



UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA

TEZĂ DE DOCTORAT

**DETERMINAREA PARAMETRILOR CUTIILOR  
DE VITEZE AUTOMATE ÎN SCOPUL  
ÎMBUNĂȚĂȚIRII CARACTERISTICILOR  
TEHNICO-FUNCȚIONALE ALE ACESTORA**

Ing. Ion Silviu BOROZAN

Conducător științific:  
Prof.dr.ing. Inocențiu MANIU

Timișoara, 2014

**DETERMINAREA PARAMETRILOR  
CUTIILOR DE VITEZE AUTOMATE  
ÎN SCOPUL ÎMBUNĂȚĂȚIRII  
CARACTERISTICILOR TEHNICO-  
FUNCȚIONALE ALE ACESTORA**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea Politehnica Timișoara  
în domeniul INGINERIE MECANICĂ  
de către

**ing. Ion Silviu Borozan**

Conducător științific:  
Referenți științifici:

Prof.univ.dr.ing. Inocențiu Maniu  
Prof.univ.dr.ing. Doina Pîslă  
Prof.univ.dr.ing. Gheorghe Mogan  
Conf.univ.dr.ing. Veronica Argeșanu

Ziua susținerii tezei: 28.02.2014

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Automatică                               | 9. Inginerie Mecanică                      |
| 2. Chimie                                   | 10. Știința Calculatoarelor                |
| 3. Energetică                               | 11. Știința și Ingineria Materialelor      |
| 4. Ingineria Chimică                        | 12. Ingineria sistemelor                   |
| 5. Inginerie Civilă                         | 13. Inginerie energetică                   |
| 6. Inginerie Electrică                      | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor                 |
| 8. Inginerie Industrială                    | 16. Inginerie și Management                |

Universitatea *Politehnica* Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2014

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității *Politehnica* Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Mecatronică al Universității Politehnica Timișoara.

Mulțumiri deosebite se cuvin conducătorului de doctorat prof.dr.ing. Inocențiu Maniu pentru consilierea permanentă, ajutorul competent și îndrumarea atentă, asigurându-mi condiții optime pentru desfășurarea activității de cercetare.

Alese mulțumiri și profundă recunoștință se cuvin adresate doamnei conf. dr. ing. Veronica Argeșanu, care pe parcursul acestor ani mi-a împărtășit cu dărnicie din propria experiență și expertiză și susținerea constantă.

Adresez mulțumiri comisiei de îndrumare a activității doctorale formată din prof. dr. ing. Voicu Mesaroș, prof. onorif. dr. ing. Lucian Mădăras și ș.l. dr. ing. Valentin Ciupe pentru sfaturile, suportul și ideile care au contribuit la finalizarea tezei.

Aș dori să mulțumesc cadrelor didactice din cadrul Departamentului de Mecatronică, din cadrul Departamentului de Mașini Mecanice, Utilaje și Transporturi, și din cadrul Departamentului de Mecanică și Rezistența Materialelor care mi-au asigurat un cadru adecvat, au contribuit cu sfaturi, indicații și idei utile pentru finalizarea tezei.

Nu în ultimul rând aș dori să mulțumesc familiei mele pentru sprijinul continuu și răbdarea acordate în toată perioada de student și doctorand.

Timișoara, 28 Februarie 2014

drd. Ing. Ion Silviu Borozan

Acknowledgments:

"Teza de doctorat a fost realizată cu sprijin parțial din grantul strategic POSDRU 107/1.5/S/77265, (2010), cofinanțat din Fondul Social European "Investește în oameni", în cadrul Programului Operațional Sectorial Dezvoltare Resurse Umane 2007-2013".

Borozan, Ion Silviu

**DETERMINAREA PARAMETRILOR CUTIILOR DE VITEZE AUTOMATE ÎN SCOPUL ÎMBUNĂȚIRII CARACTERISTICILOR TEHNICO-FUNCȚIONALE ALE ACESTORA**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 9, Nr.149, Editura Politehnica, 2014, pagini 180, figuri 83, tabele 14.

ISSN:1842-4937

ISBN:978-606-554-795-7

Cuvinte cheie:

cutii de viteze automate, optimizare, cinematică, modelare numerică, termografie, analiză structurală.

Rezumat,

Activitatea de cercetare din prezenta teză de doctorat constă în sinteza comparativă a avantajelor și dezavantajelor cutiilor de viteze automate față de cele manuale. Totodată se întocmesc fișe de chestionar privind posibilele avarii ale cutiilor de viteze automate care conduc la prelucrarea statistică a rezultatelor/răspunsurilor la chestionar și informarea grupului țintă. Teza continuă cu o analiză cinematică completă a cutiilor de viteze automate cu trei, patru și șapte trepte; determinarea solicitărilor la încovoiere și la contact pentru treapta de viteză raport de transmitere maxim; determinarea caracteristicilor exterioare ale motorului (autovehiculul echipat cu cutia de viteze automată 7G Tronic) și caracteristicile forței la roată pe cele șapte trepte de viteză. Se fac propuneri pentru modificarea geometriei pinionului din componența angrenajului interior al pompei ce alimentează cutia de viteze automată în vederea creșterii debitului de alimentare al acesteia. Se determină prin mijloace termografice evidențierea celor mai solicitate zone ale cutiei de viteze automate 7G Tronic, din punct de vedere termic atât pe stand, cât și pe autovehicul. Prin simulare cu ajutorul softului Abaqus 6.10 se analizează rezultatele schimbului termic la nivelul carcasei și se prezintă stările mecanice și termice ale cuplajelor multidisc. Se face totodată măsurarea și calculul amplitudinii vibrațiilor și interpretarea rezultatelor în treptele de viteză ale cutiei de viteze automate și analiza prin difracție de raze X și prin microscopie de baleiaj a compoziției chimice a materialelor din structura carcasei.

**DETERMINAREA PARAMETRILOR  
CUTIILOR DE VITEZE AUTOMATE ÎN  
SCOPUL ÎMBUNĂȚĂȚIRII  
CARACTERISTICILOR TEHNICO-  
FUNCȚIONALE ALE ACESTORA**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea Politehnica Timișoara  
în domeniul INGINERIE MECANICĂ  
de către

**ing. Ion Silviu Borozan**

Conducător științific:	Prof.univ.dr.ing. Inocențiu Maniu
Referenți științifici:	Prof.univ.dr.ing. Doina Pîslă Prof.univ.dr.ing. Gheorghe Mogan Conf.univ.dr.ing. Veronica Argeșanu
Președinte comisie:	Prof. univ. Dr. ing. Liviu Bereteu

Ziua susținerii tezei: 28.02.2014

Cuvinte cheie:

cutii de viteze automate, optimizare, cinematică, modelare numerică, termografie, analiză structurală.

Teze de doctorat cuprinde **180** pagini, **83** figuri, **14** tabele și **130** relații matematice.

Rezumat

Activitatea de cercetare din prezenta teză de doctorat constă în sinteza comparativă a avantajelor și dezavantajelor cutiilor de viteze automate față de cele manuale. Totodată se întocmesc fișe de chestionar privind posibilele avarii ale cutiilor de viteze automate care conduc la prelucrarea statistică a rezultatelor/răspunsurilor la chestionar și informarea grupului țintă. Teza continuă cu o analiză cinematică completă a cutiilor de viteze automate cu trei, patru și șapte trepte; determinarea solicitărilor la încovoiere și la contact pentru treapta de viteză raport de transmitere maxim; determinarea caracteristicilor exterioare ale motorului (autovehiculul echipat cu cutia de viteze automată 7G Tronic) și caracteristicile forței la roată pe cele șapte trepte de viteză. Se fac propuneri pentru modificarea geometriei pinionului din componența angrenajului interior al pompei ce alimentează cutia de viteze automată în vederea creșterii debitului de alimentare al acesteia. Se determină prin mijloace termografice evidențierea celor mai solicitate suprafețe ale cutiei de viteze automate 7G Tronic, din punct de vedere termic atât pe stand, cât și pe autovehicul. Prin simulare cu ajutorul softului Abaqus 6.10 se analizează rezultatele schimbului termic la nivelul carcasei și se prezintă stările mecanice și termice ale cuplajelor multidisc. Se face totodată măsurarea și calculul amplitudinii vibrațiilor și interpretarea rezultatelor în treptele de viteză ale cutiei de viteze automate și analiza prin difracție de raze X și prin microscopie de baleiaj a compoziției chimice a materialelor din structura carcasei.

Acknowledgments:

"Teza de doctorat a fost realizată cu sprijin parțial din grantul strategic POSDRU 107/1.5/S/77265, (2010), cofinanțat din Fondul Social European "Investește în oameni", în cadrul Programului Operațional Sectorial Dezvoltare Resurse Umane 2007-2013".

## Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Mecatronică al Universității Politehnica Timișoara.

Mulțumiri deosebite se cuvin conducătorului de doctorat prof.dr.ing. Inocențiu Maniu pentru consilierea permanentă, ajutorul competent și îndrumarea atentă, asigurându-mi condiții optime pentru desfășurarea activității de cercetare.

Alese mulțumiri și profundă recunoștință se cuvin adresate doamnei conf. dr. ing. Veronica Argeșanu, care pe parcursul acestor ani mi-a împărtășit cu dărnicie din propria experiență și expertiză și mi-a asigurat o susținere constantă.

Adresez mulțumiri comisiei de îndrumare a activității doctorale formată din prof. dr. ing. Voicu Mesaroș, prof. onorif. dr. ing. Lucian Mădăras și ș.l. dr. ing. Valentin Ciupe pentru sfaturile, suportul și ideile care au contribuit la finalizarea tezei.

De asemenea, țin să mulțumesc doamnei ș.l. dr. ing. Mihaela Jula și domnului asist. dr. ing. Kulcsar Raul pentru întreg suportul oferit pe parcursul doctoratului și elaborării tezei.

Îmi exprim întreaga considerație față de membrii comisiei de doctorat, care au răspuns solicitării de a face parte din comisia de analiză a tezei, pentru aprecierile făcute și pentru timpul acordat analizei lucrării.

Aș dori să mulțumesc cadrelor didactice din cadrul Departamentului de Mecatronică, din cadrul Departamentului de Mașini Mecanice, Utilaje și Transporturi, și din cadrul Departamentului de Mecanică și Rezistența Materialelor care mi-au asigurat un cadru adecvat, au contribuit cu sfaturi, indicații și idei utile pentru finalizarea tezei.

Nu în ultimul rând aș dori să mulțumesc familiei mele pentru sprijinul continuu acordat în toată perioada de student și doctorand.

Timișoara, 28 Februarie 2014

drd. Ing. Ion Silviu Borozan



## CUPRINS

<b>1.Obiectivele și structura tezei.....</b>	<b>7</b>
1.1. Obiectivele tezei.....	7
1.2. Structura tezei.....	8
<b>2.Evoluția cutiilor de viteze automate. Caracteristicile și componența acestora.....</b>	<b>9</b>
2.1.Scurt istoric.....	9
2.2.Rolul și locul cutiilor de viteze în structura autovehiculelor.....	11
2.3.Avantajele/Dezavantajele cutiilor de viteze automate în comparație cu cutiile de viteze manuale.....	13
2.4.Caracteristicile și componența cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	14
<b>3.Elemente de fiabilitate și terotehnică ale cutiilor de viteze automate.....</b>	<b>21</b>
3.1.Avarii posibile în funcționarea cutiilor de viteze automate.....	21
3.2.Prelucrarea datelor privind defecțiunile care apar în cutiile de viteze automate.....	22
3.3.Calculul probabilităților de apariție a defecțiunilor.....	24
<b>4.Analiza teoretică și experimentală a construcției și funcționării cutiilor de viteze automate.....</b>	<b>27</b>
4.1.Analiza cinematică a cutiei de viteze automate cu trei trepte de viteză. .....	27
4.2.Analiza cinematică a cutiei de viteze automate cu patru trepte.....	29
4.3.Analiza cinematică a cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	33
4.4.Evaluarea solicitărilor corespunzătoare treptei întâi de viteză.....	36
4.5.Calculul dinamic al tracțiunii pentru autovehiculele echipate cu cutia de viteze automată 7G Tronic.....	40
4.6.Acționarea și comanda cutiilor de viteze automate.....	46
4.7.Stand hidraulic de testare a cutiilor de viteze automate.....	54
<b>5.Testarea, modelarea și simularea stărilor termice și mecanice ale cutiei de viteze automate 7G Tronic.....</b>	<b>57</b>
5.1.Înregistrarea pe stand a fenomenelor termice prin mijloace termografice.....	57

## 6 Cuprins

---

5.2.Înregistrarea temperaturilor interne ale cutiei de viteze automate 7G Tronic în timpul funcționării pe autovehicule.....	63
5.3.Simularea propagării căldurii în carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	65
5.4.Analiza stărilor de solicitare mecanică și termică ale cuplajelor multidisc ale cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	79
5.5.Măsurarea vibrațiilor în timpul funcționării cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	94
<b>6.Analiza formei tehnologice și a structurii chimice/metalografice a carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic.....</b>	<b>99</b>
6.1.Analiza formei tehnologice a carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	99
6.2.Analiza structurală prin difracție de raze X.....	105
6.3.Analiza structurală prin microscopie electronică de baleiaj.....	107
<b>7.Concluzii. Contribuții personale. Direcții noi de cercetare.....</b>	<b>117</b>
7.1.Concluzii.....	117
7.2.Contribuții personale.....	118
7.3.Direcții noi de cercetare.....	119
<b>Bibliografie.....</b>	<b>121</b>
<b>Anexe.....</b>	<b>133</b>
Anexa 1.Rezultate stand hidraulic de testare a cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	133
Anexa 2. Raport termografic al cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	159
Anexa 3. Rezultatele simulării propagării căldurii prin carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	167
Anexa 4.Analiza stărilor de solicitare mecanică și termică ale cuplajelor multidisc ale cutiei de viteze automate 7G Tronic.....	175

# 1. Obiectivele și structura tezei

## 1.1. Obiectivele tezei

Scopul prezentei lucrări este determinarea parametrilor cutiilor de viteze automate în vederea îmbunătățirii caracteristicilor tehnico-funcționale ale acestora.

Teza își propune următoarele obiective:

- trecerea în revistă a evoluției în timp a cutiilor de viteze automate începând de la cutiile de viteze simple, în trei trepte, până la cele complexe (7 până la 9 trepte de viteză);
- prezentarea funcțiilor cutiilor de viteze în structura automobilelor, a avantajelor și dezavantajelor cutiilor de viteze automate în comparație cu cele manuale;
- prezentarea structurii unei cutii de viteze automate în șapte trepte și descrierea componentelor principale ale acesteia;
- întocmirea unor fișe de chestionar privind posibilele defecțiuni ale cutiilor de viteze automate, adresate service-urilor din zona de Vest a țării specializate în repararea și întreținerea autovehiculelor care au această dotare;
- prelucrarea răspunsurilor reprezentanților de service prin calcule statistice și informarea acestora privind rezultatele acestui sondaj în vederea aprovizionării cu piesele care prezintă gradul cel mai ridicat de defecțiune;
- realizarea analizei cinematice pentru cutiile de viteze automate cu trei, patru și șapte trepte în scopul remarcării treptelor reductoare și a celor amplificatoare de turație;
- evidențierea încărcărilor pe treapta de viteză cea mai solicitată și trasarea caracteristicii tracțiunii exterioare și a forței la roată a autovehiculului echipat cu cutia de viteze cu șapte trepte (7G Tronic);
- descrierea acționării și comenzii cutiilor de viteze automate în scopul înțelegerii corecte a stărilor elementelor componente ale acestora și urmărirea variației presiunilor în blocul hidraulic, în timpul schimbării vitezelor;
- studierea fenomenelor termice și determinarea variației temperaturilor prin mijloace termografice prin măsurare pe stand și în timpul funcționării pe autovehicule;
- simularea propagării căldurii în carcasa cutiei de viteze 7G Tronic cu ajutorul soft-urilor de modelare numerică ce au la bază metoda elementului finit și compararea rezultatelor cu cele obținute prin măsurare;
- analiza stărilor mecanice și termice ale cuplajelor multidisc pentru diferite perechi de materiale utilizând soft-urile de modelare numerică ce au la bază metoda elementului finit;

- determinarea amplitudinii vibrațiilor în timpul funcționării pe stand a cutiei de viteze automate 7G Tronic;
- analiza formei tehnologice și a structurii chimice/metalografice a carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic în vederea unor posibile modificări ale compoziției pentru realizarea unei răciri mai eficiente a acesteia.

Cutia de viteze automată pe care se fac cercetările experimentale în prezenta lucrare a fost achiziționată în cadrul proiectului strategic ID 77265, axa prioritară 1 „Educație și formare profesională inițială de calitate în sprijinul dezvoltării și creșterii economice” Domeniul major de intervenție 1.5 „Programe doctorale și postdoctorale în sprijinul cercetării”, Contract POSDRU / CPP107/ DMI 1.5/S/77265; titlul proiectului „Spre cariere de cercetare prin studii doctorale”.

Această cutie de viteze automată (CVA) este denumită sub formă codificată 722.9, iar sub denumire mai populară cutie de viteze automată 7G Tronic ce asigură șapte viteze de mers înainte și două viteze de mers înapoi. Aceasta este o cutie de viteze automată proiectată și fabricată de grupul Daimler AG Stuttgart, Germania, ce echipează în general autoturismele marca Mercedes-Benz, în special cele cu tracțiune integrală (4X4).

## 1.2. Structura tezei

Cercetările întreprinse în cadrul tezei au fost efectuate apelând la mijloace moderne de analiză, evaluare, modelare, simulare și testare utilizate în cercetarea avansată.

Lucrarea este structurată pe șapte capitole, o listă bibliografică ordonată alfabetic și patru anexe.

Capitolele tezei sunt următoarele:

- 1.Obiectivele și structura tezei-cu două subcapitole;
- 2.Evoluția cutiilor de viteze automate. Caracteristicile și componența acestora- cu patru subcapitole;
- 3.Elemente de fiabilitate și terotehnică ale cutiilor de viteze automate, - cu trei subcapitole;
- 4.Analiza teoretică și experimentală a construcției și funcționării cutiilor de viteze automate- cu șapte subcapitole;
- 5.Testarea, modelarea și simularea stărilor termice și mecanice ale cutiilor de viteze automate 7G Tronic- cu cinci subcapitole;
- 6.Analiza formei tehnologice și a structurii chimice/metalografice a carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic -cu trei subcapitole;
- 7. Concluzii. Contribuții personale. Direcții noi de cercetare.

Aceste capitole sunt extinse pe 113 pagini, cuprind 14 tabele, 83 figuri și 130 relații matematice.

Lista bibliografică conține 118 titluri prezentate în 11 pagini, iar cele patru anexe sunt prezentate în 46 pagini.

## **2. Evoluția cutiilor de viteze automate. Caracteristicile și componența acestora**

### **2.1. Scurt istoric**

Surprinzător, multe dintre mecanismele și tehnologiile care fac funcțională cutia de viteze automată modernă, erau deja în folosință în perioada, destul de îndelungată, de geneză prin care a trecut cutia de viteze manuală. Angrenajele planetare erau deja folosite în cutia de viteze manuală pentru Ford, modelul T și modelul K (1906). Cuplarea, prin intermediul fluidelor, era deja folosită de General Motors încă din anul 1937. Multe dintre aceste tehnologii au fost create încă de la începutul anilor 1900, în Germania, pentru a fi folosite în aplicații militare maritime.

Primul model de cutii de viteze semi-automate a apărut la un producător impozant în domeniul auto în 1937. General Motors (GM) a numit aceste cutii de viteze automate „Transmisii Automate de Siguranță-TAS” („Automatic Safety Transmission-AST”). Cu angrenaje planetare și un ambreiaj de fricțiune convențional, aceste cutii de viteze automate ofereau trecerea dintr-o treaptă de viteză în alta mai ușoară și cereau un nivel mai redus în abilitățile de a conduce autoturismul deci ofereau o ergonomie sporită a autovehiculului [96; 112; 113].

Cadillac și Oldsmobile au lansat modele cu transmisie automată TAS (AST) până spre sfârșitul anului 1939. Buick a folosit aceste transmisii numai în anul 1938. Autovehiculele echipate cu cutiile de viteze semi-automate TAS nu au inspirat niciodată publicul larg și nici nu au avut vânzări foarte mari.

O cutie de viteze automată, în adevăratul ei sens, a fost folosită pentru prima oară de către Oldsmobile în 1948. Creată de către inginerul de la GM, Eng. Earl Thompson, ea a fost numită „Hydra-Matic”. Cutia de viteze automată „Hydra-Matic” a trecut printr-o serie lungă de îmbunătățiri și retușuri până în anul 1955. Dar, modelul de bază al cutiei de viteze automate și teoria folosită au rămas aceleași pe toată durata, remarcabil de lungă, a vieții sale. Peste ani, cutia de viteze automată „Hydra-Matic” a fost folosită în multe aplicații militare, inclusiv tancurile M5 Stuart și M24 Chaffe. Alți producători auto au cumpărat și folosit cutii de viteze automate „Hydra-Matic”. Printre aceștia se numără: Hudson, Nash Rambler, Frazer Nash, Kaiser Willys, Lincoln, Rolls-Royce, Bentley.

Chiar și în anii 1990, cutii de viteze automate „Hydra-Matic” s-au folosit, în versiuni modificate, pentru curse „drag-racing” și în mașini de tip „Hot-Rod”. O companie, a creat cutia de viteze automată „B&M Hydra-Matic”, un sprijin temeinic pentru entuziaștii de performanțe, iar în cooperare cu Andy Granatelli au făcut ca „Hydra-Matic” să fie singurul tip de cutii de viteze automate folosite în cursele Indy-Car.

Cutiile de viteze automate „Hydra-Matic” fiind printre primele cutii de viteze automate și datorită popularității lor, au înlocuit în limbaj popular denumirea de cutie de viteze automată cu cutie hidramată.

Chrysler introduce în 1939 cutia de viteze automată „Fluid Drive”, dar aceasta în realitate era o cutie de viteze manuală ce folosea cuplarea prin fluid

pentru a ușura schimbarea vitezelor. Chrysler a propus întâi o cutie de viteze semi-automată, în anul 1942, și a întârziat în crearea unei cutii de viteze automate, în adevăratul ei sens. Aceștia au introdus prima lor cutie de viteze automată adevărată în 1954, numită „Power Flite” și având doar două viteze.

Prima serie de cutii de viteze automate folosite de către Ford a fost introdusă în 1950, acestea fiind create de către inginerii de la compania BorgWarner [104; 111; 112; 113].

În 1956, GM, au înlocuit cutiile de viteze automate „Hydra-Matic” cu noua generație de cutii de viteze automate „Jetaway”. În schimb, această generație de cutii de viteze automate, nu a fost un succes și a fost înlocuită repede de o nouă cutie automată numită „Turbo Hydramatic”.

Companiile auto americane au fost înaintași la crearea de cutii de viteze automate.

Mercedes introduce prima lor cutie de viteze automată în anul 1962, Rolls Royce folosea în 1955 cutii de viteze automate „Hydra-Matic” creată de americanii de la GM, iar Daimler (pe atunci Jaguar) prima dată a folosit cutii de viteze automate BorgWarner cu patru viteze în anul 1962.

În perioada anilor 1980 schimbările și avansul tehnologic s-au derulat foarte repede.

Caracteristicile speciale păreau să fie focusul principal al designerilor de cutii de viteze automate. Printre acestea se numără:

- schimbarea vitezelor automată sau manuală, șoferii putând prelua controlul schimbării vitezelor când doreau ei.
- schimbarea vitezelor prin push-button (apăsare de buton), tehnologie inovatoare a celor de la Chrysler prin folosirea unui mecanism de două cabluri.
- Teletouching de la Esdel-o serie de butoane în mijlocul volanului ce comandau un motorăș electric pentru a schimba vitezele.
- schimbarea între modul de condus în mod economic sau performanță, șoferul putând comuta între cele două cu apăsarea unui buton.
- overdrive în vitezele 3 sau 4 și Over-drive 4+.

Spre sfârșitul anilor 1980, cum calculatoarele de bord încep să predomine, a fost introdus și modulul electronic pentru cutii de viteze automate, solenoizi și senzori integrați cu calculatoare de bord multiple pentru a controla schimbările de viteză în orice scenariu imaginabil.

Seria de cutii de viteze automate „Hondamatic”, create de Honda, inițial cu 2 viteze, au renăscut în 1979 și redenumite „H3” cu 3 viteze. Această cutie de viteze automată este unică prin faptul că este o cutie de viteze automată ce nu folosește angrenaje planetare. Roțile glisante realizează transmiterea mișcării de la un ax la altul. Seria de cutii de viteze automate „Hondamatic” nu este similară cu nici o altă serie de cutii de viteze automate sau manuale.

Cutii de viteze automate cu cinci, șase, șapte și chiar opt viteze sunt folosite în acest moment pe automobile.

Astfel de tehnologii sunt testate și puse pe piață într-un efort de a mări economia și eficiența automobilelor ce folosesc cutii de viteze automate [96; 113].

Mai toate modelele de mașini din ziua de azi au și opțiunea unei cutii de viteze automate, în locul celei manuale, acest lucru implicând costuri suplimentare. Însă astfel de transmisii revin standard pe autovehicule din clasa premium, unde confortul și puterea sunt mai presus de orice. De exemplu, Mercedes-Benz nu mai fabrică de ani buni mașini care au motoare mai mari de 3000 cm<sup>3</sup> cu transmisii manuale, decât la cereri speciale sau pe anumite ediții.

Chiar și pe piața europeană unde doar 20% dintre mașinile vândute în prezent sunt dotate cu transmisii automate, mentalitățile cumpărătorilor încep să se schimbe pentru că progresul tehnic și avantajele cutiei de viteze automate au înlăturat dezavantajele vechilor concepte și este tot mai dificil, până și pentru cei mai înverșunați adepți ai transmisiilor manuale, să nu-și reanalizeze opțiunile. În România, în special din considerente economice, cutia de viteze automată nu este foarte populară. [118].

## **2.2. Rolul și locul cutiilor de viteze în structura autovehiculelor**

Cutia de viteze realizează, prin valori diferite ale rapoartelor de transmitere numite trepte de viteză, acordarea posibilităților energetice ale motorului la cerințele energetice ale automobilului în mișcare cu asigurarea unor performanțe dinamice, de consum de combustibil și de poluare cât mai bune. Cutia de viteze îndeplinește funcții precum: schimbarea raportului de transmitere (ca principală caracteristică); inversor al sensului de mers al automobilului; decuplarea motorului termic de roțile motoare (punct mort). [83; 96].

Principala funcție a cutiei de viteze este modificarea forței de tracțiune și a vitezei de deplasare și asigurarea autopropulsării automobilului cu viteze reduse. Cutia de viteze cuprinde elemente a căror dispunere permite, când este necesar, inversarea sensului de rotație al arborelui de ieșire. În cazurile în care este necesară funcționarea motorului cu automobilul imobilizat, lanțul cinematic este întrerupt prin deplasarea elementelor mobile de cuplare într-o poziție neutră.

Cutia de viteze trebuie să răspundă anumitor cerințe, pentru o bună adaptabilitate a automobilului condițiilor concrete de deplasare: posibilitatea realizării unui număr cât mai mare de rapoarte de transmitere (mărirea acestora asigurând o utilizare rațională a puterii în condiții de performanță economică, dinamică și de poluare optimă pentru caracteristica motorului cu care conlucrează); construcție simplă, robustă, ușoară, cu randament mecanic ridicat și funcționare silențioasă; siguranță în exploatare și întreținere ușoară; manevrare simplă, precisă și comodă.

Clasificând cutiile de viteze după modul cum se modifică raportul de transmitere, menționăm: cutia de viteze cu variația în trepte (angrenaje de roți dințate), cu variația continuă/progresivă (cu elemente de fricțiune), sau combinată. Din punct de vedere al principiului de funcționare amintim: cutia de viteze mecanică (cea mai răspândită la construcțiile actuale), hidraulică sau cea electrică. După modul în care acționează, avem: cutia de viteze manuală (neautomată); semiautomată și cutia de viteze automată [74; 75; 76; 96].

Cutiile de viteze mecanice în trepte sunt compuse din lanțuri cinematice paralele, numeric egale cu treptele de viteză. Sunt formate din reductoare cu roți dințate și axe fixe sau mobile (planetare), care alcătuiesc mecanismul reductor al cutiilor de viteze. Funcționarea independentă a lanțurilor se realizează prin montarea în fiecare lanț, a roții cu cea mai mică turație, independentă de rotația arborelui de susținere. Cutia de viteze funcționează într-o anumită treaptă prin solidarizarea la rotație a roții libere cu arborele de susținere. Pentru solidarizare se utilizează mecanisme de cuplare a treptelor. Mecanismul de acționare asigură comanda cuplării, selectarea treptei și menținerea acesteia [91; 96].

## 12 Evoluția cutiilor de viteze automate. Caracteristicile și componența acestora-2

Cutia de viteze este o componentă din lanțul cinematic al transmisiei care permite lărgirea gamei de turații și de momente la roata motrică. Se montează, de obicei, între ambreiaj și transmisia longitudinală.

La autovehiculele construite după soluția „totul în față” sau „totul în spate” transmisia longitudinală dispare, astfel încât cutia de viteze se dispune între ambreiaj și transmisia centrală.

Cutia de viteze în cadrul sistemului de transmisie al autovehiculelor îndeplinește un rol multiplu: de amplificare al cuplului motor și de lărgire a domeniului de turație a roților motrice, peste cel acordat de limitele de turație a motorului, precum și acordarea posibilității de mers înapoi și de întrerupere a lanțului cinematic al mecanismului de transmisie, pentru staționarea autovehiculului timp îndelungat cu motorul în funcțiune.

În continuare, lucrarea va viza în special cutiile de viteze automate și caracteristicile constructiv-funcționale ale acestora.

Exemplu de cutie de viteze automată cu 8 trepte 8HP:

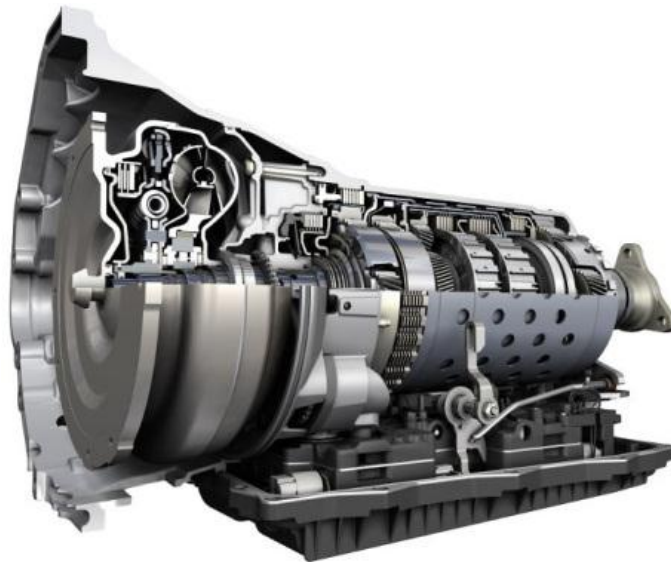


Figura 2.1. Cutia automată cu 8 trepte 8HP

Clasificarea cutiilor de viteze automate:

- În funcție de numărul de trepte de viteză: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (ultima versiune ce urmează a fi montată pe noile modele Land Rover/Range Rover )
- În funcție de dispunerea pe autovehicul:
  - Transmisie longitudinală
  - Transmisie transversală
- În funcție de tipul constructiv al cuplării motorului cu transmisia:
  - Cutii de viteze automate echipate cu convertizor de cuplu simplu (turbină, reactor, pompă-impulsor)
  - Cutii de viteze automate echipate cu convertizor de cuplu complex



### **2.3. Avantajele/Dezavantajele cutiilor de viteze automate în comparație cu cutiile de viteze manuale**

#### **Avantajele cutiei de viteze manuale**

- prețul mai mic la achiziție
- costul întreținerii mai mic (doar ulei)
- masa scăzută față de cea automată
- un posibil consum mai redus de carburant

#### **Dezavantajele cutiei de viteze manuale**

- confortul scăzut
- cost suplimentar de înlocuire a ambreiajului
- mai înceată decât cele automate
- număr limitat de viteze
- performanță scăzută

#### **Avantajele cutiei de viteze automate**

- confort sporit pentru șofer
- ușor de folosit
- ideală pentru cei cu probleme la picioare
- ajută la urcarea în rampă
- nu mai „moare” motorul
- transmite cupluri mai mari
- amplifică cuplul motor
- trecerea de la o treaptă la alta se face lin și fără șocuri
- funcționare mai silențioasă
- poate avea până la 10 viteze

#### **Dezavantajele cutiei de viteze automate**

- greutate mai mare
- întreținere mai scumpă (ulei + filtru)

Cutiile de viteze automate sunt utilizate în general pe autoturismele de clasă medie și superioară, datorită avantajelor pe care le au. Ele echipează în special autoturismele cu tracțiune integrală (4X4).

Pentru automobilele de la care se așteaptă confort sporit în timpul rulării (zgomote și șocuri reduse), conducere mai ușoară și forțe de tracțiune ridicate, este indicat să se folosească o cutie de viteze automată.

Aceasta, comparativ cu o cutie manuală, îndeplinește foarte ușor aceste cerințe datorită principiului de funcționare.

Cutiile de viteze automate sunt cutiile care realizează schimbarea treptelor de viteză fără intervenția conducătorului automobilului. Mai mult, decizia de schimbare a treptelor de viteză este luată de calculatorul electronic de control al cutiei de viteze, pe baza informațiilor provenite de la senzori (poziție pedală accelerație și viteza automobilului) [96; 113; 118].

#### **2.4. Caracteristicile și componența cutiei de viteze automate 7G Tronic**

Cutia de viteze automată 7G Tronic (722.9) poate transmite puteri de până la 200 kW și momente de până la 730 Nm, iar față de predecesorul său (cutia de viteze automată 5G Tronic) asigură o economie de 0,6 litri la 100 km.

Totodată autovehiculele echipate cu cutia de viteze automată 7G Tronic au și o putere la motor de minim 150 kW.

Transmisiile cicloidale din cadrul cutiei de viteze automate 722.9, în special sistemul planetar „Ravigneaux”, dețin ca și principale avantaje, următoarele:

- construcție compactă și de gabarit relativ redus, pentru că transferul energetic se realizează în paralel pe mai multe căi divizate, cu ajutorul grupelor de sateliți;
- fiabilitate ridicată, asigurată de condițiile favorabile de lubrificare sub presiune și de răcire prin intermediul schimbătoarelor de căldură eficiente;
- posibilitățile de realizare a unor rapoarte de transmitere în limite relativ largi.

Variatatea extrem de bogată de soluții pentru trenul epicicloidale, este datorat faptului că la cutiile de viteză automate, spre exemplu pe un singur sistem planetar „Ravigneaux”, elementele de comutație (trei cuplaje și două frâne) oferă  $2^5=32$  variante posibile de configurare.

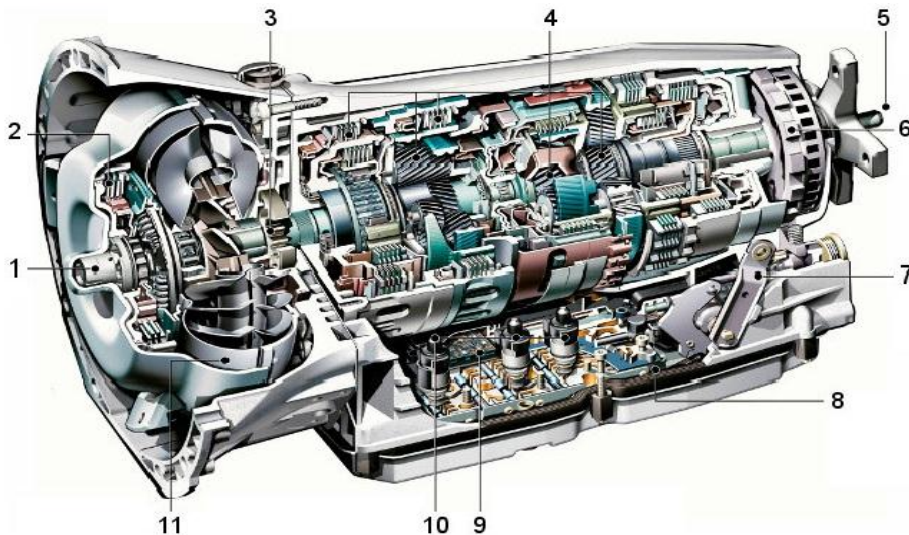
Cutia de viteze automată analizată în continuare, 7G Tronic (722.9) este compusă din mai multe subsisteme (componente):

- a) hidrotansformatul, numit și convertizorul de cuplu (en: torque converter)
- b) mecanismele planetare
- c) ambreiajele și frânele pentru cuplarea treptelor
- d) modulul electrohidraulic de comandă

Cutia automată cu 7 trepte 7G Tronic (722.9) este prezentată în figurile 2.2. și 2.3., ambele conținând legendele aferente unde sunt explicate toate elementele componente ale unei astfel de cutii de viteze automate.

Conform datelor din literatura de specialitate, cutia de viteze automată 7G-Tronic cu 7 trepte de viteză de mers înainte și 2 de mers înapoi conține trei sisteme planetare:

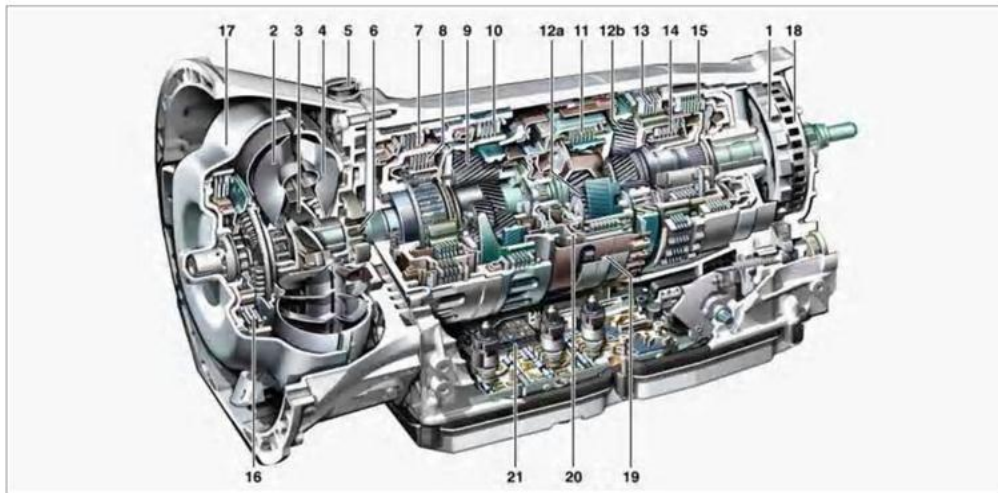
- sistemul planetar de roți dințate de tip „Ravigneaux” -9
- două sisteme planetare simple, denumite datorită poziționării lor, sistem planetar simplu față -12a (SPSF) și sistem planetar simplu spate -12b (SPSS) (figura 2.3.).



• Figura 2.2. Cutia automată cu 7 trepte 7G-tronic

1. arborele de intrare în cutia de viteze (legătura cu motorul termic)
2. ambreiajul de blocare a hidrotransformatorului cu alunecare controlată și elemente de amortizare
3. pompa de ulei pentru controlul presiunii de lucru
4. mecanismele planetare și actuatorii de schimbare a treptelor (ambreiaje și frâne multidisc)
5. arborele de ieșire din cutia de viteze (legătura cu transmisia longitudinală, cardanică)
6. sistemul de blocare pentru parcare (poziția „P” a levierului selector de programe)
7. legătura mecanică cu levierul selector de programe
8. modulul electro-hidraulic de control (conține senzori, supape electromagnetice și calculatorul cutiei de viteze)
9. modulul electronic de comandă și control (calculatorul cutiei de viteze)
10. supapele cu electromagnet (solenoid) pentru acționarea ambreiajelor și frânelor multidisc
11. hidrotransformatorul (convertizorul de cuplu)

16 Evoluția cutiilor de viteze automate. Caracteristicile și componența acestora-2



- |   |                                  |     |                                 |     |  |
|---|----------------------------------|-----|---------------------------------|-----|--|
| 1 | Roată blocare din cutie          | 9   | Grup de roți dințate Ravigneaux | 16  | Ambreiaj lock-up din convertizor                 |
| 2 | Rotor de turbină                 | 10  | Frână multidisc B3              | 16a | Pendul forță centrifugă                          |
| 3 | Roată conducătoare               | 11  | Ambreiaj multidisc K2           | 17  | Carcasă convertizor                              |
| 4 | Rotor pompă                      | 12a | Set planetare simplu față       | 18  | Inel de impuls la înregistrarea turațiilor       |
| 5 | Aerisire carcasă cutie de viteze | 12b | Set planetare simplu spate      | 19  | Magnet inelar la înregistrarea turațiilor        |
| 6 | Pompă de ulei                    | 13  | Frână multidisc BR              | 20  | Magnet inelar la înregistrarea turațiilor        |
| 7 | Frână multidisc B1               | 14  | Ambreiaj multidisc K3           | 21  | Unitate electrică de comandă (VGS)               |
| 8 | Ambreiaj multidisc K1            | 15  | Frână multidisc B2              |     |  |
|   |                                  |     |                                 | M42 | Pompă electrică pentru uleiul de cutie de viteze |
|   |                                  |     |                                 | N89 | Calculator pompă suplimentară ulei               |

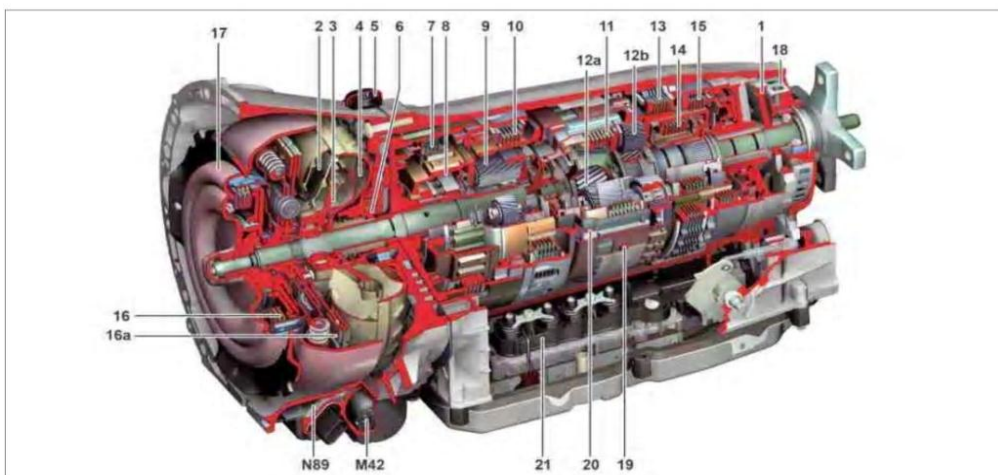


Figura2.3. Cutia de viteze automată 7G Tronic (722.9) cu cele două versiuni, sus: varianta produsă până în anul 2011; jos: varianta produsă după anul 2011

## a) Hidrotransformatorul - convertizorul de cuplu

Convertizorul de cuplu îndeplinește rolul unui ambreiaj automat. El este amplasat în fluxul de putere creat de motor, înaintea transmisiei.

O secțiune prin convertizor este redată în figura 2.4., iar schema de funcționare în figura 2.5.

El are o carcasă antrenată de arborele cotit al motorului, fiind umplută cu ulei sub presiune. Carcasa este solidarizată cu paletetele unei pompe, amplasate în fața paletetelelor unei turbine rotitoare. Între paletetele pompei și cele ale turbinei se găsește un rotor cu paletete de reacție (reactor). Convertizorul are două elemente de ieșire, respectiv, turbina și carcasa.

Turbina este pusă în mișcare, de presiunea dinamică a jetului de ulei, aruncat de paletetele pompei.

Reactorul servește la deflectarea jetului reflectat de pe paletetele turbinei pe direcția rotirii pompei, în scopul creșterii randamentului convertizorului.



