathbf{A_i}$ de la motorul electric al vehiculului este transmisă, prin intermediul port satelitului ($\mathbf{3_a}$) și a celor două pinioane satelit (**3**), la roțile dințate conice ($\mathbf{1_a}$) și ($\mathbf{2_a}$) și implicit la roțile dințate cilindrice (**1**) și (**2**), care se vor roti cu vitezele unghiulare $\boldsymbol{\omega_1}$, respectiv $\boldsymbol{\omega_2}$ respectând relația:

$$2\omega_m = \omega_1 + \omega_2$$

$\boldsymbol{\omega_1}$, $\boldsymbol{\omega_2}$ și $\boldsymbol{\omega_m}$ au același sens de rotație.

În continuare, mișcarea de rotație de la roata (**1**) se transmite la roata (**1'**), care se va roti cu $\boldsymbol{\omega'_1}$, raportul de transmitere fiind $\mathbf{i_1}$, iar mișcarea de rotație de la roata (**2**) se transmite la roata (**2'**), care se va roti cu $\boldsymbol{\omega'_2}$, raportul de transmitere fiind $\mathbf{i_2}$. Constructiv, se alege $\mathbf{i_1} > \mathbf{i_2}$. Prin intermediul roților cilindrice (**1'**) și (**2'**) și a celor conice ($\mathbf{1'_a}$) și ($\mathbf{2'_a}$) mișcarea de rotație se transmite celor două pinioane satelit (**3'**) care, prin intermediul port satelitului ($\mathbf{3'_a}$) transmit mișcarea de rotație arborelui de ieșire $\mathbf{A_e}$, arbore ce se va roti cu viteza unghiulară $\boldsymbol{\omega_c}$, astfel încât se va respecta relația:

$$2\omega_c = \omega_{1'} + \omega_{2'}$$

3.3 Calculul cinematic

$$i_T = \frac{\omega_m}{\omega_c} = \frac{M_c}{M_m} \quad (1)$$

$$2\omega_m = \omega_1 + \omega_2 \quad (2)$$

$$2\omega_c = \omega_{1'} + \omega_{2'} \quad (3)$$

$$i_1 = \frac{\omega_1}{\omega_{1'}} \quad (4)$$

$$i_2 = \frac{\omega_2}{\omega_{2'}} \quad (5)$$

$$i_1 > i_2 \quad (6)$$

$\boldsymbol{\omega_m}$ și $\mathbf{M_m}$ sunt considerate constante în timpul funcționării.

Din relațiile (1), (2), (3), (4) și (5) rezultă formula raportului de transmitere total

$$i_T = \frac{2i_1 i_2 \omega_m}{i_2\omega_1 + i_1\omega_2} \quad (7)$$

Scopul urmărit este acela de a varia continuu crescător raportul de transmitere total $\mathbf{i_T}$, astfel încât motorul electric să poată învinge creșterea continuă a momentului rezistent $\mathbf{M_c}$, menținând viteza unghiulară $\boldsymbol{\omega_m}$ și momentul motor $\mathbf{M_m}$ constante.

Din relația (7) se observă că numărătorul este o constantă, $\mathbf{i_1}$ și $\mathbf{i_2}$ fiind constante constructiv, iar $\boldsymbol{\omega_m}$ este impusă deliberat ca fiind constantă. Deci, unica variabilă din formula (7) este numitorul. Rezultă că valoarea maximă a lui $\mathbf{i_T}$ este dată de valoarea minimă a numitorului fracției din (7). La limită, când numitorul devine zero, i_T tinde la infinit.

Deci, presupunând că:

$$i_2\omega_1 + i_1\omega_2 = 0 \quad (8)$$

rezultă:

$i_T \to \infty$, adică raportul de transmitere total este nelimitat superior, ceea ce se traduce prin:

$\omega_c = 0$, conform relației (1).

Din (8) rezultă:

$$\omega_2 = -\frac{i_2}{i_1}\omega_1 \quad (9)$$

$$\omega_1 = -\frac{i_1}{i_2}\omega_2 \quad (10)$$

Din (2) și (9) rezultă:

$$\omega_1 = \frac{2i_1}{i_1 - i_2}\omega_m \quad (11)$$

Din (2) și (10) rezultă:

$$\omega_2 = -\frac{2i_2}{i_1 - i_2}\omega_m \quad (12)$$

Din (12) tragem concluzia că, în acest caz, roata dințată cilindrică cu dinți drepți (**2**) își schimbă sensul de rotație.

Pentru a limita superior raportul de transmitere total $\mathbf{i_1}$ se montează în interiorul carcasei o roată dințată cilindrică, cu dinți drepți (**4**), cu mișcare unisens, ce se află în angrenare permanentă cu roata dințată cilindrică cu dinți drepți (**2'**), ceea ce face ca aceasta să fie împiedicată să-și schimbe sensul de rotație, valoarea minimă a vitezei sale unghiulare fiind zero (vezi figura 3).

Astfel, valoarea lui $\boldsymbol{\omega_2}$ devine zero, iar valoarea maximă a raportului de transmitere total $\mathbf{i_T}$ va fi $\mathbf{i_1}$.

Cum: $\mathbf{M_m}$ și $\boldsymbol{\omega_m}$ sunt considerate constante, iar $\mathbf{M_c}$ și $\boldsymbol{\omega_c}$ sunt valori variabile, rezultă o variație continuă a raportului de transmitere $\mathbf{i_T}$ în intervalul $(\mathbf{i_2},\mathbf{i_1}]$ astfel încât:

$$M_c = i_T \cdot M_m \quad (13)$$

După cum se poate observa, limitele între care poate varia $\mathbf{i_T}$ pot fi modificate prin modificarea rapoartelor de transmitere $\mathbf{i_1}$ și $\mathbf{i_2}$.

4. CONCLUZII

Reductorul mecanic cu raport de transmitere variabil, autoadaptiv, caracterizat prin aceea că permite varierea continuă, autoadaptivă a raportului de transmitere i_T, funcție de valoarea momentului rezistent M_c, între valorile i_1 și i_2, asigură funcționarea motorului electric pe o plajă restrânsă de turații și cu consum minim de energie electrică.

Caracteristica principală constă în posibilitatea de variere continuă a vitezelor unghiulare de rotație ale roților dințate cilindrice cu dinți drepți (1) și (1') – treapta 1 a reductorului, respectiv (2) și (2') – treapta 2 a reductorului, în funcție de valoarea momentului rezistent M_c (figura 1). Astfel, se permite funcționarea motorului electric cu un cuplu motor M_m cvasi-constant, în timp ce cuplul rezistent M_c se poate modifica pe o plajă de valori relativ largă.

Reductorul limitează superior raportul de transmitere total i_T la valoarea i_1 prin montarea suplimentară a roții dințate cilindrice cu dinți drepți (4), cu mișcare unisens, ce se află în angrenare permanentă cu roata dințată cilindrică cu dinți drepți (2'), împiedicând inversarea sensului de rotație a acesteia (figura 3).

BIBLIOGRAFIE:

[1] Amjad, S., Neelakrishnan, S., Rudramoorthy, R., *Review of design considerations and technological challenges for successful development and deployment of plug-in hybrid electric vehicles*, Renew Sustain energy Rev, pp.1-7, 2009

[2] Autoblog, https://www.autoblog.com/2011/08/19/vocis-says-two-speed-electric-vehicle-transmission-will-boost-ba/

[3] Bingzhao, G., Qiong, L., Lulu, G., Hong, C., *Gear ratio optimization and shift control of 2-speed I-AMT in electric vehicle*, J. Mech. Syst. Signal Process., vol. 50, pp. 615–631, 2015

[4] Bottiglione, F., Pinto, S.D., Mantriota, G., Sorniotti, A., *Energy Consumption of a Battery Electric Vehicle with Infinitely Variable Transmission*, Energies, vol. 7, pp. 8317–8337, 2014

[5] Driving Electric, *https://www.drivingelectric.com/your-questions-answered/95/do-electric-cars-have-gearboxes*

[6] Electrek, https://electrek.co/2018/09/06/kreisel-automated-2-speed-transmission-electric-cars/

[7] Elmarakbi, A., Morris, A., Ren, Q., Elkady, M., *Modelling and Analyzing Electric Vehicles with Geared Transmission Systems: Enhancement of Energy Consumption and Performance*, Int. J. Eng. Res. Technol., vol. 2, pp. 1215–1254, 2013

[8] Holdstock, T., *Investigation Into Multiple-Speed Transmissions for Electric Vehicles*, Ph.D. Thesis, University of Surrey, Guildford, UK, 2014

[9] Knödel, U., Stube, A., Blessing, U.C., Klosterman, S., *Design and Implementation of requirement-driven electric drives*, ATZ Worldw., vol. 112, pp. 56–60, 2010