Figura 2.4. Hidrotransformator – convertizor de cuplu

Dacă momentul rezistent redus la axa turbinei este mai mare decât momentul motor redus, generat de presiunea dinamică a jetului de ulei, turația turbinei rămâne în urma turației pompei.

Acest fenomen, denumit "alunecare hidrodinamică", se stabilizează automat la egalizarea momentelor.

Alunecarea hidrodinamică permite trimiterea mișcării turbinei spre transmisie fără smucituri. [67; 112].

Hidrotransformatorul este subsansamblul care transmite momentul motor cutiei de viteze, prin intermediul unui fluid de lucru, uleiul sintetic pentru transmisii automate cu codificația ATF 134 care se distinge prin culoarea roșie, caracteristică stabilită ISO 2549, având vâscozitatea cinematică la 40°C: 29,6 cSt(mm<sup>2</sup>/s) și vâscozitatea cinematică la 100 °C: 6,5 cSt(mm<sup>2</sup>/s).

În cazul în care hidrotransformatorul este deblocat, mișcarea provenită de la motorul termic nu este transmisă direct mecanic, ci hidraulic, între motor și cutia de viteze neexistând legătură mecanică.

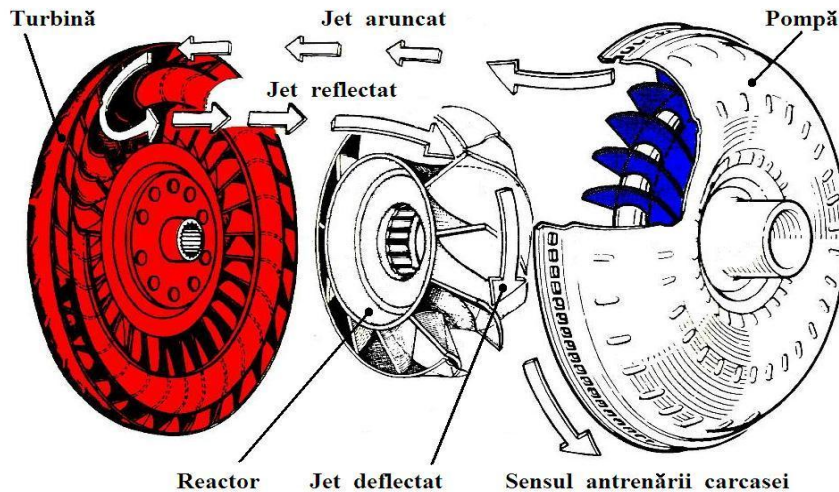


Figura 2.5. Schema de funcționare a unui convertizor de cuplu împreună cu elementele componente[112]

Convertizorul de cuplu are rol de element de cuplare progresivă, în transmisiile moderne fiind folosit doar la plecarea de pe loc (viteza automobilului < 25 km/h) și la schimbarea treptelor, după care este blocat pentru a crește randamentul transmisiei. [38].

#### b) Mecanismele planetare

Realizarea unei trepte de viteză într-o cutie de viteze automată se face prin intermediul mai multor mecanisme planetare (simple, Ravigneax sau Lepelletier), în cazul cutiei de viteze 7G Tronic, un sistem „Ravigneaux” și două sisteme planetare simple.



Figura 2.6. Platou port-sateliți

Comparativ cu o cutie de viteze manuală cu angrenaje simple, la care o treaptă de viteze se realizează de către o singură pereche de roți dințate, o cutie de viteze automată realizează o treaptă de viteze utilizând mai multe mecanisme planetare. Prin blocarea elementelor componente ale mecanismului planetar (roată dințată solară, platou port sateliți, coroană) se obțin diferite rapoarte de transmitere, care înseriate formează un raport al cutiei.

Avantajele mecanismelor planetare comparativ cu angrenajele cu roți dințate simple:

- poziționarea coaxială a arborilor de intrare și de ieșire din transmisie;
- formă constructivă simetrică, circulară;
- distribuirea cuplului și a puterii pe mai multe perechi de angrenaje în cadrul unui mecanism planetar;
- permit automatizarea mult mai ușor.

Aceste avantaje implică o mai bună echilibrare dinamică a cutiei de viteze, cu efecte benefice asupra solicitărilor din lagăre, a zgomotului și vibrațiilor din timpul funcționării. În plus, la același cuplu transmis, datorită angrenării în trei sau patru puncte ale mecanismului planetar, rezultă roți dințate mai mici, cu viteze și forțe de angrenare micșorate, construcții cu gabarite reduse, greutate și mase inerțiale mai mici, utilizarea mai rațională a spațiului disponibil de amplasare.

Rapoartele pentru treptele de viteză sunt realizate prin seturile de planetare. În cazul mecanismelor planetare numărul de trepte se obține în general, prin blocarea brațului port satelit, caz în care rezultă un tren ordinar de roți dințate, al cărui număr de trepte, se atribuie angrenajului planetar. Spre deosebire de reductoarele cicloidale convenționale, care prezintă un raport de transmitere constant, la cutiile de viteze ale automobilelor, există posibilitatea schimbării structurii și a raportului de transmitere, ca urmare a flexibilității conferite de includerea în structură a unor cuplaje și frâne cu fricțiune comandabile [38].

c) Ambreiajele și frânele pentru cuplarea treptelor

Cuplarea sau mai bine spus formarea treptelor de viteză se realizează cu ajutorul ambreiajelor și a frânelor multidisc.

Acestea au rolul de a cupla două elemente pentru a se roti cu aceeași turație (ambreiaj) sau de a bloca un element la turație zero (frână) [13; 14].



Figura 2.7. Componentele unui ambreiaj/frână multidisc

d) Modul electrohidraulic de comandă

Acționarea ambreiajelor sau a frânelor se face cu actuatoare hidraulice, controlate prin intermediul unor supape electromagnetice, de către modulul electronic de comandă (TCU-Transmission Control Unit: unitatea electronică de control a transmisiei). Modulul electronic de comandă asigură preluarea semnalelor de la senzori și de la motor (via CAN-Controller Area Network: protocol de comunicație), prelucrarea acestora și transmiterea semnalelor de comandă la elementele de execuție (actuatoarele hidraulice) [38; 114].



Figura 2.8. Modul electrohidraulic de comandă pentru cutia de viteze automată 7G Tronic

În acest tip de cutie de viteze automată sunt integrate toate funcțiile și componentele într-un modul de montaj. Prin integrarea unității electrice de comandă (VGS) în cutia de viteze se atinge o minimizare a interfețelor la cablurile electrice. Prin utilizarea componentelor optimizate ale cutiei de viteze automate, a unui ulei nou, cât și reducerea presiunii de lucru și implementarea unui software optim, reies o durată de viață crescută, consum redus de combustibil, cuplare îmbunătățită [15; 69; 70; 71].



### 3. Elemente de fiabilitate și terotehnică ale cutiilor de viteze automate

#### 3.1. Avarii posibile în funcționarea cutiilor de viteze automate

Modul de manifestare al posibilelor avarii care se pot întâlni în timpul funcționării unui autovehicul echipat cu cutie de viteze automată precum și cauzele posibile datorate unor defecțiuni ale unor componente ale acestora pot fi urmărite în tabelul 3.1.

Tabel 3.1. Principalele avarii ale cutiilor de viteze automate

Mod de manifestare avarii	Cauze/defecțiuni posibile la:						
	BH	C	IE	CC	ST	F	SRP
Șocurile la schimbările de viteze și cuplările N-D/P-R	*	*	*				
Patinaje (turarea motorului) urmate de cuplări bruște în treptele de viteză	*	*	*				
Vibrații proeminente				*			
Oscilații ale tuometrului (vitezelor)				*	*		
Dispariția treptelor de viteze superioare				*			
Nedeplasarea autovehiculului la plecarea de pe loc (atât R cât și D)				*		*	
Deplasarea greoaie asociată cu creșterea temperaturii uleiului din cutie, cavitație				*		*	
Zgomote și înfrânări ale roților							*
Plecarea de pe loc abia la turații de peste 1800 rot/min	*						

Legendă tabel 3.1.: BH-bloc hidraulic de comandă; C-calculator cutie; IE-instalație electrică; CC-convertizor cuplu; ST-senzor turație motor; F-filtru ulei; SRP-sistem de roți planetare.

### **3.2. Prelucrarea datelor privind defecțiunile care apar în cutiile de viteze automate**

Pentru a confirma principalele defecțiuni ce apar asupra cutiilor de viteze automate s-au întocmit fișe de chestionar conform figurii 3.1. în care s-au notat răspunsurile reprezentanților de service de la principalele service-uri autorizate din zona de Vest a țării.

Aceste întrebări vizează atât modelele de autoturisme echipate cu aceste cutii de viteze automate, tipul cutiilor de viteze automate, metode de diagnosticare/diagnoză, natura defecțiunilor cât și soluționarea acestora.

**FISA CHESTIONAR SERVICE**

1. Care sunt modelele de autovehicule avand in dotare cutie de viteze automata(CVA) cele mai des intrate in service?(Primele 5 pozitii, procentual)
2. Care sunt modelele de autovehicule avand in dotare cutie de viteze automata(CVA) cele mai des intrate in service cu reparatii sau interventii exclusiv/inclusiv la CVA?(Primele 10 pozitii, procentual)
3. Exemplificati si tipul de CVA cat mai amanuntit pentru aceste modele
4. Cum au fost depistate/diagnosticate defectiunile CVA?  
(Exemplificati)
5. Care este natura acestor defectiuni ale CVA?
6. Cum s-au solutionat aceste defectiuni/reparatii/interventii ale CVA?

Figura 3.1. Model de fișă chestionar service

Conform acestor fișe de chestionar s-au prelucrat următoarele date statistice:

Tabel 3.2. Date statistice extrase

<b>Tip CVA (în funcție de nr. trepte de viteză)</b>	4	5	6	7	Procentaj apariție incidente pe tip CVA			
<b>Mod de diagnosticare</b> Aparat de diagnoză computerizată	4	6	6	7	40	60	60	70
Șocuri la pornire/șocuri la cuplare/vibrații excesive	6	4	4	3	60	40	40	30
<b>Piesa defectă</b>								
Convertizor	2	2	4	3	20	20	40	30
Calculator CVA	3	2	2	3	30	20	20	30
Bloc hidraulic	2	2	2	3	20	20	20	30
Ambreiaj/frână/Sisteme roți planetare	3	4	2	1	30	40	20	10
<b>Natura defecțiunilor</b>								
Întreținere necorespunzătoare (revizii nefăcute la timp), ulei neschimbat la timp, ulei necorespunzător	2	1	3	4	20	10	30	40
Exploatare necoresp (accelerare în modul diferențial blocat sau modul reductor)	4	4	4	3	40	40	40	30
Tractare suprasarcini/Suprasarcină	4	3	3	3	40	30	30	30
<b>Soluționarea defecțiunilor</b>								
Înlocuire CVA/bloc hidraulic	1	1	2	4	10	10	20	40
Update soft	4	2	3	3	40	20	30	30
Înlocuire piese ambreiaje/frâne	4	3	2	0	40	30	20	0
Schimb ulei +filtru	1	4	3	3	10	40	30	30

### 3.3. Calculul probabilităților de apariție a defecțiunilor

În urma acestor date extrase din tabelul 3.1. și a fixării procentuale a apariției defecțiunilor în cazul celor patru tipuri de cutii de viteze automate s-a trasat și următorul grafic ce reflectă gradul de apariție al defecțiunilor majore împreună cu previziunile exponențiale ale următoarelor apariții bazate pe liniile de trend calculate.

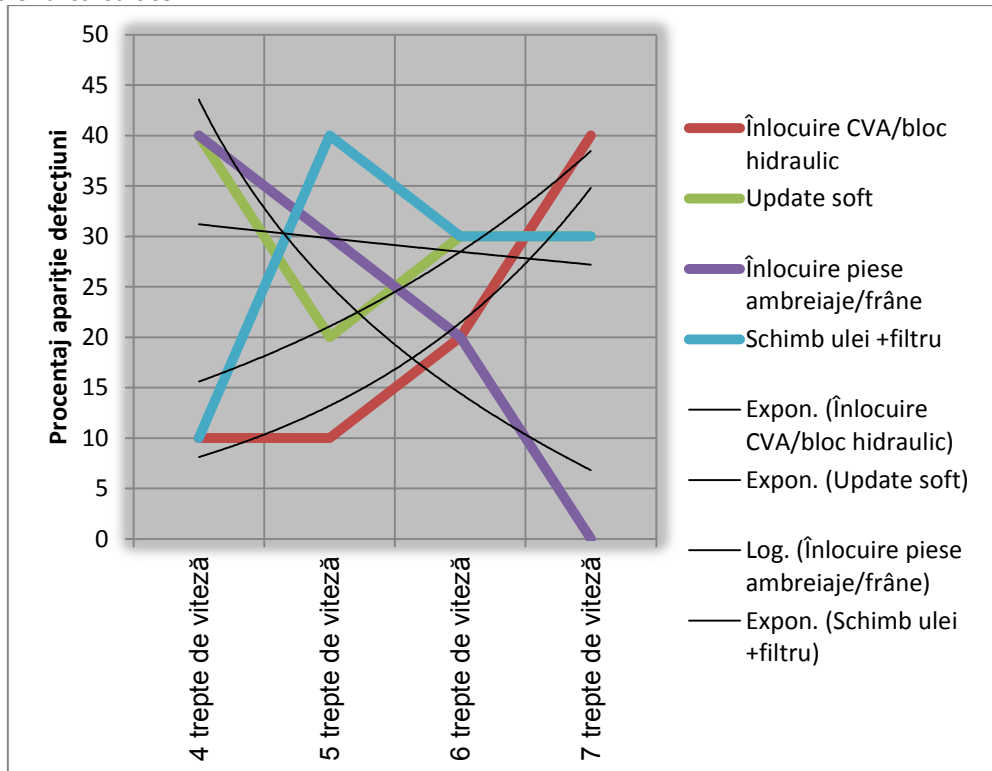


Figura 3.2. Curbele caracteristice principalelor soluționări ale defecțiunilor împreună cu liniile de trend reprezentative

Din tabelul 3.2 și figura 3.2 se pot extrage următoarele concluzii referitoare la principalele defecțiuni care apar în cazul cutiilor de viteze automate.

După cum se observă în cazul cutiilor de viteze automate cu 7 trepte de viteză soluționarea defecțiunilor se face fie prin update soft funcționare cutie de viteze, fie prin înlocuirea cutiei de viteze sau a blocului hidraulic de comandă. Acestea vin ca soluții asupra unor probleme ca întreținerea și exploatarea necorespunzătoare, tractare în suprasarcină, accelerare în modul diferențial blocat, ulei neschimbat la timp și ulei necorespunzător.

Conform acestor date extrase se poate utiliza repartiția statistică numită „Repartiția Poisson” pentru deteminarea și validarea liniilor de trend (figura 3.2.)

Repartiția Poisson -se mai numește legea evenimentelor rare și se aplică în cazul avariilor la mașini sau a accidentelor.

Se notează cu  $\lambda$  densitatea de apariție a unui eveniment în unitatea de timp, iar  $a = \lambda t$  reprezintă media aparițiilor în intervalul  $t$ . Posibilitatea apariției de  $k$  ori a evenimentului în același interval este:

$$P(X=k) = P(k) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda t} = \frac{a^k}{k!} \cdot e^{-a} \quad (3.1)$$

Legea de distribuție Poisson (3.1) [79] este considerată un caz limită de distribuție al legii binomiale și se aplică în experimentarea unor eșantioane cu număr mare de dispozitive, caracterizate prin probabilitate de defectare redusă ( $F \leq 0,1$ ).

Pentru lotul de aproximativ 100 de autoturisme luate în calcul în fișele de chestionar service, considerând că distanță medie de revizie a unei cutii de viteze automate este 150000 km, se va stabili probabilitatea de a se produce 0; 1; 2; 3; 4 defecțiuni, știind că probabilitatea de defectare a unui autovehicul, pe această distanță este 0,0025.

Notății:

$R$  – probabilitatea de bună funcționare

$N_0$  - numărul de elemente supuse încercării;

$N_0 = 100$ ;

$k = 0; 1; \dots; N_0$  - numărul de defecțiuni posibile;

$k = 0; 1; 2; 3; 4$  (extrase din tabelul 3.1. la secțiunea piesa defectă, astfel putând exista defectă, din acele patru piese majore, nici o piesă-0, una, două, trei sau patru);

$F$  – probabilitatea de defectare;

$F$  -redușă  $\leq 0,1$  și  $F$ - frecvență  $\geq 0,5$ ; în cazul de față se adoptă  $F = 0,0025$ ;

$N_0 F = a$  - numărul mediu de defectări (constant);

$a = \lambda t$ ;

Probabilitatea de a avea loc  $k$  defecțiuni se calculează astfel [79]:

$$P(k) = C_{N_0}^k F^k R^{N_0-k} = C_{N_0}^k F^k (1-F)^{N_0-k} \quad (3.2)$$

Relația 3.2 reprezintă legea repartiției binomiale

Pentru  $N_0 = 100$ ;

$F = 0,0025$ ;

$k = 0; 1; 2; 3; 4$ .

Relația probabilității devine:

$$P(k) = C_{100}^k \cdot 0,0025^k (1-0,0025)^{100-k} \quad (3.3)$$

Pentru probabilitatea de a nu avea nici o defecțiune (primul termen al dezvoltării binomului):

$$C_{N_0}^0 R^{N_0} F^0 \quad (3.4)$$

Pentru probabilitatea de a avea 1 defecțiune (al doilea termen):

$$C_{N_0}^1 R^{N_0-1} F^1 \quad (3.5)$$

Pentru probabilitatea de a avea 2 defecțiuni (al treilea termen):

$$C_{N_0}^2 R^{N_0-2} F^2 \quad (3.6)$$

Pentru probabilitatea de a avea 3 defecțiuni (al patrulea termen):

$$C_{N_0}^3 R^{N_0-3} F^3 \quad (3.7)$$

Pentru probabilitatea de a avea 4 defecțiuni (al cincilea termen):

$$C_{N_0}^4 R^{N_0-4} F^4 \quad (3.8)$$

Tabel 3.3. Datele semnificative ale calculelor (legea de distribuție binomială)

<b>k</b>	<b><math>C_{100}^k</math></b>	<b><math>0,0025^k</math></b>	<b><math>(1-F)^{100-k} = 0.9975^{100-k}</math></b>	<b>P(k)</b>
0	1,0000	1,0000	0,7785	0,7785
1	100,0000	0,0025	0,7805	0,1951
2	4950.000	$6,2500 \cdot 10^{-6}$	0,7824	0,02407
3	$1,6170 \cdot 10^6$	$1,5000 \cdot 10^{-6}$	0,7844	0,0019
4	$3,9212 \cdot 10^6$	$3,9062 \cdot 10^{-11}$	0,7863	$1,2 \cdot 10^{-4}$

P(k) – probabilitatea de a surveni k defecțiuni

Pentru calcule se adoptă ca referință legea binomială peste care se adaugă și se apelează legea repartiției Poisson, cu  $a=N_0 \cdot F = 0,25 = \lambda t$  și  $e \cong 2,71$ ;

$$P(k) = \frac{a^k}{k!} \cdot e^{-a} \quad (3.9)$$

Pentru  $k=0$ , legea repartiției Poisson devine:

$$P(0) = e^{-\lambda t} \quad (3.10)$$

Pentru probabilitatea de a avea 1 defecțiune ( $k=1$ ):

$$P(1) = \frac{a^1}{1!} \cdot e^{-a} \quad (3.11)$$

Pentru probabilitatea de a avea 2 defecțiuni ( $k=2$ ):

$$P(2) = \frac{a^2}{2!} \cdot e^{-a} \quad (3.12)$$

Pentru probabilitatea de a avea 3 defecțiuni ( $k=3$ ):

$$P(3) = \frac{a^3}{3!} \cdot e^{-a} \quad (3.13)$$

Pentru probabilitatea de a avea 4 defecțiuni ( $k=4$ ):

$$P(4) = \frac{a^4}{4!} \cdot e^{-a} \quad (3.12)$$

Tabel 3.4. Compararea legilor binomiale și Poisson

Relația	k=0	k=1	K=2	k=3	k=4
Binomială P(k)	0.7785	0.1951	0.02407	0.0019	$1.2 \cdot 10^{-4}$
Poisson P(k)	0,7788	0,1947	0,0243	0,002	$1,26 \cdot 10^{-4}$

Se constată că pentru valorile lui k se obțin, prin cele două metode, rezultate apropiate.

Totodată se observă că în ambele cazuri probabilitatea de a surveni k defecțiuni este destul de redusă, având chiar valori subunitare. Toate acestea demonstrează, în general că fiabilitatea cutiilor de viteze automate este relativ ridicată.

## 4. Analiza teoretică și experimentală a construcției și funcționării cutiilor de viteze automate

### 4.1. Analiza cinematică a cutiei de viteze automate cu trei trepte de viteză

Pentru a face o analiză cât mai amplă a cinematicii cutiilor de viteze automate am evidențiat câteva modele de referință pentru cutii de viteze automate. Astfel, pornind de la cutiile de viteze automate cu trei trepte de viteză și continuând cu cele cu patru viteze, realizăm în cele din urmă un calcul cinematic și o evaluare a solicitărilor treptei de viteză ale cutiei de viteze automate cu șapte trepte de viteză, mai precis pentru modelul 7G Tronic.

Pentru obținerea a trei trepte de viteză la mersul înainte și a uneia la mersul înapoi, în cazul studiat se utilizează trenul cicloidal de roți dințate propus de „Simpson” (figura 4.1.).

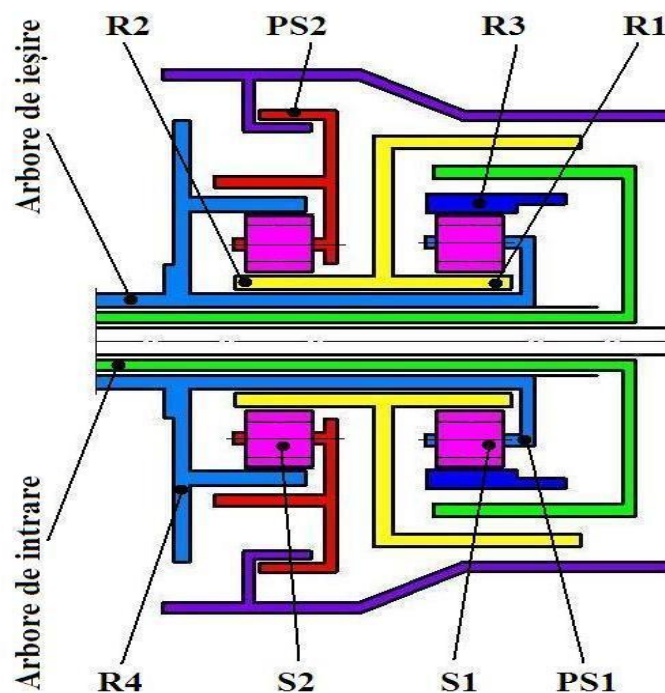


Figura 4.1. Tren cicloidal de roți dințate „Simpson”

Acesta se compune din patru roți centrale R1, R2, R3, R4, doi portsateți PS1, PS2 și două roți dințate satelit S1 și S2.

Roțile R1 și R2 sunt realizate solidar, pe același butuc. De asemenea, între portsatelitul PS1 și roata R4 există o îmbinare rigidă.

Conform [65; 67]:

Numerele de dinți ale roților sunt:  $Z_{R1}=Z_{R2}=31$ ,  $Z_{R3}=Z_{R4}=62$  și  $Z_{S1}=Z_{S2}=16$ .

Elementele de intrare ale transmisiei sunt diferite combinații de câte două ale elementelor R1, R2, R3 și PS2 iar elementul de ieșire este coroana R4.

Raportul de transmitere pentru treapta de viteză 1 ( $i_1$ ):

$$i_1 = 2 + \frac{Z_{R1}}{Z_{R3}} = 2,5 \quad (4.1)$$

Raportul de transmitere pentru treapta de viteză 2 ( $i_2$ ):

$$i_2 = 1 + \frac{Z_{R1}}{Z_{R3}} = 1,5 \quad (4.2)$$

Raportul de transmitere pentru treapta de viteză 3 ( $i_3$ ):

$$i_3 = 1 \quad (4.3)$$

Raportul de transmitere pentru treapta de mers înapoi R ( $i_R$ ):

$$i_R = -\frac{Z_{R4}}{Z_{R2}} = -2 \quad (4.4)$$

În tabelul 4.1. se prezintă rapoartele de transmitere realizate în diferite combinații ale elementelor de intrare. Prin starea „1” s-a notat elementul antrenat, iar prin starea „0”, elementul aflat în repaus [65; 67].

Tabel 4.1. Rapoartele de transmitere pentru cutia de viteză automată cu trei trepte dotată cu tren cicloidal Simpson

Treapta de viteză		Raport de transmitere		Stările de mișcare ale elementelor de intrare			
		Relație	Valoare	R1	R2	R3	PS2
Mers înainte	1	$i_1 = 2 + \frac{Z_{R1}}{Z_{R3}}$	2,5	-	1	-	0
	2	$i_2 = 1 + \frac{Z_{R1}}{Z_{R3}}$	1,5	0	-	1	-
	3	$i_3 = 1$	1	1	-	1	-
Mers înapoi		$i_R = -\frac{Z_{R4}}{Z_{R2}}$	-2	-	1	-	0

Astfel, conform tabelului 4.1. se poate observa fiecare element aflat în mișcare și fiecare element aflat în repaus, prin acest considerent efectuându-se calculul pentru fiecare raport de transmitere în parte.

Cu toate că, din punct de vedere constructiv, cutia de viteze automată în trei trepte oferea o construcție simplă și după cum se poate observa și o cinematică simplă (ecuațiile 4.1, 4.2, 4.3, 4.4) diferența semnificativă între valorile rapoartelor de transmitere o fac o cutie de viteză automată cu un consum energetic ridicat, prin urmare și un consum de combustibil ridicat. Totodată, conform tabel 4.1, această cutie de viteze automată în trei trepte nu conține nici un raport de transmitere cu valoare subunitară, adică raport de transmitere amplificator, conferindu-i un dezavantaj prin lipsa aproape totală a economiei de combustibil.



#### 4.2. Analiza cinematică a cutiei de viteze automate cu patru trepte

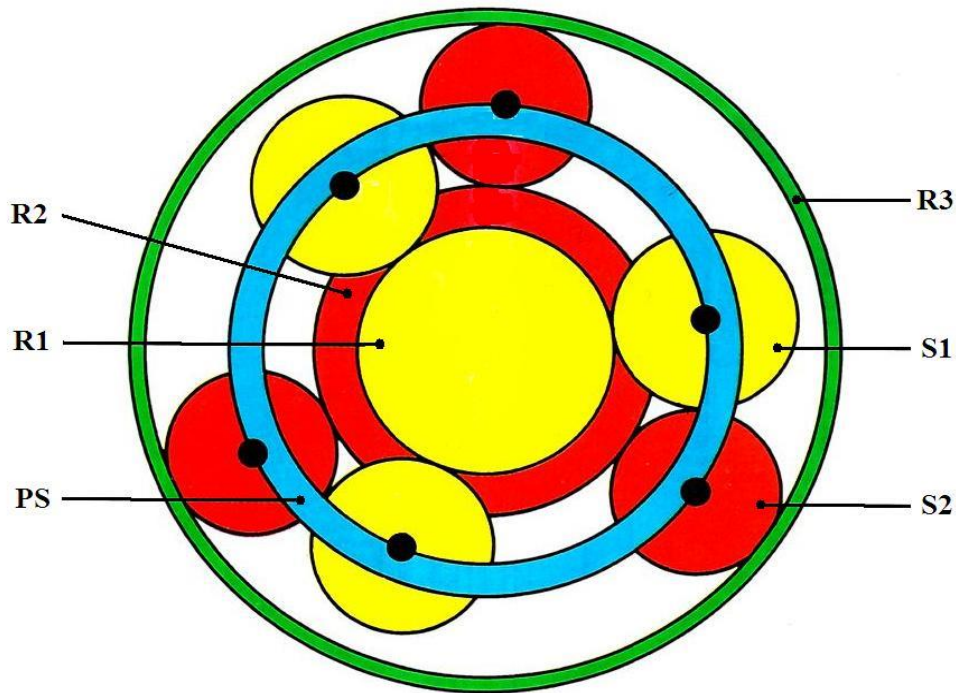


Figura 4.2. Sistem de roți planetare „Ravigneaux”

În figura 4.2. se pot identifica următoarele elemente: două roți centrale  $R_1$  și  $R_2$ , coroana  $R_3$ , un portsatelit PS și două roți satelit  $S_1$  și  $S_2$ .

Un sistem planetar de roți dințate de tip „Ravigneaux” realizează patru trepte de mers înainte și una de mers înapoi. Elementele de intrare sunt diferite combinații de câte două ale elementelor  $R_1$ ,  $R_2$  și PS, iar elementul de ieșire este coroana  $R_3$ , cu dantură interioară [63; 65; 67].

Principalele avantaje ale acestui sistem de roți planetare de tip „Ravigneaux” sunt:

- construcție compactă și de gabarit redus, pentru că transferul energetic se realizează în paralel pe mai multe căi divizate;
- posibilități de realizare a unor rapoarte de transmitere în limite relative largi;
- fiabilitate ridicată, asigurată de condițiile favorabile de lubrificare [38].

Pentru analiza cinematică a cutiei de viteze automate cu patru trepte am ales o cutie de viteze automată Renault A R4 cu patru trepte de mers înainte și o treaptă de mers înapoi.

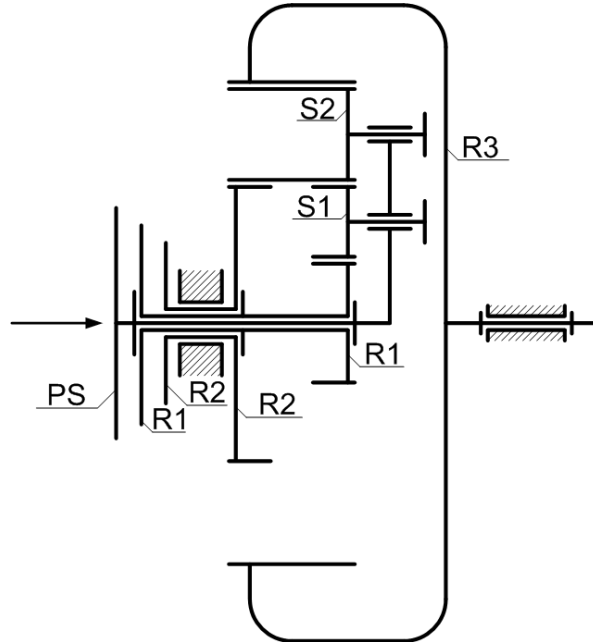


Figura 4.3. Schema cinematică a unui set de roți planetare „Ravigneaux”

Pentru determinarea raportului de transmitere al transmisiilor planetare sunt utilizate trei metode cunoscute:

- metoda inversării mișcării (metoda Willis) și a transformării transmisiei planetare în transmisie ordinară cu axe fixe;
- metoda descompunerii mișcării compuse în mișcări simple (regula Swamp);
- metoda grafo-analitică (metoda centrelor instantanee sau metoda Kutzbach).

Cel mai larg folosită este metoda lui Willis[17].

Treapta 1: PS-fix, R<sub>1</sub>-intrare, R<sub>2</sub>- liber

Treapta a 2-a: PS-liber, R<sub>1</sub>-intrare, R<sub>2</sub>- fix

Treapta a 3-a: PS-liber, R<sub>1</sub>-intrare, R<sub>2</sub>- intrare

Treapta a 4-a: PS-intrare, R<sub>1</sub>-liber, R<sub>2</sub>- fix

Treapta mers înapoi: PS-fix, R<sub>1</sub>-liber, R<sub>2</sub>- intrare

În continuare am calculat, în funcție de numerele de dinți rapoartele de transmitere pe fiecare treaptă de viteză.

Calcul cinematic al treapei întâi:

Raportul de transmitere dintre roata R<sub>1</sub> și roata R<sub>3</sub> se determină ca raport dintre vitezele unghiulare  $\bar{\omega}_{R_1}$ , respectiv  $\bar{\omega}_{R_3}$ .

$$\frac{\bar{\omega}_{R_1}}{\bar{\omega}_{R_3}} = \left( + \frac{Z_{R_3}}{Z_{S_2}} \right) \cdot \left( - \frac{Z_{S_2}}{Z_{S_1}} \right) \cdot \left( - \frac{Z_{S_1}}{Z_{R_1}} \right) = \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_1}} = i_1 \quad (4.5)$$

Pentru treapta a doua:

Se constituie tabelul cu starea de mișcare a elementelor folosind metoda Willis (metoda inversării mișcării):

Tabel 4.2. Tabel Metoda Willis

Mișcare Element rotație	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> (fix)	PS	R <sub>2</sub>
Reală	$\overline{\omega}_{R_1}$	0	$\overline{\omega}_{PS}$	$\overline{\omega}_{R_3}$
Cu $-\omega_{PS}$ suprapus	$\overline{\omega}_{R_1} - \overline{\omega}_{PS}$	$-\overline{\omega}_{PS}$	0	$\overline{\omega}_{R_3} - \overline{\omega}_{PS}$

De la trenul de roți dințate cicloidal de tip planetar se face trecerea la un tren de roți dințate ordinar prin imobilizarea portsatelitului (ecuația 4.6):

$$\frac{\overline{\omega}_{R_1} - \overline{\omega}_{PS}}{-\overline{\omega}_{PS}} = \left(-\frac{Z_{R_2}}{Z_{S_2}}\right) \cdot \left(-\frac{Z_{S_2}}{Z_{S_1}}\right) \cdot \left(-\frac{Z_{S_1}}{Z_{R_1}}\right) = -\frac{Z_{R_2}}{Z_{R_1}} \quad (4.6)$$

$$\frac{\overline{\omega}_{R_1}}{-\overline{\omega}_{PS}} + 1 = -\frac{Z_{R_2}}{Z_{R_1}} \quad (4.7)$$

$$\frac{\overline{\omega}_{R_1}}{\overline{\omega}_{PS}} = 1 + \frac{Z_{R_2}}{Z_{R_1}} \quad (4.8)$$

Din nou se redă același calcul conform tabelului Willis, însă de această dată intrarea se face pe la roata R<sub>3</sub>:

$$\frac{\overline{\omega}_{R_3} - \overline{\omega}_{PS}}{-\overline{\omega}_{PS}} = \left(-\frac{Z_{R_2}}{Z_{S_2}}\right) \cdot \left(+\frac{Z_{S_2}}{Z_{R_3}}\right) = -\frac{Z_{R_2}}{Z_{R_3}} \quad (4.10)$$

$$\frac{\overline{\omega}_{R_3}}{\overline{\omega}_{PS}} - 1 = \frac{Z_{R_2}}{Z_{R_3}} \quad (4.11)$$

$$\frac{\overline{\omega}_{R_3}}{\overline{\omega}_{PS}} = 1 + \frac{Z_{R_2}}{Z_{R_3}} \quad (4.12)$$

Revenind la raportul de transmitere pentru treapta a doua:

$$i_2 = \frac{\overline{\omega}_{R_1}}{\overline{\omega}_{R_3}} = \frac{1 + \frac{Z_{R_2}}{Z_{R_1}}}{1 + \frac{Z_{R_2}}{Z_{R_3}}} = \frac{\frac{Z_{R_1} + Z_{R_2}}{Z_{R_1}}}{\frac{Z_{R_2} + Z_{R_3}}{Z_{R_3}}} = \frac{Z_{R_1} + Z_{R_2}}{Z_{R_2} + Z_{R_3}} \cdot \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_1}} \quad (4.13)$$

Calculul treptei a treia :

$$\overline{\omega}_{R_1} = \overline{\omega}_{R_3}; \quad \frac{\overline{\omega}_{R_1}}{\overline{\omega}_{R_3}} = 1 = i_3 \quad (4.14)$$

Calculul treptei a patra se face utilizând metoda Willis din nou (Tabel 4.2.) însă pentru această treaptă elementul de intrare este PS, deci relația devine următoarea:

$$\frac{-\overline{\omega}_{PS}}{\overline{\omega}_{R_3} - \overline{\omega}_{PS}} = \left(+\frac{Z_{R_3}}{Z_{S_2}}\right) \cdot \left(-\frac{Z_{S_2}}{Z_{R_2}}\right) = -\frac{Z_{R_3}}{Z_{R_2}} \quad (4.16)$$

$$\frac{\overline{\omega}_{R_3} - \overline{\omega}_{PS}}{-\overline{\omega}_{PS}} = -\frac{Z_{R_2}}{Z_{R_3}} \quad (4.17)$$

$$-\frac{\overline{\omega}_{R_3}}{\overline{\omega}_{PS}} = -\frac{Z_{R_2}}{Z_{R_3}} - 1 \quad (4.18)$$

$$\frac{\overline{\omega}_{PS}}{\overline{\omega}_{R_3}} = \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_3} + Z_{R_2}} = i_4 \quad (4.19)$$

Calculul treptei de viteză de mers înapoi:

$$\frac{\overline{\omega}_{R_2}}{\overline{\omega}_{R_3}} = \left( + \frac{Z_{R_3}}{Z_{S_2}} \right) \cdot \left( - \frac{Z_{S_2}}{Z_{R_2}} \right) = - \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_2}} = i_R \quad (4.20)$$

Având numerele de dinți ale roților dințate pentru sistemul „Ravigneaux” al cutiei de viteze automată Renault A R4 putem foarte ușor verifica rapoartele de transmitere pe treptele de viteză.

Se cunosc:  $z_{R_1}=21$ ,  $z_{R_2}=27$ ,  $z_{R_3}=57$ ,  $z_{S_1}=15$ ,  $z_{S_2}=14$

Rezultă următoarele relații de calcul pentru stabilirea valorilor rapoartelor de transmitere:

$$i_1 = \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_1}} = 2,71 \quad (4.21)$$

$$i_2 = \frac{Z_{R_1} + Z_{R_2}}{Z_{R_2} + Z_{R_3}} \cdot \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_1}} = 1,55 \quad (4.22)$$

$$i_3 = \frac{\overline{\omega}_{R_1} = \overline{\omega}_{R_2}}{\overline{\omega}_{R_3}} = 1 \quad (4.23)$$

$$i_4 = \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_3} + Z_{R_2}} = 0,68 \quad (4.24)$$

$$i_R = - \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_2}} = -2,11 \quad (4.25)$$

Tabel 4.3. Treptele de viteză și rapoartele de transmitere pentru cutia de viteze automată cu patru trepte

Treapta de viteză		Raport de transmitere		Stările de mișcare ale elementelor de intrare		
		Relație	Valoare	R1	R2	PS
Mers înainte	1	$i_1 = \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_1}}$	2,71	1	-	0
	2	$i_2 = \frac{Z_{R_1} + Z_{R_2}}{Z_{R_2} + Z_{R_3}} \cdot \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_1}}$	1,55	1	0	-
	3	$i_3 = 1$	1	1	1	-
	4	$i_4 = \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_3} + Z_{R_2}}$	0,68	-	0	1
Mers înapoi		$i_R = - \frac{Z_{R_3}}{Z_{R_2}}$	-2,11	-	1	0

În conformitate cu tabelul 4.3., această cutie de viteze automată în patru trepte conține un singur raport de transmitere amplificator, conferindu-i consum redus energetic pe treapta a patra de viteză.

### 4.3. Analiza cinematică a cutiei de viteze automate 7G Tronic

Conform datelor din literatura de specialitate, cutia de viteze automată 7G Tronic cu 7 trepte de viteză de mers înainte și 2 de mers înapoi se împarte în trei sisteme planetare: sistemul planetar de roți dințate de tip „Ravigneaux” și două sisteme planetare simple, denumite datorită poziționării lor: sistem planetar simplu față - SPSF și sistem planetar simplu spate - SPSS (Figura 4.4.).

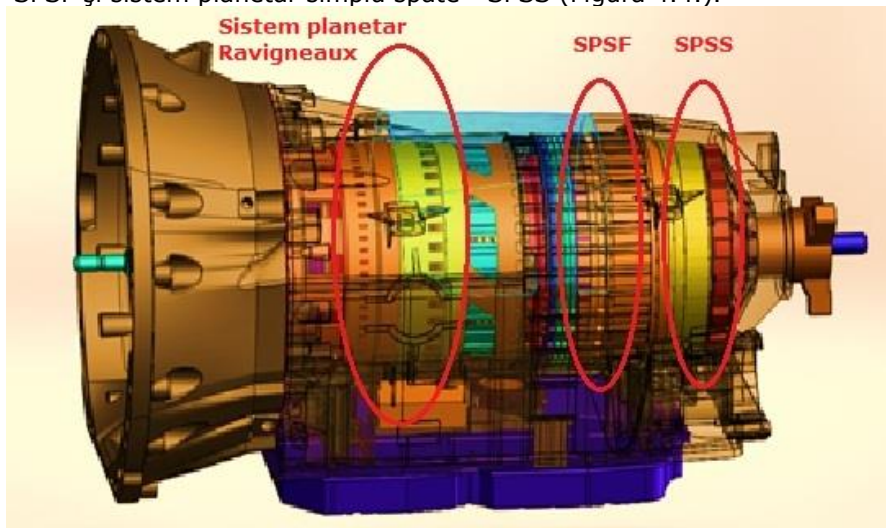


Figura 4.4. Cutia de viteze automată 7G Tronic

Pentru o transmisie planetară simplă există 3 cazuri distincte de rapoarte de transmitere reductoare și trei rapoarte de transmitere finale amplificatoare. Din aceste două cazuri două au rol inversor, pentru efectuarea treptelor de viteze de mers înapoi.

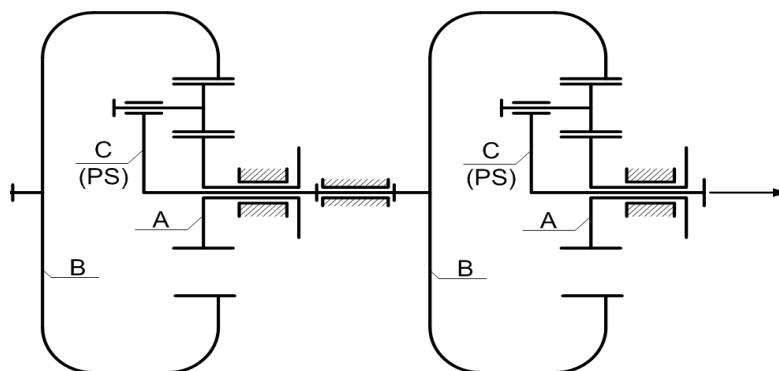


Figura 4.5. Sistem planetar simplu față SPSF și sistem planetar simplu spate SPSS (A-roată solară centrală, B-coroană, C<PS>-portsatelit)

Cunoscând din prospectul cutiei de viteze 7G Tronic și din datele tehnice ale autovehiculelor studiate ce sunt echipate cu această cutie de viteze automată valorile rapoartelor de transmitere pe fiecare treaptă, în cazul de față se poate extrage ca raport final al celor două sisteme planetare simple, SPSF și SPSS din divizarea rapoartelor de transmitere astfel:

$$i_{\text{Final}} = \frac{i_{1\ 7G}}{i_{14R}} = \frac{4,377}{2,71} \cong 1,617$$

$$i_{\text{Final}} = \frac{i_{R1}}{i_{R\ 4R}} = \frac{-3,416}{-2,11} \cong 1,617$$

Această valoare este compusă la rândul ei din valorile rapoartelor de transmitere date de cele două sisteme de roți planetare simple.

În cazul în care se utilizează un sistem planetar simplu reductor, formula de calcul pentru un astfel de sistem planetar simplu reductor este [38]:

$$i = 1 + \frac{Z_A}{Z_B} \quad (4.26)$$

pentru un sistem planetar simplu reductor cu raportul  $1,25 \leq i \leq 1,67$ , iar în cazul cutiei de viteze 7G Tronic având ca raport de transmitere final  $i_{\text{Final}} = 1,617$  pe ambele sisteme planetare simple rezultă ca individual pentru un sistem planetar simplu:

$$i_{\text{SPSF}} = i_{\text{SPSS}} = \sqrt{i_{\text{Final}}} \quad (4.27)$$

De unde reiese că  $i_{\text{SPSF}} = i_{\text{SPSS}} = \sqrt{1,617} = 1,272$ .

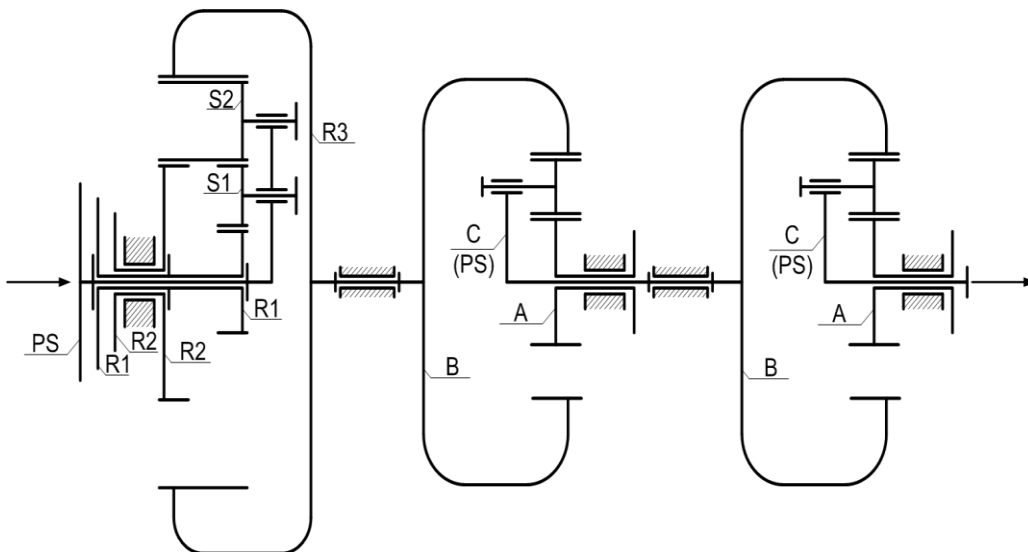


Figura 4.6. Schema cinematică cu cele trei sisteme planetare ale cutiei de viteze automată 7G Tronic

Conform acestor date și figurilor 4.5 și 4.6. putem observa că atât pentru sistem planetar simplu față cât și pentru sistemul planetar simplu spate intrarea în sistem se face pe la coroana dințată notată cu B în ambele cazuri, ieșirea pe la brațul portsatelit notat prin litera C, iar elementul blocat, roata centrală solară,

detaliată prin litera A, folosind aceleași notații pentru ambele sisteme planetare simple.

Comparând datele din tabelul 4.4. se pot observa compunerile rapoartelor de transmitere ale cutiei de viteze 7G Tronic prin sistemul planetar „Ravigneaux” al cărui calcul cinematic este stabilit anterior pentru cutia de viteze automată în patru trepte Renault A R4 și combinații ale unuia, a două sisteme planetare simple, sau nici unuia.

Tabel 4.4. Comparație între rapoartele de transmitere ale unui sistem planetar „Ravigneaux” și cele ale cutiei de viteze automate 7G Tronic

Relații calcul rapoarte transmitere 7G Tronic în funcție de sistemul „Ravigneaux”	Valori calculate	Rapoarte cutie 7G Tronic	Rapoarte cutie Renault A R4 („Ravigneaux”)
$i_{1\ 7G} = i_{Final} \cdot i_{1\ 4R}$	$i_{1\ 7G} = 4,377 \cong 1,617 \cdot 2,71$	$i_1 = 4,377$	$i_{1\ 4R} = 2,71$
$i_{2\ 7G} = i_{SPSS} \cdot i_{1\ 4R}$	$i_{2\ 7G} = 2,859 \cong 1,272 \cdot 2,71$	$i_2 = 2,859$	
$i_{3\ 7G} = i_{SPSS} \cdot i_{2\ 4R}$	$i_{3\ 7G} = 1,921 \cong 1,272 \cdot 1,55$	$i_3 = 1,921$	$i_{2\ 4R} = 1,55$
$i_{4\ 7G} = i_{2\ 4R}$	$i_{4\ 7G} = 1,368 \cong 1,55$	$i_4 = 1,368$	
$i_{5\ 7G} = i_{3\ 4R}$	$i_5 = 1$	$i_5 = 1$	$i_{3\ 4R} = 1$
$i_6 = i_{SPSF} \cdot i_{4\ 4R}$	$i_6 = 0,821 \cong 1,272 \cdot 0,68$	$i_6 = 0,821$	$i_{4\ 4R} = 0,68$
$i_7 = i_{4\ 4R}$	$i_7 = 0,728 \cong 0,68$	$i_7 = 0,728$	
$i_{R1} = i_{Final} \cdot i_{R\ 4R}$	$i_{R1} = -3,416 \cong 1,617 \cdot (-2,11)$	$i_{R1} = -3,416$	$i_{R\ 4R} = -2,11$
$i_{R2} = i_{R\ 4R}$	$i_{R2} = -2,23 \cong -2,11$	$i_{R2} = -2,23$	

Totodată, conform revistei [www.gearsmagazine.com](http://www.gearsmagazine.com) [116] în secțiunea Gear Ratios, se prezintă un algoritm de calcul ce redă în funcție de rapoarte de

transmitere date numerele de dinți aferente roților dințate aparținătoare sistemelor de roți planetare.

Același algoritm de calcul funcționează și în sens invers. Pentru numere de dinți folosite ca date inițiale se pot calcula valorile rapoartelor de transmitere rezultate prin angrenarea roților aparținătoare sistemelor de roți planetare.

Conform figurii 4.7. se poate observa că se pot optimiza seturile de roți planetare ale SPSF și SPSS cu următoarele numere de dinți: 71, 14, 28, 60.

Ravigneaux Tooth Counts		Simpson Tooth Counts	
Small Sun Gear	21	Input Ring Gear	71
Large Sun Gear	27	Input Sun Gear	14
Ring Gear	57	Reaction Sun Gear	28
		Reaction Ring Gear	60
Ratios		Ratios	
First Gear	2.71	First Gear	1.62
Second Gear	1.55	Second Gear	1.20
Third Gear	1.00	Third Gear	1.00
Fourth Gear	0.68	Reverse	2.14
Reverse	2.11		

Figura 4.7. Numărul de dinți în funcție de rapoarte de transmitere date [116]

#### 4.4. Evaluarea solicitărilor corespunzătoare treptei întâi de viteză

Pentru calcul solicitărilor se alege automobilul echipat cu cutia de viteze 7G Tronic care are momentul maxim,  $M_{\max}=500$  Nm.

Pentru acest calcul am ales două roți aflate în angrenaj, aparținătoare sistemului planetar „Ravigneaux” pentru care raportul de transmitere este cel maxim, corespunzător treptei întâi de viteză,  $i_{1,7G}=4,377$  și momentul transmis este maxim. Se fac verificări la încovoiere și la presiune de contact, rezultând totodată numărul optim de solicitări la care este supus un dinte între două reparații capitale.

Dimensionarea preliminară:

Se cunoaște momentul maxim  $M_{\max}=500$  Nm și raportul de transmitere  $i_1=4,377$  cel mai mare. Conform acestui moment  $M_{\max}$ , se stabilește distanța dintre axele celor două roți dințate pentru treapta 1 ca fiind [83]:

$$C=40 \cdot \sqrt[3]{M_{\max}} \text{ [mm]} \quad (4.28)$$

Obținând pentru C valoarea  $C=147,361126$ , din condiția că  $a_{STAS} \geq a_w$ , obținem  $a_{w \text{ final}}=160$  mm. =C.



Deoarece evaluarea de solicitări ale cutiei de viteze automate 7G Tronic se face pentru solicitări extreme, am ales pentru calcul doar treapta 1, treaptă în care există raportul de transmitere maxim, pentru care deja se cunoaște un număr de dinți aparținând seturilor de roți planetare,  $z_1=28$ .

Utilizând relația de definire a raportului de transmitere

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} \quad (4.29)$$

am obținut  $z_2=122.56$ , care devine  $z_2=123$ , numărul de dinți ai celei de-a doua roți aflate în angrenare.

În continuare, se calculează modulul normal al celor două roți etalon aflate în angrenare cu relația 4.30

$$m_{n1} = \frac{2 \cdot a_w \cdot \cos(\beta_1)}{z_1 + z_2} \quad (4.30)$$

unde  $a_w$  este distanța dintre axe preliminară,  $\beta_1$ , unghiul de înclinare al danturii,  $m_{n1}$ , modulul normal al danturii.

În urma calculului rezultă  $m_{n1}=2,021428$ . Din STAS se alege  $m_{n1}=2$ .

Având calculat modulul normal se verifică din nou distanța dintre axe:

$$a_1 = m_{n1} \cdot \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \cos(\beta_1)} \quad (4.31)$$

Din relația 4.31 rezultă  $a_1=158,303947$ . Se alege distanța standardizată dintre axe  $a_w$ . Se observă  $a_1=a_w=c=160$  mm.

În vederea încadrării în contururile de blocare, sau pentru a nu intra în zona interzisă a diagramelor utilizate la împărțirea coeficientului de deplasare însumat, pe cele două roți în angrenare și în vederea realizării unei deplasări pozitive suficient de mari pentru a beneficia de avantajele realizate de aceasta, se recomandă ca abaterea de la distanța dintre axe să nu depășească 1,5%.

$$\frac{a_w - a_1}{a_w} \cdot 100 = 1,060033 \% \quad (4.32)$$

Conform SR ISO 53:2011, unghiul de presiune de referință normal,  $\alpha_n = 20^\circ$ . Cunoscând raportul de transmitere pentru care se face calculul în condiții de încărcare maximă,  $i_1 = 4,377$  și unghiul de înclinare al danturii  $\beta_1 = 18^\circ$ , se calculează unghiul de angrenare frontal:

$$\alpha_{t1} = \tan^{-1} \left( \frac{\tan(\alpha_n)}{\cos(\beta_1)} \right), \quad (4.33)$$

rezultând ca valoare  $\alpha_{t1} = 20,942^\circ$ .

La angrenajele deplasate pozitiv unghiul de angrenare în plan frontal crește. Valoarea acestuia nu trebuie să depășească  $24^\circ$ .

Unghiul de înclinare frontal:

$$\alpha_{tw1} = \cos^{-1} \left( \frac{a_1}{a_w} \cdot \cos(\alpha_{t1}) \right) \quad (4.34)$$

rezultând ca valoare  $\alpha_{tw1} = 22,475^\circ$ .

Variația raportului de angrenare nu trebuie să fie mai mare de 1,5 % față de valoarea teoretică.

$$u_{ef1} = \frac{z_2}{z_1} \quad (4.35)$$

$u_{ef1} = 4,377$ .

De unde rezultă,

$$\frac{i_1 - u_{ef1}}{i_1} \cdot 100 = \frac{4,377 - 4,377}{4,377} \cdot 100 = 0 \quad (4.36)$$

Din acest considerent, în continuare, se calculează numărul echivalent de dinți

$$z_{v1} = \frac{z_1}{\cos(\beta_1)} \quad (4.37)$$

$z_{v1} = 29,440942$ .

$$z_{v2} = \frac{z_2}{\cos(\beta_1)} \quad (4.38)$$

$z_{v2} = 128,863004$ .

Urmând ca mai apoi să se calculeze pasul dinților în funcție de modulul prestabilit anterior

$$p = \pi \cdot m_{n1} \quad [\text{mm}] \quad (4.39)$$

$p = 6,238$ .

Se stabilește totodată și coeficientul frontal și normal al deplasărilor de profil:

-coeficientul frontal al deplasărilor însumate

$$x_{ts1} = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \tan(\alpha_{t1})} \cdot \{[\tan(\alpha_{tw1}) - \alpha_{tw1}] - [\tan(\alpha_{t1}) - \alpha_{t1}]\} \quad (4.40)$$

$x_{ts1} = 0,835041$ ;

-coeficientul normal al deplasărilor însumate

$$x_{ns1} = \frac{x_{ts1}}{\cos(\beta_1)} \quad (4.41)$$

$x_{ns1} = 0,878014$ ;

-coeficientul normal al pinionului (se alege după criteriul alunecărilor specifice egalizate în funcție de raportul de transmitere)

$x_{n1} = 0,36$ ;

-coeficientul normal al roții

$$x_{n2} = x_{ns1} - x_{n1} \quad (4.41)$$

$x_{n2} = 0,518014$ ;

Pentru calculele ulterioare este necesară determinarea și a diametrului de rostogolire:

$$d_{w1} = 2 \cdot a_w \frac{z_1}{z_1 + z_2} \quad (4.42)$$

$d_{w1} = 59 \text{ mm}$ .

În continuare, pentru calculul solicitărilor se ia în considerare momentul de torsiune maxim care e același cu momentul de intrare al arborelui principal, aproximativ  $M_{\max} = 500 \text{ Nm}$ .

Pentru calculul danturii la încovoiere este necesar să se cunoască forța tangențială ce solicită dintele la încovoiere, secțiunea periculoasă fiind la baza dintelui [83].

Prin urmare, se calculează forța tangențială la cerul de rostogolire:

$$F_t = \frac{2 \cdot M_{\max}}{d_{w1}} \quad (4.43)$$

$$F_t = 1685,26 \text{ daN.}$$

Calculul de rezistență la încovoiere.

Efortul unitar efectiv de încovoiere este dat de relația (4.44)[17; 83]:

$$\sigma_{\text{ef}} = \frac{F_t}{b \cdot m_n} \cdot y_f \quad (4.44)$$

În care  $y_f$  este un coeficient de formă al dintelui și se extrage din nomograma angrenajelor nedepășate [83], pentru cazul de față acesta având valoarea  $y_f = 2,1$ , în funcție de coeficientul normal al pinionului  $x_{n1} = 0,36$ ;  $b$ -lățimea dintelui;  $m_n$ -modulul normal.

$$\sigma_{\text{ef}} = \frac{F_t}{b \cdot m_n} \cdot y_f \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (4.45)$$

$$\sigma_{\text{ef}} = 303 \text{ N/mm}^2 ;$$

Având această valoare pentru efortul efectiv de încovoiere se poate extrage ca material corespunzător acestei valori din cele recomandate de tensiuni admisibile la solicitări de încovoiere și de contact ale danturilor pentru oțeluri, oțelul 34MoCN15 care are tensiunea admisibilă la contact  $\sigma_{\text{ac}} = 570 \text{ N/mm}^2$ , iar ca valoare limită pentru acest tip de oțel este indicată valoarea  $\sigma_{\text{ac lim}} = 2250 \text{ N/mm}^2$  (conform tabelului 8.2, pag. 147, din [83]).

Coroana dințată are aplicat un tratament de îmbunătățire cu călire și revenire la temperaturi înalte.

Specific pentru cutiile de viteze se calculează numărul de solicitări la care este supus un dinte, pe durata exploatarei între două reparații capitale (considerată ca durabilitate necesară), care se determină cu relația:

$$N_{\text{ech}} = 1000 \cdot \frac{\beta \cdot S_p \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot r_r} \quad (4.46)$$

unde  $\beta$  este timpul relativ de utilizare a treptelor de viteză (în cazul de față raportul de transmitere maxim este cel al treptei întâi, deci 0,12 pentru autoturisme [96]);  $S_p$ -distanța parcursă de autoturism între două revizii programate [km] (în cazul de față se consideră 20000 km, distanța echivalentă pentru intervalul a două revizii ale tipului de autoturisme Mercedes-Benz);  $i$ -raportul de transmitere;  $r_r$ -raza de rulare a roții.

$$N_{\text{ech}} = 59700 \text{ cicluri.}$$

Calculul la solicitarea de oboseală la încovoiere se face pentru categoria de solicitări II, când dinții lucrează numai pe unul din flancuri (solicitare prin cicluri pulsant nule), pentru care există relația (4.47)[83]:

$$\sigma_i = \sigma_{\text{aiII}} \cdot K_{Ni} \quad (4.47)$$

unde,  $\sigma_{\text{aiII}}$  este efortul unitar admisibil de încovoiere la oboseală, în cazul de față, în funcție de material,  $\sigma_{\text{aiII}} = 225 \text{ N/mm}^2$ , iar  $K_{Ni}$  coeficientul durabilității de bază la încovoiere, care se determină cu relația (4.48):

$$K_{Ni} = \sqrt[9]{\frac{N_B}{N_{\text{ech}}}} \quad (4.48)$$

unde  $N_B = 5 \cdot 10^6$  cicluri este numărul de cicluri de bază, iar  $N_{\text{ech}}$  numărul de cicluri de solicitare corespunzătoare durabilității cerute, calculat anterior.

Prin urmare,  $\sigma_i = 368 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\text{ai lim}} = 720 \text{ N/mm}^2$ , deci dantura rezistă la solicitarea de oboseală la încovoiere.

În continuare se trece la calculul la oboseală la solicitarea de contact.

Calculul la oboseală la solicitarea de contact se face cu relația:

$$\sigma_c = \sigma_{ac} \cdot K_{Nc} \quad (4.49)$$

Eforturile admisibile  $\sigma_{ac}$  au fost determinate anterior, exprimate ca tensiuni admisibile la contact și au valoarea  $\sigma_{ac} = 570 \text{ N/mm}^2$ , iar  $K_{Nc}$  este coeficientul durabilității la contact pentru roți din oțel și se determină cu relația:

$$K_{Nc} = \sqrt[9]{\frac{N_B}{N_{ech}}} \quad (4.50)$$

unde  $N_B$  este numărul ciclurilor durabilității de bază;  $N_B = 25 \cdot 10^7$  pentru roți cu dinți durificați ( $HB > 350$ ) și  $N_B = 10^7$  pentru roți la care duritatea  $HB < 350$ .  $N_{ech}$  este numărul de cicluri de solicitare corespunzătoare durabilității cerute, calculat și în cazurile de mai sus. Pentru cazul de față,  $N_B = 25 \cdot 10^7$ .

Astfel că se verifică și calculul la oboseală la solicitarea de contact,  $\sigma_c = 1439 \text{ N/mm}^2$  fiind sub valoarea tensiunii limită admisibile la contact,  $\sigma_{ac \text{ lim}} = 2250 \text{ N/mm}^2$ .

#### 4.5. Calculul dinamic al tracțiunii pentru autovehiculele echipate cu cutia de viteze automată 7G Tronic

Capacitatea de tracțiune a automobilului este exprimată cu ajutorul caracteristicii exterioare.

Prin caracteristica exterioară se înțelege funcția de dependență a momentului dezvoltat de motor față de viteza unghiulară de rotație a arborelui cotit.

La determinarea caracteristicii exterioare, variația turației se obține numai prin mărirea sau micșorarea cuplului motorului. Pentru o valoare a cuplului motor  $M$  și pentru viteza unghiulară corespunzătoare  $\omega$  a arborelui cotit, la mers uniform, de asemenea măsurată, se poate calcula puterea dezvoltată de motor [83]:

$$P = M \cdot \omega \quad (4.51)$$

În acest fel se poate vizualiza caracteristica exterioară prin metoda grafică (figura 4.8.). Calculul capacității de tracțiune a automobilului se efectuează în continuare pentru un singur model caracteristic autovehiculului din gama Mercedes-Benz cu seria de șasiu WDC 164.063 echipat cu cutia de viteze 7G Tronic având momentele cele mai mari însă experimentele au fost efectuate și pe celelalte două modele de autovehicule din gama Mercedes-Benz cu seriile de șasiu WDC 204.984 și WDC 251.022.

Caracteristicile autovehiculului din gama Mercedes-Benz cu seria de șasiu WDC 164.063:

Cilindreea:  $C_c = 2987$ ;

Puterea maximă:  $P_{max} = 150 \text{ kW}$ ;

Turația la putere maximă:  $n_p = 4000 \text{ rot/min}$ ;

Momentul maxim:  $M_{max} = 500 \text{ Nm}$ ;

Turatia la momentul maxim:  $n_{Mmax} = 1600 \text{ rot/min}$ ;

Tipul cutiei de viteze: automată cu 7 trepte;

Rapoartele de transmitere ale cutiei:  $i_1 = 4,377$ ,  $i_2 = 2,859$ ,  $i_3 = 1,921$ ,  $i_4 = 1,368$ ,  $i_5 = 1$ ,  $i_6 = 0,821$ ,  $i_7 = 0,728$ ,  $i_{R1} = -3,416$ ,  $i_{R2} = -2,23$

Dimensiunile de gabarit:  $L = 4,781 \text{ m}$ ,  $B = 1,91 \text{ m}$ ,  $H = 1,815 \text{ m}$ ;

Ampatamentul:  $Amp = 2,915 \text{ m}$ ;

Ecartament fata/spate:  $E_c = 1,67$  m;  
 Tip de pneuri: 235/65 HR17;  
 Masa proprie:  $m_0 = 2185$  kg;  
 Viteza maximă:  $V_{amax} = 210$  km/h;  
 Timpul de accelerare 0 - 100 km/h:  $t_{acc} = 8,2$  s;  
 Consumul mediu:  $C_m = 6,3$  l;

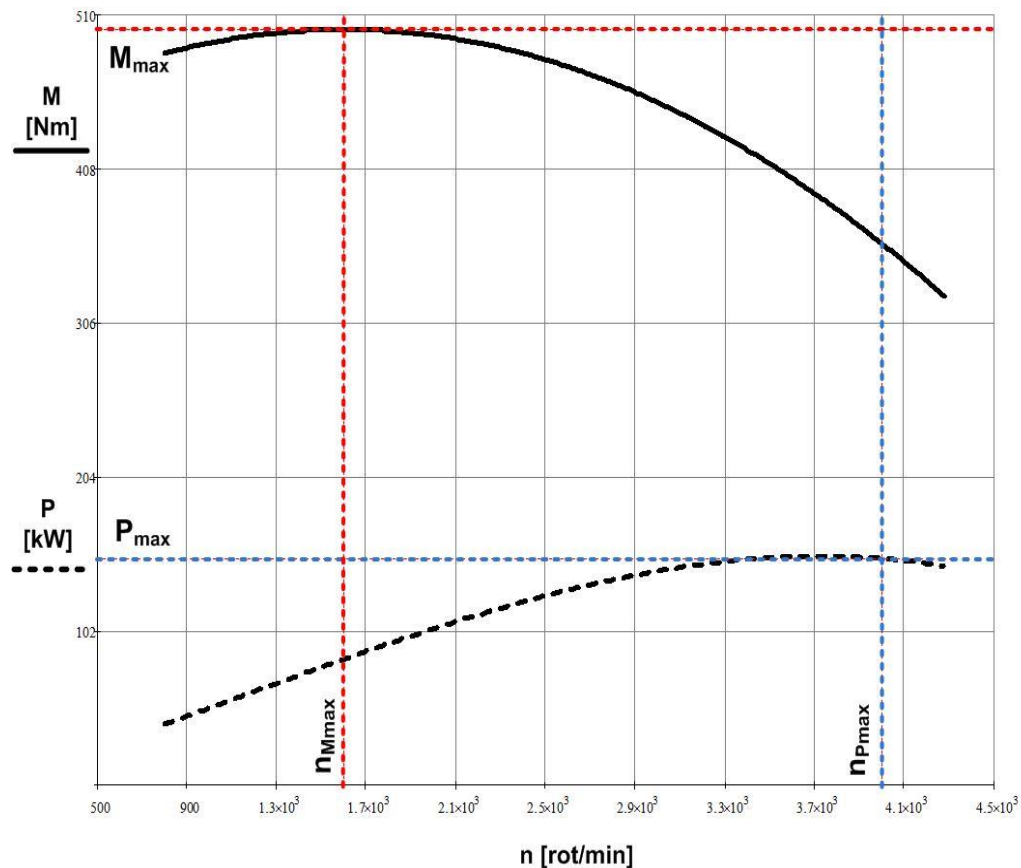


Figura 4.8. Caracteristica exterioră a motorului

În figura 4.8. se prezintă caracteristica exterioră a autovehiculului WDC 164.063. Curba aparținătoare puterii,  $P$  [kW] crește până în momentul în care atinge turația la putere maximă,  $n_{Pmax}$ . Tot în această figură se prezintă și curba aparținătoare momentului motor,  $M$  [Nm], care crește în funcție de turația motorului până în momentul atingerii pragului maxim la turație la moment maxim  $n_{Mmax}$ , după care scade.

Punctele definitorii pentru curbele caracteristice sunt următoarele:

- 1) turația de moment maxim  $n_{Mmax}$  la care se dezvoltă momentul maxim  $M_{max}$  și puterea corespunzătoare momentului maxim  $P_M$ ;

- 2) turația de putere maximă  $n_{p_{max}}$  la care se dezvoltă puterea maximă  $P_{max}$  și momentul motor  $M_p$ .

Zona de funcționare a motorului ( $n_{M_{max}}, n_{p_{max}}$ ) se numește zonă stabilă, deoarece odată cu creșterea sarcinii și scăderea turației, momentul motor produs crește și echilibrează momentele rezistente suplimentare.

Cu cât zona de stabilitate este mai mare, cu atât motorul este mai bun pentru propulsarea automobilului. Mărimea zonei de stabilitate este caracterizată prin coeficientul de elasticitate  $C_e$ .

Pentru motoarele cu aprindere prin scânteie, coeficientul de elasticitate este  $C_e=0,45...0,65$  iar pentru motoarele cu aprindere prin comprimare valorile sunt  $C_e=0,55...0,75$ .

Pentru fiecare punct al caracteristicii externe de funcționare a motorului  $M=M(\omega)$  se poate calcula, la mersul în fiecare treaptă a cutiei de viteze, atât forța la roată  $F_R$  cât și viteza de deplasare a automobilului  $v$ . Forța la roată se calculează cu relația:

$$F_R = \frac{\eta_t \cdot M \cdot i_{cv} \cdot i_0}{r_d} \quad (4.52)$$

Unde  $\eta_t$  este randamentul transmisiei, aproximativ  $\eta_t = 0,89$ ;  $M$ -momentul maxim motor;  $i_{cv}$ -raportul central al transmisiei;  $i_0$ -raportul de transmitere pe treapta de viteză respectivă iar  $r_d$ -raza dinamică a roții.

Viteza de deplasare a automobilului este:

$$v = \omega_r \cdot r_r \quad (4.53)$$

în care  $\omega_r$  este viteza unghiulară a roților motoare, iar  $r_r$  raza de rulare a roții.

$$r_r = r_0 \cdot \lambda \quad (4.54)$$

$r_0$ -raza roții,  $\lambda$ -coeficient de deformare al pneului; se adoptă  $\lambda=0,96$

Dacă se efectuează calculele pentru fiecare punct al intervalului de funcționare al motorului și se reprezintă rezultatele într-un grafic, unde în abscisă se ia viteza automobilului  $v$  iar în ordonată se reprezintă forța la roată  $F_R$ , se obține caracteristica forței la roata  $F_R = F_R(v)$ .

Pentru a determina caracteristica la roată mai sunt necesare și forța de rezistență la rulare  $F_r$  și forța aerodinamică  $F_a$ , ce împreună formează rezistența la rulare a automobilului.

Forța de rezistență la rulare  $F_r$  se determină cu relația:

$$F_r = G_a \cdot f \quad (4.55)$$

Unde  $G_a$ -greutatea admisă, exprimată în următoarea relație:

$$G_a = G_0 + G_u \quad (4.56)$$

Considerăm  $G_u$ , greutatea utilă (în medie 5000 N);  $G_0 = m_0 \cdot g$  -greutatea automobilului.

$f$  este coeficientul rezistenței la rulare,  $f=0,018...0,024$ ; se adoptă  $f=0,024$

Forța aerodinamică  $F_a$ :

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_x \cdot A \cdot \frac{v^2}{13} \quad (4.57)$$

$$C_x = \frac{26}{\rho \cdot A \cdot \frac{V_{amax}}{3600} \cdot 10^6} \cdot \left( \frac{M \cdot i}{r_r} - f \cdot G_a \right) \quad (4.58)$$

$C_x$ -coeficientul aerodinamic;  $\rho$ -reprezintă densitatea aerului,  $\rho=1,205 \frac{kg}{m^3}$  în condiții de temperatură la 20°C;  $A$ -aria secțiunii trasversale a automobilului.

$$A = C_f \cdot E_c \cdot H \quad (4.59)$$

$C_f$ -coeficient de corecție,  $C_f = 0,95 \dots 1,05$ ; se adoptă  $C_f = 1$ .

În figura 4.9. este reprezentată caracteristica forței la roată a unui automobil prevăzut cu cutia de viteze 7G Tronic în șapte trepte.

Punctul de intersecție al curbei forței de rezistență combinate cu forța aerodinamică  $F_r + F_a$  cu diagrama rezistențelor la înaintare (obținut doar pentru treptele superioare de viteză-5, 6, 7), determină viteza maximă, demarajul nu mai este posibil în continuare. Într-adevar, în punctul de viteză maximă derivata acesteia în raport cu timpul este nulă.

În figura 4.9. sunt reprezentate forțele la roată pentru fiecare treaptă de viteză, începând cu forța la roată pentru treapta 1,  $F_{r0}$ , la care momentul este maxim, iar viteza de deplasare minimă, sfârșind cu forța la roată  $F_{r6}$ , aferente treptei de viteză a șaptea în care se atinge viteza maximă a automobilului

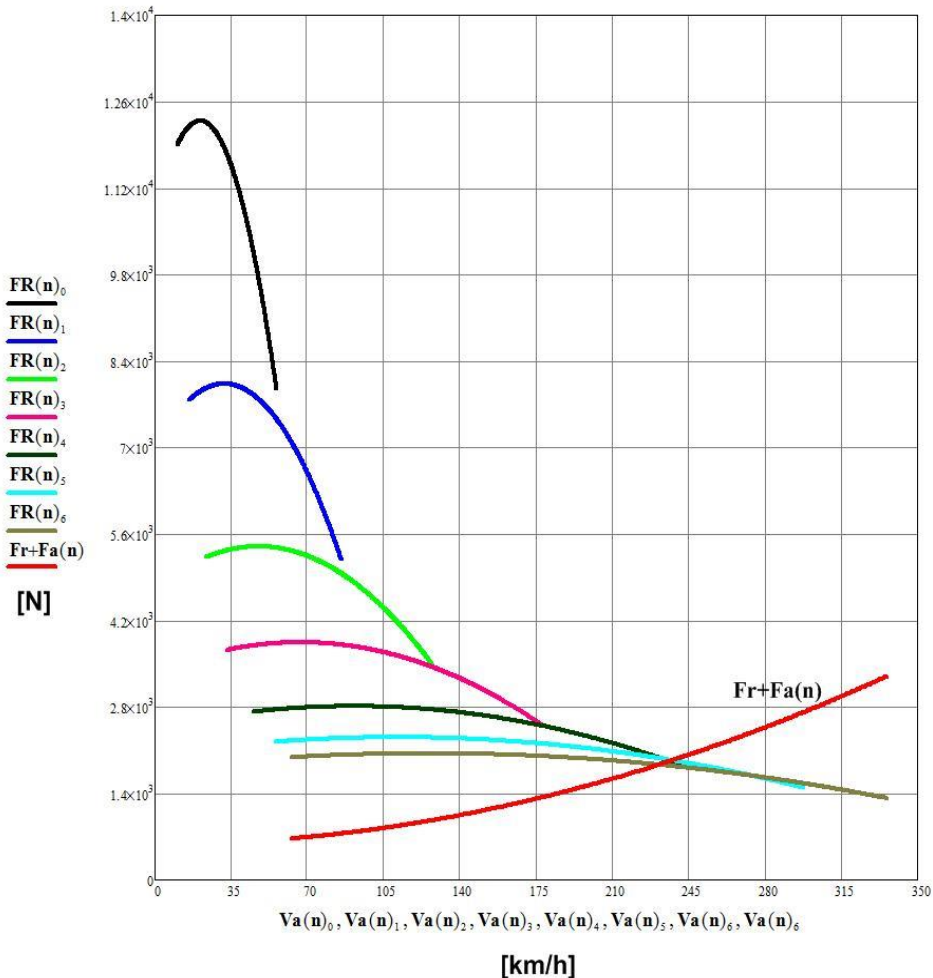


Figura 4.9. Caracteristica forței la roată pe cele 7 trepte de viteză

#### 4.6. Acționarea și comanda cutiilor de viteze automate

Treptele de viteză depind de stările de mișcare imprimare la două elemente de intrare ale transmisiei din trei posibile (R1, R2, PS). Prescrierea celor două elemente de intrare necesare pentru angajarea unei trepte de viteză dată se realizează prin intermediul unui selector automat. Acest selector este amplasat între convertizorul de cuplu și transmisia cutiei de viteză, așa cum s-a reprezentat în figura 4.10.

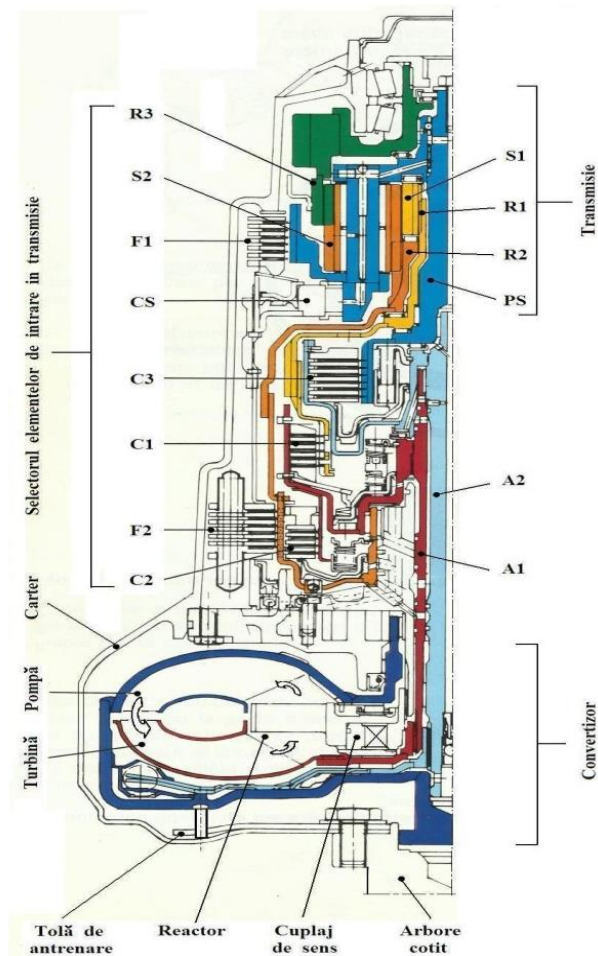


Figura 4.10. Amplasarea selectorului și a elementelor componente ale unei cutii de viteze automate în 4 trepte

Selectorul elementelor de intrare conține trei cuplaje cu fricțiune (C1, C2, C3), două frâne cu fricțiune (F1, F2) și un cuplaj de sens CS [66; 67].

Componentele cu fricțiune sunt acționate hidraulic prin presiunea de linie. În stările acționate se realizează următoarele funcții de cuplare:

- cuplajul C1 conectează arborele A1 al turbinei cu roata R1;
- cuplajul C2 conectează arborele A1 al turbinei cu roata R2;



- cuplajul C3 conectează arborele A2 al carcasei convertizorului cu portsatelitul PS;
- frâna F1 conectează carterul cu portsatelitul PS;
- frâna F2 conectează carterul cu roata R2;
- cuplajul de sens CS împiedică mecanic rotirea portsatelitului PS în sensul invers al roții R3.

Pornind de la semnificațiile funcțiilor de cuplare și cunoscând stările de mișcare ale elementelor de intrare în transmisie, se deduce tabloul stărilor de acționare ale componentelor selectorului pentru diferite trepte de viteză (Tabelul 4.5.). Stările acționate sunt notate cu „1” iar stările neacționate cu „0” [66; 67].

Tabelul 4.5. Stările de acționare ale componentelor selectorului de comandă

Treapta de viteză		Stările de acționare ale componentelor selectorului					
		C1	C2	C3	F1	F2	CS
Mers înainte	1	1	0	0	0	0	1
	2	1	0	0	0	1	0
	3	1	1	1	0	0	0
	4	0	0	1	0	1	0
Mers înapoi		0	1	0	1	0	0

Subsistemul hidraulic se compune din:

- sorb;
- pompă;
- dispozitive de reglare și de distribuție;
- elemente de rețea (supape de sens, de siguranță, drosele de cale, etc).

Pompa care echipează cutiile de viteze automate este o pompă cu roți dințate cu angrenaj interior al cărei debit se calculează cu relația (4.60) [62].

$$Q_p = \frac{\pi}{8} \cdot m^2 \cdot \left[ 9z_1 + 18x_1 - 2,25 + (9z_2 + 18x_2 + 2,25) \frac{z_1}{z_2} \right] \cdot b \cdot n \quad (4.60)$$

În care:

- $z_1 = 23$  - numărul de dinți al pinionului;
- $z_2 = 27$  - numărul de dinți al coroanei;
- $m = 2,65$  mm - modulul danturii
- $b = 15$  mm - lățimea roților dințate;
- $x_1 = -0,045$  - coeficientul de deplasare al pinionului
- $x_2 = 0,477$  - coeficientul de deplasare al coroanei
- $n$  - turația de antrenare a pompei

Datele sunt caracteristice cutiei de viteze automate Renault A R4.

Cu aceste mărimi relația (4.60) devine:

$$Q_p = 0,0178392 \cdot n \quad (4.61)$$

Pe baza încercărilor efectuate pentru un lot de pompe cu angrenaj interior se constată că:

-la o turație  $n \approx 600/700$  rot/min (în jurul turației de ralanti) există pericolul unei alimentări slabe cu ulei a cutiei de viteze (debit insuficient) ceea ce poate conduce la o demarare cu șocuri a autovehiculului;

-prin creșterea coeficientului de deplasare al pinionului ( $x_1$ ), crește și diametrul de cap al acestuia care se calculează cu relația (4.62):

$$d_{a1} = m \cdot (z_1 + 2x_1 + 2) \quad (4.62)$$

-creșterea diametrului de cap al pinionului are ca efect creșterea debitului pompei.

Tabel 4.6. Analiza eșantionului de pompe cu diferite diametre de cap  $d_{a1}$

Nr. pinioane	$d_{a1}$ [mm]	n [rot/min]	Q [l/min]
1	66,28	400	0
		500	3,6
		1000	13
		1500	21,8
		2000	30,4
		2500	39
		3000	46,8
2	66,307	400	2,3
		500	4,4
		1000	13,6
		1500	22,5
		2000	31,1
		2500	39,6
		3000	46,9
3	66,315	400	2,7
		500	4,7
		1000	13,9
		1500	22,6
		2000	31,3
		2500	39,9
		3000	47,2
4	66,344	400	2,7
		500	4,4
		1000	13,8
		1500	22,6
		2000	31,3
		2500	39,9
		3000	47,4
5	66,364	400	2,7
		500	4,7
		1000	13,8
		1500	22,7
		2000	31,3
		2500	40
		3000	47,1

Utilizând același corp al pompei, aceeași coroană și schimbând doar pinionul, rezultatele creșterii debitului pentru patru pinioane (în afara celui de serie) cu valori diferite ale diametrului de cap în raport cu creșterea turației pot fi urmărite în tabelul 4.6.

Primul pinion echează o pompă de serie, următoarele patru sunt pompe la care diametrul de cap al pinionului are valori crescute ( $x_1$  mărit), în limitele jocului la fund admisibil angrenajului interior respectiv.

În tabelul 4.6. se poate observa că debitul crește odată cu creșterea diametrului de cap  $d_{a1}$  și rămâne la valoarea de 2,3-2,7 l/min la 400 rot/min, în timp ce pentru aceeași pompă cu un pinion de serie ( $d_{a1} = 66,28$  mm), debitul scade la 0.

Convertizorul de cuplu, respectiv, cuplajele și frânele din selectorul elementelor de intrare în transmisie constituie receptoarele hidraulice. Ele sunt integrate cu dispozitivele subsistemului hidraulic prin intermediul rețelei hidraulice, reprezentată simplificat în figura 4.11. [62; 65; 66; 67].

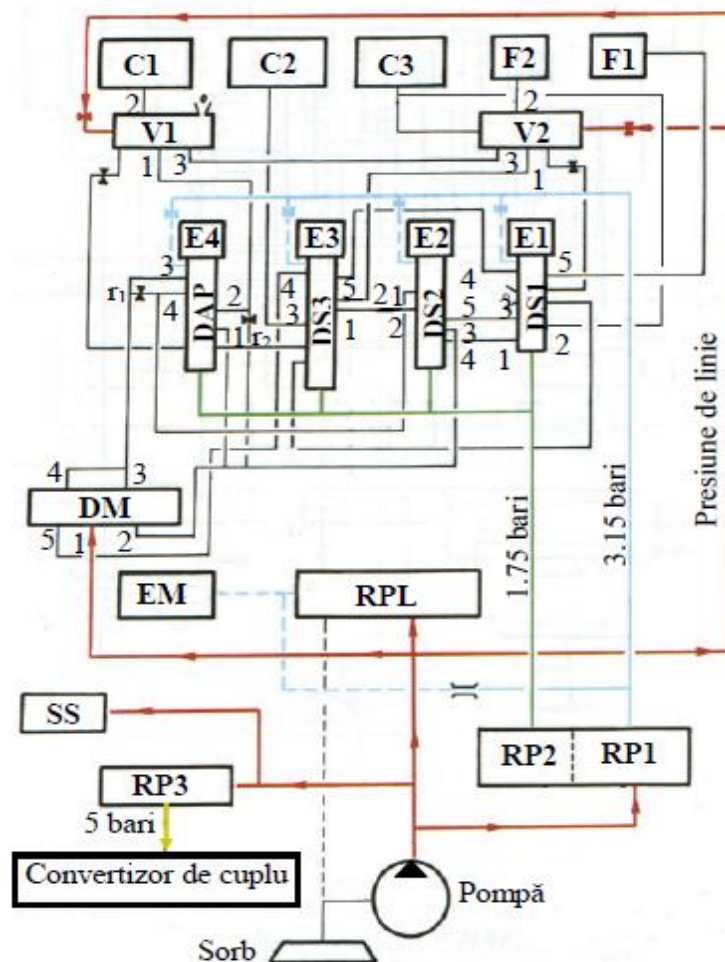


Figura 4.11. Schema simplificată a rețelei hidraulice

Dispozitivele de reglare și de distribuție sunt pozate într-un bloc hidraulic prezentat în figura 4.12.[65; 112].

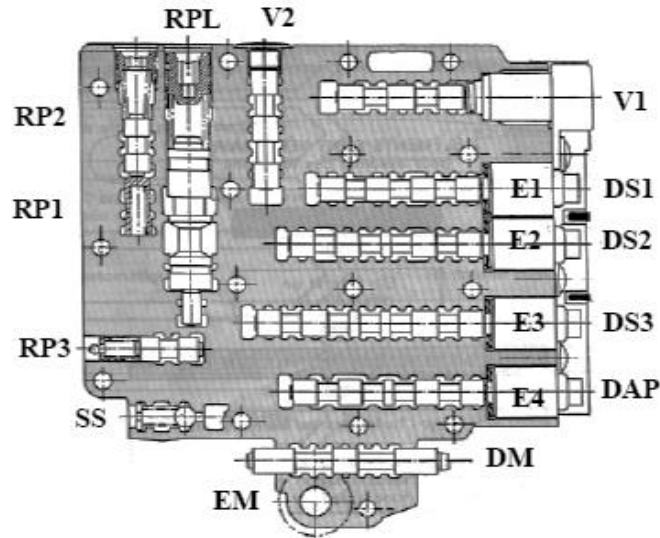


Figura 4.12. Bloc hidraulic de comandă [112]

- **SS** - supapă de siguranță;
- **DM** - distribuitor manual acționat de la selectorul de regim;
- **RP1** - regulatorul presiunii de comandă de 3.15 bari ;
- **RP2** - regulatorul presiunii de comandă de 1.75 bari ;
- **RP3** - regulatorul presiunii de lucru pentru convertizor (5 bari);
- **RPL** - regulatorul presiunii de linie;
- **DS1, DS2, DS3** - distribuitoare secvențiale pentru alimentarea cuplajelor și frânelor;
- **DAP** - distribuitor pentru alimentarea progresivă a receptoarelor hidraulice;
- **V1, V2** - valve de întrerupere;
- **E1, E2, E3, E4** - electrovalve de pilotare a distribuitoarelor secvențiale și de alimentare progresivă;
- **EM** - electrovalvă de modulare a presiunii de linie;
- **V1, V2** - vane de întrerupere.