[10] Mantriota, G., *Fuel consumption of a vehicle with power split CVT system*, Int. J. Veh. Des., vol. 37, pp. 327–342, 2005

[11] New Atlas, https://newatlas.com/antonov-3-speed-transmission-ev/19088/

[12] Offer, GJ., Howey, D., Contestabile, M., Clague, R., Brandon, N., *Comparative analysis of battery electric hydrogen fuel cell and hybrid vehicles in a future sustainable road transport system*, Energy Policy, vol. 38(1), pp. 24-9, 2010

[13] Qin, D., Zhou, B., Hu, M., Hu, J., Wang, X., *Parameters design of powertrain system of electric vehicle with two-speed gearbox*, J. Chongqing Univ., vol. 34, pp. 1–6, 2011

[14] Ren, Q., Crolla, D., Morris, A., *Effect of transmission design on Electric Vehicle (EV) performance*, In Proceedings of the 2009 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Dearborn, MI, USA, pp. 1260–1265, 7–11 September 2009

[15] Rinderknecht, S., *Electric power train configurations and their transmission systems*, In Proceedings of the International Symposium on Power Electronics Electrical Drives Automation and Motion (SPEEDAM), Pisa, Italy, pp. 1564–1568, 14–16 June 2010

[16] Sorniotti, A., Pilone, G.L., Viotto, F., Bertolotto, S., *A novel seamless 2-speed transmission system for electric vehicles: Principles and simulation results*, SAE Int. J. Engines, vol. 4, pp. 2671–2685, 2011

[17] Sorniotti, A., Subramanyan, S., Turner, A., Cavallino, C., Viotto, F., Bertolotto, S., *Selection of the Optimal Gearbox Layout for an Electric Vehicle*, SAE Int. J. Engines, vol. 4, pp. 1267–1280, 2011

[18] Spanoudakis, P., Tsourveloudis, N.C., *A prototype variable transmission system for electric vehicles: Energy consumption issues*, Int. J. Automot. Technol., vol. 16, pp. 525–537, 2015

[19] Spanoudakis, P., Tsourveloudis, N.C., Koumartzakis, G., Krahtoudis, A., Karpouzis, T., Tsinaris, I., *Evaluation of a 2-speed transmission on electric vehicle's energy consumption*, In Proceedings of the 2014 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC), Florence, Italy, 17–19 December 2014

[20] Spanoudakis, P., Tsourveloudis, N.C., *On the efficiency of a prototype Continuous Variable Transmission system*, In Proceedings of the 21st Mediterranean Conference on Control and Automation, Chania, Crete, Greece, pp. 290–295, 25–28 June 2013

[21] Spanoudakis, P.; Tsourveloudis, N.C.; Doitsidis, L.; Karapidakis, E.S., *Experimental Research of Transmissions on Electric Vehicles' Energy Consumption*, Energies, vol. 12(3), pp. 388-403, 2019

[22] Vasebi, A., Partovibakhsh M., Bathaee, S.M.T., *A novel combined battery model for state-of-charge estimation in lead-acid batteries based on extended Kalman filter for hybrid electric vehicle applications*, Journal of Power Sources, vol. 174(1), pp. 30-40, 2007

[23] Zhang, Z., Zuo, C., Hao, W., Zuo, Y., Zhao, X.L., Zhang, M., *Three-speed transmission system for purely electric vehicles*, Int. J. Automot. Technol., vol. 14, pp. 773–778, 2013

[24] Zhou, X.X., Walker, P.D., Zhang, N., Zhu, B., Ding, F., *The Influence Of Transmission Ratios Selection On Electric Vehicle Motor Performance*, Proceedings of the ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, IMECE2012, Houston, Texas, USA, November 9-15, 2012

STUDIU PRIVIND APLICAREA CONTROLULUI STATISTIC AL PROCESELOR TEHNOLOGICE DE FABRICAȚIE, CU APLICARE LA FUZETA DE AUTOMOBIL

RESEARCH ABOUT THE IMPLEMENTATION OF THE STATISTICAL PROCESS CONTROL WITH APPLICATION TO THE AUTOMOTIVE STEERING KNUCKLE

ABSTRACT:
Statistical Process Control (SPC) represents one of the most useful methods in Quality Engineering and Lean Six-Sigma methodology, being a technique of quality process improving, which permits the errors identification before their apparition, being possible to carry out an intervention of process correction, before nonconformities occurrence. By SPC implementation, the product with "zero defects" is reached, which is the target of any industrial company. This study presents the implementation of Statistical Control Process, in a supplying company of auto components for an international automobiles company aiming to improve the quality of the technological process for steering knuckle manufacturing. Thus, sampling observations it was done by applying statistical methods, so, a number of 25 samples pieces have been preserved, each specimen containing a number of 5 pieces. After measuring and controlling the parts, a series of techniques and statistical data were used, respectively control diagrams and sheets that enabled the certainty of the process capability by using MiniTab software. The last stage was consisted in reasonable assumption for the capability of the steering knuckle technological process and its defective fractions, obtaining 2,23 the indicated value of process capability. This represents an excellent value of the capability of the steering knuckle technological process, far beyond of 1,67, the need for consideration, as representing a high-performance process, for the automotive field. According to the complex analysis of Sixpack Report, presented in the paper, it can be considered that the processing process is precise and well regulated, with a performance level of 6 σ.

Key-Words: *Statistical Process Control (SPC), Quality, steering knuckle, automotive components, capability.*

Conf. dr. ing.
Cristina Ileana PASCU

Conf. dr. ing.
Loreta SIMNICEANU

Prof. dr. ing.
Ilie DUMITRU
ilie.dumitru@edu.ucv.ro

Universitatea din Craiova, Departamentul de Autovehicule, Transporturi și Inginerie Industrială, Calea București, Nr.107, 200478 CRAIOVA, România

1. INTRODUCERE

În ultima decadă, controlul și îmbunătățirea calității a devenit prioritar în strategia de dezvoltare a societăților comerciale din toate domeniile: industrie, distribuție, companii de transport, sănătate, agenții guvernamentale, organizații financiare, etc. Obținerea și menținerea unui nivel ridicat de calitate a produselor sau serviciilor oferă un avantaj competitiv care permite unei firme să își domine concurenții din domeniul în care activează. Astfel, o firmă, prin continua îmbunătățire a proceselor și aplicând controlul calității își poate domina concurenții [14]. În domeniul auto, aplicarea controlului calității în toate etapele de realizare a unui automobil, este considerată ca prioritate de rang zero [12][15].

Una dintre metodele cele mai utilizate în domeniul ingineriei calității este controlul statistic al proceselor (SPC) cu aplicabilitate mai ales în faza derulării procesului de fabricație a unui produs [3].

Aplicabilitatea acestei metodologii în domeniul auto s-a extins în anii '80, în mod special în Europa și USA, perioadă în care multe companii de renume au luat în considerare bunele practici ale firmelor japoneze concurente care aplicau încă din anii 1960 procedeele statisticii matematice, în vederea îmbunătățirii proceselor de fabricație și descoperirii de noi tipuri de procese, evaluarea performanțelor produselor, îmbunătățirea fiabilității și a performanțelor acestora precum și aspecte ale proiectării produsului, inclusiv selectarea componentelor și a sistemului de toleranțe [7]. Acest know-how era generat de reculul industriei automotive (motorul economiei globale), industrie foarte afectată de concurența străină în anii '70. De exemplu, o companie de profil din vest estima în 1980 pierderile la aproape 1 milion de dolari pe oră [14]. Adoptarea și utilizarea metodelor statistice au jucat un rol central în relansarea industriei americane, în special cea din domeniul auto [16]. Principiul de bază al metodei nu este identificarea erorilor, ci evitarea lor, această tehnică fiind catalogată printre metodele preventive ale managementul calității. Aplicarea SPC contribuie la reducerea costurilor datorate rebuturilor, prelucrărilor ulterioare și a costurilor de verificare, permițând astfel să se ajungă la o producție „zero defecte" și îmbunătățire continuă a produselor [8]. SPC se poate aplica doar pentru procesele stabile static și dinamic, a căror distribuție respectă anumite legi de distribuție statistice [5]. În cazul caracteristicilor atributive se va utiliza adesea distribuția binomială, respectiv distribuția Poisson [11]. Caracteristicile variabile (măsurabile) au o distribuție normală în majoritatea cazurilor. Prin aplicarea SPC se determină capabilitatea și performanța procesului de fabricație, cu posibiltatea aplicării de soluții de îmbunătățire a calității acestuia [1]. SPC implică urmărirea operațiilor de pe parcursul derulării procesului, identificarea în timp real a zonelor care pot să ducă la apariția erorilor, aplicarea metodelor de reducere a dispersiei și verificarea rezultatelor, care să permită optimizarea procesului și determinarea fiabilității pieselor [2][10].