Rețeaua hidraulică permite acționarea selectivă a receptoarelor prin conectarea automată a unora din ele la presiunea de linie și descărcarea concomitentă a altora, în funcție de treapta de viteză de realizat. Presupunând motorul pornit și selectorul de regim adus în poziția "Automat" (la mersul înainte) sau "Recul" (la mersul înapoi), conexiunile realizate de rețeaua hidraulică se stabilesc în funcție de stările momentane ale electrovalvelor de pilotare.

Aceste stări depind de distribuția tensiunilor de comandă primite de la placa de analiză și decizie electronică.

Prin configurarea stărilor electrovalvelor se pot determina și traseele uleiului sub presiunea de linie, pentru cazul treptelor de viteză stabile. Odată cu conectarea căilor de acționare, rețeaua hidraulică asigură și conexiunile de descărcare ale receptoarelor neacționate.

Sub tensiune, fiecare electrovalvă reține presiunea de 3,15 bari aplicată la una din cavitațiile distribuitorului pilotat, împingând sertărașul acestuia în extremitatea opusă. Fără tensiune, electrovalva descarcă presiunea de 3,15 bari în carter, permițând presiunii de 1,75 bari din cealaltă cavitate să împingă sertărașul în sens invers.

Prin deplasarea sertărașelor în distribuitoarele secvențiale conexiunile hidraulice se modifică, asigurând repartizarea presiunii de linie pe receptoarele dorite. Stările electrovalvelor, pentru cuplarea diferitelor trepte de viteză, sunt specificate în tabelul 4.7.[65, 67].

Starea sub tensiune este notată cu "1" iar starea fără tensiune cu "0".

Tabelul 4.7. Stările electrovalvelor la cuplarea vitezelor [67]

Treapta de viteză		Stările electrovalvelor de selectare a vitezelor		
		E1	E2	E3
Mers înainte	1	0	1	0
	2	0	0	1
	3	1	0	0
	4	1	1	1
Mers înapoi		0	0	0

Se redau mai jos, traseele uleiului sub presiunea de linie, pentru cazul treptelor de viteză stabile. În simbolizarea dispozitivelor, indicele inferior reprezintă numărul orificiului de intrare iar cel superior - numărul celui de ieșire, conectate de dispozitivul respectiv.

- E2 în starea „1”, E1 și E3 în starea „0”:

$$DM_1^2 \rightarrow DAP_1^2 \rightarrow V1_1^2 \rightarrow C1$$

C1 acționat împreună cu CS asigură prima treaptă de viteză (tabelul 4.5.).

- E3 în starea „1”, E1 și E2 în starea „0”:

$$DM_1^2 \rightarrow DAP_1^2 \rightarrow V1_1^2 \rightarrow C1$$

$$DM_1^3 \rightarrow DAP_3^4 \rightarrow DS2_1^2 \rightarrow DS3_1^2 \rightarrow V2_1^2 \rightarrow F2$$

C1 și F2 acționate, asigură a doua treaptă de viteză.

- E1 în starea „1”, E2 și E3 în starea „0”:

$$DM_1^2 \rightarrow DAP_1^2 \rightarrow V1_1^2 \rightarrow C1$$

$$DM_1^3 \rightarrow DAP_3^4 \rightarrow DS2_1^2 \rightarrow DS3_1^3 \rightarrow C2$$

$$DM_1^2 \rightarrow DS2_3^4 \rightarrow DS1_1^2 \rightarrow C3$$

C1, C2 și C3 acționate, asigură împreună a treia treaptă de viteză.

- Toate electrovalvele E1, E2 și E3 în starea „1”:

$$DM_1^2 \rightarrow DS2_3^5 \rightarrow DS1_3^2 \rightarrow C3$$

$$DM_1^2 \rightarrow DAP_1^2 \rightarrow V1_1^3 \rightarrow V2_3^2 \rightarrow F2$$

C3 și F2 acționate, asigură treapta a 4-a de viteză.

- Toate electrovalvele E1, E2 și E3 în starea „0”. Această situație apare dacă manșa selectorului de regim este adusă în poziția „Recul”, ceea ce modifică conexiunile în DM. Ca urmare, traseele de acționare se stabilesc pe căile:

$$DM_1^4 \rightarrow DAP_3^4 \rightarrow DS2_1^2 \rightarrow DS3_1^3 \rightarrow C2$$

$$DM_1^5 \rightarrow DS3_4^5 \rightarrow DS1_4^5 \rightarrow F1$$

C2 și F1 acționate, determină treapta de viteză pentru mers înapoi.

În toate treptele de viteză stabilizate, electrovalva de pilotare E4 se găsește în starea „0”. Pe durata tranziției dintr-o treaptă de viteză în alta, E4 este adusă în starea „1”, ceea ce întrerupe în DAP legăturile dintre orificiile 1 - 2 și 3 - 4. Uleiul va ocoli DAP prin rezistențele hidraulice r1 și r2 cu debit redus, asigurând cuplarea lină a receptoarelor. Odată cu conectarea căilor de acționare, rețeaua hidraulică asigură și conexiunile de descărcare ale receptoarelor neacționate. În figura 4.13 sunt ilustrate traseele de evacuare care se stabilesc prin preschimbarea stării electrovalvei de pilotare E1.

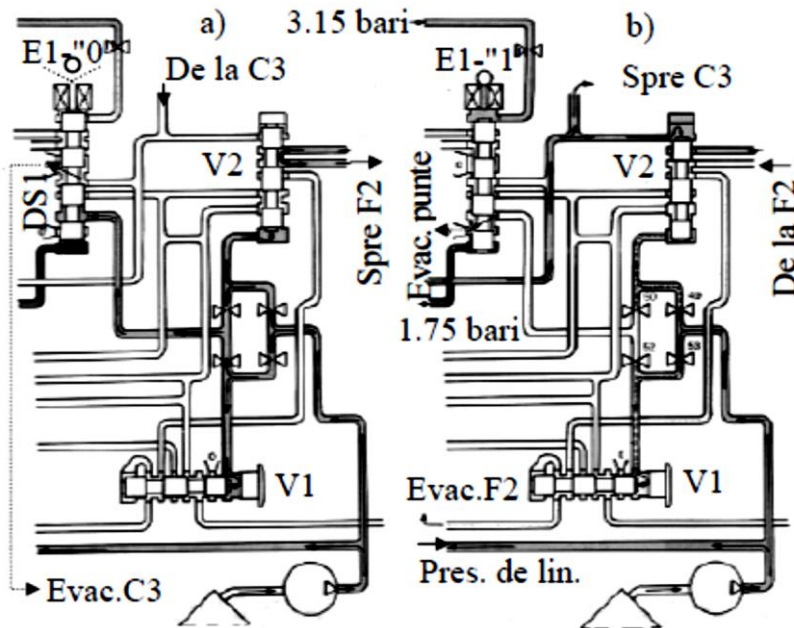


Figura 4.13. Comutarea evacuării receptorului C3 la F2 prin schimbarea stării electrovalvei E1 de la „0” la „1” [67]

E1 în starea „0” (figura 4.13.-a) deschide în DS1 traseul de evacuare a cuplajului C3. Ca urmare, valva V2 se comută pe poziția de alimentare a frânei F2 (condiție necesară la a 2-a treaptă de viteză). E1 în starea „1” (figura 4.13.-b) închide la DS1 orificiul de evacuare a lui C3, deschizând concomitent un orificiu pentru evacuarea uleiului din puntea de comandă a lui V2. În urma modificării presiunilor de comandă, valva V2 conectează calea de evacuare a uleiului din frâna F2, prin valva V1 la carter (condiție impusă la a 3-a treaptă de viteză).

În fazele de staționare ale autovehiculului cu motorul pornit, surplusul de ulei refulat de pompă este evacuat din instalație pe două căi (figura 4.14.). Prima cale se realizează prin jigloarele J1, J2 și distribuitorul manual DM, care la staționare are orificiul de golire „0” deschis. Presiunea micșorată dintre jigloare, prin pistonul P va deplasa tija T a regulatorului RPL, deschizând cea de a doua cale de descărcare a uleiului spre sorb [65; 67].

Cantitatea uleiului evacuat pe a doua cale asigură menținerea în porțiunea de rețea, cuprinsă între RPL și DM, a presiunii de linie. Pe durata de staționare electrovalva de modulare este ținută în starea „0”, cu ventilul așezat pe scaun.

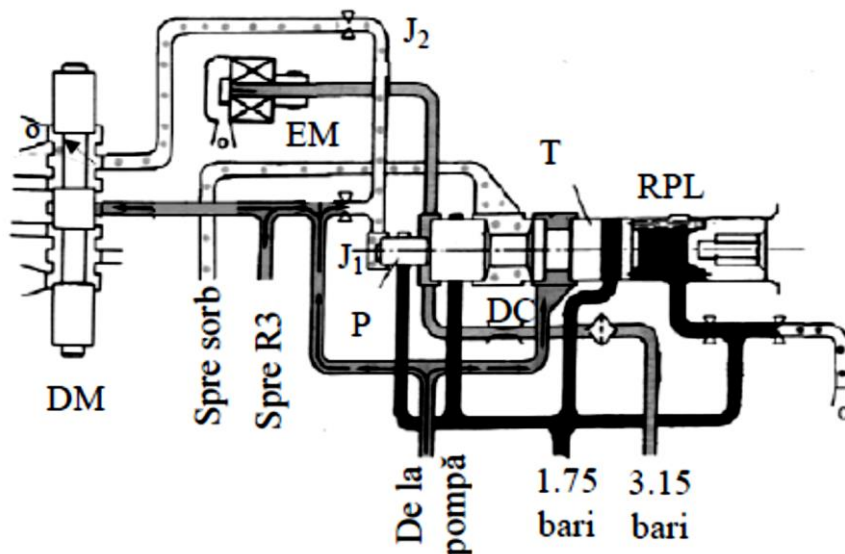


Figura 4.14. Schema de modulare a presiunii de linie

La trecerea în regim automat, distribuitorul DM închide orificiul „0”, anulând prima cale de evacuare.

Ca urmare, presiunea uleiului după jiglorul J1 va crește, deplasând suplimentar tija T a regulatorului RPL. Prin descoperirea muchiei de reglare, curgerea uleiului spre sorb este mai ușoară, deci presiunea de linie se reduce.

Diminuarea acestei presiuni poate provoca patinări în cuplajele și frânele selectorului de viteze. Pentru evitarea acestui pericol servește electrovalva de modulație EM. La tendințele de diminuare a presiunii, electrovalva EM este trecută alternativ, cu frecvență de 100 Hz, în starea „1”.

La fiecare impuls, supapa electrovalvei se ridică de pe scaun, evacuând ulei și reducând presiunea de comandă de 3.15 bari în conducta dintre droselul de cale DC și EM. Prin reducerea presiunii de comandă, tija T se deplasează invers, acoperind parțial muchia de evacuare a regulatorului RPL și readucând presiunea de linie la valoarea nominală. Din acel moment electrovalva EM rămâne în așteptare în starea „0”.

Subsistemul electric-electronic este esențial pentru administrarea fluxului informațional între om-vehicul și invers în general, respectiv, între subsistemele cutiei de viteză în particular [67; 82].

Subsistemul electric-electronic poate gestiona informații exprimate numai prin semnale electrice.

Partea de subsistem care realizează achiziția, analiza și decizia emiterii semnalelor cu diferite destinații, este prezentată în figura 4.15.

Pentru achiziția și transformarea informației în semnal electric sunt utilizate diferite traductoare.

- Traductorul de deschidere a clapetei de gaz elaborează o tensiune electrică proporțională cu gradul de apăsare a pedalei de accelerație.
- Traductorul de turație a motorului furnizează o tensiune electrică proporțională cu turația arborelui cotit.
- Traductorul de viteză a vehiculului induce o tensiune electrică proporțională cu turația coroanei de ieșire R3 a transmisiei.
- Traductorul de presiune produce o tensiune electrică proporțională cu valoarea presiunii de linie.
- Traductorul de temperatură dă la ieșire o tensiune electrică proporțională cu temperatura uleiului din blocul hidraulic.
- Contactorul multifuncțional stabilește combinații de tensiuni dependente de poziția manetei selectorului de regim. Contactorul are două butoane acționate de la o camă solidară cu maneta selectorului amintit (figura 4.16.). Fiecare buton are trei poziții: liber (-1), mijloc (0), apăsat (1). Semnificațiile combinațiilor de contacte realizate sunt specificate în tabelul 4.8.

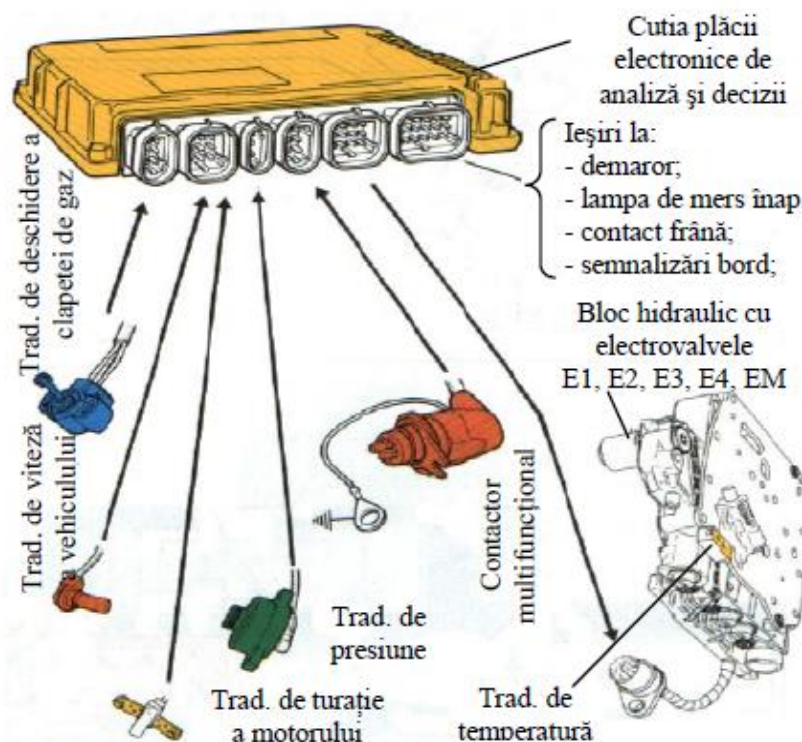


Figura 4.15. Subsistemul de achiziție semnale, analiză și decizie



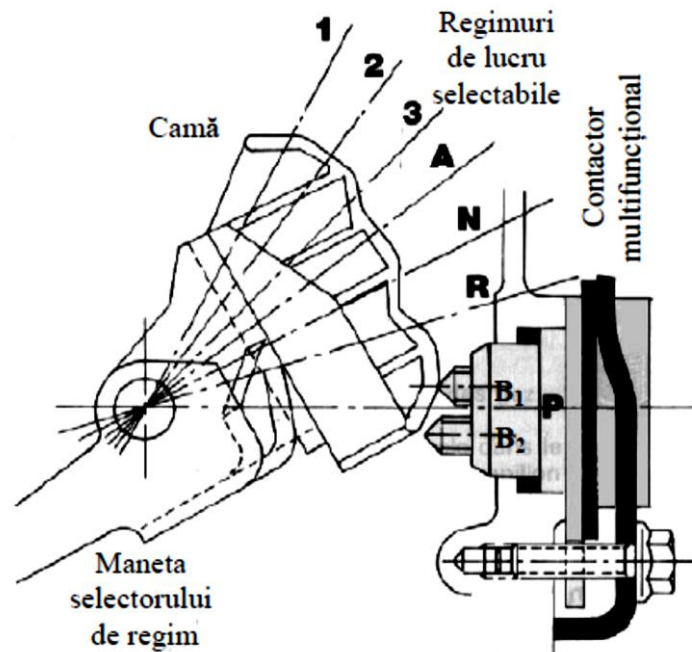


Figura 4.16. Comanda regimului de lucru[112]

Prin conductori și conectori informațiile se aduc la placa electronică de analiză și decizie. Aceasta procesează informația primită și emite în timp real, semnale pentru semnalizare și diagnoză, comanda demarorului și comanda electrovalvelor de pilotare și modulare din blocul hidraulic, în funcție de regimul de lucru selectat de șofer [67; 112].

În regimurile P (Parcare) sau N (Neutru) placa electronică nu autorizează decât pornirea demarorului. În regimul R (Mers înapoi) circuitul electronic emite numai comenzile necesare mersului înapoi.

În regimul A (Automat) se emit comenzi pentru cuplarea treptei de viteză optimă, luând în considerare toate cele patru trepte de mers înainte. Regimurile 3 sau 2 autorizează angajarea automată a treptei de viteză optimă, luând în considerare numai primele trei sau primele două trepte de mers înainte.

Regimul 1 nu permite decât deplasarea înainte în prima treaptă[67].

Tabel 4.8. Combinațiile de contacte conform figurii 4.16.

Regimul de lucru	Pozițiile butoanelor	
	B1	B2
1	1	0
2	1	1
3	0	1
A	0	0
N	-1	0
R	0	-1
P	-1	0

#### 4.7. Stand hidraulic de testare a cutiilor de viteze automate

Datele experimentale privind presiunile de acționare a electrovalvelor precum și comanda acestora exprimată atât procentual cât și sub formă de amperaj au fost înregistrate pe standul hidraulic de determinare a funcționării și optimizării ambreiajelor și frânelor din interiorul cutiilor de viteze automate.

Standul este cel din figurile 4.17. și 4.18.

Acest stand reprezintă un stand de testare a cutiilor de viteze automate sub diferite turații și cu momente variabile astfel încât cutia de viteze să poată rula prin toate treptele de viteză.

Pe acest stand se montează doar blocul hidraulic de comandă al cutiei de viteze automate ce urmează a fi testată.



Figura 4.17. Standul modulului de comandă a CVA pentru determinarea parametrilor funcționali ai ambreiajelor și frânelor împreună cu sistemul de vizualizare a datelor preluate

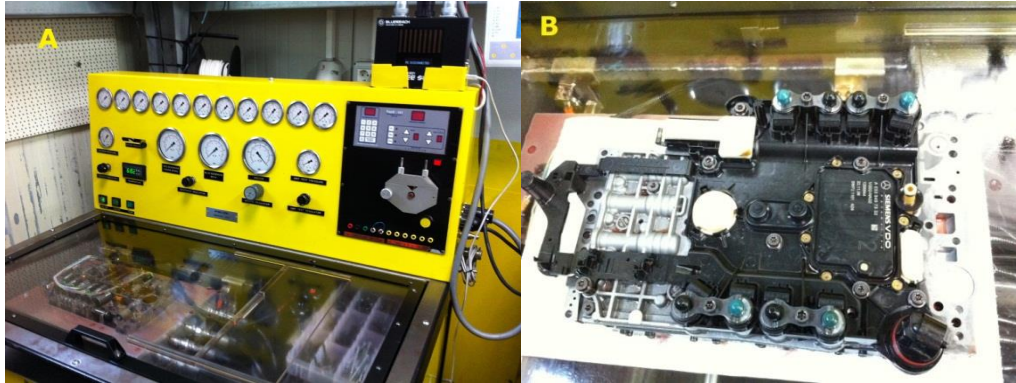


Figura 4.18. A) Detaliu al panoului de comandă al standului hidraulic al modulului de comandă a CVA; B) Blocul hidraulic al cutiei de viteze 7G Tronic

În figura 4.19 se reprezintă variația presiunilor în funcție de treapta de viteză și în funcție de ambreiajul sau frâna aferentă ale cutiei de viteze 7G Tronic, după cum urmează:

- K1 este ambreiajul „1”, care acționează pe trenul de roți cicloidale „Ravigneaux”
  - responsabil de efectuarea treptelor de viteză 3, 4, 5;
- K2 este ambreiajul „2”
  - responsabil de efectuarea treptelor de viteză 4, 5, 6, 7;
- K3 este ambreiajul „3”
  - responsabil de efectuarea treptelor de viteză 1, 2, 3, 5, 6, 7, R;
- B1 este frâna „1”
  - responsabilă de efectuarea treptelor de viteză 2, 6, R;
- B2 este frâna „2”
  - responsabilă de efectuarea treptelor de viteză 1, 2, 3, 4;
- B3 este frâna „3”
  - responsabilă de efectuarea treptelor de viteză 1, 7, R;
- BR este frâna pentru mers înapoi
  - responsabilă de efectuarea treptelor de viteză de mers înapoi R1 și R2.

Detaliat, presiunile hidraulice pentru fiecare ambreiaj în parte și frâne corelate cu deschiderea sau închiderea valvelor de presiune se regăsesc în Anexa 1 sub formă tabelară extrase de pe standul hidraulic al modulului de comandă.

Atât în figura 4.19, cât și în Anexa 1 se reprezintă aceste presiuni [bar] în momentul trecerii prin toate treptele de viteză în ordine crescătoare, după care se realizează transferul direct de moment al motorului cu transmisia prin intermediul convertizorului de cuplu blocat (Lock-up, LU), iar mai apoi în ordine descrescătoare se simulează trecerea prin treptele de viteză.

O altă parte a testului pe stand o constituie analiza procentuală a deschiderii valvelor sub acțiunea solenoidilor cât și a curentului electric încărcat în solenoid în momentele deschiderii, respectiv închiderii supapelor, în funcție de variația treptelor de viteză, acestea, deasemeni putând fi urmărite în Anexa 1.

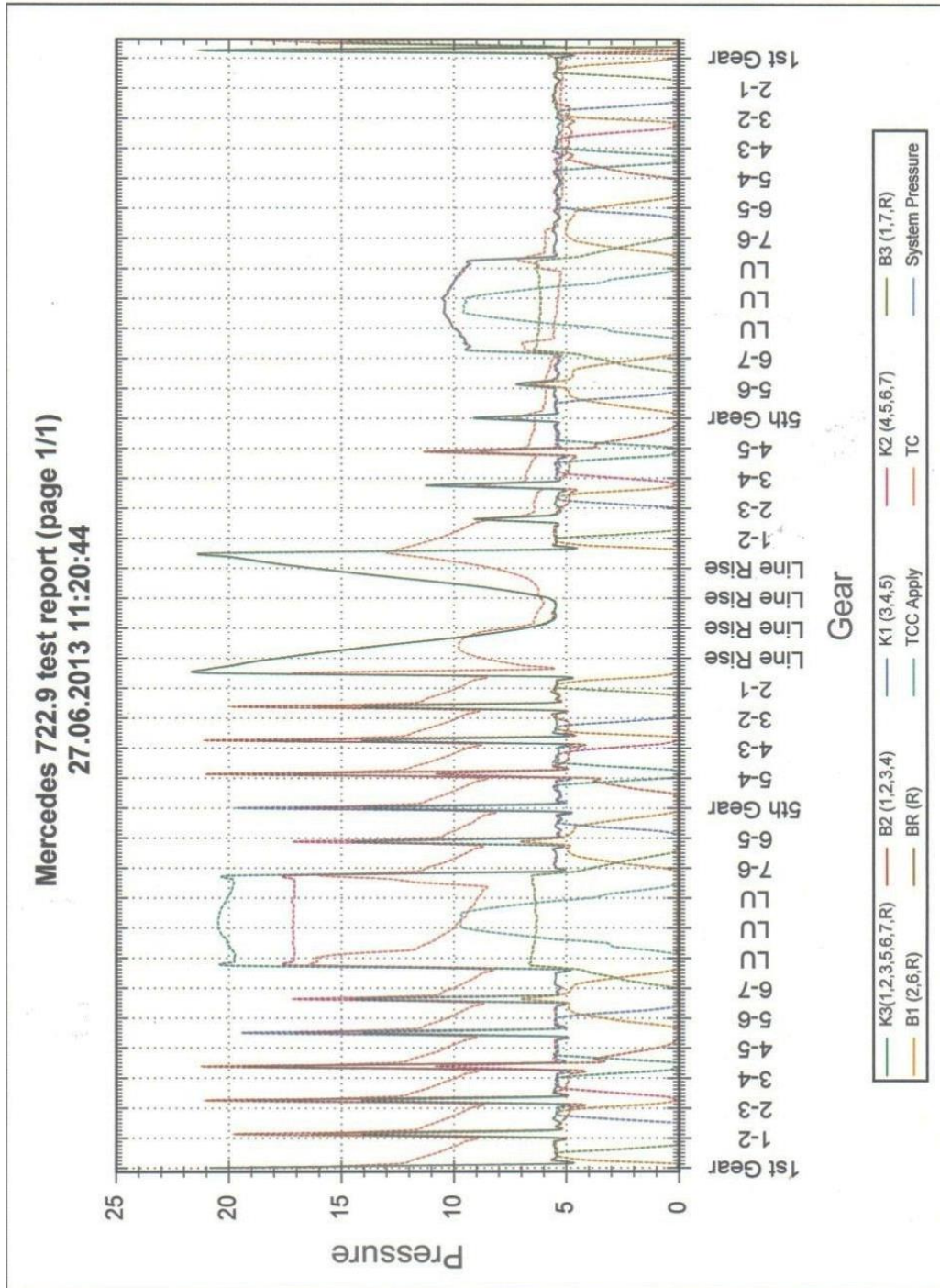


Figura 4.19. Analiza presiunilor [bar] în interiorul cutiei de viteze automate 7G Tronic de deschidere/închidere a valvelor de comandă a ambreiajelor și frânelor

## 5. Testarea, modelarea și simularea stărilor termice și mecanice ale cutiei de viteze automate 7G Tronic

### 5.1. Înregistrarea pe stand a fenomenelor termice prin mijloace termografice

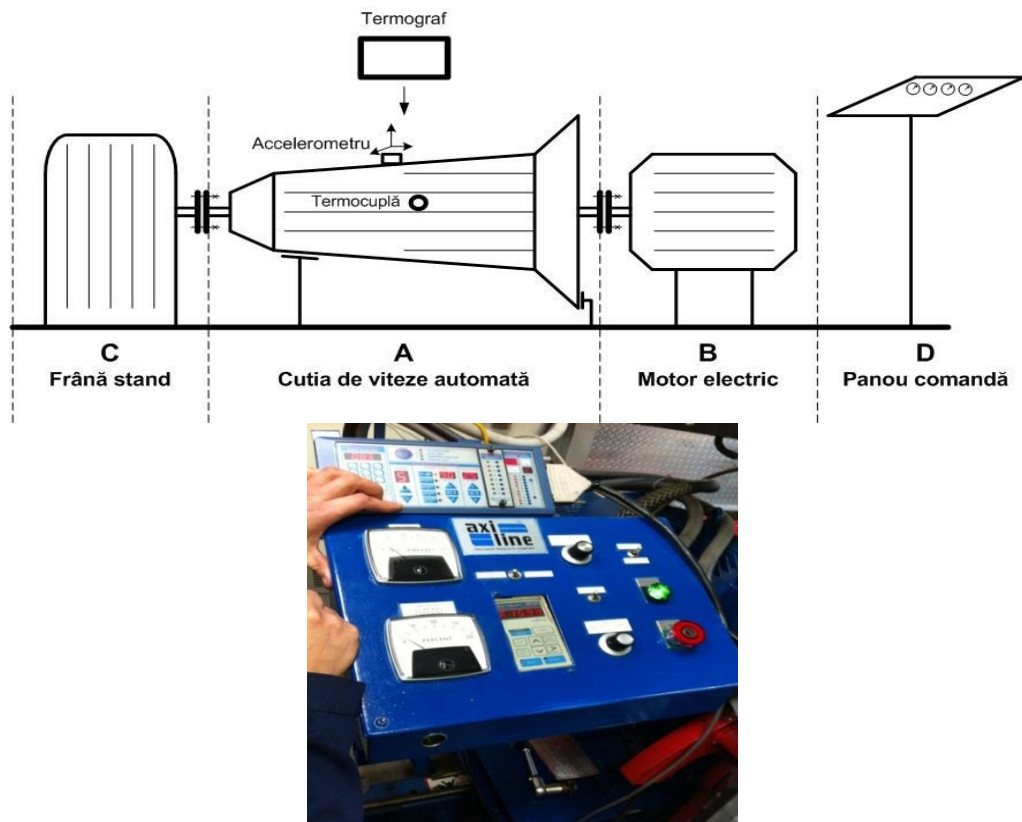
Standul dinamic de testare a cutiilor de viteze automate permite înregistrarea fenomenelor termice prin mijloace termografice. El este prezentat în figurile 5.1. și 5.2. și se compune din următoarele elemente:

- A-cutie de viteze automată 7G Tronic;
- B-motor electric de antrenare;
- C-frână;
- D-panou de comandă.

Pe acest stand se înregistrează variația temperaturii cu ajutorul termografului Flir B200 și a senzorilor de temperatură (termocuple) montați pe carcasă.



Figura 5.1. Stand dinamic de testare a cutiilor de viteze automate sub turații variabile



. Detaliu „D” -Panou de comandă

Figura 5.2. Schema bloc a standului dinamic de testare

În cadrul experimentului termografic se deduc temperaturile degajate prin carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic în regim de funcționare în gol și în sarcină, analizând în mod deosebit distribuția temperaturii pe fiecare treaptă de viteză.

Principiul metodei termografice se bazează pe măsurarea temperaturii de la suprafața obiectelor prin mai multe metode: contact direct sau telemetrie. Contactul direct are ca principală metodă folosirea de cristale lichide ce își schimbă culoarea în funcție de temperatura locală. Telemetria constă în calcularea temperaturii într-un punct, pe baza energiei emise de acel punct în infraroșu.

În prezent camerele digitale cu infraroșu au fost mult îmbunătățite permițând analiza imaginilor capturate, atât static, cât și dinamic.

În acest scop s-au efectuat o serie de imagini digitale cu un aparat fotografic cu infraroșu. Prin examinarea termografică se practică măsurarea temperaturii obiectului (în cazul de față cutia de viteze automată), utilizând dispozitive de detectare a radiațiilor infraroșii, bazate pe autoemanarea radiațiilor infraroșii.

Termograful analizează temperatura cutiei de viteze automate și măsoară tocmai această modificare a temperaturii.

Foarte util în acest sens este gradientul de temperatură, reprezentat de diferența de temperatură.

Undele infraroșii sunt unde electromagnetice aflate în continuarea gamei luminii vizibile din partea culorii roșii a spectrului. Ele se situează ca lungime de undă în intervalul 700 nm-1000  $\mu$ m. Termograful captează un număr imens de informații, atât de multe încât nici măcar nu ar putea fi interpretate dacă nu am avea mijloacele necesare în acest sens. Și aceste mijloace sunt reprezentate de programe superspecializate care preiau aceste informații, le analizează, le prelucrează și le transformă într-o hartă cromatică, hartă care poate fi interpretată de către specialistul în termografie.

Aparatul termografic folosit în studiu este un aparat FLIR B200 și prezintă o tehnică care sesizează și înregistrează zonele calde și reci ale cutiei de viteze automate prin metode de detectare a radiațiilor infraroșii emanate de uleiul încălzit din cutia de viteze.

Principalele caracteristici tehnice ale acestui aparat sunt următoarele:

- rezoluție de 200X150 pixeli;
- 2X zoom digital;
- cameră digitală integrată;
- posibilitatea de a se face adnotații;
- ecran de tip „touch screen”;
- lentile interschimbabile de 25° și opționale de 15° și 45°.

Aparatul Flir B200 (figura 5.3.) măsoară temperaturi de la -20°C la +120°C. Camera digitală integrată (de 1,3 Mpixeli) permite observarea și inspectarea mai rapidă și mai ușoară, și în plus prezintă sistemul „picture in picture” care permite suprapunerea stratului infraroșu peste imaginea digitală.

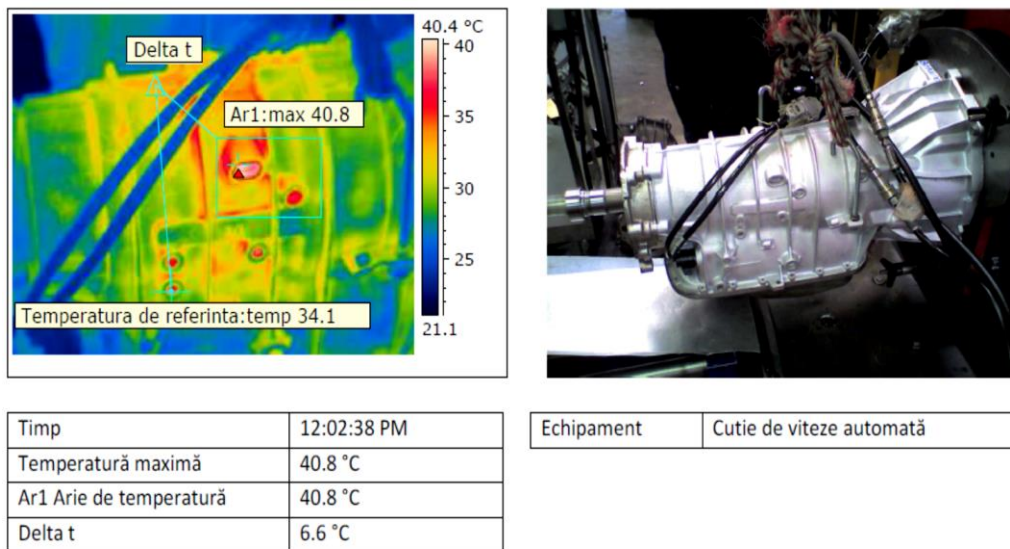


Figura 5.3. – Aparatul FLIR B200 utilizat în studiului termografic. A – fața posterioară a aparatului cu display-ul și setarea acestuia. B – fața inferioară a aparatului cu hub-urile de conectare. C – imagine fotografică normală la nivelul display-ului. D – imagine termografică a aceluiași obiect din detaliul C.

Totodată, pe stand au fost montate și termocuplele NI USB TC01 (figura 5.4.), ce conțin interfață de citire proprie, fără a necesita o placă de achiziție dedicată.



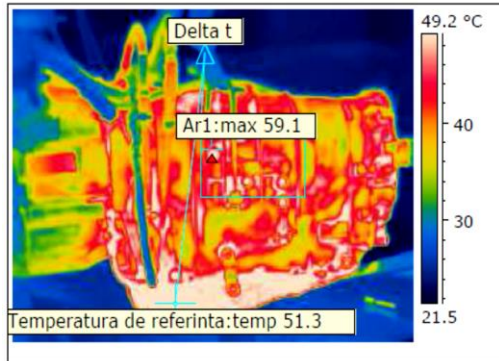
Figura 5.4. Termocuplă NI USB TC01 marca National Instruments



Analiza termografică în momentul montării cutiei de viteze automate pe stand. La 12:02:38 PM, standul se află în modul oprit, turația  $n=0$  rot./min., presiune 0 Psi (0 MPa), temperatură maximă 40.8°C, temperatura de referință 34.1°C. Vedere laterală dreapta

Figura 5.5. Analiza termografică la începutul experimentului termografic





Timp	12:42:30 PM
Temperatură maximă	59.1 °C
Ar1 Arie de temperatură	59.1 °C
Delta t	7.8 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică după 30 minute de rulare în sarcină a cutiei de viteze automate pe stand. La 12:42:30 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=2450$  rot./min., presiune 185 Psi (1.27 MPa), temperatură maximă 59.1°C, temperatura de referință 51.3°C. Vedere laterală stânga

Figura 5.6. Analiza termografică la încheierea experimentului termografic

În figura 5.5. se prezintă starea inițială a experimentului termografic. În acest moment, cutia de viteze automată se fixează pe stand cu ajutorul suporturilor speciali ce asigură totodată transferul mișcării de la motor-cutie-frână.

Figura 5.6. reprezintă momentul finalizării experimentului, în care s-a ajuns la temperatura maximă în timpul antrenării cutiei de viteze automate pe stand.

Pe rapoartele termografice se disting patru elemente distincte de recepție a temperaturilor:

- punctul denumit „Temperatura maximă” [°C] reprezintă punctul în care se înregistrează temperatura maximă a întregii capturi termografice;
- zona „Arie de temperatură” reprezintă zona ce include punctul de temperatură maximă;
- punctul denumit „Temperatura de referință” [°C] este punctul de temperatură medie a obiectului studiat termografic;
- punctul „Delta t” este punctul fără referință exactă pe zona capturii termografice, însă reprezintă diferența dintre „Temperatura maximă” și „Temperatura de referință”.

În Anexa 2 se prezintă un raport termografic complet efectuat cu aparatura termografică FLIR B200 și cu ajutorul termocuplelor NI USB TC01 privind evoluția experimentului termografic al cutiei de viteze automate montate pe stand. Aceste înregistrări termografice și prelucrările datelor înregistrate s-au efectuat cu ajutorului soft-ului dedicat Flir Reporter versiunea 8.5.

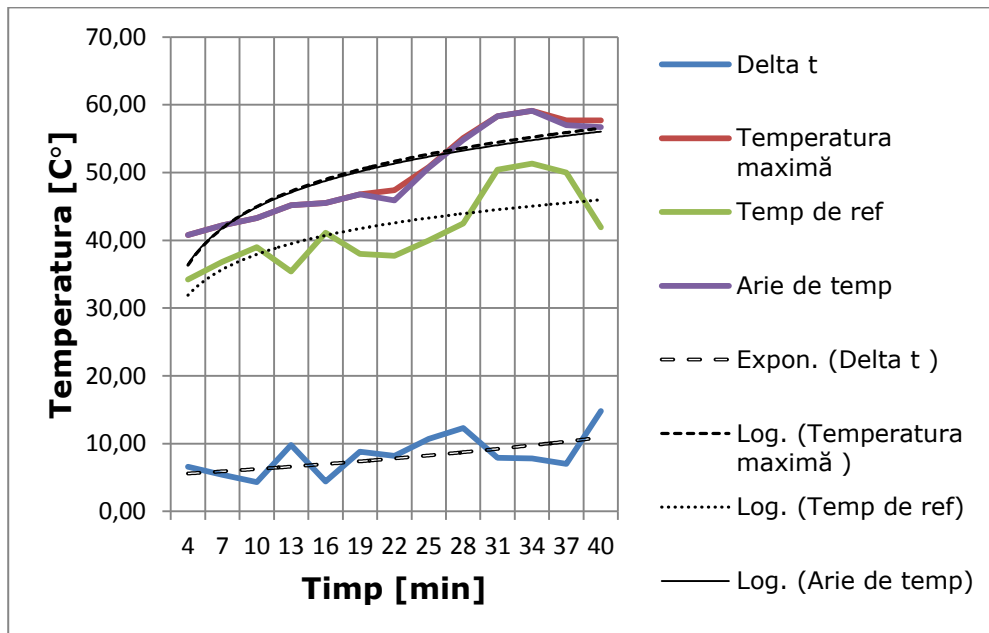


Figura 5.7. Sinteza analizei termografice în timp alături de tendințele caracteristice fiecărei curbe de temperatură

În figura 5.7. s-a făcut o sinteză a întregului raport termografic al cutiei de viteze automate, observându-se punctele de temperatură maximă și punctele cu temperatura de referință. Totodată, pentru fiecare dintre aceste curbe s-au trasat liniile de trend ale acestora prin metoda regresiiilor statistice, determinând astfel previziuni și estimări ale posibilelor temperaturi.

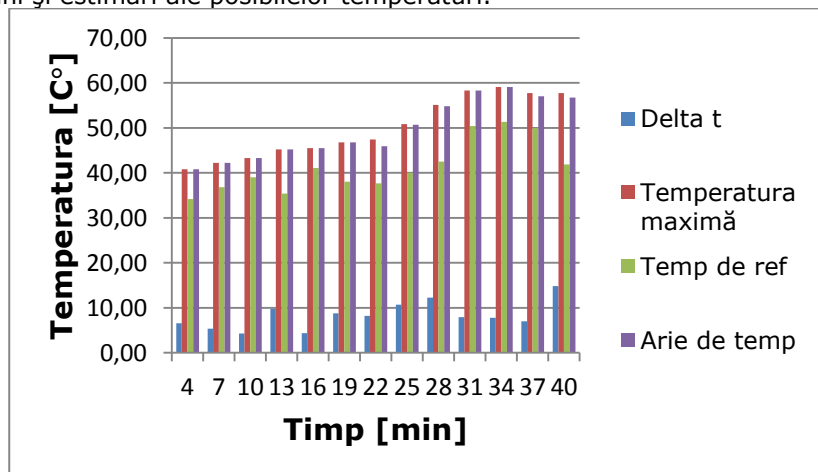


Figura 5.8. Reprezentarea analizei întregului raport termografic prin diagrama cu bare

Figura 5.8. redă cu claritate sinteza raportului termografic al cutiei de viteze automate reliefând prin metoda diagramei cu bare diferențele caracteristice de temperatură în funcție de timp.

## 5.2. Înregistrarea temperaturilor interne ale cutiei de viteze automate 7G Tronic în timpul funcționării pe autovehicule

Pentru a determina caracteristicile termice și sub influența dinamicii autovehiculului, s-au efectuat teste de înregistrare directă a temperaturii interne a cutiei de viteze automate exact pe autovehicule echipate cu acest tip de cutie de viteze automată.

Testele s-au făcut pe următoarele tipuri de autovehicule marca Mercedes-Benz echipate cu cutia de viteze automată 7G Tronic, având următoarele serii de șasiu: WDC 251.022, WDC 204.984, WDC 164.063

Testul a fost făcut în timpul rulării pe o distanță de 40 km cu aparatul de diagnoză mobil Daimler EGS Star Diagnosis, având setat modulul de cutii de viteze automate (figura 5.9.).

Testele au fost totodată făcute pe autovehiculele respective atât cu modul de selectare „Confort” al cutiei de viteze automate, cât și cu modul de selectare „Sport” pentru a vedea diferențele de temperaturi interne ale cutiei de viteze automate pentru cele două module.



Figura 5.9. Aparat de diagnoză Daimler Star Diagnosis

Pe aparatul de diagnoză Daimler Star Diagnosis s-au înregistrat următoarele mărimi: cuplul (momentul) [Nm] înregistrat la distribuție, temperatura uleiului din cutia de viteze înregistrată de senzorul de temperatură din interiorul cutiei, poziția treptei de viteză, turațiile (n [rot/min]) de patinare ale convertizorului, turația turbinei, turațiile la intrare și ieșire din cutia de viteze, turația motorului înregistrată de senzorul de turație de pe arborele cotit.

În tabelele 5.1 și 5.2. se prezintă toți acești parametri în funcție de treapta de viteză cât și mediile lor, diferind doar modulul cutiei de viteze selectat. Astfel, în primul caz (Tabel 5.1.), este selectat modulul „Confort” al cutiei de viteze automate, iar în cel de-al doilea caz este selectat modulul „Sport” al cutiei de viteze automate, caz în care aceasta va schimba vitezele la turații mult mai ridicate, dându-i automobilului un caracter sportiv de rulare.

Tabel 5.1. Măsurătorile extrase din testul de diagnoză pe autovehicul WDC 164.063 în modulul Confort selectat

Test model WDC 164.063 modul Confort									
		Treapta de viteză							Media
		1	2	3	4	5	6	7	
Temperatură ulei	[°C]	55	62	66	67	67	71	71	65.5714
Cuplu motor	[Nm]	9	23	27	23	49	85	130	49.4286
Turație patinare convertizor	[rot/min]	15	4	17	5	6	5	6	8.28571
Turație internă CVA	[rot/min]	320	1721	990	1477	1340	1750	2540	1448.29
Turația la ieșirea din CVA	[rot/min]	200	868	651	1082	1339	1400	1800	1048.57
Turație turbină	[rot/min]	732	2487	1255	1478	1342	1325	1822	1491.57
Turație motor(calculator Distribuție)	[rot/min]	747	2491	1254	1488	1344	1333	1828	1497.86

Tabel 5.2. Măsurătorile extrase din testul de diagnoză pe autovehicul WDC 164.063 în modulul Sport selectat

Test model WDC 164.063 modul Sport									
		Treapta de viteză							Media
		1	2	3	4	5	6	7	
Temperatură ulei	[°C]	53	64	66	69	70	71	72	66.4286
Cuplu motor	[Nm]	31	23	26	25	65	100	170	62.8571
Turație patinare convertizor	[rot/min]	36	6	4	2	6	8	5	9.57143
Turație internă CVA	[rot/min]	427	1602	990	1233	1410	1700	2440	1400.29
Turația la ieșirea din CVA	[rot/min]	222	895	521	814	1413	1830	2467	1166
Turație turbină	[rot/min]	972	2559	1000	1561	1413	1500	1795	1542.86
Turație motor(calculator Distribuție)	[rot/min]	1004	2563	1005	1567	1421	1511	1801	1553.14

În figura 5.10. se reprezintă curbele temperaturilor interne ale cutiei de viteze automate 7G Tronic analizate pentru ambele module de selectare ale regimului de mers pentru cutia de viteză (Confort și Sport). După cum se observă și în acest grafic și în cele două tabele precedente (Tabel 5.1. și Tabel 5.2.) temperaturile interne ale uleiului din cutia de viteze automată are valori mai ridicate pentru modulul Sport față de modulul Confort demonstrând faptul că la turații ridicate temperatura uleiului crește față de turații normale de mers.

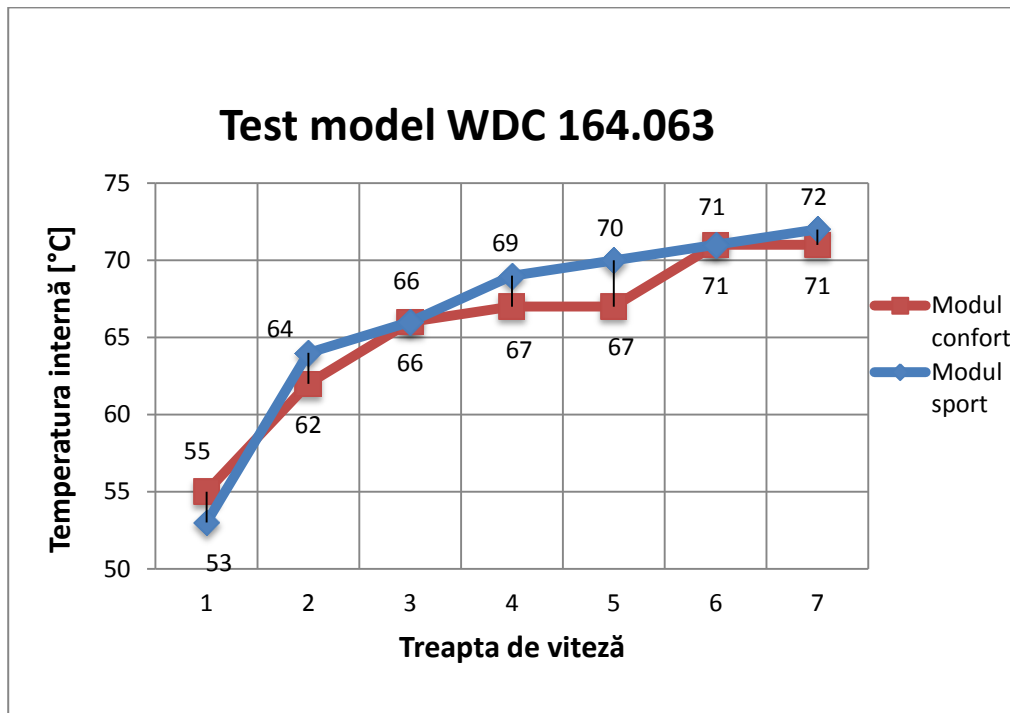


Figura 5.10. Grafic reprezentând temperaturile uleiului din CVA în funcție de treapta de viteză pentru autovehiculul WDC 164.063

### 5.3. Simularea propagării căldurii în carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic

În analizele anterioare s-au studiat temperaturile din interiorul cutiei de viteze automate 7G Tronic și temperatura la suprafață degajată prin carcasă și evidențiată prin metode termografice.

Având aceste date, cu ajutorul soft-ului Abaqus 6.10 (soft-ului specializat în metoda cu element finit) s-a realizat o analiză cu element finit și convecție termică prin modelarea carcasei cutiei de viteze automate și evidențierea transferului de căldură prin aceasta.

Pentru această analiză, pentru cutia de viteze automată 7G Tronic s-a ales ca material, conform literaturii de specialitate, Magneziul (Mg). Din acest punct de vedere, pentru acest tip de material se cunosc:

- Conductivitatea termică;
- densitatea materialului (Mg);
- căldura masică specifică.

Acestea au următoarele valori: conductivitatea termică,  $\lambda=156 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ; densitatea materialului,  $\rho=1738 \text{ kg/m}^3$ ; căldura masică specifică,  $c_m=1030 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ .

Analiza cuprinde mai multe etape până a ajunge la simularea finală.

*Bazele teoretice ale FEM (metodei cu element finit) în probleme bidimensionale și axial-simetrice de transfer de căldură în regim staționar.*

a). Probleme bidimensionale. Schimbul de căldură în regim staționar al unui corp cu mediul înconjurător, în cazul problemelor bidimensionale (figura 5.11 ) este exprimat de ecuația:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_x \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_y \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + M - q + \alpha(\theta - \theta_e) = 0 \quad (5.1)$$

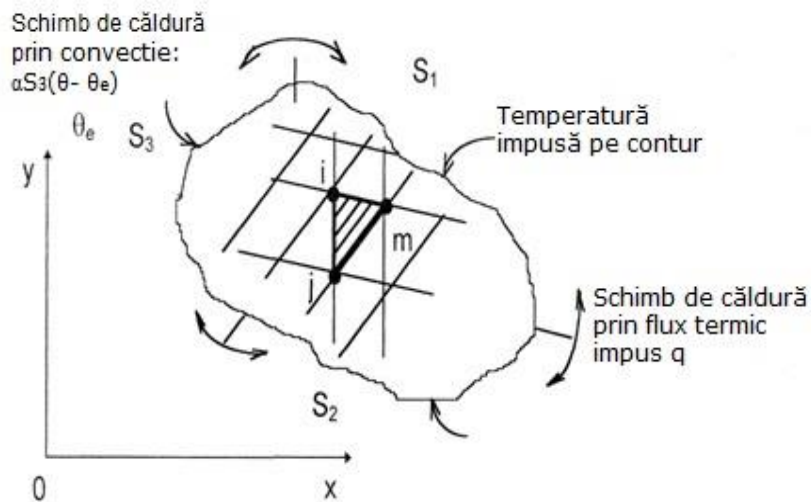


Figura 5.11. Cazul general al schimbului de căldură bidimensional al unui corp cu mediul înconjurător.

cu condițiile la limită:

$\theta = \theta(x, y)$ , temperatură impusă pe suprafața  $S_1$ ;

$\lambda_x \frac{\partial \theta}{\partial x} n_x + \lambda_y \frac{\partial \theta}{\partial y} n_y = q$ , flux termic unitar impus pe suprafața  $S_2$ ;

$\lambda_x \frac{\partial \theta}{\partial x} n_x + \lambda_y \frac{\partial \theta}{\partial y} n_y + \alpha(\theta - \theta_e) = 0$  schimb de căldură prin suprafața  $S_3$

În relația 5.1:

$\theta$  - reprezintă temperatura;

$\lambda_x, \lambda_y$  - coeficienți de conductivitate termică ai materialului din care este alcătuit corpul;

$M$  - fluxul termic unitar al surselor interioare de căldură;

$q$  - fluxul termic unitar prin suprafața de separație  $S_2$ ;

$\alpha$  - coeficientul de schimb de căldură prin convecție între suprafața  $S_2$  și mediul înconjurător;

$\theta_e$  - temperatura mediului înconjurător.

### 5.3 - Simularea propagării căldurii în carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic 67

Potrivit teoriilor din calculul variațiilor, rezolvarea ecuației diferențiale 5.1. este echivalentă cu minimizarea unei mărimi funcționale, respectiv cu determinarea valorilor parametrilor  $\theta$ , pentru care mărimea funcțională ia valoare minimă. Funcționala corespunzătoare în acest caz este:

$$J = \int_V \left[ \frac{1}{2} \left( \lambda_x \frac{\partial \theta^2}{\partial x} + \lambda_y \frac{\partial \theta^2}{\partial y} \right) - M\theta \right] dV + \int_{S_3} \alpha \theta \left( \frac{1}{2} \theta - \theta_c \right) dS - \int_{S_2} q \theta dS \quad (5.2)$$

Primul termen al funcționalei corespunde schimbului de căldură prin conducție. În elementul diferențial  $dV_v = dx dz dz$ ,  $\int_0^h dz = h$  este grosimea constantă a corpului, care se ia de obicei egală cu 1.

Termenul al doilea corespunde schimbului de căldură prin convecție prin suprafața  $S_3$ , iar termenul al treilea corespunde schimbului de căldură prin flux termic impus prin suprafața  $S_2$ .

Minimizarea funcționalei 5.2 se face pe elemente finite, efectul de ansamblu obținându-se prin cumularea efectelor parțiale corespunzătoare fiecărui element finit în parte. Din numeroasele tipuri de elemente finite folosite în prezent, cele triunghiulare au avantajul simplității [2; 70; 71].

Variația temperaturii pe suprafața elementului finit este descrisă de funcțiile de formă sau de interpolare, care sunt caracteristice fiecărui tip de element finit.

Aceste funcții exprimă temperatura de pe element în raport de temperaturile din noduri. Pentru elementul finit triunghiular (fig-5.11.):

$$\theta = [N_i N_j N_m] \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ \theta_m \end{Bmatrix} \quad (5.3)$$

În care funcțiile de formă sunt relații liniare de tipul :

$$\begin{aligned} N_i &= (a_i + b_i x + c_i y) / 2\Delta \\ N_j &= (a_j + b_j x + c_j y) / 2\Delta \\ N_m &= (a_m + b_m x + c_m y) / 2\Delta \end{aligned} \quad (5.4)$$

Coeficienții  $a$ ,  $b$ ,  $c$  sunt mărimi constante, în expresia cărora intră numai coordonatele nodurilor elementului finit :

$$\begin{aligned} a_i &= x_j y_m - x_m y_j & a_j &= x_m y_i - x_i y_m & a_m &= x_i y_j - x_j y_i \\ b_i &= y_i - y_m & b_j &= y_m - y_i & b_m &= y_j - y_j \\ c_i &= x_m - x_j & c_j &= x_i - x_m & c_m &= x_j - x_i \end{aligned}$$

Minimizarea funcționalei 5.2 înseamnă anularea derivatei funcționalei în raport cu parametrul  $\theta$ , adică :

$$\frac{\partial J}{\partial \theta} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial J}{\partial \theta_i} \\ \frac{\partial J}{\partial \theta_j} \\ \frac{\partial J}{\partial \theta_m} \end{Bmatrix} = \text{sau } \frac{\partial J}{\partial \theta_i} = \frac{\partial J}{\partial \theta_j} = \frac{\partial J}{\partial \theta_m} = 0 \quad (5.5)$$

În cele ce urmează se arată cum a fost stabilită ecuația structurală de echilibru termic pornind de la această condiție [2; 70; 71].

Derivând 5.2 în raport cu  $\theta_i$  și egalând cu zero se obține :

$$\begin{aligned} \frac{\partial J}{\partial \theta_i} \iint \left\{ \lambda_x \frac{\partial \theta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \theta_i} \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \lambda_y \frac{\partial \theta}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \theta_i} \left( \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) - M \frac{\partial \theta}{\partial \theta_i} \right\} dx dy + \\ + \int_{S_3} \left( \alpha \theta \frac{\partial \theta}{\partial \theta_i} - \alpha \theta_e \frac{\partial \theta}{\partial \theta_i} \right) dS - \int_{S_2} q \frac{\partial \theta}{\partial \theta_i} dS = 0 \end{aligned} \quad (5.6)$$

Din 5.3 și 5.4 rezultă :

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{1}{2\Delta} [b_i b_j b_m] \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ \theta_m \end{Bmatrix}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{1}{2\Delta} [c_i c_j c_m] \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ \theta_m \end{Bmatrix}$$

$$\frac{\partial}{\partial \theta_i} \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = \frac{b_i}{2\Delta}, \quad \frac{\partial}{\partial \theta_i} \left( \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) = c_i / 2\Delta$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial \theta_i} = N_i = \frac{1}{2\Delta} (a_i + b_i x + c_i y)$$

Înlocuind în 5.6 se obține :

$$\begin{aligned} \frac{h}{4\Delta^2} \iint \left\{ \lambda_x b_i [b_i b_j b_m] \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ \theta_m \end{Bmatrix} + \lambda_x c_i [c_i c_j c_m] \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ \theta_m \end{Bmatrix} \right\} dx dy + \\ + \alpha \int_{S_3} N_i [N_i N_j N_m] \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ \theta_m \end{Bmatrix} dS = h \iint MN_i dx dy + \alpha \int_{S_2} N_i dS + q \int_{S_2} N_i dS \end{aligned} \quad (5.7)$$

S-a presupus că pe laturile elementului care schimbă căldură prin convecție  $\alpha = \text{const.}$  și  $\theta_e = \text{const.}$ , iar pe laturile pe care se schimbă căldură prin flux impus  $q = \text{const}$  [2; 70; 71].

În continuare se vor examina succesiv termenii celor doi membri ai ecuației 5.7.

*Membrul stâng*

*Termenul 1* reprezintă matricea coeficienților de conductivitate termică. Admițând că limitele unui element finit  $\lambda_x$  și  $\lambda_z$  sunt constante și ținând seama că  $\iint dx dz = \Delta$ , primul termen se scrie sub forma :

$$\frac{h}{4\Delta} [(\lambda_x b_i b_i + \lambda_z c_i c_i) (\lambda_x b_i b_j + \lambda_z c_i c_j) (\lambda_x b_i b_m + \lambda_z c_i c_m)] \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ \theta_m \end{Bmatrix}$$

*Termenul 2* reprezintă contribuția datorită schimbului de căldură prin convecție.



$$\begin{aligned}
 & \alpha \int_{S_3} [N_i N_i N_i N_j N_i N_m] \begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ \theta_m \end{Bmatrix} dS \\
 & \alpha \int_{S_3} [N_i N_j] dS = \frac{\alpha}{4\Delta^2} \int_{S_3} (a_i + b_i x + c_i y) (a_j + b_j x + c_j y) dS = \\
 & = \frac{\alpha}{4\Delta^2} \left\{ \int_{S_3} a_i a_j dS + \int_{S_3} (a_i b_j + a_i b_i) x dS + \int_{S_3} (a_i c_j + a_j c_i) y dS + \right. \\
 & \quad \left. + \int_{S_3} (b_i c_j + b_j c_i) x y dS + \int_{S_3} b_i b_j x^2 dS + \int_{S_3} c_i c_j y^2 dS \right\} = \\
 & = \frac{\alpha}{4\Delta^2} \left\{ a_i a_j \int_{S_3} dS + (a_i b_j + a_j b_i) \int_{S_3} x dS + (a_i c_j + a_j c_i) \int_{S_3} y dS + \right. \\
 & \quad \left. + (b_i c_j + c_i b_j) \int_{S_3} x y dS + b_i b_j \int_{S_3} x^2 dS + c_i c_j \int_{S_3} y^2 dS \right\} = \\
 & = \frac{\alpha}{4\Delta^2} [a_i a_j I_0 + (a_i b_j + a_j b_i) I_1 + (a_i c_j + a_j c_i) I_2 + (b_i c_j + b_j c_i) I_3 + \\
 & \quad + b_i b_j I_4 + c_i c_j I_5] = \frac{\alpha}{4\Delta^2} d_i d_j
 \end{aligned}$$

În această expresie integralele  $I_0 \dots I_5$  au următoarele valori:

$$\begin{aligned}
 I_0 &= \int_{S_3} dS = h L_{kl} \\
 I_1 &= \int_{S_3} x dS = \frac{1}{2} h L_{kl} (x_k + x_l) \\
 I_2 &= \int_{S_3} y dS = \frac{1}{2} h L_{kl} (y_k + y_l) \\
 I_3 &= \int_{S_3} x y dS = \frac{1}{6} h L_{kl} (x_k y_l + x_l y_k + 2x_k y_k + 2x_l y_l) \\
 I_4 &= \int_{S_3} x^2 dS = \frac{1}{3} h L_{kl} (x_k^2 + x_l^2 + x_k x_l) \\
 I_5 &= \int_{S_3} y^2 dS = \frac{1}{3} h L_{kl} (y_k^2 + y_l^2 + y_k y_l),
 \end{aligned}$$

În care

$L_{kl} = \sqrt{(x_k - x_l)^2 + (y_k - y_l)^2}$  este lungimea laturii care schimbă căldura prin convecție;

$h$  - grosimea corpului (figura 5.12)

Membrul stâng al ecuației 5.40 este prima linie a matricei  $[k]_e$  a elementului.

Celelalte linii, se obțin analog făcând

$$\frac{\partial J}{\partial \theta_j} = 0$$

Și

$$\frac{\partial J}{\partial \theta_m} = 0$$

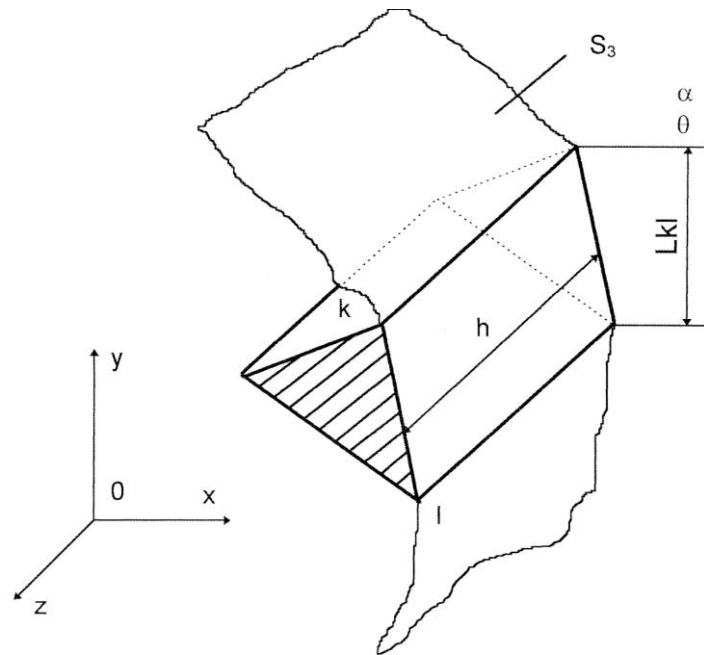


Figura 5.12. Element finit triunghiular cu grosime constantă  $h$  în direcția axei  $z$ , având schimb de căldură prin convecție prin suprafața  $h \times L_{ki}$

Astfel că în final membrul stâng devine:

$$\frac{1}{4\Delta} \begin{bmatrix} h(\lambda_x b_i b_i + \lambda_y c_i c_i) + \frac{\alpha}{\Delta} d_i d_i & h(\lambda_x b_i b_j + \lambda_y c_i c_j) + \frac{\alpha}{\Delta} d_i d_j & h(\lambda_x b_i b_m + \lambda_y c_i c_m) + \frac{\alpha}{\Delta} d_i d_m \\ h(\lambda_x b_j b_i + \lambda_y c_j c_i) + \frac{\alpha}{\Delta} d_j d_i & h(\lambda_x b_j b_j + \lambda_y c_j c_j) + \frac{\alpha}{\Delta} d_j d_j & h(\lambda_x b_j b_m + \lambda_y c_j c_m) + \frac{\alpha}{\Delta} d_j d_m \\ h(\lambda_x b_m b_i + \lambda_y c_m c_i) + \frac{\alpha}{\Delta} d_m d_i & h(\lambda_x b_m b_j + \lambda_y c_m c_j) + \frac{\alpha}{\Delta} d_m d_j & h(\lambda_x b_m b_m + \lambda_y c_m c_m) + \frac{\alpha}{\Delta} d_m d_m \end{bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \theta_i \\ \theta_j \\ \theta_m \end{Bmatrix} = [k]_e \cdot \{\theta\}_e \quad (a)$$

*Membrul drept*

*Termenul 1* reprezintă fluxul termic al surselor interioare de căldură

$$h \iint MN_i dx dy$$

Admițând că pe suprafața unui element finit  $M = \text{const.}$  și evaluând funcția de formă în centrul de greutate al elementului de coordonate  $\bar{x}$  și  $\bar{y}$ , adică exprimând funcția  $N_i = a_i + b_i \bar{x} + c_i \bar{y}$  se obține o valoare suficient de exactă sub forma

$$\frac{M\Delta h}{3} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

care exprimă repartizarea egală a fluxului  $M$  pe cele trei noduri ale elementului. Dacă în locul fluxului termic unitar al surselor interioare se cunoaște fluxul repartizat pe noduri  $M_1, M_2, M_3$ , atunci

$$M = N_1 M_1 + N_2 M_2 + N_3 M_3$$

astfel că primul termen al membrului drept se scrie sub forma :

$$h \iint (N_1 M_1 + N_2 M_2 + N_3 M_3) dx dy = \frac{\Delta h}{12} \begin{pmatrix} 2M_1 & M_2 & M_3 \\ M_1 & 2M_2 & M_3 \\ M_1 & M_2 & 2M_3 \end{pmatrix}$$

*Termenul 2* reprezintă schimbul convectiv prin suprafața laterală

$$\begin{aligned} \theta_e \alpha \int_{S_3} N_i dS &= \theta_e \alpha \int_{S_3} \frac{1}{2\Delta} (a_i + b_i x + c_i y) dS = \\ \frac{\alpha \theta_e}{2\Delta} a_i \int_{S_3} dS &+ \frac{\alpha \theta_e}{2\Delta} b_i \int_{S_3} x dS + \frac{\alpha \theta_e}{2\Delta} c_i \int_{S_3} y dS = \\ &= \frac{\alpha \theta_e}{2\Delta} (a_i I_0 + b_i I_1 + c_i I_2) \end{aligned}$$

*Termenul 3* reprezintă schimbul de căldură prin flux termic impus

$$q \int_{S_3} N_i dS = \frac{q}{2\Delta} \int_{S_3} (a_i + b_i x + c_i y) dS = \frac{q}{2\Delta} (a_i I_0 + b_i I_1 + c_i I_2)$$

În ansamblu pentru întregul element, membrul al doilea al ecuației 5.7 este un vector coloană de forma

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{M\Delta h}{3} + \frac{\alpha \theta_e + q}{2\Delta} (a_i I_0 + b_i I_1 + c_i I_2) \\ \frac{M\Delta h}{3} + \frac{\alpha \theta_e + q}{2\Delta} (a_j I_0 + b_j I_1 + c_j I_2) \\ \frac{M\Delta h}{3} + \frac{\alpha \theta_e + q}{2\Delta} (a_m I_0 + b_m I_1 + c_m I_2) \end{array} \right\} = \{F\}_e \quad (b)$$

Egalând membrul stâng cu cel drept, respectiv (a) cu (b), se obține ecuația de echilibru termic pentru un element finit:

$$[k]_e \{\theta\}_e = \{F\}_e \quad (5.8)$$

Însumând pentru toate cele  $m$  elemente finite, se obține ecuația de echilibru termic pentru întreaga secțiune (corp):

$$\left( \sum_1^m [k]_e \right) \{\theta\} = \{F\}$$

Sau

$$[k] \{\theta\} = \{F\} \quad (5.9)$$

În care  $[K]$  este matricea de conductivitate termică,  $\{\theta\}$  - vectorul - coloană al temperaturilor nodale, iar  $\{F\}$  - vectorul-coloană al fluxurilor termice interioare și exterioare în toate nodurile secțiunii. Rezolvarea sistemului de ecuații 5.42 conduce la determinarea temperaturii în toate nodurile secțiunii [2; 70; 71].

b). Probleme axial simetrice. În cazul acestor probleme, în care se încadrează corpurile cu simetrie axială geometrică și termică, funcționala care trebuie minimizată este :

$$J = \int_V \left[ \frac{1}{2} \left\{ r \lambda_x \left[ \frac{\partial \theta}{\partial x} \right]^2 + r \lambda_y \left[ \frac{\partial \theta}{\partial y} \right]^2 \right\} - M \theta \right] dV + \int_{S_2} \alpha \theta \left( \frac{1}{2} \theta - \theta_e \right) dS - \int_{S_2} q \theta dS \quad (5.10)$$

Elementul finit este un tor cu secțiune triunghiulară (figura 5.13).

În expresia funcționalei apare raza  $r$ , variabilă pe suprafața elementului finit. Rezultate suficient de exacte se obțin utilizând raza în centrul de greutate,  $\bar{r}$ . Cum elementul diferențial este  $dV = 2\pi \bar{r} dA$  din  $\int_V \bar{r} dV$  se obține  $2\pi \bar{r}^2 \int_A dA = 2\pi \bar{r}^2 \iint dx dy$

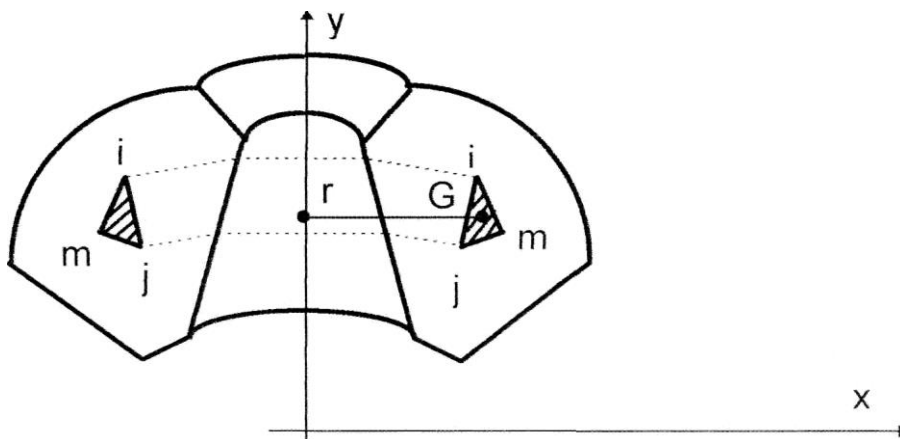


Figura 5.13. Corp simetric și element finit toroidal cu secțiune triunghiulară.

Rezultate mai precise se obțin folosind în loc de  $r$  expresia  $R$  dată de:

$$R = \frac{1}{12} [r_i r_j r_m] \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} r_i \\ r_j \\ r_m \end{Bmatrix}$$

### 5.3 - Simularea propagării căldurii în carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic 73

Dacă se ia în considerare și fenomenul de radiație termică, forma generală a ecuației echilibrului termic în regim staționar devine :

$$[K]\{u\} + [R]\{u + T_{abs}\}^4 = \{P\} + \{N\} \quad (5.11)$$

unde :

$[K]$  - matricea conductibilității termice

$[R]$  - matricea schimbului de căldură prin radiație

$\{u\}$  - mulțimea vectorială a temperaturilor necunoscute

$T_{abs}$  - datele de ieșire ale temperaturilor cerute pentru calculele schimbului de căldură prin radiație

$\{P\}$  - vectorul fluxurilor de căldură constante aplicate

$\{N\}$  - vectorul temperaturilor dependent de fluxurile de căldură.

Ecuația este neliniară datorită prezenței a patru termeni ai legii de distribuție a puterii dezvoltate prin radiație.

În plus pot apărea neliniarități datorate coeficienților matriciali și condițiilor la limită.

Aceste neliniarități sunt introduse prin specificarea proprietăților materialelor și condițiilor la limită dependente de temperatură.

Programul de calcul Abaqus 6.10 aplică schema de iterare Newton-Raphson pentru soluționarea acestor ecuații neliniare.

Procedura conduce la următoarea formă a ecuației de echilibru termic ;

$$[KT]_i \{Du\}_i = \{R\}_i \quad (5.12)$$

unde :

$[KT]_i$  - matricea conductibilității tangențiale  $dz/du$

$[KT]_i = [k]_i + 4[R]_i \{u_i + T_{abs}\}^3 - \{dN/dU\}_i$

$[R]_i$  - vectorul rezidual

$[R]_i = \{P\}_i + \{N\}_i - [K]_i \{u\}_i - [R]_i \{u_i + T_{abs}\}^4$

La fiecare iterare matricea din membrul stâng și vectorul din membrul drept sunt calculate pe baza vectorului temperatură rezolvând pentru vectorul necunoscut noile valori ale temperaturii :

$$\{du\}_i = \{u_{i+1} - u_i\} \quad (5.13)$$

Programul urmărește atingerea soluțiilor de convergență în sens optimal, echilibrând aspecte variate ale soluțiilor incluzând încărcarea, datele anterioare reziduale, datele anterioare ale matricii tangențiale, etc [2; 70; 71].

În prima etapă se remodelează carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic în soft-ul CAD 3D ProEngineer Wildfire 5.0. După efectuarea acestui model, se exportă în format „step” modelul în soft-ul Abaqus 6.10 care va realiza discretizarea carcasei (figura 5.14.).

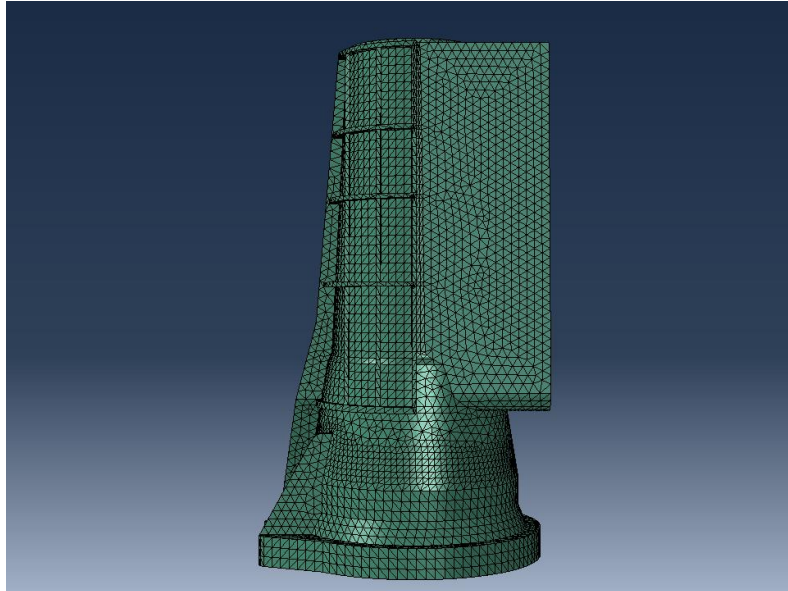


Figura 5.14. Modelul discretizat generat prin soft Abaqus 6.10

În urma discretizării, au rezultat 58226 elemente tetraedrice pătratice (quadractice). Elementele sunt de tip DC3D10 pentru transferul termic. În total sunt 111862 noduri (puncte de calcul).

Numărul de iterații pentru a ajunge la modelul final:

- pentru faza staționară:
  - o singură iterație (se face doar discretizarea carcasei CVA);
- pentru faza tranzitorie:
  - 12 iterații

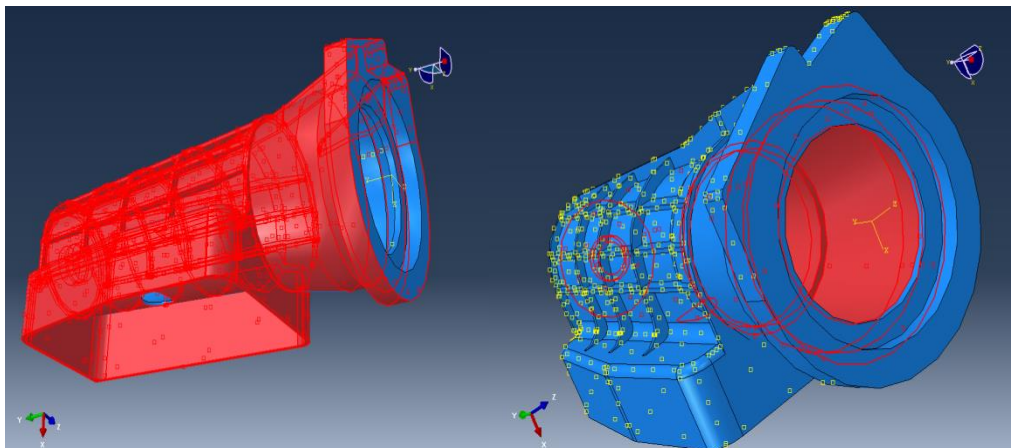


Figura 5.15. Selectarea suprafețelor pentru analiza asupra transferului termic

După selectarea suprafețelor exterioare și interioare pe care se va face analiza (figura 5.15.), se disting două cazuri, și anume:

### 5.3 - Simularea propagării căldurii în carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic 75

- pe suprafețele interioare: din datele anterioare (tabel 5.1. și 5.2.) se cunoaște temperatura medie internă  $T_i \cong 60^\circ\text{C}$ . Se alege drept coeficient de convecție al ceții de ulei ce există în interiorul cutiei de viteze,  $\alpha_c = 65 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ;
- pentru suprafețele exterioare: se consideră temperatura mediului ambiant  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ , iar ca și coeficient de convecție al aerului  $\alpha_a = 28 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

Pe lângă aceste date de intrare, se mai introduc și temperatura internă maximă la care ajunge uleiul din cutia de viteze automată 7G Tronic,  $T_{\max} \cong 80^\circ\text{C}$  după timpul  $t = 600 \text{ s}$ .

Având introduse toate aceste date în soft-ul de modelare numerică Abaqus 6.10, simularea propagării căldurii generează următoarele modele:

- modelul carcasei exprimată în unități de volum EVOL [ $\text{m}^3$ ] (element volume) reprezentată în figura 5.16., unitățile fiind calculate cu metoda elementului finit;
- modelul carcasei exprimată în flux de căldură HFL [ $\text{W/m}^2$ ] (heat flux) reprezentată în figura 5.17.;
- modelul carcasei exprimată în temperaturi [ $^\circ\text{C}$ ] atât la interior cât și la exterior (figura 5.18).

Toate aceste modele au fost introduse în urma analizei cu element finit în Abaqus 6.10 a cărei simulări de propagare a căldurii la exterior, s-a efectuat în două faze:

- faza staționară, în care programul simulează carcasa umplută cu ulei la temperatura de  $60^\circ\text{C}$ , până la realizarea echilibrului termic în întreaga carcasă a cutiei de viteze;
- fază tranzitorie ce cuprinde ca simulare aducerea temperaturii uleiului de la  $60^\circ\text{C}$  la  $80^\circ\text{C}$ .

În urma simulării prin trecerea prin cele două etape se ajunge la rezultatul final reprezentat în figura 5.18. ale cărei detalii surprind harta temperaturilor interne și externe ale carcasei în urma transferului de căldură.

Conform figurii 5.18. se pot observa zonele carcasei cu temperaturile cele mai ridicate datorate transferului de căldură prin convecție termică către exterior.

Zonele de temperaturi corespund hărții termografice evidențiate în studiile anterioare, iar temperaturile maxime existente în cazul simulării în soft-ul Abaqus 6.10 corespund experimentului termografic descris anterior.

Celelalte capturi ale întregii simulări ale propagării căldurii prin carcasa CVA 7G Tronic se regăsesc în Anexa 3.

Temperatura minimă are valoarea de  $36^\circ\text{C}$ , iar cea maximă  $62^\circ\text{C}$ , apropiindu-se de temperaturile determinate în analizele precedente (analiză termografică și studiul temperaturilor interne în timpul funcționării autovehiculului echipat cu CVA 7G Tronic).

Prin urmare, propagarea căldurii prin carcasa CVA 7G tronic în care se simulează existența unui ulei în interiorul carcasei la o temperatură dată este validat prin obținerea rezultatelor foarte apropiate cu cele ale experimentelor anterioare.

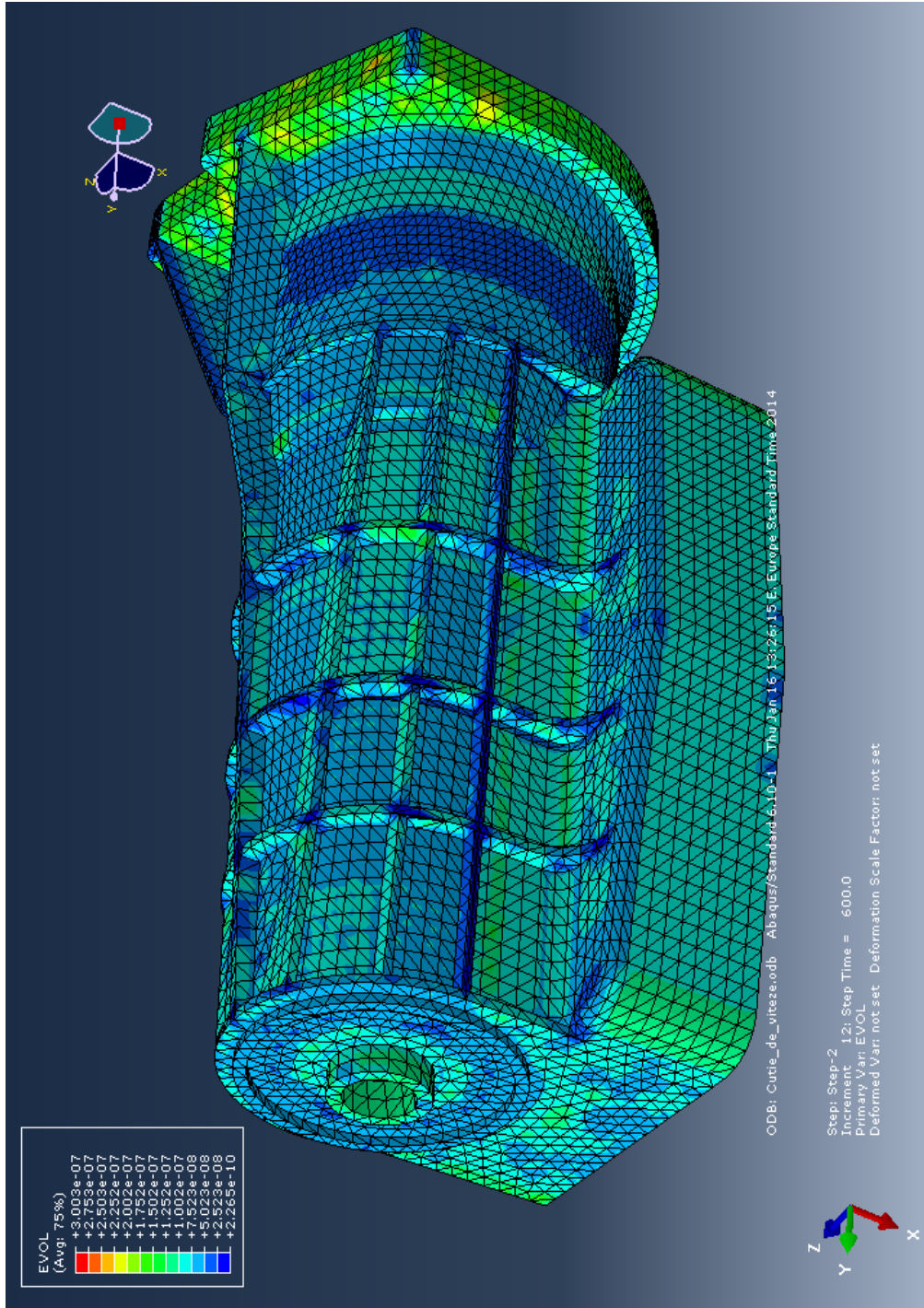


Figura 5.16. Modelul discretizat în unități de volum [m<sup>3</sup>]



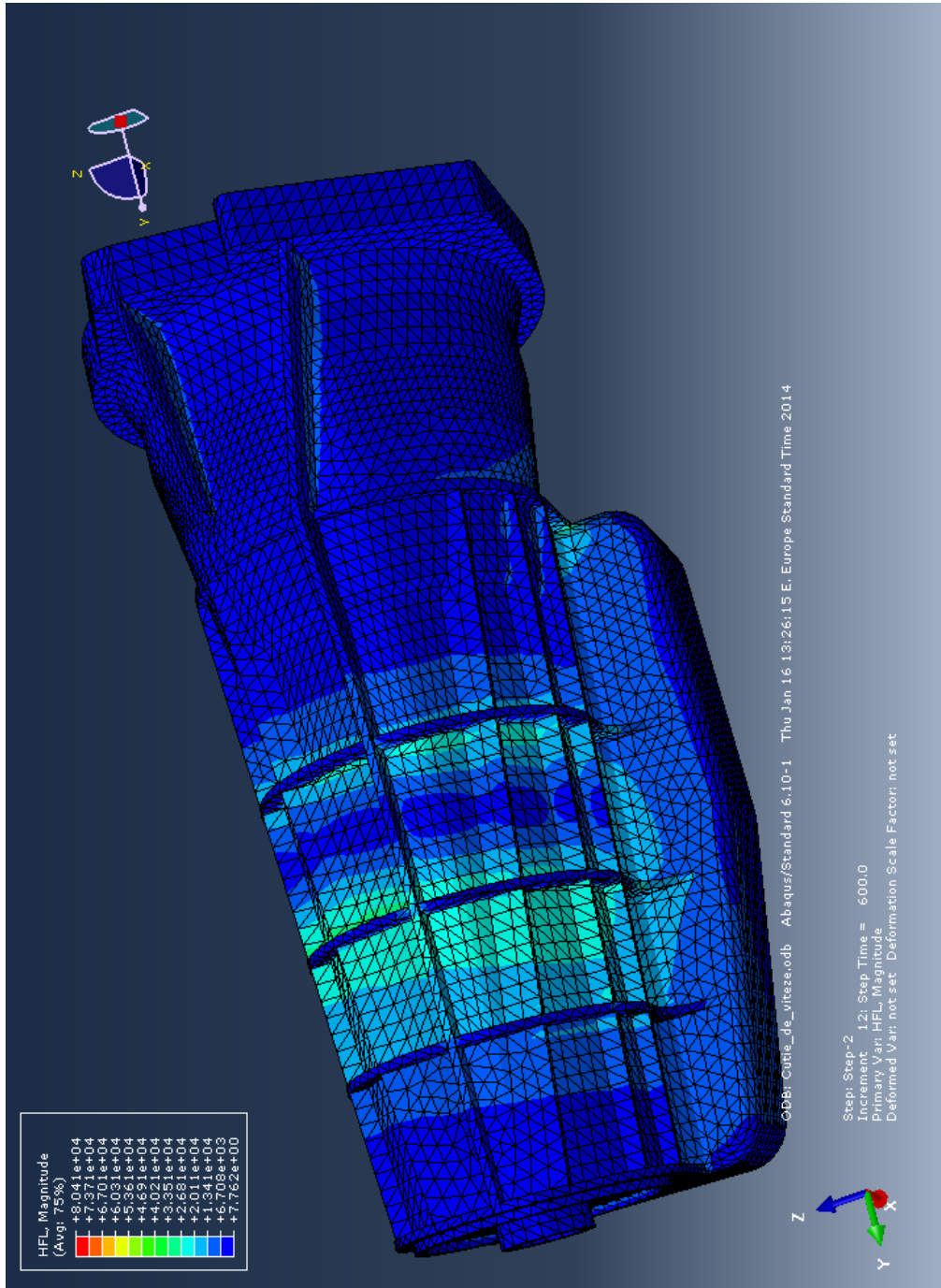


Figura 5.17. Modelul reprezentând fluxul de căldură [ $\text{W/m}^2$ ] în carcasă

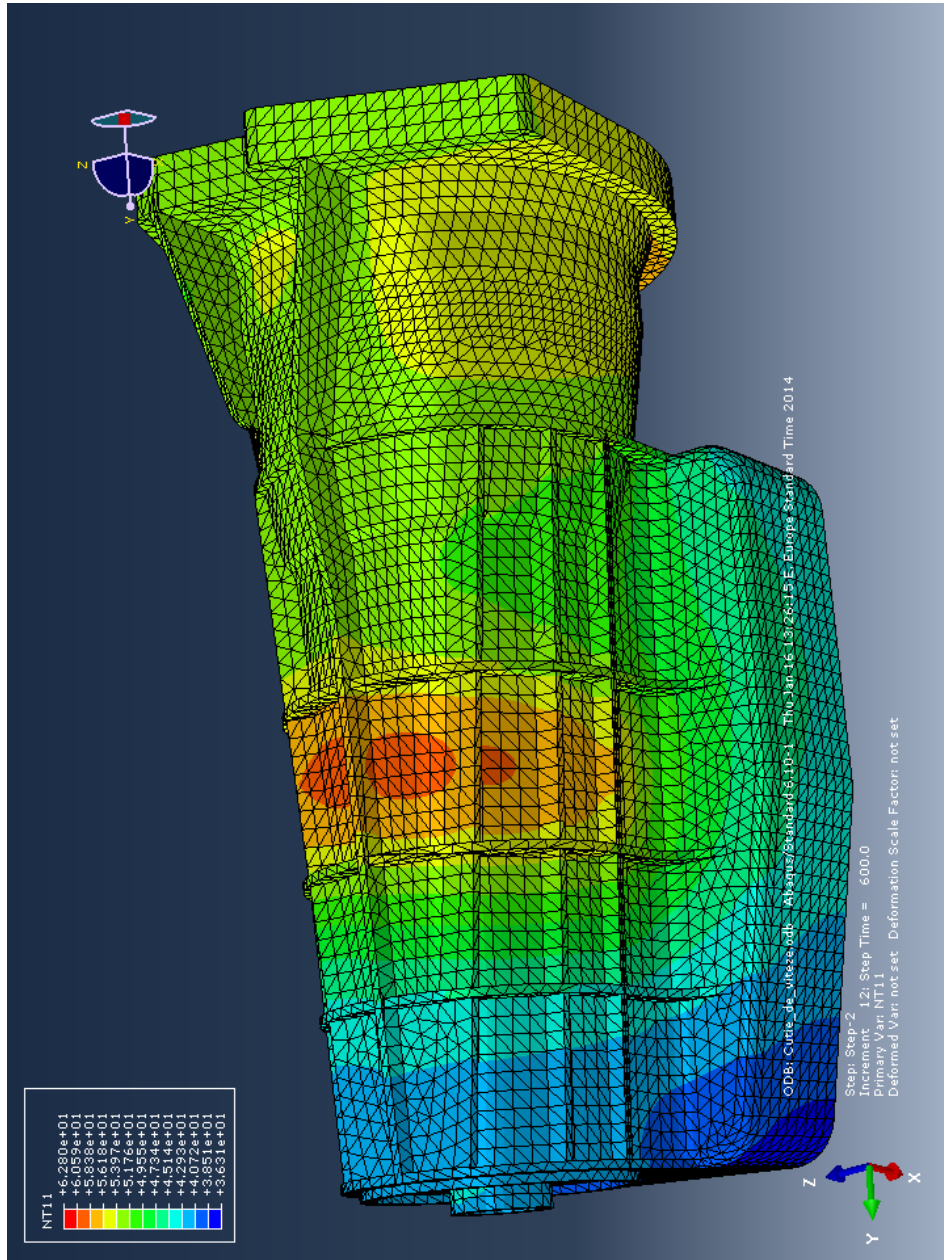


Figura 5.18. Modelul carcasei cu evidențierea temperaturilor [°C] la interior și la exterior

## 5.4. Analiza stărilor de solicitare mecanică și termică ale cuplajelor multidisc ale cutiei de viteze automate 7G Tronic

### *Cuplajele și frânele monodisc și multidisc.*

Cuplajele cu o singură suprafață de frecare sau cu cel mult două se folosesc aproape în exclusivitate în mediu uscat. Perechile de materiale cu care sunt echipate aceste cupaje sunt: oțel/strat organic, sau oțel-ferodou, aplicate pe suport din oțel.