Prima etapă în aplicarea SPC presupune prelevarea de probe, conform regulilor statisticii matematice, realizarea eșantionului, conform ISO/TS 11462:2016, verificarea și controlul amănunțit al componentelor din eșantion [7]. Etapa următoare constă în trasarea diagramelor de control verificarea faptului că media intervalului sau abaterea standard se află în intervalul de încredere reprezentat de limite, pe un grafic de control numit diagramă de control cu monitorizarea variabilității și evaluarea capabilității procesului [16]. O diagramă de control este una dintre tehnicile primare de control utilizată la controlul proceselor statistice (SPC) [9]. În ultima etapă a SPC se determină performanța și capabilitatea procesului sau echipamentelor de producție, a cărei valoare minima este de 1,67, în domeniul auto [6].

În această lucrare se prezintă un studiu privind aplicarea SPC la o companie furnizoare de fuzete pentru autoturisme din clasa medie, în vederea determinării capabilității procesului de fabricație, printr-o abordare modernă și performantă, utilizând softul MiniTab .

2. DATE EXPERIMENTALE

S-a considerat de interes studiu al SPC, prin utilizarea softului dedicat pentru prelucrări statistice și calitate MiniTab, la elementele componente

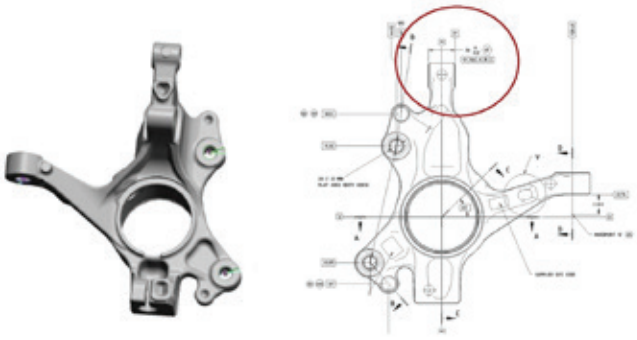


Fig.1. Fuzeta: a. vedere 3D; b. desen execuție

ale fuzetei, datorită rolului deosebit de important al acesteia în funcționarea unui automobil [12]. Fuzeta reprezintă principalul element de legatură între sistemul de suspensie, sistemul de frânare și sistemul de direcție, toate acestea fiind asamblate direct pe fuzetă [17]. Cercetarea a fost realizată la o companie producătoare și furnizoare de fuzete pentru automobile din clasa medie, prezentată în Figura 1.a. În scopul realizării controlului statistic al procesului de fabricatie al fuzetei, s-a considerat de interes calcularea/stabilirea capabilității procesului de realizarea alezajului de prindere al portfuzetei cu amortizorul având diametrul $\Phi\ 26_{-0,2}^{0}$mm, Figura 1.b.

Abaterile dimensionale și geometrice survin în mod special din cauza erorilor care pot aparea în etapele in care se face prelucrarea mecanică prin așchiere a semifabricatului forjat/turnat. entru realizarea studiului în ceea ce privește controlul statistic al procesului tehnologic de realizare a fuzetei, în faza de realizare a inspectiei finale a produsului, au fost prelevate un număr de n = 25 de eșantioane, fiecare eșantion având un număr de n = 5 piese.

La fiecare dintre piesele prelevate la eșantionare, în conformitate cu SR ISO 3951-5:2009, a fost măsurată dimensiunea efectivă a diametrului, fuzeta având prin proiectare diametrul $\Phi 26_{-0,2}^{0}$ mm, conform figurii 1.b. Valorile obținute în urma măsurătorilor sunt prezentate în Tabelul 1.

Controlul statistic al procesului de fabricare la fuzetei s-a realizat utilizând soft-ul dedicat, MiniTab specializat pentru creșterea eficienței și îmbunătățirea calității prin analiza inteligentă a datelor, având caracteristici și îmbunătățiri statistice care facilitează analiza datelor, inclusiv răspunsul binar pentru proiectarea experimentelor (DOE), îmbunătățirea capabilității și multe altele [3][13].

Într-o primă etapă, s-au determinat diagramele de control pentru medie și amplitudine, prezentate în Figura 2.

După realizarea diagramelor de control pentru medie și amplitudine, și confirmarea stabilității procesului tehnologic de realizare a alezajului la fuzeta autoturismului, s-a determinat curba de distribuție a caracteristicilor finale obținute prin măsurare.

Ultima etapă a constat în determinarea capabilității procesului tehnologic de realizare a fuzetei de la autoturismul din clasa medie, prezentată în Figura 3.

Indicele de capabilitate a procesului Cp reprezintă abilitatea de încadrare a unui proces în limitele specificate și se determină ca fiind raportul dintre mărimea câmpului de toleranță și capabilitate, aceasta din urmă fiind evaluată la 6σ, aplicând următoarea formulă:

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot \sigma} \quad (1)$$

unde: T este câmpul toleranță impus la proiectare, iar 6σ reprezintă câmpul de împrăștiere (baza curbei lui Gauss).

În urma calculelor, s-a obținut valoarea indicelui de capabilitate al procesului ca fiind:

$Cp = 2,14 > 1,67$ (2)

Tabel 1

Dimensiunea efectivă a diametrului alezajului de prindere al portfuzetei la piesele eșantionate

Nr. eșantion	Piesa din eșantion				
	X1 [mm]	X2 [mm]	X3 [mm]	X4 [mm]	X5 [mm]
Eșantion 1	25,88	25,92	25,91	25,89	25,91
Eșantion 2	25,89	25,91	25,89	25,87	25,9
Eșantion 3	25,89	25,9	25,89	25,86	25,87
Eșantion 4	25,9	25,9	25,86	25,88	25,9
Eșantion 5	25,88	25,91	25,91	25,86	25,88
Eșantion 6	25,88	25,89	25,89	25,9	25,89
Eșantion 7	25,9	25,89	25,89	25,89	25,9
Eșantion 8	25,9	25,89	25,9	25,86	25,89
Eșantion 9	25,91	25,89	25,86	25,86	25,9
Eșantion 10	25,89	25,89	25,89	25,87	25,88
Eșantion 11	25,91	25,88	25,86	25,89	25,91
Eșantion 12	25,88	25,86	25,89	25,87	25,89
Eșantion 13	25,89	25,89	25,91	25,89	25,89
Eșantion 14	25,89	25,88	25,9	25,86	25,88
Eșantion 15	25,9	25,89	25,89	25,88	25,87
Eșantion 16	25,9	25,89	25,9	25,86	25,88
Eșantion 17	25,91	25,89	25,89	25,9	25,88
Eșantion 18	25,88	25,89	25,86	25,9	25,87
Eșantion 19	25,89	25,88	25,91	25,89	25,87
Eșantion 20	25,89	25,88	25,9	25,89	25,86
Eșantion 21	25,91	25,9	25,86	25,87	25,89
Eșantion 22	25,91	25,87	25,87	25,86	25,86
Eșantion 23	25,88	25,88	25,89	25,9	25,86
Eșantion 24	25,87	25,91	25,9	25,89	25,9
Eșantion 25	25,88	25,89	25,89	25,9	25,9

unde 1,67 reprezintă valoarea minimă acceptată a capabilității pentru ca un proces să fie performant, pentru industria auto.

Valoarea obținută de 2,14 înseamnă o valoare excelentă a capabilității procesului tehnologic de obținere a alezajului fuzetei, adică procesul de fabricație este performant. Indicele de capabilitate al procesului Cp pune în evidență stabilitatea procesului, valoarea acestuia fiind mai mare decât 2, reprezentând o variabilitate mică a procesului, respectiv o stabilitate înaltă a acestuia.

În continuare, s-a determinat indicele de centrare al procesului cu relația:

$$C_{pk} = \min\left[\frac{LSL - \bar{\bar{x}}}{3 \cdot \sigma}; \frac{\bar{\bar{x}} - USL}{3 \cdot \sigma}\right] \quad (3)$$

unde: LSL este dimensiunea maximă admisă, USL reprezintă dimensiunea minimă admisă, 3σ jumătate din câmpul de împrăștiere, $\bar{x}$ este media

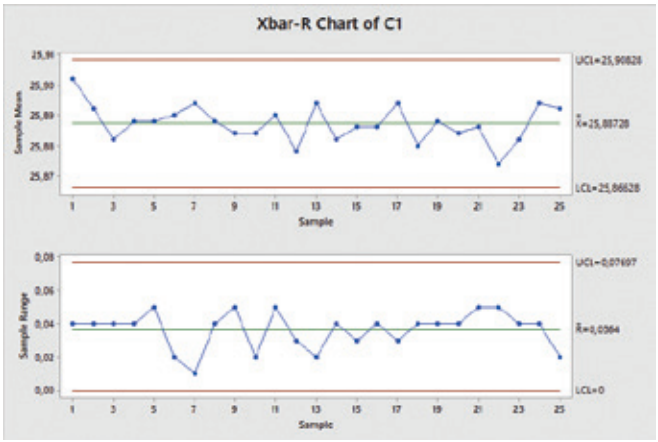


Fig. 2. Diagramele de control pentru medie și amplitudine

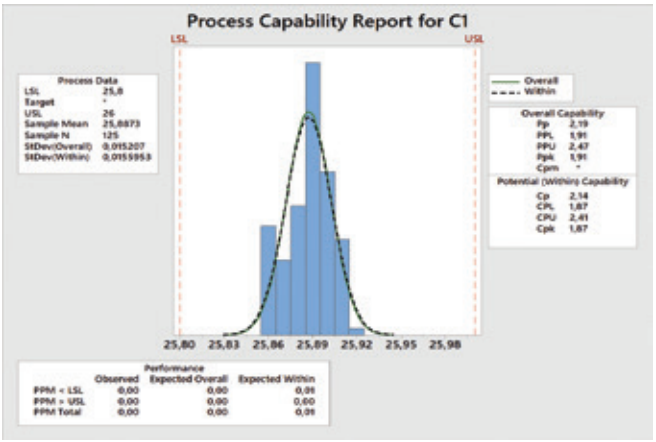


Fig. 3. Capabilitatea procesului de execuție al fuzetei

mediilor aritmetice ale valorilor diametrelor efective măsurate din cele 25 de eșantioane prelevate.

În urma calculelor, a rezultat că indicele de centrare al procesului C_{pk} are, conform relației (4), valoarea:

$$C_{pk} = min\{C_{pk\,sup}(CPU); C_{pk\,inf}(CPL)\} = 1,87 > 1,67 \quad (4)$$

în care: $C_{pk\,sup}$ (CPU) este indicele de centrare superioară care se determină cu formula:

$$C_{pk\,sup} = \frac{LSL - \bar{\bar{x}}}{3 \cdot \sigma} = 2,41 \quad (5)$$

iar $C_{pk\,inf}$ (CPL) este indicele de centrare inferioară care se calculează cu relația:

$$C_{pk\,inf} = \frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3 \cdot \sigma} = 1,87 \quad (6)$$

Indicele *Cpk* pune în evidență măsura în care procesul este sau nu centrat la nivelul valorii țintă a caracteristicii de calitate stabilite, valoarea acestuia fiind mai mare decât 1,67 indică un reglaj și o centrare ridicată a procesului, Figura 3.

Cele mai multe estimări ale capabilității pot fi grupate în una din cele două categorii: capabilitate potențială (within) și capabilitate generală (overall) [13], Figura 3. Fiecare reprezintă o măsură unică a capabilității procesului. Capabilitatea potențială (potential/within) este deseori numită „prerogativa" procesului: ignoră diferențele dintre subgrupuri și reprezintă modul în care procesul ar putea funcționa dacă schimbarea și derivarea dintre subgrupuri ar fi eliminate. Se mai numește și capabilitate reală sau capabilitate pe termen lung. Indicii de capabilitate care evaluează capabilitatea potențială includ Cp, CPU, CPL și Cpk. Capabilitatea generală (overall), pe de altă parte, este ceea ce experimentează beneficiarul; contabilizează diferențele dintre subgrupuri: cât de bine ar putea funcționa procesul dacă ar fi eliminată variația dintre subgrupuri Se mai numește și capabilitate pe termen scurt. Indicii de capabilitate care evaluează capabilitatea generală includ Pp, PPU, PPL, Ppk [3][13]. Pp, PPU, PPL sunt indici de performanță ai procesului, evidențiază proporția de produse neconforme care apar datorită depășirii limitei de control superioară și/sau inferioară. *Ppk* reprezintă indicele de performanță care apreciază centrarea procesului. Acesta evidențiază distanța dintre media procesului și cea mai apropiată limită specificată la nivelul centrului împrăștierii totale a procesului.

Prin utilizarea softului MiniTab, s-au obținut următoarele valori pentru indicele de performanță inferior ($P_{pk\,inf}$, *PPL*) superior ($P_{pk\,sup}$, *PPU*) și total (P_{pk}) care se determină cu relatiile:

$$P_{pk\,inf} = P\{X < LIS\} = P\{Z < Z_{inf}\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Z_{inf}} e^{\frac{z^2}{2}}\, dz = 1,91 \quad (7)$$

$$P_{pk\,sup} = 1 - P\{Z \le Z_{sup}\} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Z_{sup}} e^{-\frac{z^2}{2}}\, dz = 2,47 \quad (8)$$

$$P_{tot} = P_{pk\,inf} + P_{pk\,sup} \quad (9)$$

Valorile funcției Laplace sunt tabelate, în funcție de valoarea variabilei normale normate:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad (10)$$

Indicele de capabilitate al procesului raportat la indicii de performanță ai procesului P_p:

$$P_p = \frac{P_{tot}}{2} = 2,19 \quad (11)$$

Indicele de performanță *Pp* se utilizează doar pentru a fi comparat cu *Cp* și cu *Cpk* și pentru a măsura imbunătățirea performanței în timp. Estimarea abaterii standard prin abaterea medie pătratică s (σ_s) se realizează atunci când procesul este afectat atât de cauze comune cât și de cauze speciale de variație.

Capabilitatea globală a procesului, respectiv abaterea standard generală a procesului, *Ppk*:

$$Ppk = min\{P_{pk\,inf}(PPL); P_{pk\,sup}(PPU)\} = 1,91 \quad (12)$$

Părți pe milion (PPM) reprezintă numărul de piese neconforme dintr-un milion de piese. Minitab exprimă performanța așteptată și observată a procesului în termeni de PPM. Performanța observată este numărul real de piese neconforme față de specificațiile superioare, inferioare și ambele specificații din milioane de piese din proces. Din Figura 3 se poate observa că, pentru procesul de fabricație a fuzetei pentru un autoturism din clasa medie, PPM = 0, ceea ce semnifică „zero piese neconforme dintr-un milion de bucăți", o valoare perfectă care înseamnă o producție cu „zero defecte".

Deoarece valorile tuturor indicilor de capabilitate determinați au valori mai mari de 1,67, s-a considerat necesar și realizarea testării 6Sigma, Figura 4. Softul Minitab utilizează mai multe tipuri de abateri standard, ca descriere a capabilității procesului, pentru a surprinde diferite modele de variație într-un proces, realizând o estimare a variației rezultatului procesului, prezentate în Tabelul 2 și Figura 4.

Valorile apropiate obținute, arată că nu există variații majore ale valorilor eșantionate atât la prelucrarea fuzetelor de operatori diferiți cât și, ulterior, în timpul procesului de măsurare a dimensiunilor.

Valorile Z bench furnizate de soft-ul MiniTab, Figura 4, sunt utilizate pentru a descrie capabilitatea sigma a procesului. O valoare a Z.bench de 6 reprezintă 0,000987 piese defecte la un million de produse, din Figura 4 observându-se că, pentru procesul de fabricație al fuzetei, valoarea lui Z_{actual} este 5,74. *Short-term Z bench* reprezintă numărul de abateri standard pe termen scurt, fiind o măsură a performanței procesului actual dacă s-ar putea menține această variație pe termen scurt, respectiv defectele din

Tabel 2
Valorile abaterilor standard ale preciziei procesului de fabricație al fuzetei, determinate cu soft-ul MiniTab

Abaterea standard	Definire	Simbolizare σ	Valoare [mm2]
Generală	variația întregului proces de ieșire, ignorând variațiile între eșantioane	soverall	0,01521
În cadrul subgrupului	reprezintă variația din cadrul eșantioanelor	swithin	0,0156
Între subgrupuri	variația dintre eșantioane	sbetween	0
Între/în	o singură valoare care ia în considerare variația dintre eșantioane și în cadrul acestora	sB/W	0,01521

afara specificațiilor superioare și inferioare combinate, fiind cel mai bun scenariu pentru a caracteriza procesul la momentul actual. *Long-term Z bench* reprezintă numărul de abateri standard pe termen lung, fiind o măsură mai bună a realității, deoarece ,de obicei, nu se poate menține variația pe termen scurt în timp, putând fi caracterizat ca disconfortul resimțit de cient. *Z shift* este diferența dintre cele două valori ale lui Z bench (Short-term și Long-term). Cu cât *Z shift* este mai mare, cu atât există mai multe oportunități de îmbunătățire și control al procesul prin eliminarea sau reducerea cauzelor speciale care determină variația dintre subgrupuri. În cazul procesului de fabricație al fuzetei rezultă că *Z shift = 0,16.*

Pentru procesul de realizare a fuzetei se constată că valorile Z bench sunt apropriate și ambele se găsesc în apropierea unei precizii înalte a calității procesului și, implicit a produsului. Conform analizei complexe Sixpack Report din Figura 4, se poate considera astfel că procesul de prelucrare a alezajului cilindric al fuzetei de legatura cu amortizorul este precis și bine reglat, cu un nivel de performanță de 6 σ.