Coeficientul de frecare de alunecare (cinematic, dinamic) înregistrează valori uzuale,  $\mu \in [0,3 \dots 0,4]$ . Perechea de fricțiune oțel/bronz sinterizat pentru mediu uscat, (coeficient de frecare de alunecare  $\mu \in [0,18 \dots 0,25]$ ), este folosită din ce în ce mai mult pentru condițiile favorabile de transmitere și evacuare a căldurii; pentru durabilitate ridicată și pentru realizarea cuplărilor line, fără șocuri [38].

### *Modelarea contactului de suprafață*

Problemele de contact sunt neliniare deoarece suprafața de contact reală depinde de forța aplicată. Proprietățile de rigiditate ale discurilor aparținătoare cuplajelor multidisc care conduc la repartitia tensiunilor variază între faza de neîncărcare și cea de încărcare.

Presiunea de contact dintre discuri trebuie menținută într-un interval limitat de condiția de uzură minimă (ceea ce implică presiuni cât mai mici).

De aceea cunoașterea distribuției presiunilor dintre discuri precum și a influenței parametrilor funcționali asupra acestora conduce la soluția optimă [2].

În figura 5.19 se prezintă două corpuri în contact, situația putând fi generalizată la un număr oarecare de corpuri.

Deoarece corpurile sunt elastice, trebuie să fie valabile relațiile elasticității clasice și anume:

- ecuațiile diferențiale de echilibru static

$$\sigma_{ij,j} + F_i = 0 \quad (5.14)$$

- relațiile de liniaritate între tensiuni și deformații

$$\sigma_{ij} = E_{ijkl} \epsilon_{kl} \quad (5.15)$$

- relațiile între deformații și deplasări

$$\epsilon_{ij} = (u_{i,j} + u_{j,i})/2 \quad (5.16)$$

Unde

$$u_i = \bar{u}_i \text{ pe } S_u \quad (5.17)$$

$$\sigma_{ij} \cdot n_j = \bar{t}_i \text{ pe } S_t \quad (5.18)$$

În aceste relații se notează derivata:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_j} = u_{i,j} \quad (5.19)$$

De asemenea  $\sigma_{i,j}$  reprezintă componentele tensorului tensiunilor iar  $\epsilon_{ij}$  componentele tensorului liniarizat al deformațiilor.

$E_{ijkl}$  sunt constantele elastice ale materialelor care se consideră că au proprietățile de simetrie obișnuite;  $F_i$  forțele masice;  $\bar{t}_i$  forțe cunoscute pe o suprafață oarecare,  $S_t$  corespunzătoare forțelor  $\bar{t}_i$  și  $\{\bar{u}\}$  deplasările cunoscute pe o suprafață oarecare  $S_u$ , corespunzătoare deplasărilor  $\{\bar{u}\}$ ;  $n_i$  sunt componentele normalei exterioare la suprafețele corpurilor [2; 70; 71].

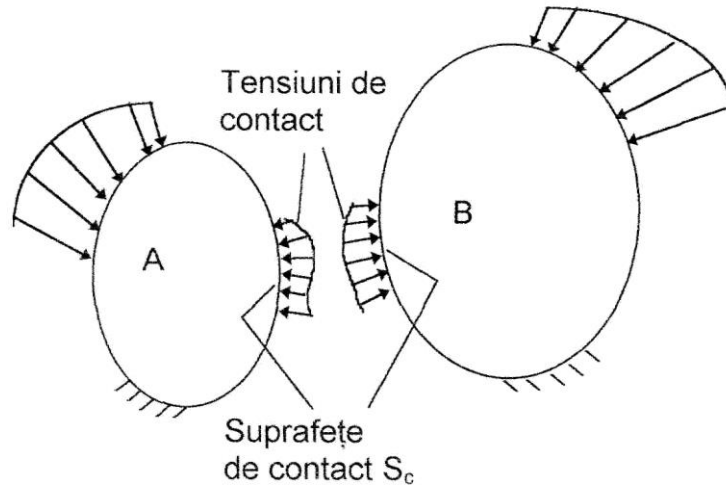


Figura 5.19. Evidențierea contactului dintre două corpuri

În teoria micilor deplasări se consideră următoarele ipoteze:

- normalele la suprafețele de contact asociate sunt aproape paralele;
- distanța dintre suprafețele de contact asociate este de același ordin cu  $u_i$ .

Pe suprafața de contact există în plus condițiile unilaterale de nepenetrare și legea frecării uscate coulombiene.

Condiția cinematică de nepenetrare în cazul cînd ipotezele de mai sus sunt valabile este:

$$v_n + \delta \geq 0 \quad (5.20)$$

unde:

$\delta$  - distanța inițială dintre suprafețe;

$v_n$  - deplasarea relativă normală calculată cu relația:

$$v_n = -\{n_i^A \cdot u_i^A + n_i^B \cdot u_i^B\} \quad (5.21)$$

Componenta normală a vectorului tensiunilor pe suprafața de contact  $S_c$  este:

$$\sigma_n = \sigma_{i,j}^A \cdot n_i^A \cdot n_j^B = \sigma_{i,j}^B \cdot n_i^B \cdot n_j^A \quad (5.22)$$

și trebuie să satisfacă condițiile :

$$\sigma_n \leq 0 \quad (5.23)$$

dacă există contact,

$$\sigma_n = 0 \quad (5.24)$$

dacă nu există contact.

Relațiile, 5.14, 5.17, 5.18 se exprimă condensat astfel:

$$\sigma_n \leq 0; u_n + \delta \geq 0; (u_n + \delta) \cdot \sigma = 0 \text{ pe } S_c^A \text{ și } S_c^B \quad (5.25)$$

Conform legii de frecare coulombiene, componentele vitezei relative tangențiale și ale tensiunilor tangențiale de contact fiind respectiv  $\bar{v}_{T_i}$ ,  $\sigma_{T_i}$  rezultă relațiile:

$$|\sigma_{T_i}| \leq \mu \cdot |\sigma_n|; \bar{u}_{T_i} = 0; \text{dacă } |\sigma_{T_i}| < \mu \cdot |\sigma_n| \quad (5.26)$$

$$\lambda \geq 0; \text{astfel că } \dot{u}_{T_i} = \lambda \cdot \sigma_{T_i}; \text{dacă } |\sigma_{T_i}| = \mu \cdot |\sigma_n| \quad (5.27)$$

În scopul determinării răspunsului incremental al sistemului se consideră că toate variabilele sunt cunoscute la timpul  $t$ .

Dacă  $\Delta u_i$ ,  $\Delta \sigma_{i,j}$  sunt variațiile incrementale într-un interval de timp  $(t, t + \Delta t)$  relațiile 5.14 până la 5.27 vor fi reevaluate.

Formularea incrementală este necesară din cauza efectelor de frecare ireversibile.

Problemele cu frecare coulombiană se formulează ca inegalități variaționale.

Formularea variațională necesară pentru construcția ecuațiilor cu element finit ale proceselor cvasistatice este cea mixtă care consideră atât deplasările, cât și tensiunile de contact.

Atunci când se consideră frecarea, deplasarea tangențială relativă în zona de alunecare implică disipare de energie.

În acest caz starea finală a câmpului de deplasare și de forță de contact este determinată de istoria încărcării.

Problema se rezolvă prin calculul incremental, urmând istoria încărcării. Însă starea de tensiuni se determină în mod unic din starea finală, deoarece corpurile sunt elastice.

Pot fi utilizate diferite tehnici pentru calculul incrementelor.

O tehnică este cea iterativă. Iterațiile sunt folosite pentru determinarea zonelor de adeziune și alunecare în fiecare increment al încărcării împreună cu semnul forțelor de frecare.

În această tehnică dimensiunea incrementului forței este determinată pe model, deoarece forța este gradată astfel încât o nouă pereche de noduri în contact este considerată în contact sau iese din contact.

În altă tehnică de incrementare trebuie să fie aleasă forța necesară pentru noi condiții de contact atât în ce privește frecarea cât și proprietățile contactului. Această tehnică folosește incremente mici, dar urmărește mai bine decât prima istoria încărcării.

Pentru prima tehnică se folosesc incremente mai mari dar în schimb se iterează mai mult.

*Formularea integrală.*

Se consideră două corpuri elastice în contact (figura 5.16). Pentru rezolvarea problemei de contact se presupune că lungimea zonei de contact este  $S_c$ .

Când se consideră frecarea, relația dintre tracțiunile normale și tangențiale se definește prin coeficientului de frecare  $\mu$ .

Zona de contact este divizată în două părți corespunzătoare cu starea de alunecare sau de adeziune.

$$\begin{aligned} t_2 &= \pm \mu \cdot t_1 \text{ pe } S_{cs}(\text{alunecare}) \\ |t_2| &< \mu \cdot |t_1| \text{ pe } S_{ca}(\text{adeziune}) \end{aligned} \quad (5.28)$$

În cazul adeziunii incrementul deplasărilor relative tangențiale ( $\Delta V_2^A + \Delta V_2^B$ ) este egal cu zero, în timp ce în cazul alunecării el este diferit de zero. În ultimul caz semnul coeficientului de frecare în prima ecuație din 5.19 se alege astfel încât energia este disipată, adică:

$$\text{sign} t_2 \neq \text{sign}(\Delta V_2^A + \Delta V_2^B) \quad (5.29)$$

Coeficientul de frecare  $\mu$ . depinde de alunecarea totală efectivă  $v_e$ .

$$\mu(v_e) = \mu_m \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\mu_i}{\mu_m} \right) \cdot e^{-h \cdot v_e} \right] \quad (5.30)$$

unde:

$$v_e = |\Delta v_e|; \Delta v_e = \Delta v_2^A + \Delta v_2^B$$

Parametrul  $h$  este un coeficient de consolidare. În cazul când coeficientul inițial de frecare  $\mu_i$  și coeficientul de frecare limită  $\mu_m$  sunt egali, există legea ideală de frecare a lui Coulomb (figura 5.20).

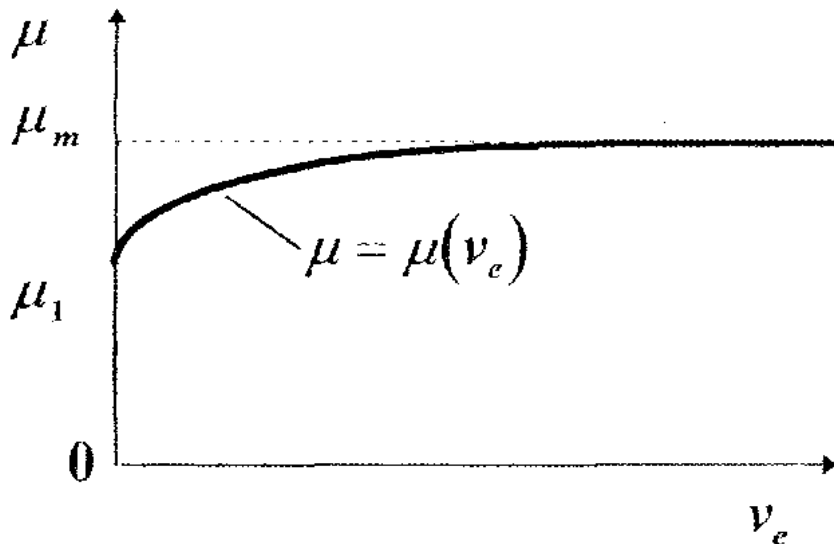


Figura. 5.20. Legea ideală de frecare

Atunci când coeficientul de frecare este o funcție de alunecare, el este de asemenea funcție de încărcare. Prin urmare  $\mu$  se modifică continuu în timpul încărcării.

Noile valori ale lui  $\mu$  pentru fiecare pereche de elemente sunt calculate după fiecare pas de încărcare.

Dacă se utilizează valoarea "exactă" a lui  $\mu$  în fiecare pas de încărcare, iterațiile se efectuează pentru acesta.

Deoarece această tehnică iterativă necesită mult timp de calcul, valorile lui  $\mu$  sunt calculate aproximativ pentru pașii precedenți de încărcare fără iterații.

Un efect al acestei tehnici este acela că un element care își modifică stările de contact de la adeziune la alunecare sau de la alunecare la alunecare cu schimbarea valorii lui  $\mu$  prezintă o forță tangențială reziduală:

$$\Delta t^{\varepsilon, n} = \pm \mu^{n-1} \cdot t_1^{n-1} - t_2^{n-1} \quad (5.31)$$

care în cazul de la alunecare (figura 5.21.) se scrie:

$$\Delta t^{\varepsilon, n} = \pm (\mu^{n-1} - \mu^{n-2}) t_1^{n-1} \quad (5.32)$$

În stare de alunecare incrementul forței tangențiale este:

$$\Delta t_2^n = \pm \mu^{n-1} \cdot \Delta t_1^n + t_2^{\varepsilon, n} \quad (5.33)$$

Aceasta asigură că după fiecare pas de încărcare este valabilă condiția de alunecare (figura 5.21.):

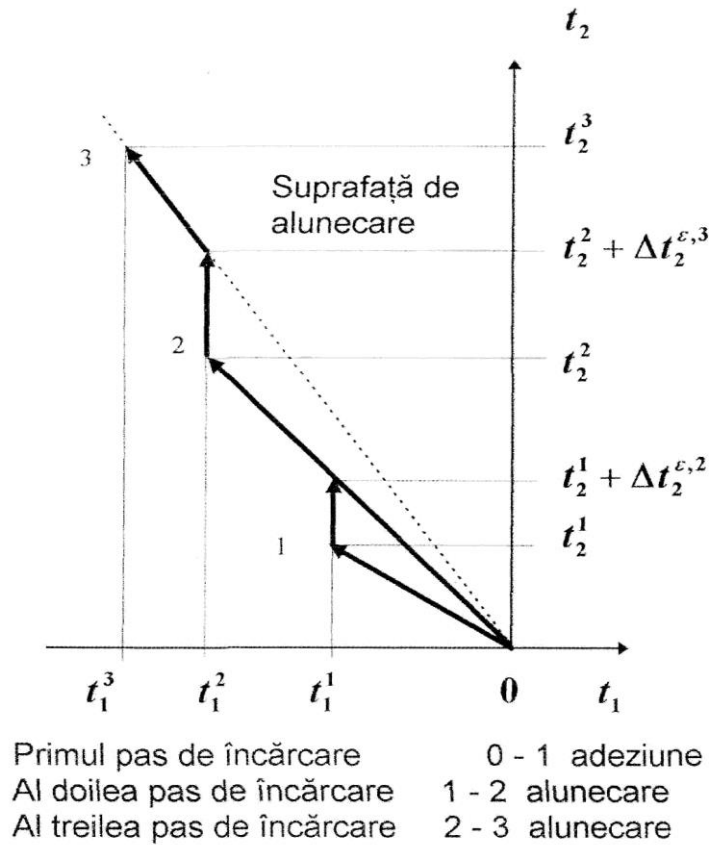


Figura 5.21. Condițiile de frecare la alunecare și adeziune

$$t_2 = \pm \mu \cdot t_1$$

Astfel, condițiile de contact sunt următoarele:

$$\begin{aligned} S_c: \Delta v_1^A + \Delta v_1^B = 0; \Delta t_1^A + \Delta t_1^B = 0; t_1^A < 0; t_1^B < 0 \\ S_{ca}: \Delta v_2^A + \Delta v_2^B = 0; \Delta t_2^A - \Delta t_2^B = 0 \\ S_{cs}: \Delta t_2^A - \Delta t_2^B = 0; \Delta t_2^k = \pm \mu \cdot \Delta t_1^k + \Delta t_1^{\epsilon, k}; k = A, B \end{aligned} \quad (5.34)$$

unde avem relațiile:

$$v_1^A = u_1^A - a \cdot u_1^0; v_2^A = u_2^A \quad (5.35)$$

$$v_1^B = u_1^B - (1-a) \cdot u_1^0; v_2^B = u_2^B \quad (5.36)$$

cu semnificația notațiilor:

$u_1^0$  - jocul normal dintre suprafețele în contact,

$a \cdot u_1^0$  - distanța dintre  $S_c^A$ ,  $S_c$ ,

$(1-a) \cdot u_1^0$  - distanța dintre  $S_c^B$ ,  $S_c$ .

Rezultă două ecuații integrale necuplate unde variabilele de contact pentru corpul B sunt eliminate folosind condițiile de contact (5.34):

$$\begin{aligned}
& \int_{S^A-S_c^A} t_{ij}^{*A} \cdot \Delta u_j^A \cdot dS + \int_{S_{ca}^A} t_{ij}^{*A} \cdot \Delta v_j^A \cdot dS + \int_{S_{cs}^A} (t_{i1}^{*A} \cdot \Delta v_1^A + t_{i2}^{*A} \cdot \Delta v_2^A) \cdot dS = \\
& = \int_{S^A-S_c^A} u_{ij}^{*A} \cdot \Delta t_j^A \cdot dS + \int_{S_{ca}^A} u_{ij}^{*A} \cdot \Delta t_j^A \cdot dS + \int_{S_{cs}^A} (u_{i1}^{*A} \pm \mu \cdot u_{i2}^{*A}) \Delta t_1^A \cdot dS - \\
& \quad - \int_{S_c^A} \alpha \cdot t_{ij}^{*A} \cdot u_1^{0,n} \cdot dS + \int_{S_{cs}^A} u_{i2}^{*A} \cdot \Delta t_2^{\epsilon,n} \cdot dS \\
& \\
& \int_{S^B-S_c^B} t_{ij}^{*B} \cdot \Delta u_j^B \cdot dS + \int_{S_{ca}^B} (-t_{ij}^{*B}) \cdot \Delta v_j^B \cdot dS + \int_{S_{cs}^B} (-t_{i1}^{*B} \cdot \Delta v_1^B + t_{i2}^{*B} \cdot \Delta v_2^B) \cdot dS = \\
& = \int_{S^B-S_c^B} u_{ij}^{*B} \cdot \Delta t_j^B \cdot dS + \int_{S_{ca}^B} u_{ij}^{*B} \cdot \Delta t_j^B \cdot dS + \int_{S_{cs}^B} (u_{i1}^{*B} \pm \mu \cdot u_{i2}^{*B}) \Delta t_1^B \cdot dS - \\
& \quad - \int_{S_c^B} (1-\alpha) \cdot t_{ij}^{*B} \cdot u_1^{0,n} \cdot dS + \int_{S_{cs}^B} u_{i2}^{*B} \cdot \Delta t_2^{\epsilon,n} \cdot dS \tag{5.37}
\end{aligned}$$

În ecuațiile 5.37 există pentru fiecare punct de pe contur perechea de variabile:

$$\begin{aligned}
& S^k-S_c^k: (\Delta u_i^k, \Delta t_i^k); \\
& S_{ca}^k: (\Delta v_i, \Delta t_i); \\
& S_{cs}^k: (\Delta v_1, \Delta t_1), (\Delta v_2^k, \pm \mu \cdot \Delta t_1) \tag{5.38}
\end{aligned}$$

În afara zonei de contact există o relație pentru o necunoscută iar în interiorul zonei de contact există două relații pentru două necunoscute.

Problema este acum rezolvabilă, deoarece pentru fiecare punct de pe contur există o relație pentru fiecare mărime necunoscută.

Parametrul  $\alpha$  din ecuația 5.37 reprezintă contactul corect pe frontieră și poate fi calculat dacă  $\Delta v_t$  sunt considerate nule ( $u_1^{0,n}=0$ ).

Soluția este însă căutată practic prin luarea unor valori de încercare pentru  $\alpha$ , de exemplu 0; 0,5 sau 1,0 și găsită prin anularea lui  $\Delta v_1$  în suprafața de contact.

Problema este liniară dacă zonele de contact, adeziune sau alunecare sunt considerate constante în timpul incrementării forței.

Prin urmare, principiul suprapunerii este variabil, iar problema poate fi separată în două părți:

- prima parte depinde de ultimele două integrale din fiecare ecuație a sistemului 5.37;
- cealaltă parte depinde de incrementul forței.

Ultimele două integrale reprezintă lucrul mecanic necesar pentru obținerea unei noi suprafețe de contact, în timp ce forța tangențială reziduală cere ca forța totală să satisfacă  $t_2 = \pm \mu \cdot t_1$ .



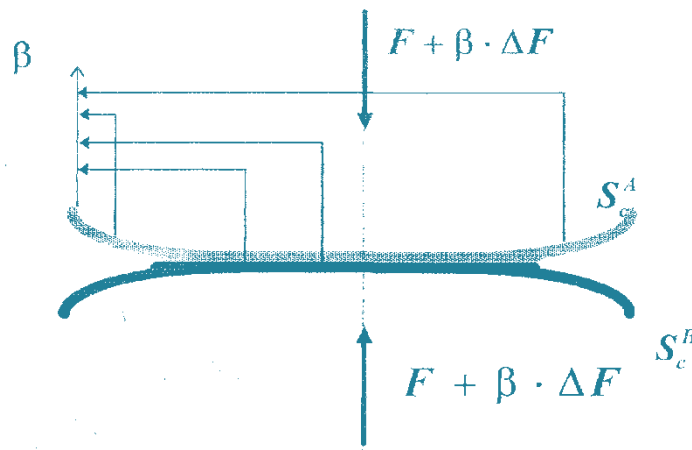


Figura 5.22. Două suprafețe aflate în contact

Cu această separare se poate obține soluția pentru incrementul forței până ce rezultă forța totală și factorul de scară. În cazul discret se determină factorul de scară până se obține punctul în care două noi elemente sunt în contact sau între o pereche de elemente există o forță normală pozitivă (vezi figura 5.22).

Până acum s-a considerat că zonele de adeziune și alunecare sunt cele corecte, iar forța tangențială de contact în zona de alunecare are semnul corect.

O cale de găsim a soluției corecte în fiecare increment constă în obținerea unei soluții pentru o condiție de contact care nu se automodifică. În zona considerată de adeziune, forța tangențială totală satisface inegalitatea  $|t_2| < \mu \cdot t_1$ .

În zona de alunecare forța de frecare este contrară incrementelor relative de deplasare. Prin urmare, este satisfăcută condiția 5.29.

Dacă condițiile de contact nu sunt modificate, forța poate fi incrementată iar deplasările și forța de contact se calculează succesiv cu:

$$\begin{aligned} t_i^n &= \Delta t_i^{\varepsilon, n} + \beta \cdot \Delta t_i^n + t_i^{n-1} \\ u_i^n &= \Delta u_i^{\varepsilon, n} + \beta \cdot \Delta u_i^n + u_i^{n-1} \end{aligned} \quad (5.39)$$

#### Discretizarea în elemente

Pentru rezolvarea numerică a sistemului de ecuații 5.37 integralele sunt divizate într-o sumă de integrale pe elemente.

Pe fiecare element deplasările și forțele de contact variază corespunzător cu funcțiile de interpolare  $N_m, \varphi_m, \Psi_m$ .

Funcțiile de interpolare variază pe element în funcție de valorile lor în puncte discrete sau noduri.

Dacă  $x_{im}^e, \Delta u_{im}^e, \Delta t_{im}^e$  sunt valorile nodale pe element, variația se scrie:

$$x_i = N_m \cdot x_{im}^e, \quad \Delta u_i = \varphi_m \cdot \Delta u_{im}^e, \quad \Delta t_i = \Psi_m \cdot \Delta t_{im}^e \quad (5.40)$$

Din condițiile 5.35 și 5.36 și relațiile 5.40 rezultă că  $\Delta v_i$  și  $u_i^{0, n}$  sunt interpolate cu  $\varphi_m$ . Funcțiile de interpolare sunt substituite în ecuațiile integrale 5.37. Integrarea este efectuată pe elemente de contur. Dacă două variabile care aparțin la două elemente diferite acționează în același nod, acțiunile lor se cumulează. Numărul de noduri total este N pe  $S^A$  și M pe  $S^B$ . Însurarea este efectuată pe  $N-N_C$ ,  $M-M_C$  în

afara zonei de contact și pe  $N_c$  noduri în zona de contact. Se notează ca  $N_c = M_c$  și aceste noduri sunt în corespondență.

Dacă contactul se instalează succesiv cu fiecare din cele  $N + M$  noduri, se obțin  $2 \cdot (N + M)$  relații. Separând variabilele de contact se scrie ecuația matriceală:

$$A[x, \beta \cdot \gamma] = B[c, \beta \cdot d] \quad (5.41)$$

sau:

$$\begin{bmatrix} t^{*A} & t_{1a}^{*A} & t_{1p}^{*A} & t_{2a}^{*A} & t_{2p}^{*A} & 0 & -u_{1a}^{*A} & (-u_{1p}^{*A} \pm \mu \cdot u_{2p}^{*A}) & -u_{2a}^{*A} & 0 \\ 0 & t_{1a}^{*B} & t_{1p}^{*B} & t_{2a}^{*B} & 0 & t^{*B} & -u_{1a}^{*B} & (-u_{1p}^{*B} \pm \mu \cdot u_{2p}^{*B}) & -u_{2a}^{*B} & t_{2p}^{*B} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta u^A | \beta \cdot u^A \\ \Delta v_{1a} | \beta \cdot v_{1a} \\ \Delta v_{1p} | \beta \cdot v_{1p} \\ \Delta v_{2a} | \beta \cdot v_{2a} \\ \Delta v_{2p} | \beta \cdot v_{2p} \\ \Delta u^B | \beta \cdot u^B \\ \Delta t_{1a} | \beta \cdot t_{1a} \\ \Delta t_{1p} | \beta \cdot t_{1p} \\ \Delta t_{2a} | \beta \cdot t_{2a} \\ \Delta v_{2p} | \beta \cdot v_{2p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \beta \cdot t^A \\ 0 & \beta \cdot t^B \\ a \cdot u_1^{0,n} & 0 \\ \Delta t_2^{\epsilon,n} & 0 \\ (1-a) \cdot u_2^{0,n} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u^{*A} & 0 & -t_{1p}^A & u_{2p}^{*A} & 0 \\ 0 & u^{*B} & 0 & u_{2p}^{*B} & -t_{1p}^B \end{bmatrix} \quad (5.42)$$

Din relația 5.42 rezultă două sisteme de ecuații liniare, fiecare având  $2 \cdot (M+N)$  ecuații pentru  $2 \cdot (M+N)$  necunoscute nodale.

Problema este rezolvabilă dacă sunt suprimate mișcările de corp rigid.

Pentru fiecare pereche de elemente în contact se definește sistemul de coordonate local  $(\xi, \eta)$ . Axa  $\xi$ , este formată din vectorii normali la cele două elemente  $\bar{n}_A, \bar{n}_B$ :

$$\bar{n}_\xi^A = \frac{\bar{n}^A - \bar{n}^B}{|\bar{n}^A - \bar{n}^B|} = -\bar{n}_\xi^B \quad (5.43)$$

Jocul inițial  $\Delta u_\xi^{0,n}$  dintre elemente în raport cu sistemul  $(\xi, \eta)$  se calculează cu vectorii nodali ai elementului din ultima incrementare:

$$u_\xi^{0,n} = (\bar{\Gamma}_{A-B} - \bar{u}^A - \bar{u}^B) \cdot \bar{n}_\xi^A \quad (5.44)$$

$\bar{\Gamma}_{A-B}$  fiind vectorul dintre noduri în starea nedeformată.

Variabilele care aparțin suprafeței de contact sunt transformate în sistemul  $(\xi, \eta)$ . Sistemul celor două ecuații matriceale este în concordanță cu condițiile de contact 5.33. și 5.42. În afara suprafeței de contact forța de contact sau deplasarea sunt cunoscute.

Variabilele sunt rearanjate astfel încât necunoscutele sunt plasate în partea stângă, iar cunoscutele în partea dreaptă. Vectorii din partea dreaptă care apar după înmulțirile de matrici sunt denumiți  $[b_1, \beta \cdot b_2]$ , iar vectorii necunoscuți  $[y_1, \beta \cdot y_2]$ .

Deci, dacă matricea sistemului este  $A$  sistemul de ecuații se scrie:

$$A[y_1, \beta \cdot y_2] = B[b_1, \beta \cdot b_2] \quad (5.45)$$

Dacă se suprimă mișcarea de corp rigid, ecuația matriceală 5.45 poate fi rezolvată.

*Factorul de scară în problema contactului.*

Prin folosirea ecuațiilor 5.34, 5.35 și 5.36 toate incrementele în condițiile de contur sunt cunoscute pentru cele două corpuri. Deplasarea și tracțiunea totală sunt calculate din ecuațiile 5.39. Pentru fiecare pereche de noduri în contact,  $\beta$  se calculează din condiția ca presiunea de contact să fie egală cu zero:

$$\beta = \frac{-(\Delta t_2^{\varepsilon,n} + t^{n-1})}{\Delta t^n}, \Delta t^n \neq 0 \quad (5.46)$$

Pentru perechea de elemente din imediata vecinătate a zonei de contact,  $\beta$  este calculat din condiția de joc nul, adică acestea sunt noi elemente în contact:

$$\beta = \frac{[\Gamma_{A-B} - \sum_{k=A,B} (\Delta u^{\varepsilon,n} + \Delta u^{n-1})_k] \cdot \bar{n}_\xi^A}{(\Delta u^{n,A} + \Delta u^{n,B}) \cdot \bar{n}_\xi^B} 0 \quad (5.47)$$

După determinarea factorului de scară trebuie să fie verificate condițiile considerate pentru adeziune, alunecare și semnul forței de frecare conform relațiilor 5.28, 5.29.

Dacă aceste condiții sunt satisfăcute, se determină soluția exactă.

Dacă nu sunt satisfăcute, atunci se aleg noi condiții de contact și se repetă căutarea.

După mai multe iterații se obține soluția de contact corectă pentru starea de încărcare.

*Termodinamica cuplajelor multidisc în regim staționar neizoterm analizată prin FEM (metoda elementului finit)*

Problematika cuplajelor multidisc a fost abordată inițial în condiții izoterme. Creșterea continuă a parametrilor funcționali, în special a vitezei uleiului în cutie, a adus în prim plan importanța aspectelor termice.

Principala sursă de producere a căldurii între discurile cuplajelor multidisc este frecarea dintre discuri (figura 5.23.). Evacuarea căldurii dintre discuri se realizează în principal prin uleiul cutiei de viteze.

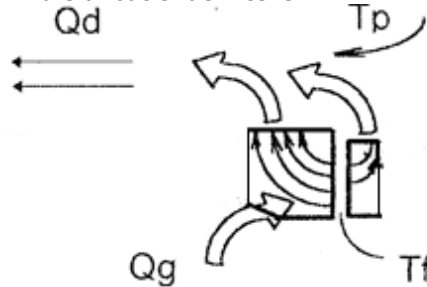


Figura 5.23. Frecarea dintre discuri însoțită de degajări de căldură

Extinderea folosirii FEM ca instrument eficient de analiză a comportării structurilor din punct de vedere mecanic și termic are drept consecință îmbogățirea continuă a cunoașterii fenomenelor intime care guvernează comportarea cuplajelor multidisc.

Ansamblul de discuri indică aceeași poziție pentru încărcarea termică și pentru cea mecanică. Din această cauză simetriile geometrice vor fi și simetrii de încărcare termică.

La determinarea prin calcul folosind FEM există avantajul determinării temperaturii într-un număr mare de puncte interioare ale discurilor primare, rezultatele depinzând de măsura în care condițiile de contur au fost adoptate corespunzător condițiilor reale de exploatare.

Analiza în soft-ul Abaqus 6.10 se va face pentru 2 perechi de materiale cele mai utilizate pentru cutiile de viteze automate moderne și anume: perechea oțel 30Cr130-oțel 30Cr130 și perechea oțel 30Cr130-ferodou non-azbest, material de frecare ecologic non-azbest, EF-15.

Pentru această analiză se alege o pereche de discuri dintr-un cuplaj multidisc al cutiei de viteze 7G Tronic. Se importă mai apoi, modelul acestora din soft-ul CAD 3D ProEngineer Wildfire 5.0. Cunoscând dimensiunile acestor discuri și momentul maxim al transmisiei automate se determină presiunea distribuită pe suprafețe  $p$ . Aceasta se notează cu  $p_1$ , respectiv  $p_2$  pentru cele două cazuri ce vor urma a fi analizate (perechea oțel-oțel și perechea oțel 30Cr130-material de frecare EF-15).

Conform dimensiunilor discurilor,  $R=83,5$  mm-raza exterioară a discului,  $r=76,5$  mm-raza interioară a discului și a momentului maxim asupra unui cuplaj,  $M_c \cong 70$  Nm se pot stabili presiunile distribuite pentru cele două cazuri.

$$p = \frac{N}{S_{\text{tot}}} \quad (5.48)$$

Unde  $N$ -normala la suprafață și se determină cu relația (5.49), iar  $S_{\text{tot}}$  reprezintă suprafața de contact dintre cele două discuri care se stabilește în funcție de dimensiunile discului,  $S_{\text{tot}}=3518,48$  mm<sup>2</sup> (conform relației 5.50).

$$N = \frac{F}{\mu} \quad (5.49)$$

$$S_{\text{tot}} = \pi (R^2 - r^2) \quad (5.50)$$

În relația 5.49,  $F$  reprezintă forța de frecare dintre cele două discuri și este proporțională cu  $M_c$ , având valoarea de  $F=1458,33$  N.

În funcție de valori ale coeficientului de frecare,  $\mu$ , care are valoarea  $\mu=0,3$  pentru perechea 30Cr130-30Cr130 și  $\mu=0,4$  pentru perechea 30Cr130-EF-15. Pentru aceste valori se vor face două analize distincte.

Se alege perechea oțel-oțel ( $\mu=0,3$ ). Se generează în soft-ul Abaqus 6.10, în funcție de aceste date inițiale, modelul discretizat al fiecărui disc cât și a ansamblului anclanșat. Aceste modele discretizate sunt valabile pentru ambele perechi de materiale și pot fi vizualizate în figurile 5.24. și 5.25.

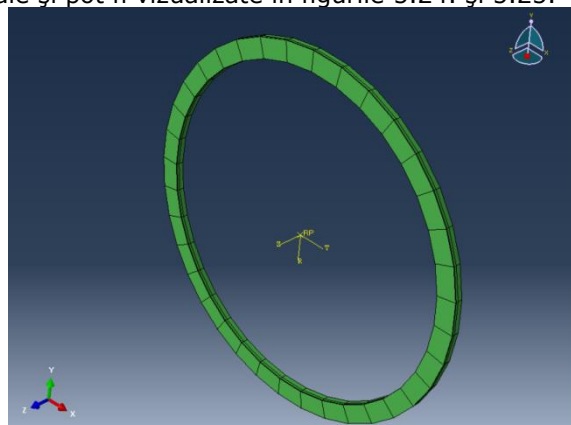


Figura 5.24. Modelul discretizat al unui disc

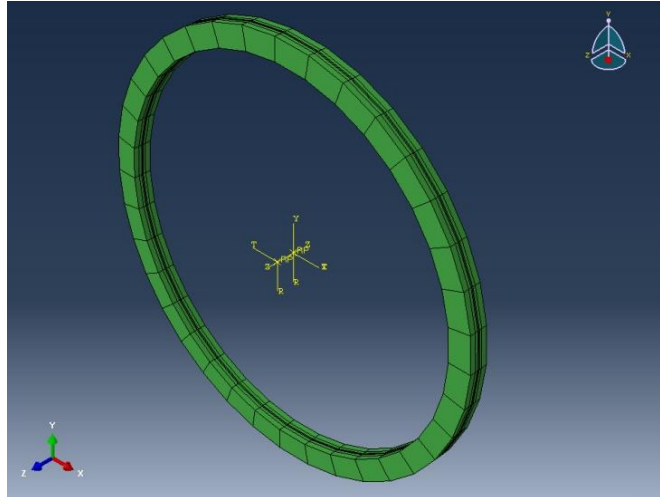


Figura 5.25. Modelul discretizat al discurilor aflate în contact

Analiza cu element finit generată de soft-ul Abaqus 6.10 redă pe fiecare disc 108 elemente hexaedrice liniare, de tip C3D8RT (destinate unei analize mixte, structurală+termică) și 766 noduri.

Se definește ulterior contactul dintre discuri. Se conectează nodurile de pe suprafața discului la punctul de referință al modelului (centrul discului) ca să se definească deplasarea și condițiile de contur.

Condițiile pe contur se definesc pe cele două discuri astfel:

- la suprafața discului 1 se aplică presiunea distribuită; pe același disc se aplică condiții pe contur care blochează toate gradele de libertate, mai puțin deplasarea pe direcție axială;
- pe cel de-al doilea disc se aplică condițiile pe contur în punctul de referință, se blochează toate gradele de libertate, mai puțin rotirea în jurul axei care ulterior se impune.

Pe durata analizei s-a considerat că discurile sunt imersate în ulei (cu coeficient de convecție al ceții de ulei,  $\alpha_c=65 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ), iar temperatura inițială a uleiului este  $t_i=30^\circ\text{C}$ .

Analiza cuprinde două etape de calcul:

- Etapa 1: inițierea contactului între cele două discuri la anclanșare cu presiune distribuită  $p_1$ , respectiv  $p_2$ , în funcție de caz;
- Etapa 2: rotirea cu 1,04717 radiani.

Impunerea condițiilor pe contur, suprafețele de contact cu uleiul, conectarea nodurilor la punctul de referință, evidențierea contactului și a presiunii distribuite se pot vizualiza în Anexa 4.

În cele ce urmează, se prezintă rezultatele analizei pentru cele două cazuri separat. Rezultatele sunt generate sub formă de distribuție a temperaturii ( $^\circ\text{C}$ ) pe suprafețe în urma frecării dintre cele două discuri și sub formă de solicitări mecanice după criteriul Von Mises ( $\text{N/m}^2$ ). Figurile 5.26., 5.27., 5.28., reprezintă rezultatele pentru prima pereche de materiale, iar figurile 5.29., 5.30., 5.31. și 5.32. reprezintă

rezultatele pentru cea de-a doua pereche de materiale. În Anexa 4 se prezintă rezultatele suplimentare, ale distribuțiilor tensiunilor normale la suprafețe.