3. CONCLUZII

Analiza proceselor tehnologice de fabricație ale autovehiculelor, ca fenomene complexe, trebuie să pună accentul pe particularităților constructive și rolul pieselor, deoarece fiecare piesă din construcția autovehiculului are o destinație precisă și posedă o sumă determinată de caracteristici și particularități. Particularitățile constructive și funcționale impun, pentru execuția fuzetei precizie dimensională și geometrică ridicată. Piesa este solicitată intens și variabil. Toleranțele cele mai pretențioase sunt pentru suprafețele care fac legatura cu elementele fundamentale si constructive ale autoturismului. Acestea realizându-se în treptele de precizie 6 sau 7 ISO. Acesta este motivul pentru care s-a ales ca element de studiu precizia de prelucrare a alezajului cilindric de legatura cu amortizorul. S-a constatat că procesul are o centrare și o variabilitate ridicate, ceea ce arată stabilitatea procesului și din punct de vedere al reglajului. Capabilitatea efectivă este *Cpk* = 1,87, iar *Cp* = 2,14 este o capabilitate potențială, la care se poate ajunge reglând procesul (fară a se mări precizia).

Utilizarea soft-ului dedicat pentru calitate Minitab a permis identificarea tendințelor, extragerea și descoperirea informațiilor valoroase din date, evidențiind performanța procesului, printr-o suită cuprinzătoare de instrumente de analiză statistică și îmbunătățire a proceselor: determinarea conceptelor noi privind capabilitatea generală (overall), potențială (within), a celor patru tipuri de abateri standard ($s_{overall}$, s_{within}, $s_{between}$, $s_{B/W}$) și a valorii capabilității sigma a procesului din perspectiva

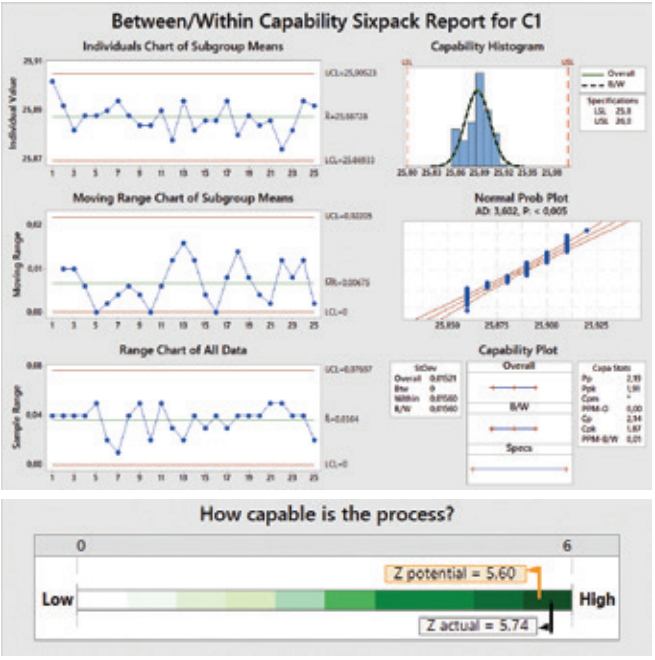


Figura 4. Raportul Sixpack al capabilității procesului

resimțită de beneficiar, prin determinarea *Z* bench, conferă o analiză mai cuprinzătoare și cu o relevanța deosebită asupra acuității și preciziei de fabricație a fuzetei de autoturism, constatându-se că aceasta este corespunzătoare.

BIBLIOGRAFIE:
[1] AIAG, Statistical Process Control (SPC), Reference Manual, http://www.aiag.org
[2] Azizi, Amir, *Evaluation Improvement of Production Productivity Performance using Statistical Process Control, Overall Equipment Efficiency, and Autonomous Maintenance*, Procedia Manufacturing, vol. 2, pp. 186–190, 2015
[3] Bass, Issa, Lawton, Barbara, *Lean Six Sigma Using SigmaXL and Minitab*, The McGraw-Hill Companies Inc., New York, 2009
[4] Dale, Barrie, Shaw, Peter, *The Application of Statistical Process Control in U.K. automotive manufacture: Some research findings*, Quality and Reliability Engineering International, vol. 5(1), pag. 5-15, 1989.
[5] Gobetto, Marco, *Operations Management in Automotive Industries: From Industrial Strategies to Production Resources Management, Through the Industrialization Process and Supply Chain to Pursue Value Creation*. Springer Science & Business Media, Dordrecht, Heidelberg, 2014
[6] Godina, Radu, Carina Pimentel, Carina, Silva, F. J. G., Matias, Joao C. O., *Improvement of the Statistical Process Control Certainty in an Automotive Manufacturing Unit*, Procedia Manufacturing, vol.17, pag.729-736, 2018
[7] Godina, Radu, Matias, Joao, Azevedo, Suzana, *Quality Improvement With Statistical Process Control in the Automotive Industry*, International Journal of Industrial Engineering and Management, vol. 7(1), pag. 1–8, 2016.
[8] Gejdoš, Pavel, *Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control*, Procedia Economics and Finance, vol. 34, pag.565 – 572, 2015
[9] Hamada, Michael, *Tolerance Interval Control Limits for the –x, R, and S Charts*, Quality Engineering, vol. 15(3), pp. 471–487, 2003
[10] Kent, Robin, *Statistical process control (SPC)*, in Quality Management in Plastics Processing, Elsevier, Amsterdam, pag. 125–182, 2016
[11] Knoth, Sven, *Statistical Process Control*, Applied Quantitative Finance, Theory and Computational Tools, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pag. 237-258, 2002
[12] Lixandru, Catalina, Gabriela, *Supplier Quality Management for Component Introduction in the Automotive Industry*, Procedia - Social and Behavioral Sciences., vol. 221, pp. 423–432, 2016
[13] Minitab Statistical Software Features – Minitab. Software for Statistics, Process Improvement, Six Sigma, Quality – Minitab. Information on https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/
[14] Montgomery, Douglas, *Statistical Quality Control*, 7th Edition. John Wiley& Sons, New York, 2013
[15] Teixeira, Evandro L. S., Dias, Tatiana Silva, Andrade, Oliveira, Mário, Oliveira, Alessandro B.S., *Statistical Process Control Application in Automotive Industry*, Proceedings of 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering, december 3-8, Curitiba, PR, Brazil, pag.318-328, 2017
[16] Vicentin, Damaris Serigatto, Silva, Brena, Piccirillo, Isabella, Bueno, Fernanda, Oprime, Pedros, *Monitoring process control chart with finite mixture probability distribution: An application in manufacture industry*, International Journal of Quality & Reliability Management, vol. 35(4), pag. 335–353, 2017.
[17] Yeshwant, Raj S, Dayalan, Hari, Raj, *Investigation of Knuckle Joint and Its Importance -A Literature Case Study*, Proceedings of 7th International Conference on Industrial Technology and Management, 7-9 March 2018, Oxford, United Kingdom, pag.62-70, 2018.

ASPECTE REFERITOARE LA FUNCȚIONAREA ŞI CONTROLUL ELECTRONIC AL MOTOARELOR DIESEL

ASPECTS REGARDING THE OPERATION AND ELECTRONIC CONTROL OF DIESEL ENGINES

ABSTRACT:
The paper studies one of the most used internal combustion engines to equip motor vehicles, namely diesel engines, which have incited a lot of controversy lately, especially after the issue with some abnormal values regarding pollutant emissions and the mechanism used to report parameters specific to fuel consumption and resulting exhaust gases.

Key-Words: *Diesel engine, common-rail, electronic control, engine load and speed*

NOMENCLATOR
EGR – Exhaust Gas Recirculation
ERFC – Emphasis on Reducing Fuel Consumption

Drd. ing.
Cătălin-Dumitru DARIE

Drd. ing.
Leonard-Cătălin CUCU

S.l. dr. ing.
Ramona-Monica STOICA
ramona.stoica@mta.ro

Prof. univ. dr. ing.
Ion COPAE

Academia Tehnică Militară „Ferdinand I", Departamentul de Autovehicule Militare și Transporturi, Bdul George Coșbuc, Nr. 39 - 49, 050141 BUCUREȘTI, România

1. INTRODUCERE

Abordarea funcționării și controlului electronic al motoarelor este una dintre principalele preocupări ale specialiștilor din domeniu, care au căutat în mod constant îmbunătățirea performanțelor dinamice și economice ale autovehiculelor. Dezvoltarea diferitelor discipline în diverse domenii, apariția echipamentelor experimentale din ce în ce mai avansate și echiparea motoarelor cu sisteme electronice de control au fost cei mai importanți factori care influențează algoritmii de studiere a funcționării acestora.

Motoarele diesel fabricate în prezent îndeplinesc cerințele reglementărilor anti-poluare [5][14][16][17], chiar dacă au devenit mai complexe și mai scumpe. Motoarele fabricate astăzi au un management electronic al funcționării prin dotarea cu senzori, actuatori și microcontrolere, toate acestea asigurând controlul funcționării în timp real [1][2][3][6][7][8][9]. În acest fel, actualul motor diesel a devenit mai eficient, mai puternic, mai silențios, mai economic și mai curat. Un motor diesel actual are diferite sisteme de control electronic, principalele fiind: sistemul de control al injecției de combustibil, sistem de control al presiunii aerului supraalimentat, sistem de control al cantității de gaz recirculate, sistemul de control al poluanților, sistemul de control al calității amestecului aer-combustibil, sistemul de control al turației, sistemul de control al cuplului motor etc.

2. CERCETĂRI EXPERIMENTALE

Cercetările experimentale au fost efectuate cu un autoturism Ford Focus (notat FF) și un Volkswagen Touareg II 3.0 V6 TDI (notat VW), ambele echipate cu un motor diesel supraalimentat și un sistem de alimentare cu rampă comună. Pentru achiziționarea datelor de la computerul de bord s-au folosit interfața și softul Ford, respectiv aplicația VCDS dezvoltată de Ross-Tech, care este softul de diagnosticare specializat pentru grupul Volkswagen. Pentru a evidenția elementele electronice de control, au fost reținute 100 de probe la deplasarea turismului Ford Focus în zone urbane și extraurbane. Pentru a evidenția separat, comparativ, particularitățile

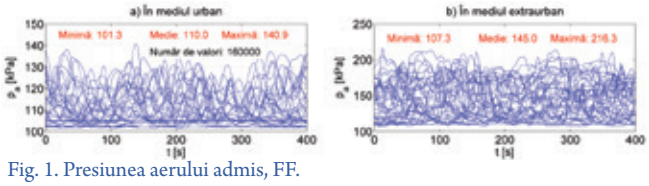


Fig. 1. Presiunea aerului admis, FF.

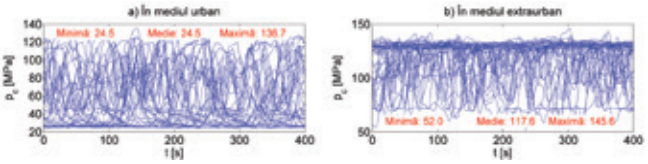


Fig. 2. Presiunea combustibilului, FF.

funcționării motorului la conducerea vehiculului în zonele urbane și extraurbane, au fost reținute câte 40 de probe din fiecare turism.

Astfel, figura 1 prezintă valorile presiunii aerului din colectorul de admisiune p_a (considerată în multe cazuri ca sarcină a motorului), iar figura 2 a presiunii combustibilului p_c în rampa comună, atunci când turismul Ford Focus se deplasează în mediul urban (40 de probe) și în mediul extraurban (40 de probe). După cum se poate observa din aceste grafice, în mediul extraurban valorile celor două variabile sunt mai mari decât în mediul urban. Astfel, din figura 1 rezultă că în mediul urban presiunea aerului de admisie a variat în intervalul 101,3-140,9 kPa, iar în mediul extraurban în intervalul 107,3-216,3 kPa. În plus, figura 2 arată că în mediul urban presiunea combustibilului a variat între 24,5-136,7 MPa, iar în mediul extraurban în intervalul 52,0-145,6 MPa. De asemenea, din figura 1 și figura 2 rezultă că valoarea medie pe ansamblu a testelor presiunii de admisie a aerului este cu 31,8% mai mare în mediul extraurban, iar a presiunii combustibilului în rampa comună este de 4,8 ori mai mare. Graficele din figura 1 mai arată că toate valorile presiunii aerului admis sunt mai mari de 100 kPa, ceea ce confirmă faptul că motorul este supraalimentat.

Figura 3 prezintă valorile poziției pedalei de accelerație p (considerată în multe cazuri ca sarcină a motorului), iar figura 4 valorile turației motorului n, atunci când turismul Volkswagen Touareg II 3.0 V6 TDI se deplasează în mediul urban (40 de probe) și în mediul extraurban (40 de probe). După cum se poate observa din aceste grafice, în mediul extraurban valorile celor două variabile sunt mai mari decât în mediul urban.

Astfel, din figura 3 rezultă că în mediul urban poziția pedalei de accelerație a variat în intervalul 5,0-86,6%, iar în mediul extraurban în intervalul 6,6-98,4%.

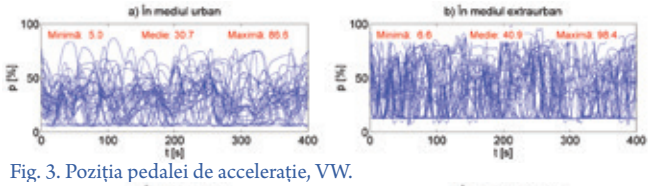


Fig. 3. Poziția pedalei de accelerație, VW.

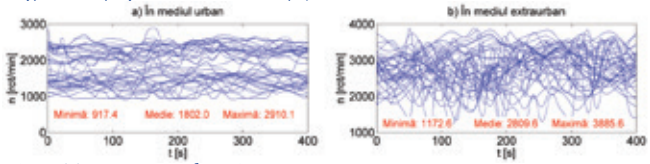


Fig. 4. Turația motorului, VW.

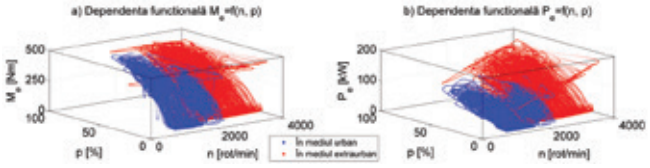


Fig. 5. Dependențele funcționale M_e=f(n, p) și P_e=f(n, p), VW.

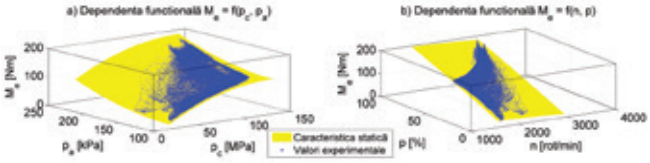


Fig. 6. Dependențele funcționale M_e=f(p_c,p_a) și M_e=f(n, p), FF.

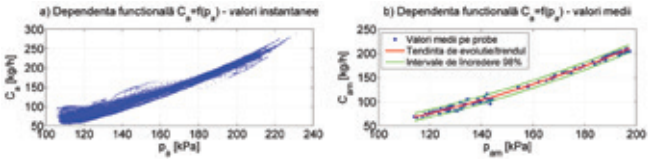


Fig. 7. Dependențele funcționale C_a=f(p_a) și C_{am}=f(p_{am}), FF.

De asemenea, figura 4 arată că în zonele urbane turația motorului a variat în intervalul 917,4-2910,1 rot/min, iar în mediul extraurban în intervalul 1172,6-3885,6 rot/min.

Mai trebuie observat din figura 3 și figura 4 că valoarea medie pe ansamblul probelor (testelor) a poziției pedalei de accelerație este cu 33,2% mai mare în mediul extraurban și a turației motorului mai mare cu 55,9% comparativ cu valoarea din mediul urban.

Din figura 1 și figura 3, unde sunt variabilele care constituie sarcina motorului, se constată, de asemenea, că funcționarea acestuia în timpul deplasării autovehiculului este în principal la sarcini parțiale și practic foarte puțin la sarcină totală.

3. DEPENDENȚE FUNCȚIONALE ȘI MODELE MATEMATICE

Cercetările experimentale au evidențiat dependențe funcționale între variabile, inclusiv cu deducerea expresiilor analitice aferente. De exemplu, figura 5 prezintă grafice care ilustrează dependențe funcționale de tipul M_e=f(n, p) și P_e=f(n, p) pentru turismul VW, cu M_e momentul și P_e puterea motorului. Graficele din figura 5, cu reprezentarea discretă a datelor experimentale, confirmă faptul că la deplasarea autoturismului în mediul extraurban, valorile momentului și puterii motorului sunt dispuse la turații și sarcini mai mari, comparativ cu cele din mediul urban.