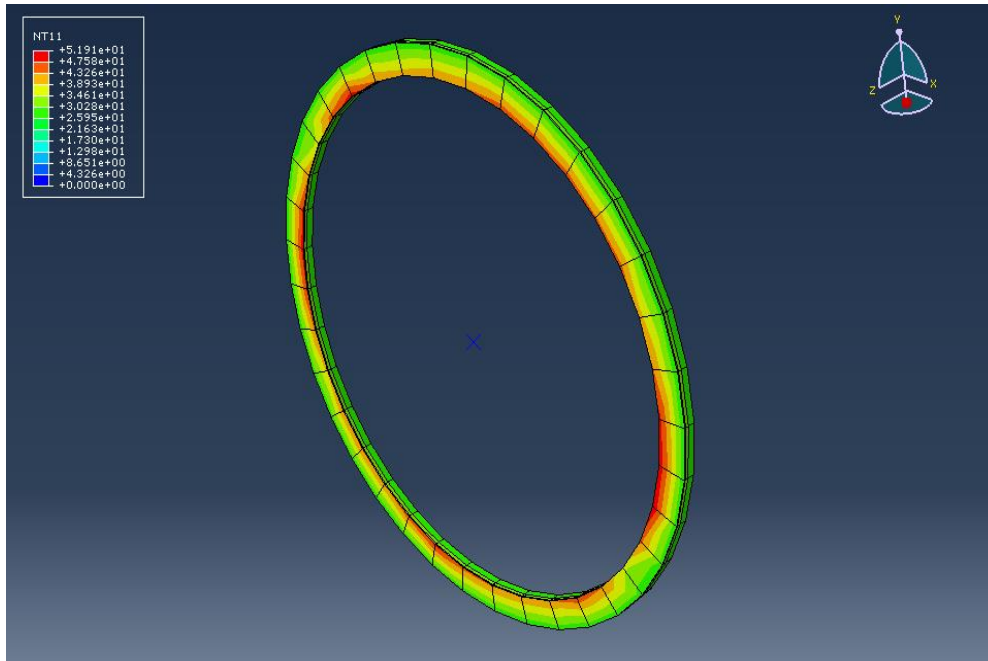


Figura 5.26. Temperatura [°C] pe suprafața unui disc încălzit de oțel 30Cr130 în urma frecării

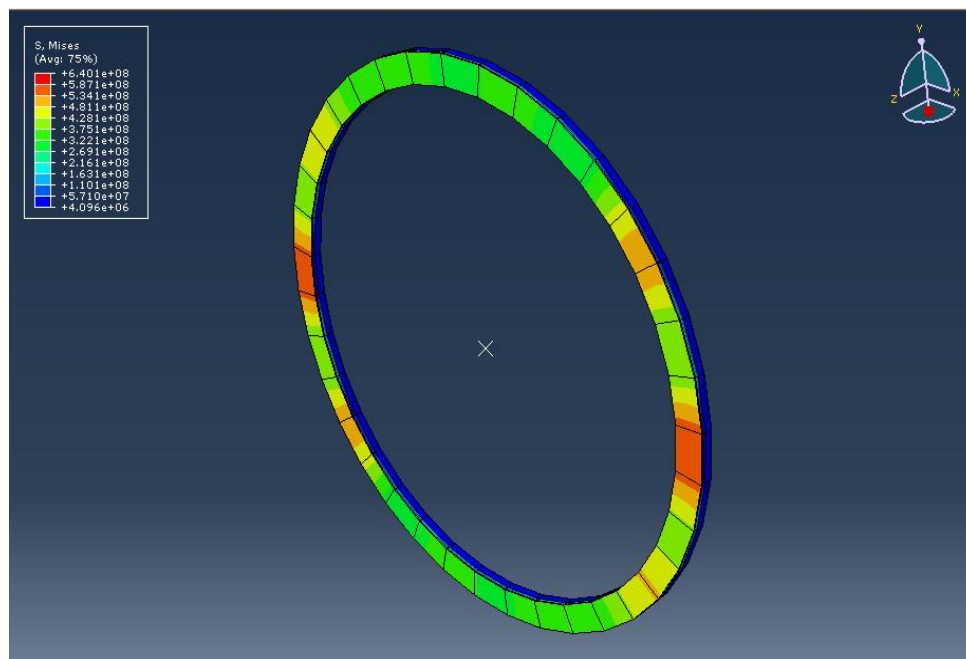


Figura 5.27. Distribuția tensiunilor Von Mises [N/m<sup>2</sup>] pe suprafața discului de oțel 30Cr130

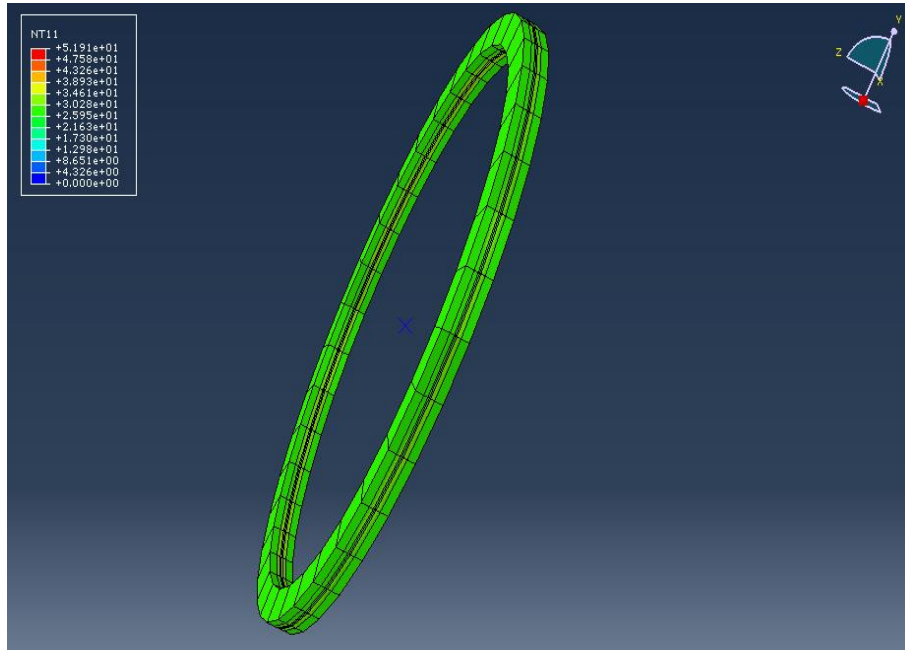


Figura 5.28. Temperatura [°C] ansamblului primei perchi de discuri (oțel 30Cr130-oțel 30Cr130) încălzit în urma frecării

Cele două discuri din oțel 30Cr130 au comportare identică atât din punct de vedere mecanic cât și termic

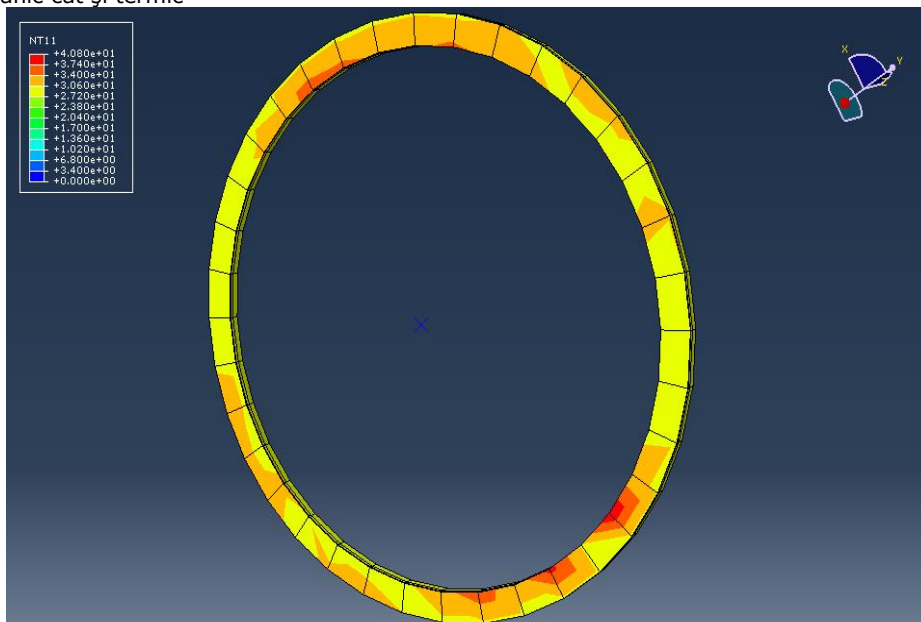


Figura 5.29. Temperatura [°C] pe suprafața unui disc de material EF-15 încălzit în urma frecării (perechea a 2-a)

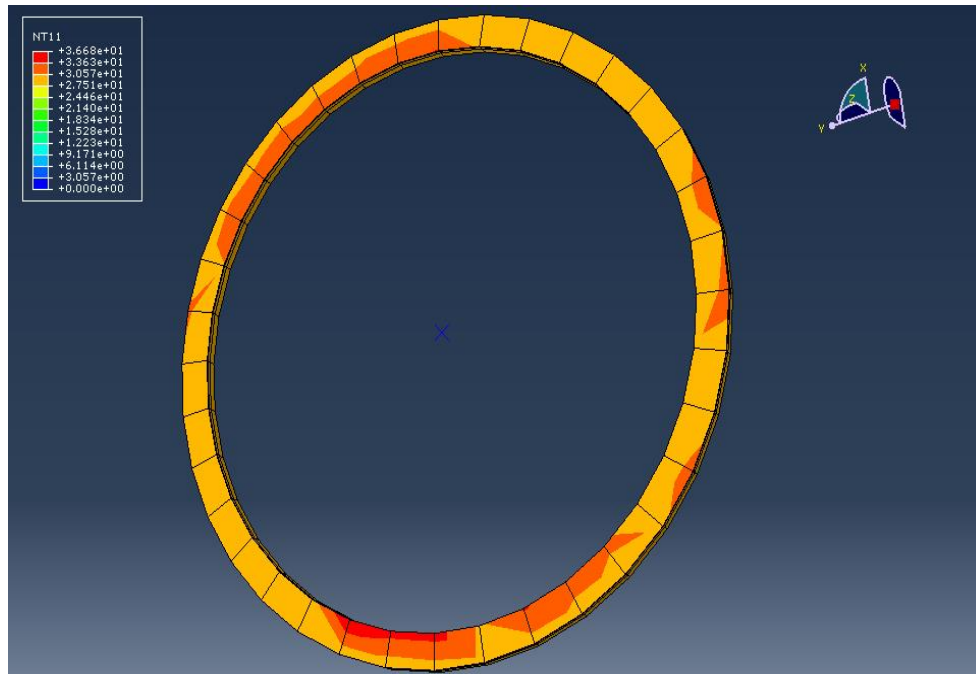


Figura 5.30. Temperatura [°C] pe suprafața unui disc de oțel încălzit 30Cr130 în urma frecării (perechea a 2-a)

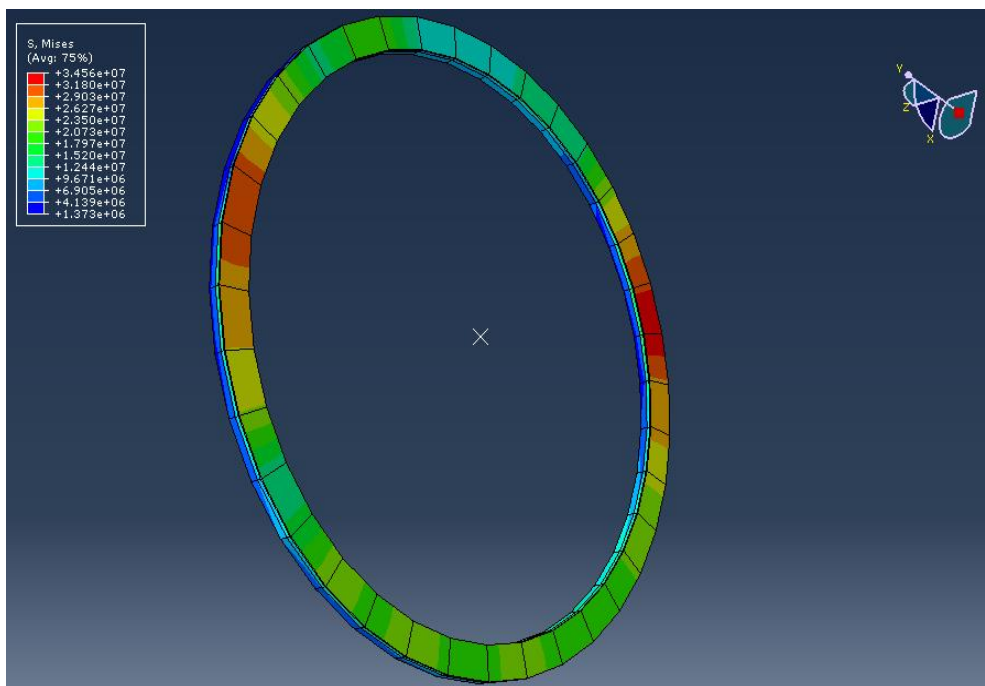


Figura 5.31. Distribuția tensiunilor Von Mises [N/m²] pe discul EF-15



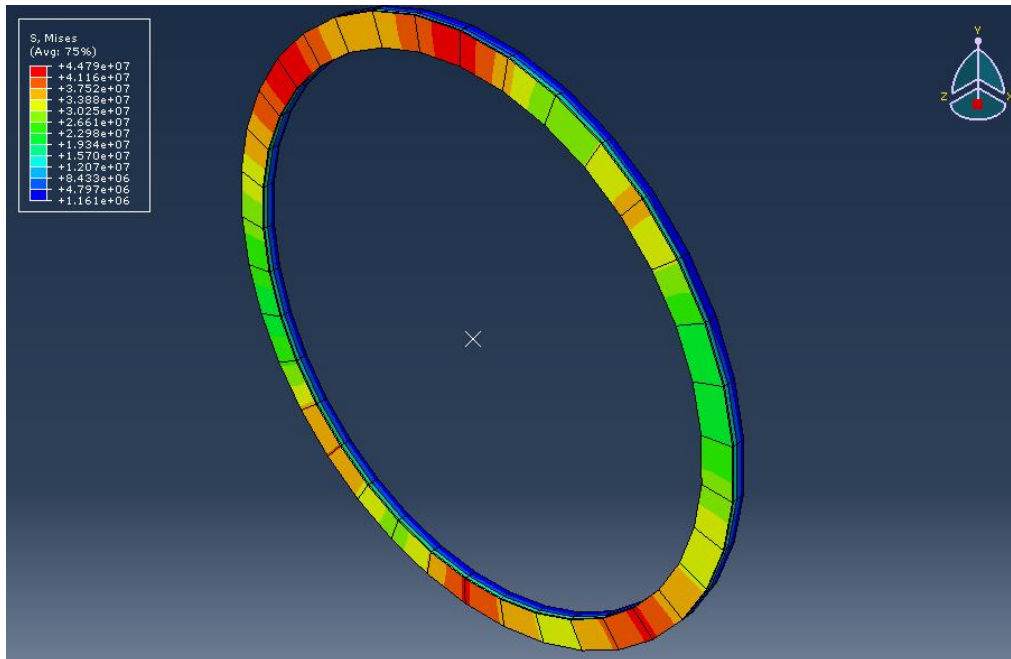


Figura 5.31. Distribuția tensiunilor Von Mises [N/m<sup>2</sup>] pe discul de oțel 30Cr130

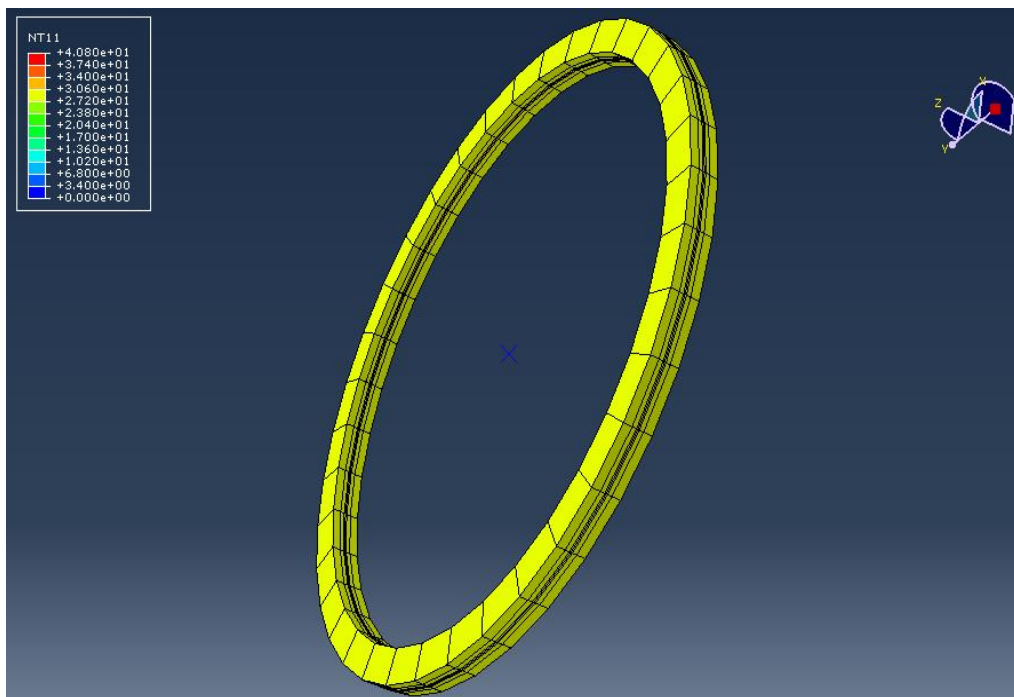


Figura 5.32. Temperatura [°C] pe suprafața ansamblului celei de-a doua perechi de discuri (30Cr130-EF-15) în urma frecării

În urma vizualizării rezultatelor analizei în Abaqus 6.10 se constată că atât din punct de vedere termic cât și mecanic, perechea a 2-a de discuri formată din oțel 30Cr130 și ferodoul EF-15 este optimă. În urma frecării dintre discuri această pereche dezvoltă temperaturi de până la 41°C față de prima pereche a cărei temperaturi maxime în urma frecării ating valoarea de 52°C. Totodată, din punct de vedere mecanic se poate observa că tensiunile după criteriul Von Mises prezintă valori mai scăzute pentru perechea a doua de materiale, ceea ce reliefează o mai bună rezistență la deformații (asupra variației volumului corelată cu schimbarea formei corpului).

## 5.5. Măsurarea vibrațiilor în timpul funcționării cutiei de viteze automate 7G Tronic

Pe standul de testare s-a montat și un accelerometru pentru determinarea amplitudinii și frecvenței vibrațiilor ce apar în timpul funcționării (figura 5.33.).



Figura 5.33. Accelerometrul montat pe standul de testare împreună cu placa de achiziție de date

Pentru acest experiment s-a montat cutia de viteze automată pe standul de turații și momente și accelerometrul PASCO CI-6558 la interfața PASCO Science Workshop 500 Interface.

Cu ajutorul soft-ului specific de prelucrare a datelor de pe interfață s-au înregistrat accelerațiile verticale, care mai apoi, în urma utilizării transformatei Fourier, determină amplitudinile vibrațiilor în timpul rulării cutiei de viteze pe stand prin toate treptele de viteză (figura 5.33).

Accelerometrul Acceleration Sensor PASCO CI-6558 (figura 5.34.) poate măsura accelerații doar pe o singură direcție, cu valori cuprinse între  $-5g$  și  $+5g$ , unde  $g$  reprezintă accelerația gravitațională  $9,81m/s^2$ . Acuratețea senzorului este de  $0,01g$ . Soft-ul dedicat DataStudio permite măsurarea accelerației atât în unități  $g$  cât și în  $m/s^2$ .

Accelerometrul nu necesită o calibrare înainte de a efectua măsurătorile, acesta fiind calibrat din fabricație.



Figura 5.34. Accelerometrul Pasco CI 6558

Pentru înregistrarea datelor măsurate de ambii senzori, s-a utilizat interfața PASCO CI-6400 ScienceWorkshop 500 Interface (figura 5.35.) și soft-ul dedicat DataStudio.



Figura 5.35. PASCO CI-6400 ScienceWorkshop 500 Interface

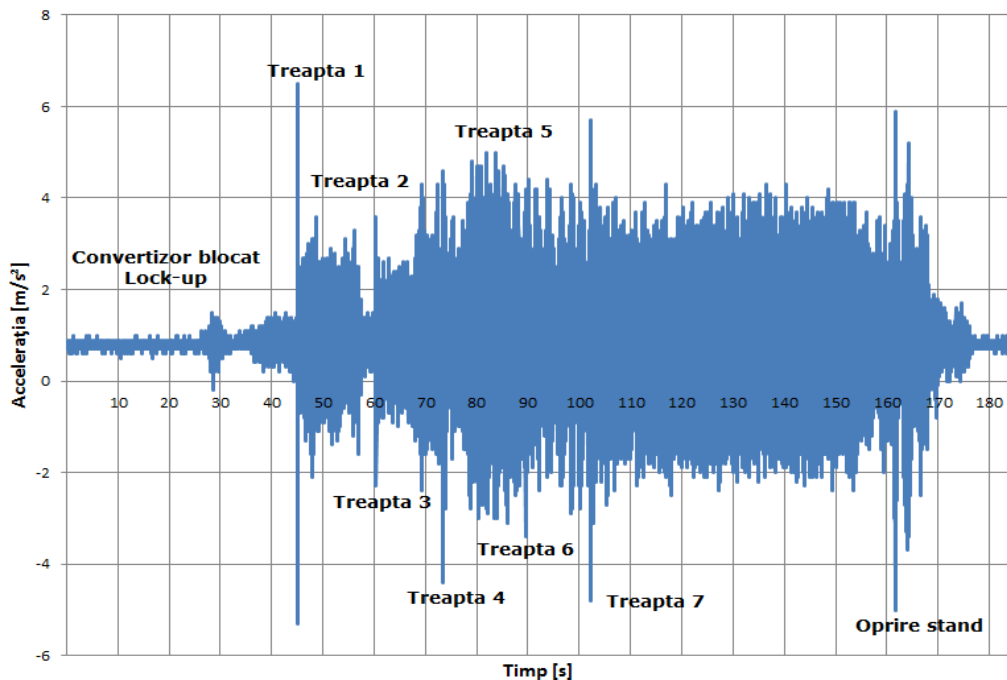


Figura 5.36. Reprezentarea spectrală a accelerațiilor pe direcție verticală înregistrate de senzorul amplasat pe cutia de viteze

Conform figurii 5.36. se pot observa șocurile mai proeminente în momentul cuplării cutiei de viteze în treapta întâi, ceea ce demonstrează încă o dată că această treaptă este cea mai solicitată (conform subcapitol 4.4.).

Pragul de accelerații admisibil este  $\pm g$ ,  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ .

Totodată, accelerațiile înregistrate conțin valori maxime de până la aproximativ  $6 \text{ m/s}^2$ , mai mici decât accelerația gravitațională  $g=9,81 \text{ m/s}^2$ , deci nu pun în pericol structura cutiei de viteze automate 7G Tronic sau funcționarea optimă a acesteia.

Având în vedere că în funcționarea reală, autovehiculul pe care este montată cutia de viteze automată 7G Tronic constituie la rândul său un amortizor al vibrațiilor, nivelul acestora va fi și mai redus.

Conform datelor înregistrate s-a stabilit totodată și frecvența vibrațiilor pentru care se înregistrează amplitudinile cele mai mari, acestea din urmă, la valori ridicate, fiind cauza apariției eventualelor fisuri pe carcasa cutiei de viteze automate.

Determinarea spectrului de amplitudini se face utilizând soft-ul de calcul Mathcad.

În soft-ul de calcul Mathcad s-au introdus sub formă de șiruri ( $a_{CVA}$ ) valorile mediilor între axe ale accelerațiilor verticale la nivelul cutiei de viteze automate.

Pentru a determina spectrul de amplitudini, se utilizează funcția cfft integrată soft-ului, ce returnează transformata Fourier discretizată, calculată prin metoda Singleton.

Funcția cfft este utilizată astfel:

$$Y_{a_{CVA}} = \text{cfft}(a_{CVA}) \quad (5.51)$$

Amplitudinea șirului se determină cu următoarea relație:

$$A_{CVA} = \sqrt{(RY_{a_{CVA}})^2 + (IY_{a_{CVA}})^2} \quad (5.52)$$

Unde  $RY_{a_{CVA}}$  reprezintă partea reală a șirului  $Y_{a_{CVA}}$  și se determină cu relația integrată soft-ului:

$$RY_{a_{CVA}} = \text{Re}(Y_{a_{CVA}}) \quad (5.53)$$

Partea imaginară  $IY_{a_{CVA}}$  a șirului  $Y_{a_{CVA}}$ , se determină cu relația integrată soft-ului:

$$IY_{a_{CVA}} = \text{Im}(Y_{a_{CVA}}) \quad (5.54)$$

În figura 5.37. sunt prezentate grafic amplitudinile vibrațiilor  $A_{CVA}$ . Se poate observa că acestea au valori reduse neexistând pericol asupra funcționării CVA.

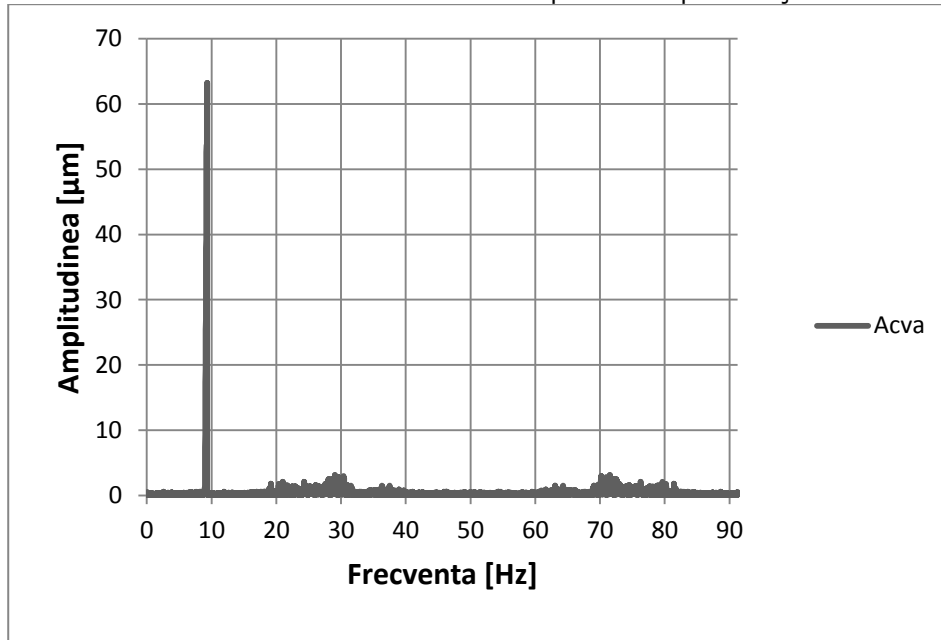


Figura. 5.37. Amplitudinea vibrațiilor la nivelul cutiei de viteze automate

## 6. Analiza formei tehnologice și a structurii chimice/metalografice a carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic

### 6.1. Analiza formei tehnologice a carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic

Datorită considerentului de a reduce cât mai mult masa totală a automobilului, carcasa cutiei de viteze automată 7G Tronic (722.9) este confecționată din Magneziu. Magneziul are cea mai mică greutate specifică ( $1750 \text{ kg/m}^3$ ) dintre toate materialele utilizate în construcția de mașini. De aici decurg și majoritatea utilizărilor în industria aeronautică, spațială, textilă, a autoturismelor, mecanica fină, etc. [95].

Conform literaturii de specialitate structura cristalină a magneziului este hexagonal compactă[95].

Datorită structurii carcasei CVA obținută dintr-un aliaj, în care Magneziul are un rol important deținând aproximativ 96%, Alumiuniul, aproximativ 3%, iar Siliciul și Manganul având împreună 1%, rezultă că această carcasă a fost obținută la turnare prin presiune.

#### *Principalele caracteristici tehnologice ale carcasei CVA*

Aliajele alumiuniului cu magneziu fac parte din grupa aliajelor superușoare, au rezistență mecanică bună, se prelucerează bine prin așchiere, au proprietăți superioare de lustruire cu obținerea unui aspect deosebit de frumos după anodizare și posedă o foarte bună rezistență la coroziune. Dezvoltarea producției de piese turnate din astfel de aliaje este dificilă datorită proprietăților slabe de turnare, dintre care remarcăm: fluiditate redusă, tendință mare de oxidare la elaborare prin turnare, precum și tendință ridicată de a forma retasuri, sufluri și fisuri la cald.

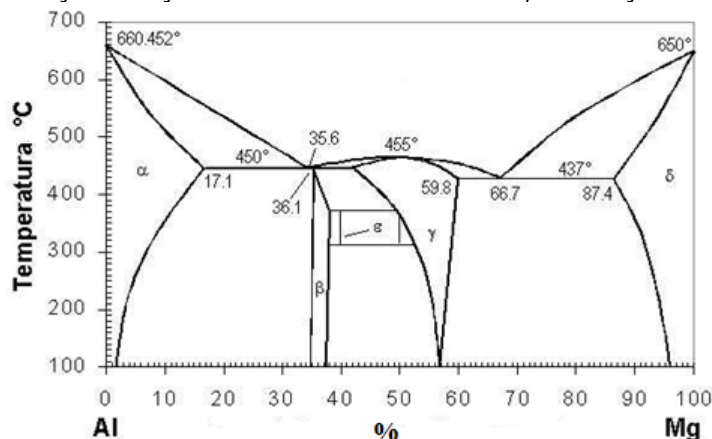


Figura 6.1. Diagrama de echilibru Al-Mg în domeniul aliajelor turnate.

La mărirea conținutului de magneziu cresc caracteristicile mecanice, capacitatea de lustruire și rezistența la coroziune în apa de mare sau în soluții slab alcaline, în schimb sudabilitatea și plasticitatea scad.

La temperatura ambiantă magneziul nu posedă decât trei sisteme de alunecare și în consecință ductilitatea sa este relativ slabă. Nici rezistența mecanică nu se situează la valori semnificative.[95].

Aliajele neferoase mai conțin în afara metalului de bază și a elementelor de aliere și o anumită cantitate de elemente nedorite numite impurități (care pot fi metalice, nemetalice, gazoase). Aceste impurități micșorează valorile caracteristicilor fizice, chimice mecanice și tehnologice ale aliajelor neferoase.

După tehnologiile de prelucrare aliajele neferoase se pot clasifica în :

- aliaje de turnătorie
- aliaje deformabile

În industria auto sunt folosite aliaje neferoase cu greutate specifică mică (aluminiiu, magneziu).

Aliajele aluminiiu-magneziu se disting prin masă specifică mai mică decât a celorlalte aliaje de aluminiiu, rezistență la coroziune foarte bună în diverse medii, rezistență mecanică apreciabilă și capacitatea de a se lustrui.

Magneziul are cea mai mică densitate dintre toate metalele utilizate în construcția de mașini, dar rezistența și plasticitatea lor sunt reduse. În consecință se utilizează exclusiv sub formă de aliaje (ultraușoare –  $\rho < 2\text{g/cm}^3$ ) pentru turnătorie sau deformabile (laminabile), care însă, în general, sunt întrucâtva inferioare celor de Al, atât în ceea ce privește rezistența mecanică, cât și comportarea la coroziune.

Cele mai importante elemente de aliere ale magneziului sunt: Al (3-9%), Zn (0,5-3%), Mn (până la 1,5%), primul îmbunătățind turnabilitatea, iar ultimul îndeosebi rezistența la coroziune. Conținuturi mai ridicate de Al (7-10%) conduc la obținerea de eutectice, îmbunătățind astfel turnabilitatea.

Aliajele de Mg turnate sunt utilizate pe scară largă în construcții aeronavale (elice, trenuri de aterizare), pentru alte construcții foarte ușoare, corpuri de pompe, cartere, aparate foto-optice și de birou etc.

Magneziul se aliază cu aluminiiu, deoarece Al îi mărește rezistența la rupere sau cu manganul, care îi mărește rezistența la coroziune în aer umed.

Aliajele de magneziu care conțin circa 90 % Mg, iar restul cantități mici de alte metale ca: aluminiiu, zinc, cupru, mangan etc., sunt cunoscute sub numele de aliaje electron. Ele sunt rezistente față de hidroxizii alcalini și față de acizi, însă nu față de apă (pe care o descompun). Având o mare duritate și rezistență cum și o densitate redusă, sunt folosite la fabricarea avioanelor, automobilelor, mașinilor industriale precum și pentru confecționarea diferitelor instrumente.

Rentabilitatea turnării sub presiune trebuie privită într-un context mai general, cu luarea în considerare a avantajelor și dezavantajelor procedurii. Pentru a fi competitive pe piața care tinde spre globalizare, este nevoie ca produsele să se realizeze cu eficiență maximă, de calitate corespunzătoare, la un cost redus și o productivitate ridicată.

Procedura de turnare sub presiune asigură o productivitate ridicată, acest lucru fiind și unul dintre avantajele principale ale procedurii.

Celelalte avantaje sunt:

- precizia dimensională mult mai mare decât cea obținută la oricare alt procedeu de turnare;
- posibilitatea de a suprima numeroase prelucrări mecanice;
- posibilitatea de realizare a unor piese cu configurații complexe;

- înlăturarea aderențelor și obținerea unei calități superioare a suprafețelor;
- posibilitatea obținerii unor piese cu pereți foarte subțiri (sub 1 mm) și cu suprafețe întinse, implicit reducerea consumului de metal;
- posibilități remarcabile de decorare prin lustruire și căptușiri diverse, în special pentru aliaje de zinc;
- posibilitatea utilizării forței de muncă mai puțin calificată;
- posibilitatea de folosire îndelungată a formei;
- posibilități foarte bune de automatizare;
- reducerea suprafeței de lucru în turnătorie;
- îmbunătățirea condițiilor de muncă și a climatului în turnătorie.

Principalele dezavantaje ale procedeeului sunt:

- costul ridicat al investițiilor;
- procedeul nu este rentabil pentru producția sub un anumit număr de piese;
- la aliajele cu punct ridicat de fuziune procedeul este mai dificil de aplicat, durata de exploatare a utilajului și a formelor se reduce;
- nu pot fi depășite anumite limite privitoare la masa piesei și nici la grosimea de perete;
- dificultățile la proiectarea și execuția formei sunt mari.

Defectele pieselor turnate sunt consecințe fie ale unei cauze unice, fie ale unor acțiuni reciproce de cauze foarte complexe, fiecare din acestea fiind, la rândul lor, funcție de un mare număr de variabile specifice. Două defecte cu un aspect exterior cu totul deosebit pot avea una sau mai multe cauze comune. Din aceste cauze, se prezintă o clasificare morfologică și nu o clasificare bazată pe cauzele defectelor.

Obținerea unor piese turnate de calitate superioară, cu defecte minime, este condiționată de întocmirea unei tehnologii de fabricație cât mai corectă, însoțită de cea mai severă disciplină tehnologică.

Tehnologia de fabricație nu constituie un sistem unic și limitat; ea se perfecționează continuu în cursul desfășurării procesului de producție, cu tendința permanentă de a obține produse de calitate optimă.

#### *Defectele pieselor turnate*

Clasificarea defectelor după caracteristica pe care o afectează:

1. defecte sau abateri dimensionale;
2. defecte de formă și poziție reciprocă a suprafețelor;
3. abateri de la calitatea suprafețelor;
4. defecte de structură;
5. abateri de la compoziția chimică și gradul de puritate;
6. abateri de la caracteristicile mecanice;
7. discontinuități;
8. alte abateri.



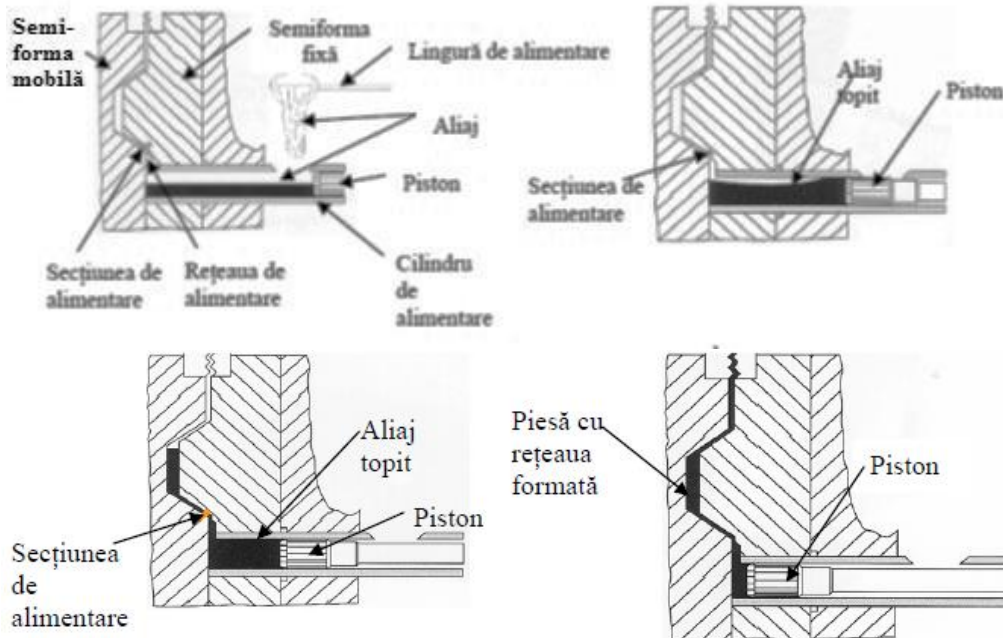


Figura 6.18. Etapele turnării sub presiune

În figura 6.2. se prezintă elementele primei etape respectiv semiforma fixă, semiforma mobilă, secțiunea de alimentare, rețeaua de alimentare, cilindru de alimentare, pistonul, aliajul topit și lingura de alimentare. Etapa următoare este cea de umplere a rețelei, a cavității și a aerisitoarelor, formată din 3 faze: prima fază de umplere a rețelei de alimentare până la secțiunea de alimentare, faza a doua de umplere a cavității, respectiv a treia fază de multiplicare sau intensificare. Aliajul este turnat în camera de presiune, pistonul începe să înainteze cu o anumită viteză, până când aliajul ajunge în dreptul secțiunii de alimentare, unde prima fază se încheie.

Sfârșitul fazei întâi reprezintă începutul celei de a doua faze, și anume a umplerii cavității, a zonei unde se formează piesa. Fiind vorba de momentul schimbării fazei întâi în faza a doua, aliajul este împins în continuare de piston, cu o altă viteză și presiune. Locul ideal teoretic pentru momentul schimbării fazei întâi în faza a doua este zona secțiunii de alimentare. Sfârșitul fazei a doua are loc teoretic în momentul umplerii întregii cavități, moment în care își are începutul solidificarea piesei în cavitate și compactarea sau intensificarea, ceea ce reprezintă faza a treia.

Principalele tipuri de defecte ale acestei turnări sunt următoarele: umplere incompletă a cavității; curgeri la rece; exfoliere; umflături; bavuri; picături reci; piese pătate datorită lubrifierii îndelungate; porozități de aer; trageri; crăpături; crăpături superficiale; formare incompletă; metal explodat; deformări; lipiri pe matriță; porozitate de contracție; neetanșeități; suprafață decolorată; rupturi; incluziuni; deteriorarea aruncătoarelor; eroziuni/cavități.

Defectele pieselor turnate sunt reglementate de STAS 782-79.

Prin defect al unei piese turnate se înțelege orice abatere de la formă, dimensiuni, masă, aspect exterior, compactitate, structură, compoziție chimică sau proprietăți mecanice și fizice prescrise în standardele respective sau în alte documente tehnice normative.

Clasificarea defectelor produselor turnate, bazată pe descrierea fizică a fiecăruia, permite ca identificarea să poată fi făcută fie prin observarea și examinarea directă a piesei, fie, după o descriere precisă a formei, aspectului, localizării și dimensiunilor defectului.

Acest sistem de clasificare, bazat pe morfologia defectelor este mai util decât cel bazat pe cauzele care îi determină apariția, cauze care doar se presupun și se estimează. Pe de altă parte același defect poate avea cauze extrem de diferite.

Standardul de defecte în piese turnate cuprinde: denumirea, simbolizarea, gruparea după caracteristicile morfologice, descrierea, cauze posibile și metode de prevenire, schița defectului și fotografia unei piese care îl conține. Descrierea dată în standard cuprinde caracteristici vizibile, care pot fi observate de regulă cu ochiul liber și localizarea cea mai probabilă, în sau pe piesa turnată.

Referitor la cauzele posibile trebuie remarcat faptul că în standard sunt precizate doar cauzele cele mai probabile la nivelul unei anumite tehnologii de turnare. Este imposibil de precizat o singură cauză pentru fiecare defect.

Cu excepția câtorva defecte care sunt rezultatul unei tehnologii de turnare evident greșite, imperfecțiunile se datoresc de cele mai multe ori unui concurs de împrejurări și nu unei cauze bine determinate.

S-au stabilit 7 categorii de bază, fiecare fiind identificată printr-o literă:

- A - excrescențe metalice;
- B - goluri (cavități);
- C - discontinuități - crăpături;
- D - defecte de suprafață;
- E - piesa turnată incompletă;
- F - dimensiuni sau configurație necorespunzătoare;
- G - incluziuni și defecte de structură.

Fiecare categorie este împărțită în grupe și subgrupe, notate prin cifre. În cadrul fiecărei subgrupe, se precizează printr-o a treia cifră fiecare defect în parte. Deci un simbol cuprinde o literă și trei cifre.

Anumite defecte se pot încadra logic în mai multe categorii. Crustele, de exemplu, sunt excrescențe metalice (categoria A) dar cu toate acestea sunt clasificate ca subgrupă (D230) la defecte de suprafață.

Cauzele apariției defectelor în piesele turnate pot fi grupate în următoarele categorii:

1- defecte de material, determinate de materialul turnat, de puritatea acestuia și de particularitățile comportamentului pe care-l are la turnare: fluiditatea, contracția, tendința de a dizolva gaze, tendința de segregare etc.;

2- defecte de proiectare, determinate de forma și dimensiunile produsului stabilite prin proiectare: grosimi de pereți neuniformi, intersecții de pereți în cruce, pereți prea subțiri etc.;

3- defecte tehnologice, determinate atât de procesul tehnologic stabilit cât și de acuratețea respectării regulilor de realizare a fiecărei operații și a fiecărei faze.

*1-Defecte determinate de proprietățile fizico-chimice, de compoziția chimică și de puritatea materialului turnat în piese*

Principalele proprietăți de turnare sunt:

- fluiditatea (prea mică determină realizarea de piese turnate incomplet; prea mare, conduce la obținerea de suprafețe excesiv de rugoase)
- contracția la trecerea din stare lichidă în stare solidă; poate conduce la apariția de goluri, retasuri sau microretasuri, iar împiedecarea contracției la fisuri, rupturi, crăpături sau tensiuni interne sau la dimensiuni necorespunzătoare;

-tendința de a dizolva gaze conduce la apariția porilor, sufluri sau goluri;  
 -tendința de segregare determină apariția neomogenităților de material și structură.

#### *2-Defecte determinate de proiectarea piesei*

La proiectarea pieselor turnate trebuie respectate anumite reguli stabilite pe baza cunoașterii comportării materialului respectiv la turnare. Astfel, pentru prevenirea apariției retasurii interioare se evită intersecțiile de pereți în T sau în cruce, pereții verticali se prevăd cu înclinații care să determine solidificarea dirijată, se prevăd adaosuri de prelucrare pentru îndepărtarea suprafețelor rugoase atunci când acestea au un rol funcțional, etc.

#### *3-Defecte determinate de tehnologia de turnare*

La proiectarea tehnologiei de turnare se iau în considerare particularitățile de material și de formă și se adoptă soluții tehnologice adecvate, cum ar fi: utilizarea unor răcitori interni sau externi, filtre, anumite rețele de turnare etc.

Simbolizarea excrescențelor metalice:

##### A. Excrescențe metalice

A100 Excrescențe metalice având formă de bavuri

A110 Excrescențe metalice având formă de bavuri, fără modificarea principalelor dimensiuni ale piesei turnate

A111 Bavură - bavură subțire în planul de separație

A112 Creastă - excrescențe având forma de vene

A113 Rețea de creste - rețea de excrescențe

A114 Crustă de colț - excrescența subțire în unghiuri interioare, paralelă cu una din suprafețele de turnare

A115 Bavură de colț - excrescența metalică subțire care împarte unghiul interior în două părți)

A120 Excrescențe metalice având formă de bavuri care modifică principalele dimensiuni ale piesei turnate

A121 Bavură groasă în planul de separație

A122 Bavură groasă în alte părți ale piesei turnate

A123 Bavură-pânză de metal

A200 Excrescențe masive

Numeroase piese utilizate în construcția mașinilor, aparatelor și diverselor tipuri de utilaje sunt obținute prin turnarea unui material în stare lichidă într-o cavitate ce reprezintă negativul piesei și care se realizează într-o formă, cochilă sau coajă de turnare.

Datorită evidențierii temperaturilor înalte în zonele de pe cutia de viteze automată 7G Tronic în care se găsesc principalele cuplaje și frâne ale acesteia se recomandă ca optimizare a formei carcasei, adăugarea de nervuri de răcire. Aceste nervuri, datorită geometriei lor, în timpul rulării autovehiculului ar putea realiza răcirii mai eficiente în zonele în care se amplasează.

Pentru a identifica structura metalografică a materialului și pentru a identifica eventualele defecțiuni ale materialului se va apela la două metode de analiză structurală chimică (difracția de raze X și microscopia electronică de baleiaj) [95; 114].

Pentru realizarea acestor studii s-au prelevat mostre de material din trei zone diferite ale cutiei de viteze automate 7G Tronic:

- zona 1- evidențiată cu culoare roșie (corespunzătoare porțiunii dintre convertizor și cutia de viteze, zona anterior superioară);
- zona 2 – evidențiată cu culoare albastră (corespunzătoare porțiunii median-posterioare cutiei de viteze, în apropierea cuplajului cardanic);

- zona 3 - evidențiată cu culoare verde (aparținând porțiunii inferioare a cutiei de viteze 7G Tronic, în apropierea blocului hidraulic de comandă).

Aceste mostre constau din bucăți de șpan a căror dimensiune este de 5 mm lungime și 2 mm grosime.