Figura 6 prezintă graficele care ilustrează dependențe funcționale de tipul M_e=f(p_c, p_a) și M_e=f(n, p) în cazul celor 100 de probe ale turismului Ford Focus. Aceste grafice conțin suprafața de comutație a caracteristicii statice

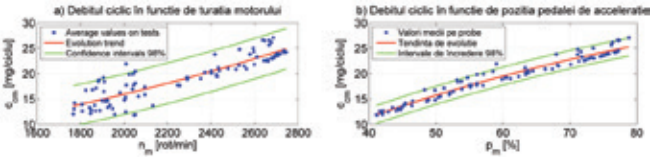


Fig. 8. Dependențele funcționale c_{cm}=f(n_m) și c_{cm}=f(p_m), FF.

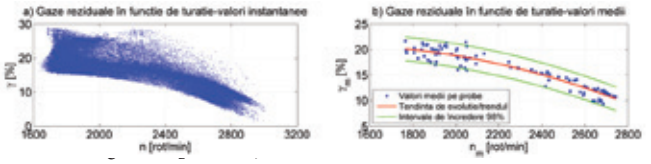


Fig. 9. Cantitatea de gaze recirculate în funcție de turația motorului, FF.

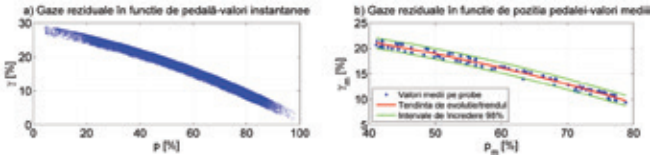


Fig. 10. Cantitatea de gaze recirculate în funcție de poziția pedalei de accelerație, FF.

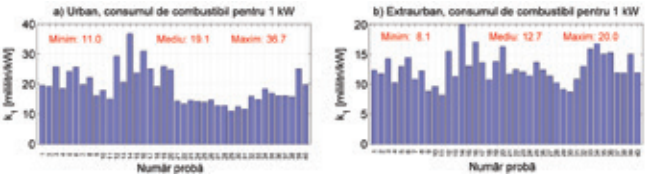


Fig. 11. Consumul de combustibil pe unitatea de putere motor, VW.accelerație, FF.

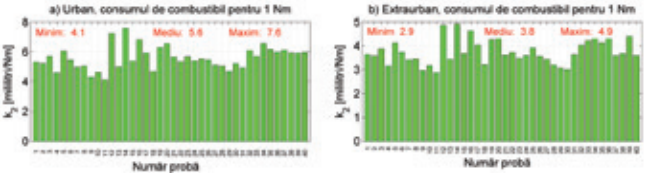


Fig. 12. Consumul de combustibil pe unitatea de moment motor, VW.

$$M_e = 0.0127n + 2.069p - 0.0000047n^2 + 0.0013284p^2 \quad (2)$$

Aceste modele matematice permit studiul funcționării motorului inclusiv la sarcini parțiale, iar relația (2) ia în considerare și acțiunea șoferului prin poziția pedalei de accelerație p.

În mod similar, pot fi stabilite și alte dependențe funcționale, cu valorile instantanee ale variabilelor sau cu valorile medii ale probelor. Un exemplu în acest din urmă caz este prezentat în figura 7, care ilustrează dependența funcțională dintre consumul orar de aer și presiunea aerului admis pentru cele 100 de probe experimentale ale mașinii Ford Focus: în figura 7a pentru valorile instantanee C_a și p_a și în figura 7b pentru valorile medii pe probe C_{am} și p_{am}.

Dependența funcțională din figura 7b (curba trendului/tendinței) este descrisă matematic prin expresia analitică:

$$C_{am} = 0.00604p_{am}^2 - 0.17666p_{am} + 9.929 \quad (3)$$

iar graficul arată, de asemenea, intervalele de încredere 98% (superior și inferior).

4. CONTROLUL ELECTRONIC AL MOTORULUI

Anterior au fost prezentate sistemele electronice de control care echipează motoarele diesel actuale pentru a îndeplini performanțele impuse [10][11][12][13] [15][17]. Cercetările experimentale s-au concentrat pe patru sisteme de control ale unui motor diesel, care asigură reglarea

debitului ciclic de combustibil, presiunea aerului admis, cantitatea de gaze recirculate și emisiile de noxe la evacuare. De exemplu, figura 8 arată dependența debitului ciclic de combustibil c_c de turația motorului n și de poziția pedalei de accelerație p, respectiv prin valorile medii pe probe c_{cm}, n_m și p_m, în cazul celor 100 de probe ale turismului Ford Focus.

Graficele din figura 8 confirmă faptul că debitul ciclic de combustibil crește odată cu mărirea turației și sarcinii motorului.

Curba trendului din figura 8a este descrisă prin expresia analitică:

$$c_{cm} = 0.000002n_m^2 + 0.00138n_m + 4.244 \quad (4)$$

iar cea din figura 8b prin relația:

$$c_{cm} = 0.00001p_m^2 - 0.01975p_m + 21.563 \quad (5)$$

ambele grafice redând, de asemenea, intervalele de încredere 98%.

Figura 9 și figura 10 arată dependența cantității procentuale de gaze recirculate γ de turația motorului n și respectiv de poziția pedalei de accelerație p. Figura 9a și figura 10a prezintă valorile instantanee, iar figura 9b și figura 10b redau valorile medii pe prove la cele 100 de probe ale autoturismului Ford Focus.

Graficele din figura 9 și figura 10 confirmă scăderea cantității de gaze recirculate odată cu creșterea turației și sarcinii motorului.

Curba trendului din figura 9b este descrisă prin expresia analitică:

$$\gamma_m = -0.000006n_m^2 + 0.01693n_m + 8.8735 \quad (6)$$

iar cea din figura 10b prin relația:

$$\gamma_m = -0.0022271p_m^2 - 0.03154p_m + 26.1027 \quad (7)$$

graficele prezentând, de asemenea, intervalele de încredere 98%.

5. EFICIENȚA ENERGETICĂ A MOTORULUI

Studiul eficienței energetice vizează simultan aprecierea dinamicității și a economicității motorului. Eforturile de astăzi și în perspectivă vizează îmbunătățirea economicității în detrimentul dinamicității, prognoza pentru 2035 fiind cea conform conceptului ERFC (Emphasis on Reducing Fuel Consumption). Prin urmare, este interesant a se stabili eficiența utilizării combustibilului, știind că de obicei o dinamicitate ridicată este însoțită de o economicitate redusă. Literatura de specialitate prezintă diverse criterii pentru evaluarea dinamicității și economicității motoarelor [4]. În mod similar, se pot adopta unele criterii pentru evaluarea eficienței energetice, iar două dintre acestea sunt prezentate în continuare. Astfel, un prim criteriu pentru evaluarea eficienței energetice este consumul de combustibil C_L [mililitri] pentru a obține o putere de 1 kW:

$$k_1 = \frac{C_L}{P_e} \quad (8)$$

ale cărui valori sunt prezentate în figura 11 pentru autoturismul VW.

După cum se constată din figura 11, pe ansamblul probelor din mediul extraurban se consumă cu 50,3% mai puțin combustibil decât în mediul urban (12,7 mililitri/kW comparativ cu 19,1 mililitri/kW).

Un al doilea criteriu pentru evaluarea eficienței energetice este consumul de combustibil C_L [mililitri] pentru a obține un cuplu motor de 1 Nm:

$$k_2 = \frac{C_L}{M_e} \quad (9)$$

ale cărui valori sunt prezentate în figura 12 pentru Volkswagen Touareg II 3.0 V6 TDI atunci când se circulă în mediul urban și în cel extraurban.

După cum se observă din figura 12, pe ansamblul probelor din mediul extraurban se consumă cu 47,3% mai puțin combustibil decât în mediul urban (3,8 mililitri/Nm comparativ cu 5,6 mililitri/Nm).

Figura 11 și figura 12 arată că la deplasarea în mediul extraurban eficiența energetică este mai ridicată în comparație cu cea din mediul urban.

Figura 11 și figura 12 arată, de asemenea, că se consumă mai mult combustibil pe unitatea de putere a motorului decât pe unitatea de cuplu motor. Astfel, în mediul urban se consumă de 3,41 ori mai mult, iar în mediul extraurban de 3,34 ori mai mult combustibil pe unitatea de putere.

În mod similar, pot fi adoptate și alte criterii de evaluare a eficienței energetice, care pot fi folosite și pentru optimizarea acesteia conform conceptului ERFC.

6. CONCLUZII

Cercetările experimentale au arătat că în aproape toate regimurile funcționale motorul funcționează la sarcini parțiale și foarte rar la sarcină totală.

La deplasarea în mediul extraurban, valorile sarcinii motorului, turației motorului, unghiului de deschidere a palelor turbinei cu geometrie variabilă, presiunii aerului admis în cilindrii, poziției pedalei de accelerație și presiunii combustibilului în rampa comună sunt mai mari decât cele din mediul urban.

Debitul ciclic de combustibil, presiunea aerului supraalimentat și unghiul de deschidere a palelor turbinei cu geometrie variabilă cresc odată cu mărirea sarcinii și turației motorului, iar cantitatea de gaze recirculate scade.

Eficiența energetică la deplasarea autovehiculului în mediul extraurban este superioară celei din mediul urban.

BIBLIOGRAFIE:

[1] Aspiron, Jonas; Chinellato, Oscar; Guzzella, Lino, *Optimal Control of Diesel Engines: Numerical Methods, Applications, and Experimental Validation. Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2014, Article ID 286538, https://doi.org/10.1155/2014/286538

[2] Barothi, Laszlo; Stoica, Ramona-Monica; Voicu, Daniela; Singureanu, Marius, *Simulation and comparative analysis of pollutant emissions before and after PID control of engine functioning.* Ingineria Automobilului, nr. 56, sep. 2020, pg. 19-23, ISSN 1842-4074

[3] Barothi, Laszlo; Voicu, Daniela; Stoica, Ramona-Monica; Singureanu, Marius, *Recording of parameters characteristic to engine and vehicle in order to validate a simulation model for fuel consumption*. 5th International Scientific Conference SEA-CONF 2019, 17–18 May 2019, Mircea cel Batran Naval Academy, Constanta, Romania, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1297 (2019) 012030 IOP Publishing, DOI:10.1088/1742-6596/1297/1/012030

[4] Benea, Bogdan-Cornel; Chiru, Anghel, *Assessment of the energy balance of biofuels for motor vehicles*, Ingineria automobilului, nr. 52, sept. 2019, pg. 24-26

[5] Benea, Bogdan-Cornel, *Emissions characteristic of diesel engine fueled by biodiesel al partial load*, Ingineria automobilului, nr. 48, sept. 2018, pg. 20-22

[6] Cieslar, Dariusz, *Control for Transient Response of Turbocharged Engines*. Thesis. University of Cambridge, 2013. https://core.ac.uk/download/pdf/42337111.pdf

[7] Dong, Tianpu; Zhang, Fujun; Liu, Bolan; An, Xiaohui, *Model-based state feedback controller design for a turbocharged Diesel engine with an EGR system. Energies* 2015, 8, 5018-5039; doi:10.3390/en8065018

[8] Grahn, Markus; Johansson, Krister; McKelvey, Tomas, *Model-based Diesel engine management system optimization for transient engine operation. Control Engineering Practice* no. 29 (2014) page. 103–114. http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/198403/ local_198403.pdf

[9] Horrocks, Roy, *Control of NO emissions from Diesel engine using EGR*. Thesis. Brunel University, 2001. https://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/6625

[10] Isermann, Rolf, *Engine modeling and control*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-39934-3

[11] Kharad, Bharat Namdev; Nagar, Vacoe, *Effect of EGR on engine performance and emission on variable compression ratio engine*. Pune University, 2015. *International Journal of Innovation in Engineering, Research and Technology* [IJIERT], ICITDCEME'15 Conference Proceedings. https://autodocbox.com/Diesel/81922878-Effect-of-exhaust-gas-recirculation-on-engine-performance-and-emission-on-variable-compression-ratio-engine.html

[12] Lino, Paolo; Maione, Bruno; Rizzo, Alessandro, *Nonlinear modelling and control of a common rail injection system for Diesel engines. Applied Mathematical Modelling*, 31 (2007) 1770–1784. DOI:10.1016/j.apm.2006.06.001. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/ S0307904X06001417

[13] Marčič, Simon; Marčič, Milan; Praunseis, Zdravko, *Mathematical model for the injector of a common rail fuel injection system. Engineering*, 2015, no. 7, page 307-321. https://www.scirp.org/pdf/ENG_2015062311474473.pdf

[14] Nutu, Nikolas Cristian; Pană, Constantin; Negurescu, Niculae; Cernat, Alexandru; Mirică, Ionel, *Improving diesel engine operation for a greener environment using hydrogen fueling*. Ingineria automobilului, nr. 57, dec. 2020, pg. 16-19

[15] Petrov, Oleg, *About the calculation of exhaust gas parameters od a diesel engine with medium capacity*. Ingineria automobilului, nr. 49, dec. 2018, pg. 18-20

[16] Vilău, Radu, Lespezeanu, Ion, Singureanu, Marius, *Considerations regarding the influence of inappropriate electronic throttle unit operation on pollutant emissions of internal combustion engines*. 5th International Scientific Conference SEA-CONF 2019, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1297 (2019) 012032, IOP Publishing, doi:10.1088/1742-6596/1297/1/012032

[17] Wu, Hai. *Performance simulation and control design for Diesel engine NO_x emission reduction technologies*. Dissertation, University of Illinois, 2011. https://www.ideals.illinois.edu/ bitstream/handle/2142/26020/Wu_Hai.pdf?sequence=1&isAllowed=y

The XXXI-st SIAR International Automotive and Transport Engineering Congress

„AITS 2021"

28 – 30 October 2021, Chișinău, Republic of Moldova

Congress Subject: „Automotive and Integrated Transport Systems"

Congress Topics:

1. ***Green Vehicles***
2. ***Advanced Powertrain and Propulsion***
3. ***Integrated Transport Systems***
4. ***Automotive Design and Testing***
5. ***Road Safety, Accident Analysis and Traffic Control***
6. ***Advanced Engineering Methods***
7. ***Sustenable Mobility***
8. ***Materials, Automotive Technology and Maintenance***
9. ***Economics and Management of Transportation***

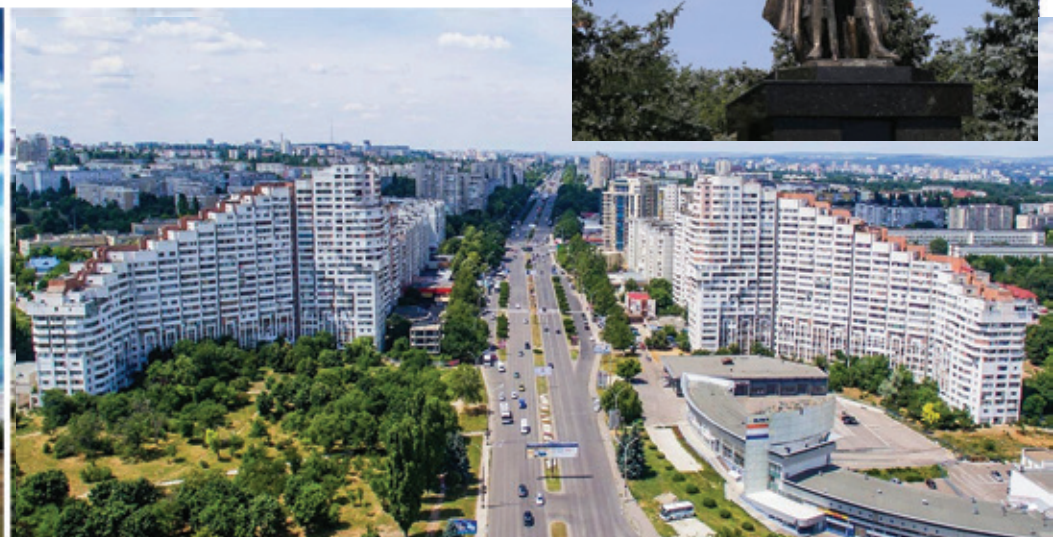
„Automotive and Integrated Transport Systems (AITS)" is the 2021 SIAR International Congress of Automotive and Transport Engineering main theme. The Technical University of Chisinau is the host of the 31st International Congress of SIAR organised by his Department of Transport.

The congress will be accompanied by a large number of events for the participants: exhibition of products specific to the automotive industry, car components and transports, work-shops, technical visits, the general meeting of SIAR, the final stage of the international contest for the students on automotive engineering "Professor eng. Constantin GHIULAI" with the two sections: „Automotive Dynamics" - the 7th edition and „Automotive CAD - CATIA V5" - the 4th edition.

Deadlines:

- 31 May 2021 - Abstract submission
- 15 June 2021 – Notification of acceptance (abstract)
- 15 July 2021 – Papers submission
- 31 July 2021 – Notification of acceptance (papers)
- 15 August 2021 – Deadline for payment of publication fees
- 30 September 2021 – Deadline for payment of participation fees

For more information about this event, please visit ***www.siarcongress.eu.***



REGISTRUL
AUTO
ROMÂN

www.rarom.ro

PROGRAMĂRI
021/9672

www.autotestmagazin.ro
www.facebook.com/RegistrulAuto
www.facebook.com/autotestmagazin