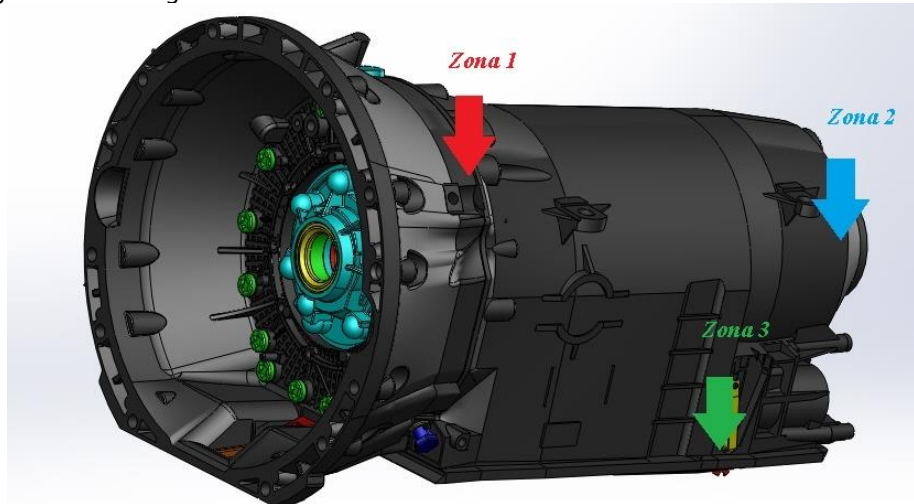


Figura 6.3. Zonele de prelevare a mostrelor de pe carcasă

## 6.2. Analiza structurală prin difracție de raze X

Pentru început s-au realizat spectrele de difracție de raze X pentru a se putea observa vreo diferență între cele trei zone. În figura 6.4. sunt prezentate spectrele de difracție de raze X pentru cele trei mostre.

Difracția de raze X este o tehnică nedistructivă care permite obținerea de informații precise despre compoziția chimică și structura cristalină a materialelor naturale și de sinteză artificială.

Principiul de bază al acestei metode constă în studiul legăturii dintre împrăștierea radiației X și așezarea în spațiu a atomilor.

Difracția de raze X este o metodă de analiză structurală curent folosită în studiul monocristalelor sau policristalelor pentru determinarea structurii cristaline, determinări calitative și cantitative de faze, transformări de faze, determinări ale parametrilor de rețea, ale tensiunilor interne, sau ale dimensiunilor de grăunți.

Pentru caracterizarea analizei materialului carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic se folosește un difractometru cu raze X de tip X'Pert Pro MPD (Panalytical) (figura 6.2) cu tub de raze X, cu anod de Cu, având lungimea de undă  $\lambda=0,154$  nm. Pentru toate probele unghiul  $2\theta = 10^\circ - 70^\circ$ , pasul fiind de 0.131 secunde, iar timpul unui spectru fiind de 60 min. Spectrele au fost interpretate și analizate cu ajutorul programului X'Pert Highscore Plus având baza de date activă.

Analiza structurală a materialului carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic este reprezentată în figurile 6.5. și 6.6. prin evidențierea spectrelor caracteristice principalelor elemente chimice, reliefându-se în mod special prin lungimea spectrului, Magneziul (Mg), Aluminiul (Al), Siliciul (Si), Manganul (Mn).



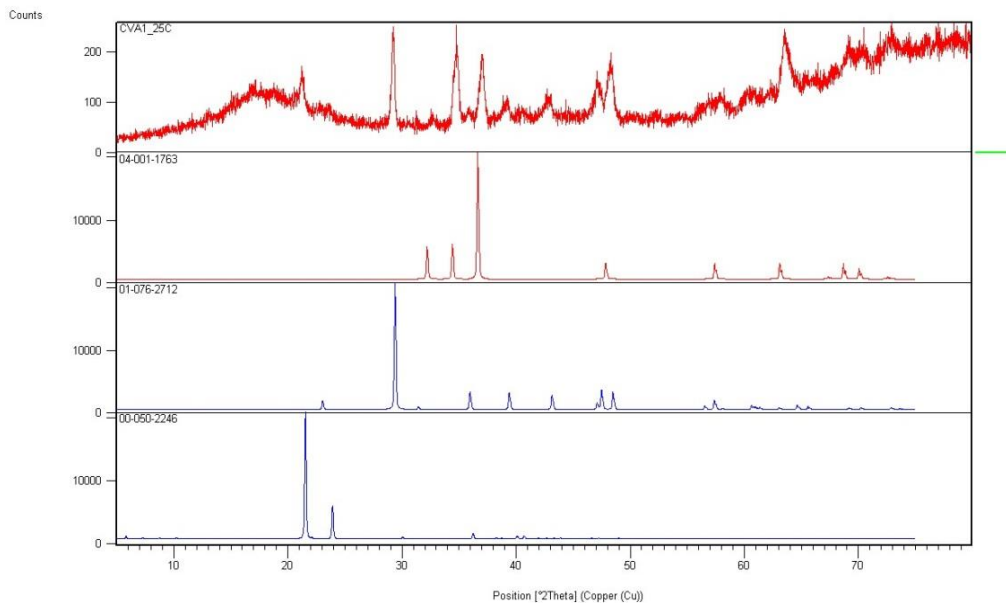


Figura 6.6. Analiza difracției cu raze X a elementelor chimice majoritare (EDAX)

Din spectrele de difracție de raze X nu se observă nici o diferență între cele trei zone, ceea ce denotă faptul că omogenitatea materialului este aceeași pe toată suprafața cutiei de viteze.

### 6.3. Analiza structurală prin microscopie electronică de baleiaj

Microscopul electronic de baleiaj este folosit la studiul ultramorfologiei suprafeței cu ajutorul electronilor secundari sau refractari. Acest tip de microscop dă posibilitatea examinării unor materiale cu o grosime ce variază între câțiva milimetri și 1 cm, cu suprafețele neregulate, furnizând imagini tridimensionale ale obiectelor cercetate. Formarea imaginii se realizează cu ajutorul electronilor secundari sau refractari care apar în urma bombardării probei cu fasciculul primar de electroni.

Fasciculul de electroni produs de tunul electronic este micșorat la maxim prin intermediul a două sau trei lentile electromagnetice urmărindu-se astfel obținerea unui fascicul extrem de îngust cu diametrul sub  $100 \text{ \AA}$ , care este proiectat pe probă. Cu ajutorul a două bobine de deflexiune, plasate în interiorul ultimei lentile electromagnetice activate de un curent de baleiaj, fasciculul primar de electroni astfel focalizat este determinat să efectueze o mișcare în zig-zag peste probă, realizându-se o baleiere a suprafeței acesteia.

Un microscop electronic cu baleiaj (SEM) are un mers al razelor care formează imaginea similar cu cel dintr-un microscop optic biologic. Rezoluția unui sistem optic se definește ca distanța minimă dintre două obiecte care produc imagini separabile și se exprimă prin relația:

$$d = 0,61 \lambda / n \sin\theta \quad (6.1)$$

unde:

$\lambda$  - lungimea de undă a radiației cu care s-a obținut imaginea

$\theta$  - semiapertura unghiulară a lentilei sistemului optic

$n$  - indicele de refracție al mediului.

Deci, cu cât lungimea de undă a radiației este mai mică, cu atât rezoluția este mai bună. În cazul microscopiei optice, dacă se consideră o lungime de undă a luminii de aproximativ 200 nm, se obține o rezoluție de aproximativ 2000 Å.

În cazul electronilor accelerați de o diferență de potențial  $V$ , lungimea de undă a radiațiilor asociate este dată de relația :

$$\lambda = h / [2meV(1+eV/2mc^2)]^{1/2} \quad (6.2)$$

Unde:

$h$  - constanta lui Planck

$m$  - masa electronului

$e$  - sarcina electronului

$c$  - viteza luminii

$V$  - tensiunea de accelerare

La tensiunile de accelerare uzuale în microscopia electronică se obțin lungimi de undă mai mici de aproximativ  $10^4 - 10^5$  ori decât lungimea de undă a luminii. Prin urmare, rezoluția microscopelor electronice este net superioară celor optice, ajungând de ordinul a câțiva Ångströmi la cele mai perfecționate instrumente.

Caracterizarea structurii carcasi CVA s-a realizat cu ajutorul microscopului electronic cu baleiaj - Inspect S (FEI Company) împreună cu EDAX (spectrometru cu energie disipată de raze X ). Inspect S (figura 6.7.) este un microscop electronic cu baleiaj ușor de utilizat, capabil să genereze și să colecteze toate informațiile disponibile de la orice tip de material.



Figura. 6.7. Microscopul Electronic cu Baleiaj (SEM)- Inspect S (FEI Company) + EDAX

Microscopul electronic de baleiaj este utilizat pentru analiza calitativă (imagică) și cantitativă (EDAX) a materialelor.

Acest lucru arată și faptul că procedeele de fabricare (turnare) au fost realizate cu o foarte mare precizie și perseverență.

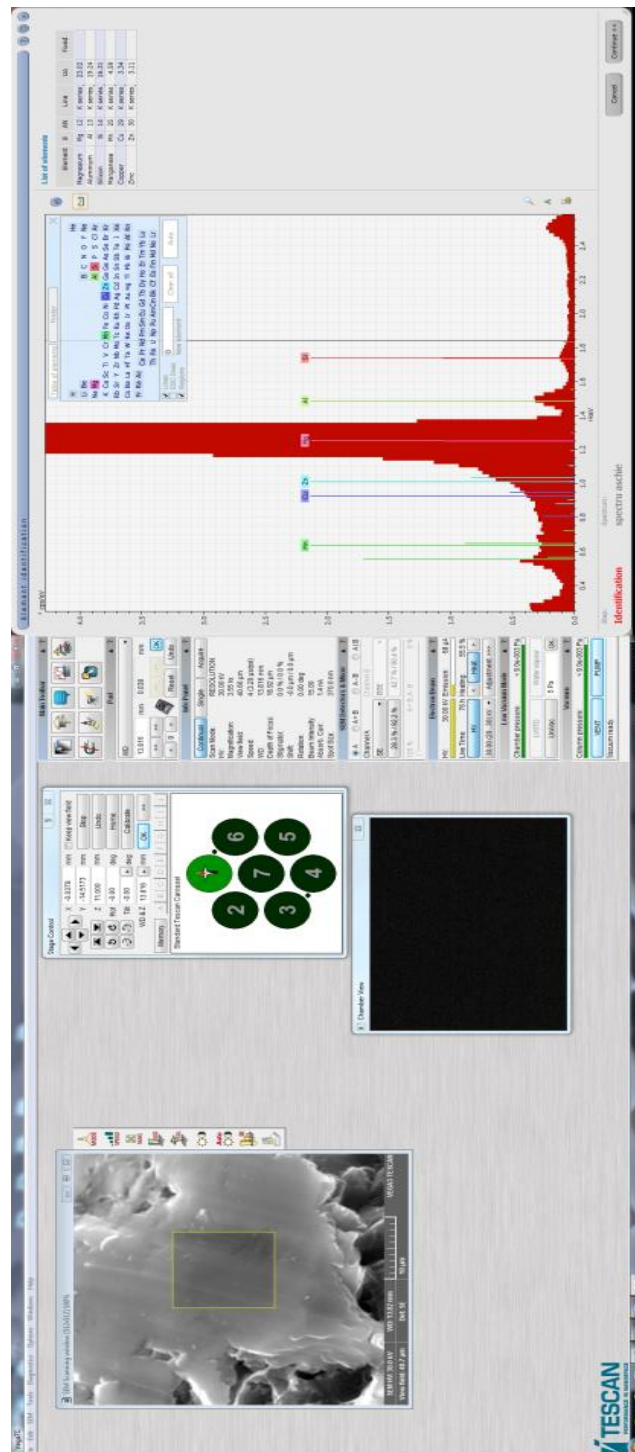


Figura 6.8. Captură prelevată în urma inspecției mostrelor cu microscopia electronică de baleiaj calitativă și cantitativă(EDAX)



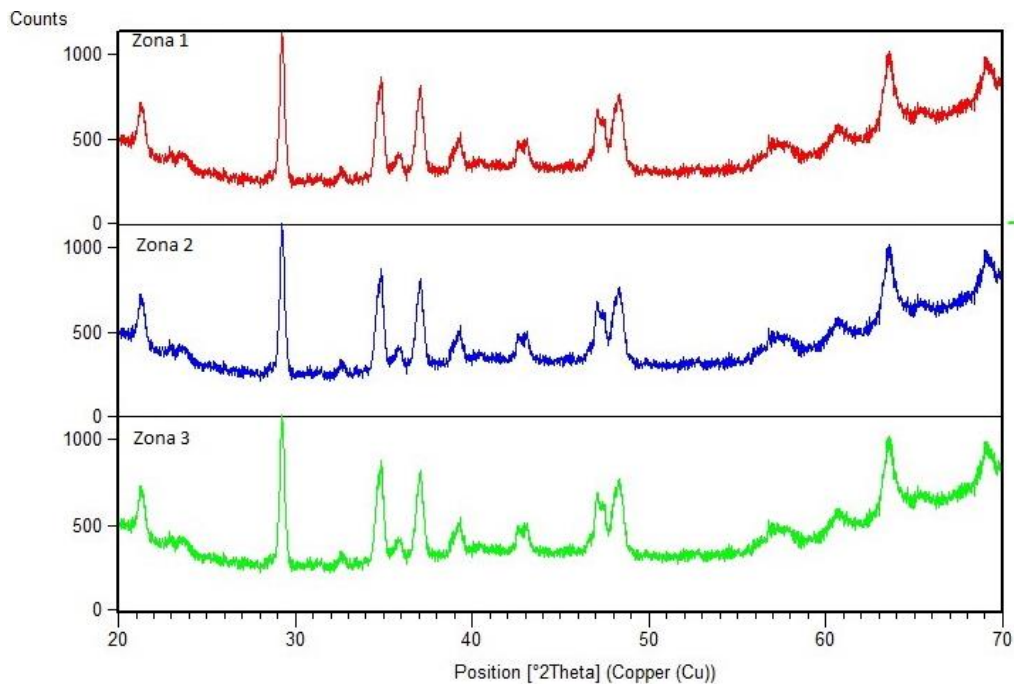


Figura 6.9. Spectrele de difracție de raze X pentru mostrele: a) zona 1, b) zona 2, c) zona 3

Datorită faptului că în timpul funcționării autovehiculului, una dintre piesele supuse la tensiuni și la fluctuații termice majore este cutia de viteze, datorat în special uleiului care are contact direct cu materialul precum și a altor factori interni cât și externi este bine să se realizeze stabilitatea termică a materialului.

Pentru această studiu s-au luat din zona 1 mai multe mostre (bucăți de span), care au fost supuse unui tratament termic de recoacere de la temperatura de 100 °C și până la temperatura de 500 °C. Probele au fost încălzite cu 10 °C/min, după care au fost menținute timp de 3 ore la temperatura dorită. Răcirea probelor a fost făcută natural, până la temperatura camerei.

Din spectrul de difracție de raze X (figurile 6.9., 6.10.), se observă maximele de difracție specifice compuşilor  $MgO_2$  identificat în baza de date cu fişa numărul 01-076-1363,  $Al_2O_3$  identificat în baza de date cu fişa numărul 00-001-1305, Mg identificat în baza de date cu fişa numărul 00-001-1148. S-a obținut un amestec între Aluminiu și Magneziu (AlMg) identificat în baza de date cu fişa numărul 00-011-0571.

Structura chimică a carcasei cutiei de viteze:

- Temperatura normală 25° C:
  - Mg-96,67%, Al-2,40%, Si-0,66%, Mn-0,23%
- Temperatura 200° C:
  - Mg-83,92%, O-12,16%, Al-3,93%
- Temperatura 400° C:
  - Mg-45,74%, O-28,66%, Al-25,6%
- Temperatura 500° C:
  - Mg-43,44%, O-55,27%, Al-0,75%, Si-0,54%

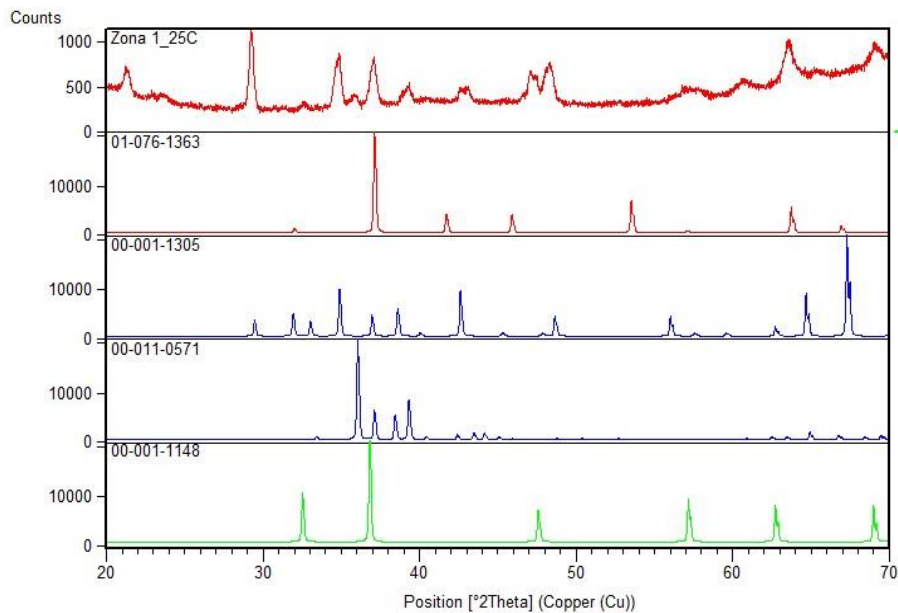


Figura 6.10. Spectrele de difracție de raze X pentru zona 1 realizate la temperatura camerei

Conform figurii 6.11. se poate observa faptul că în urma aplicării tratamentului termic de recoacere la diferite temperaturi nu se observă formarea unor alți compuși care să afecteze atât stabilitatea termică cât și compoziția materialului. Maximele de difracție sunt aceleași pentru toată plaja de temperaturi (25- 500 °C).

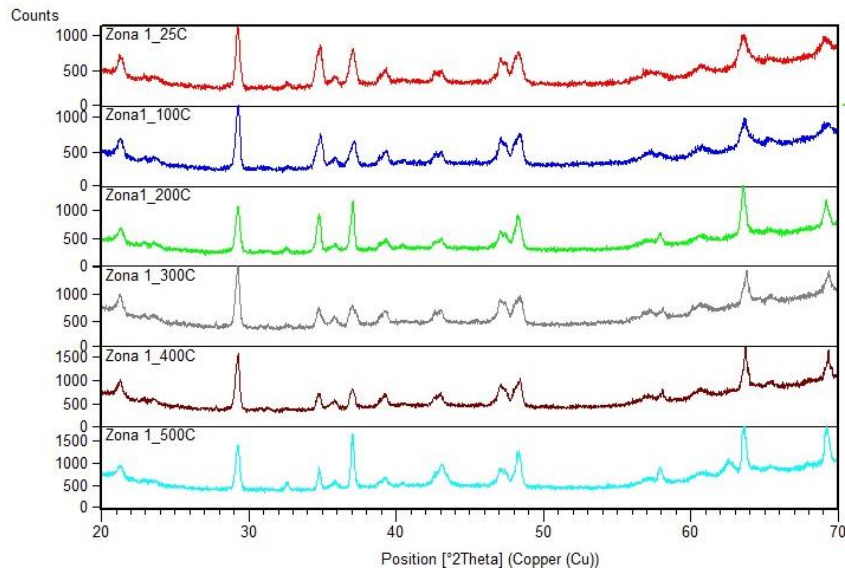


Figura 6.11. Spectrele de difracție de raze X pentru zona 1 la diferite temperaturi de recoacere

Pentru a avea o confirmare cât mai precisă asupra compoziției chimice a probelor s-a utilizat microscopia electronică de baleiaj SEM și sub formă calitativă.

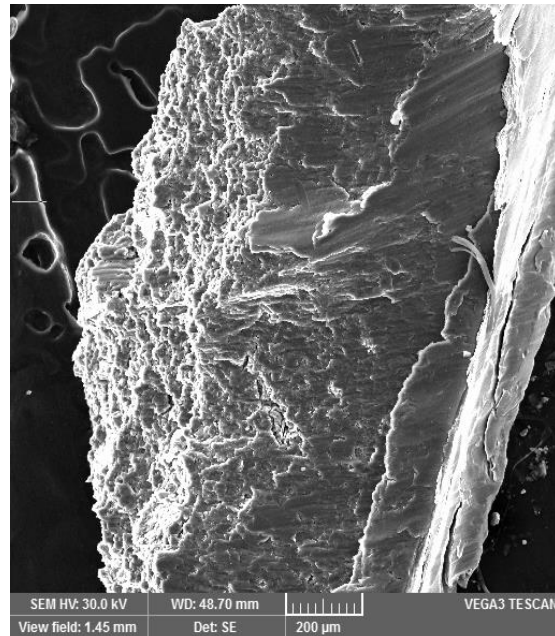


Figura 6.12. Imagine SEM de rupere a probei din zona 1 a carcasei (75X)

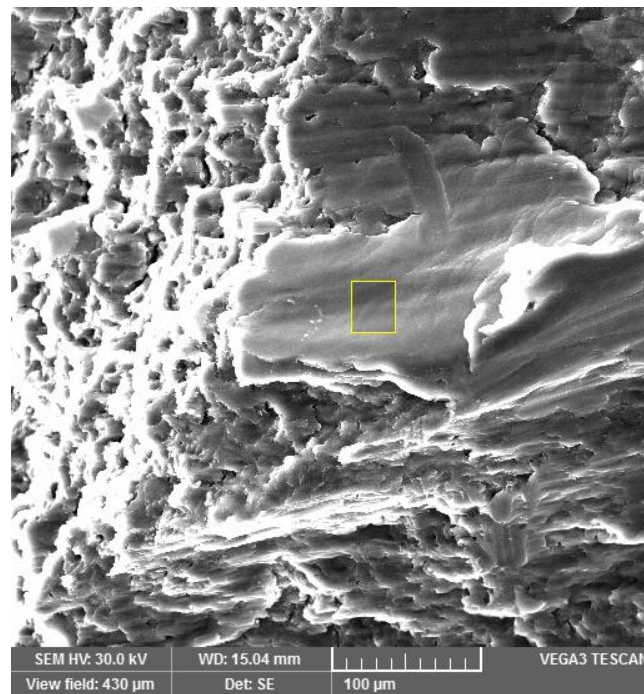


Figura 6.13. Imagine SEM de rupere a probei din zona 1 a carcasei (333X)

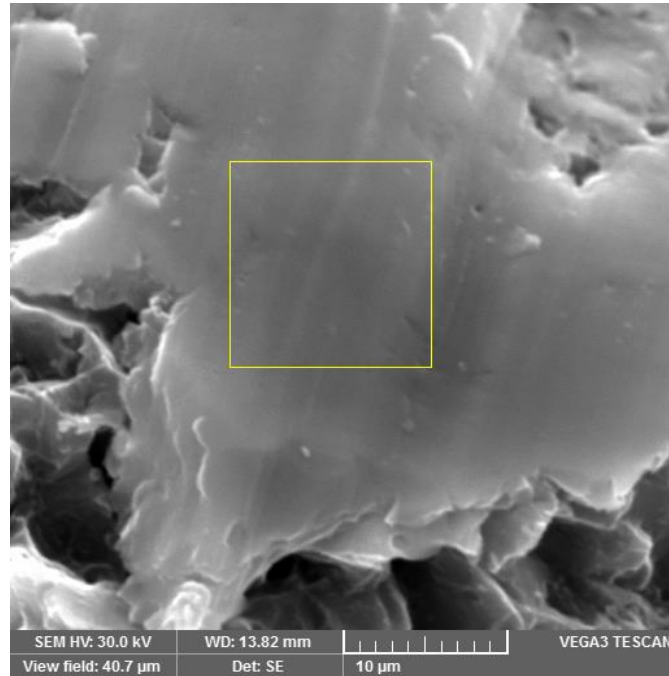


Figura 6.14. Imagine SEM din zona de analiză a spectrului de materiale (3300X)

Din imaginile SEM se observă o suprafață omogenă fără a exista alte defecte în suprafața materialului cum ar fi porii, care duc la pierderea proprietăților mecanice și chimice. Aceeași suprafață se observă și în cazul probei supuse tratamentului termic la 200 °C. Din imaginile EDAX se observă doar peak-urile caracteristice Magneziului și Alumiului.

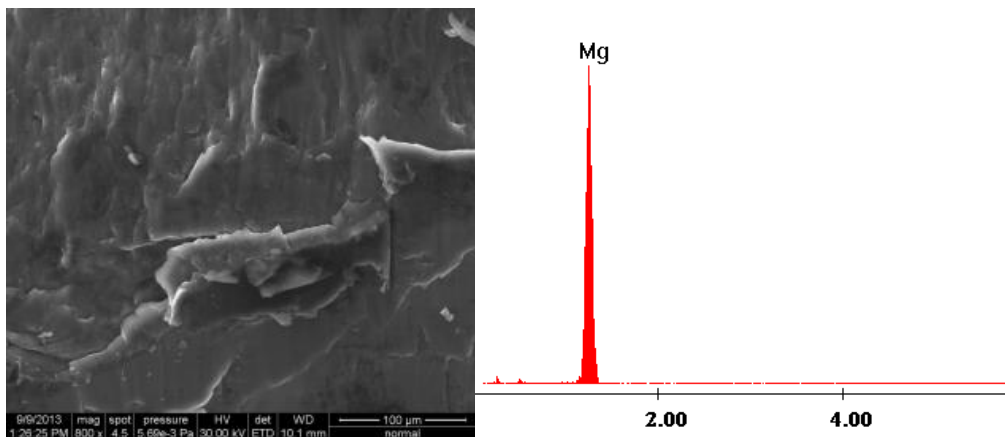


Figura 6.15. Imagini SEM (stânga) și EDAX (dreapta) la temperatura camerei

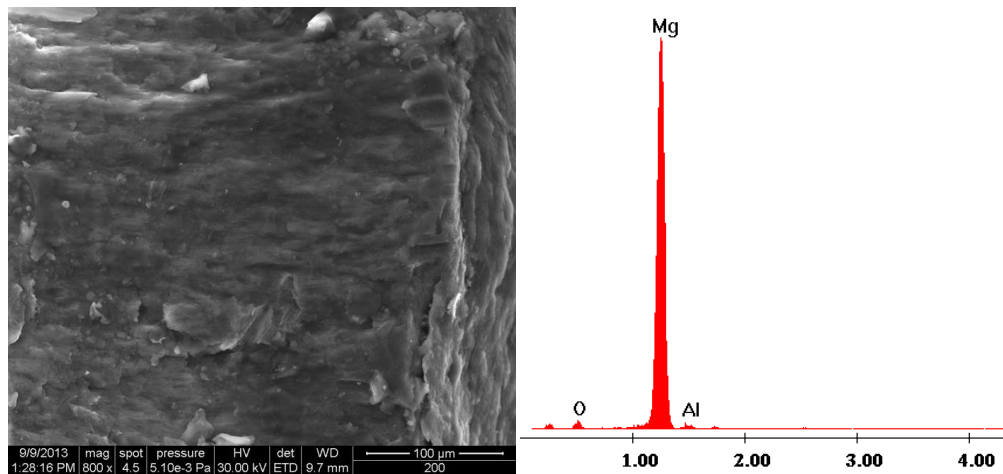


Figura 6.16. Imagini SEM (stânga) și EDAX (dreapta) la temperatura de 200 °C

În cazul în care proba a fost calcinată la 500 °C se observă faptul că pe suprafața materialului încep să se formeze zone poroase care duc la descompunerea materialului și distrugerea acestuia. Din analiza EDAX este foarte interesant faptul că pe lângă materialele de Magneziu și Aluminiu mai apar Manganul și Siliciul. Acestea au fost detectate la difracția de raze X cu un procent mai mic decât 1%. Acest lucru se poate pune în seama faptului că acest Siliciu și Mangan, în compoziția materialului, sunt amorfe și de aceea nu au putut fi identificate foarte bine prin difracția de raze X.

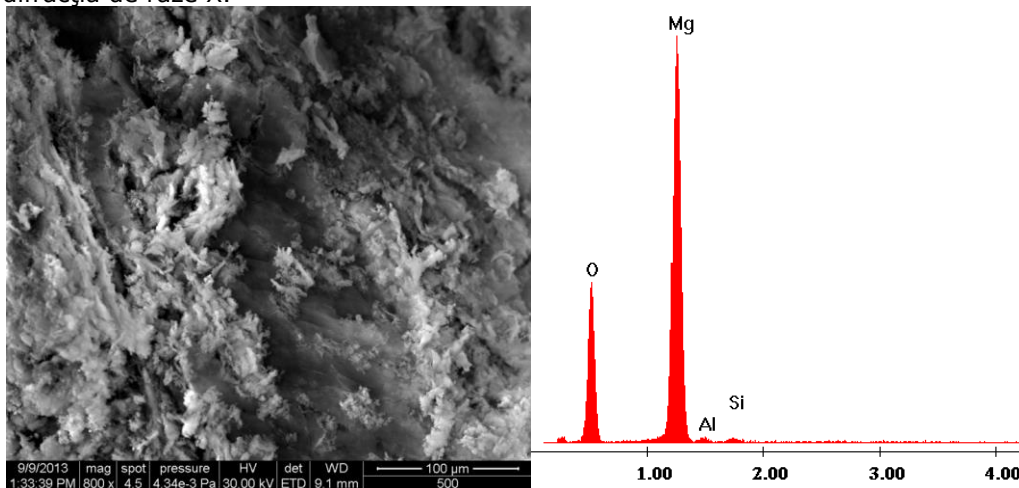


Figura 6.17. Imagini SEM (stânga) și EDAX (dreapta) la temperatura de 500 °C

Din analiza imaginilor se poate observa o suprafață omogenă fără defecte.

În urma efectuării analizei calitative și cantitative ale materialului carcasi se observă că acesta este un aliaj Al-Mg ce deține Mg în proporție mai mare de 90%, se observă totodată o structură omogenă în întreaga carcasă precum și menținerea acestei structuri și la temperaturi foarte mari. Din punct de vedere

chimic, carcasa se poate optimiza prin creșterea compoziției de Aluminiu din structura carcasei, fapt ce ar duce la îmbunătățirea proprietăților de turnare, rezistență la coroziune ridicată, introducerea de proprietăți paramagnetice și îmbunătățirea de proprietăți bune de conductivitate termică. Dacă crește cantitatea de Siliciu se îmbunătățește rezistența la coroziune. Printr-un procentaj mai ridicat de Mangan s-ar putea obține proprietăți paramagnetice și o rezistență la uzură puțin mai ridicată.

## **7. Concluzii. Contribuții personale. Direcții noi de cercetare**

### **7.1. Concluzii**

Primele concluzii desprinse încă din capitolul intitulat „Obiectivele și structura tezei” reliefează o structură concisă a lucrării.

În capitolul 2, se prezintă o evoluție a cutiilor de viteze automate în care se reliefează avantajele și dezavantajele acestora în comparație cu cele manuale, evidențiind importanța acestora. În continuare, se realizează o descriere amplă și bine structurată a cutiilor de viteze automate în special a cutiei de viteze automate cu șapte trepte, 7G Tronic.

În capitolul 3 se prezintă colectarea datelor avariilor generale ale cutiilor de viteze automate, urmând ca mai apoi să se facă o sinteză a fișelor proprii de chestionar care detaliază răspunsurile provenite de la principalele service-uri din zona de Vest a țării. Aceste date prelevate au folosit ca bază pentru studii statistice în care se evidențiază probabilitatea apariției principalelor avarii ale cutiilor de viteze automate, remarcând faptul că aceste probabilități au valori reduse. Aceste rezultate statistice, sinteza chestionarelor, cât și chestionarele în sine pot servi ca date folosite de service-urilor specializate în întreținerea, repararea și aprovizionarea cu repere ale cutiilor de viteze automate care prezintă grad frecvent de defectare.

Analiza cinematică, efectuată (în capitolul 4) după metoda inversării mișcării (Willis), a cutiilor de viteze automate cu trei, patru, șapte trepte redă atât evoluția cât și starea elementelor acestor tipuri de cutii de viteze automate în timpul funcționării. Se evidențiază totodată și dependența consumului energetic de rapoartele de transmitere finale ale celor trei modele analizate, concluzionând că cea optimă conform mai multor criterii este cea cu șapte trepte de viteză. Se evaluează, totodată, pentru cutia de viteze automată cu șapte trepte de viteză, solicitările de oboseală la încovoiere și la contact pentru treapta de viteză cea mai încărcată și se constată că aceasta se încadrează în solicitările limită admisibile.

Evidențierea calității acestei transmisii automate cu șapte trepte este reliefată în continuare și prin caracteristica exterioară a motorului și forța la roată pe toate cele șapte trepte de viteză, determinate pe autovehiculul echipat cu cutia de viteze automată 7G Tronic, reliefând o alură a curbelor foarte apropiată de cea teoretică.

Acționarea și comanda cutiilor de viteze automate se face în scopul înțelegerii corecte a stărilor elementelor componente ale acestora în funcție de presiunile distribuite și controlate prin blocul hidraulic de comandă. Se efectuează totodată o analiză pentru modificarea geometriei pinionului (creșterea diametrului de cap) din componența angrenajului interior al pompei ce alimentează cutia de viteze automată. Se conturează soluția optimă a geometriei pinionului care asigură un debit crescut al pompei. Efectul acestei măsuri este evitarea unei mișcări sacadate la plecarea din poziția de repaus a autovehiculului (la turația de relanti).

Capitolul 5 tratează în primă parte un studiu termografic care în urma reliefarilor imagistice cât și numerice conturează zonele cu cele mai ridicate temperaturi, în special zona cuplajelor multidisc și a angrenajelor planetare. Aceste rezultate vor constitui bazele, precum și referința experimentelor ulterioare. Variațiile de temperatură în interiorul cutiei de viteze automate 7G Tronic s-au determinat ulterior și pe autovehiculul echipat cu această cutie de viteze automată, iar rezultatele indică diferențe mici de temperatură între modul „Confort” și „Sport”, ceea ce demonstrează capacități de transfer termic foarte bune.

Analizele ulterioare implică softul de modelare numerică Abaqus 6.10 ce are la bază metoda elementului finit. Prin aceste simulări se evidențiază propagarea căldurii prin carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic care are rezultate identice cu experimentele termice anterioare, conturând aceleași zone cu temperaturi mai ridicate (zonele din vecinătatea cuplajelor multidisc și a mecanismelor planetare), cât și valori numerice asemănătoare. Totodată, prin softul de modelare numerică Abaqus 6.10 se face analiza stărilor mecanice și termice ale cuplajelor multidisc pentru diferite perechi de materiale, rezultând că perechea formată din oțel 30Cr130 și material ecologic de frecare (ferodou non-azbest) EF-15 este optimă.

Pe standul de testare a cutiilor de viteze automate se înregistrează și vibrațiile generate de cutie în timpul funcționării. Valorile sunt redade în accelerații verticale, care ulterior sunt convertite în amplitudini. Se conturează că aceste valori ( $\leq \pm g$ ) sunt sub pragul limită de vibrații admise.

Din analiza formei tehnologice cât și a structurii chimice/metalografice a carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic efectuată în capitolul 6, se desprind concluzii referitoare la omogenitatea carcasei, dovedind că structura acesteia păstrează aceeași compoziție chimică în toate zonele. Totodată se reliefează caracteristicile materialului la încălziri extreme. Ca și optimizare, se poate îmbunătăți schimbul termic în zonele cu temperaturile cele mai ridicate prin mărirea suprafețelor nervurilor de răcire. Pentru o turnare în condiții de calitate superioară cât și pentru îmbunătățirea rezistenței la coroziune se recomandă posibile modificări ale compoziției chimice ale carcasei cutiei de viteze automate.

## 7.2. Contribuții personale

- prezentarea evoluției în timp a cutiilor de viteze automate începând de la cutiile de viteze automate simple în trei trepte de viteză până la cele mai complexe;
- sinteza comparativă a avantajelor și dezavantajelor cutiilor de viteze automate față de cele manuale;
- întocmirea unor fișe de chestionar privind posibilele avarii ale cutiilor de viteze automate;
- prelucrarea statistică a rezultatelor/răspunsurilor la chestionar și informarea grupului țintă;
- o analiză cinematică completă a cutiilor de viteze automate cu trei, patru și șapte trepte;
- determinarea solicitărilor la încovoiere și la contact pentru treapta de viteză cu raport de transmitere maxim;



- determinarea caracteristicilor exterioare ale motorului (autovehiculul din gama Mercedes-Benz, seria de șasiu WDC 164.063, echipat cu cutia de viteze automată 7G Tronic) și caracteristicilor forței la roată pe cele șapte trepte de viteză;
- propuneri pentru modificarea geometriei pinionului (creșterea diametrului de cap al pinionului) din componența angrenajului interior al pompei ce alimentează cutia de viteze automată în vederea creșterii debitului de alimentare al acesteia și evitării mișcării sacadate la plecarea din poziția de repaus;
- verificarea pe stand a blocului hidraulic de comandă și determinarea variației presiunilor pe treptele de viteză ale cutiei 7G Tronic;
- măsurarea prin mijloace termografice și evidențierea celor mai solicitate suprafețe ale cutiei de viteze automate 7G Tronic, din punct de vedere termic atât pe stand, cât și pe autovehicul;
- evidențierea prin simulare cu ajutorul softului Abaqus 6.10 a schimbului termic la nivelul carcasei;
- reliefaarea prin simulare (Abaqus 6.10) a stărilor mecanice și termice ale cuplajelor multidisc;
- măsurarea și calculul amplitudinii vibrațiilor și interpretarea rezultatelor în treptele de viteză ale cutiei de viteze automate 7G Tronic;
- analiza prin difracție de raze X și prin microscopie de baleiaj a compoziției chimice a materialelor din structura carcasei cutiei de viteze automate 7G Tronic;

### **7.3. Direcții noi de cercetare**

Având în vedere evoluția cutiilor de viteze automate (apariția în 2010 a cutiei de viteze automate cu opt trepte de viteză, iar în 2013 a cutiei de viteze automată cu nouă trepte) se poate realiza o reinterpretare a analizei cinematice, a modului de cuplare a roților din componența mecanismului planetar de roți dințate și a elementelor selectorului de intrare în transmisie, pentru realizarea treptelor de viteze noi care se generează.

## Bibliografie

- [1].Antoni J., R.B. Randall, The spectral kurtosis: application to the vibratory surveillance and diagnostics of rotating machines, *Mechanical Systems and Signal Processing* 20(2) (2006)308–331.
- [2].Argeşanu V. „Organe de maşini” Vol.1, Editura Eurostampa, Timișoara, 2003.
- [3].Argeşanu V., Kulcsar R.,**Borozan I.**, „Automotive mechanical face seal – Tribological Simulation”, *Journal of the Balkan Tribological Association* 2011, pp 1-12, Vol. 17, No. 1, ISSN 1310-4772, Indexată ISI Thompson Scientific, Factor de impact= 1.104.
- [4].Artobolevski I. „Les mécanismes dans la technique moderne”, Vol. 1-5, Editions MIR, Moscou, 1975-1978.
- [5].Backe W., „Hydraulische Schaltungstechnik”, RWTH, Aachen, 1974.
- [6].Balekics M. „Tribologie. Frecarea” Editura Todesco, Cluj-Napoca, 2000.
- [7].Barthod M., B. Hayne, J. L. Tébec, J. C. Pin, Experimental study of dynamic and noise produced by a gearing excited by a multi-harmonic excitation, *Applied Acoustics* 68 (9)(2007)982–1002.
- [8].Bhandari V.B,. Design of Machine Elements, Tata McGraw-Hill publishing company Limited, 2009, New Delhi.
- [9].Bhise V. D., „Ergonomics in the automotive design process”, Taylor&Francis goup, CRC Press, 2012.
- [10].Boloş A., Argeşanu V., **Borozan I. S.**, Kulcsar R. M., „Prelucrarea protezelor dentare – implicații ergonomice”, Al II-lea Congres de Ergonomie, Prevenție și Management Performant în Medicina Dentară, Constanța, România, 25-27 Mai 2012.
- [11].Boloş A., Borţun C. M., Anghel M., **Borozan I. S.**, Boloş O., Argeşanu V., „Investigation of working posture among dental laboratory technicians”, *Medicine in evolution* Volume XIX, Nr. 2, 2013, Timișoara, România ISSN 2065-376X, [http://medicineinevolution.umft.ro/2013\\_/2\\_2013\\_final.pdf](http://medicineinevolution.umft.ro/2013_/2_2013_final.pdf)

- [12]. **Borozaan I.**, Argeşanu V., Kulcsar Raul, Laza I., „About the tensioning of the belt drives”, International Symposium on Advance Engineering and Applied Management – 40<sup>TH</sup> Anniversary in Higher Education Hunedoara Romania ISBN 978-973-0-09340-7, Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Hunedoara, 4<sup>th</sup>-5<sup>th</sup> November, 2010.
- [13]. **Borozaan I.**, Argeşanu V., Maniu I., Kulcsar R., „The energetic balance of the friction clutches used in automotive”, Recent Researches in Automatic Control, 13th WSEAS International Conference on Automatic, Control, Modelling & Simulation (ACMOS'11), Lanzarote, Canary Islands, Spain, May 27 – 29.2011, ISBN: 978-1-61804-004-6, pp.: 252-256.
- [14]. **Borozaan I. S.**, Maniu I., Kulcsar R. M., Argeşanu V., „The Automotive Friction Clutches Face Seal Axial Symmetric Modeling Problem” MTM & Robotics 2012, The Joint International Conference of the XI International Conference on Mechanisms and Mechanical Transmissions (MTM) and the International Conference on Robotics (Robotics'12), Clermont-Ferrand, France, June 6-8, 2012, Applied Mechanics and Materials, Vol. 162, Mechanisms, Mechanical Transmissions and Robotics, ISBN-13:978-3-03785-395-5, pp. 67-73.
- [15]. **Borozaan I. S.**, Maniu I., Kulcsar R. M., Argeşanu V., „Ergonomic analysis on driving an Automatic Gearbox equipped vehicle”, IEEE 7th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, May 24-26, 2012, Timişoara, Romania.
- [16]. **Borozaan Ion S.**, Miron P. I., „Ergonomic study regarding sport training - Push-ups simulation and analysis”, Timişoara Physical Education and Rehabilitation Journal, Volume 4, Issue 8, 2012
- [17]. Bostan I., Dulgheru V., Grigoraş S., „Transmisii planetare, precesionale și armonice”, Editura Tehnică Chişinău, 1997.
- [18]. Bozca M., Influence of Core Hardness on Bending Strength of Tooth in Cylindrical Gears under Quasistatic Loading Conditions, Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, vol. 31, Blackwell Publishing Ltd, U.K., 31 (2008), 902–910.

- [19].Bozca M., Integrated optimum design of structures and controllers, Ph.D. dissertation submitted to Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey, 2005
- [20].Bozca M., A. Mugan, H. Temeltas, Decoupled approach to integrated optimum design of structures and robust control systems, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, Springer 36 (2007) 169–191.
- [21].Brown R.E., Future of Magnesium Developments in 21st Century, in: Presentation at Materials Science & Technology Conference, Pittsburgh, PA, USA, October 5e9, 2008.
- [22].Brown Z., A.A. Luo, K. Sadayappan, L.J. Ouimet, J. Zindel, R. Beals, M. Musser, Development of Super Vacuum Die Casting Process for Magnesium Alloys. *North American Die Casting Association Transactions*, T09-043 (2009).
- [23].Brown Z., B. Szymanowski, M. Musser, D. Saha, S. Seaver, Manufacturing of Thin Wall Structural Automotive Components Through High Vacuum Die Casting Technology, 2007 Metal Casting Congress.
- [24].Budynas R.,-Nysbett J. K., „Shigley’s mechanical engineering design”, eighth edition, Mc Graw-Hill Science, 2006.
- [25].Chae C. K. , K. M. Won,K. T. Kang, Measurement of transmission rattle sensitivity and calculation of driveline torsional vibration for gear rattle analysis, *SAE Technical Paper*, 2005-01-1785, 2005.
- [26].Changenet C., Vexlex P., A model for the prediction of churning losses in geared transmissions—preliminary results. *Journal of Mechanical Design* 2007; 1:128–33.
- [27].Combet F., L.Gelman,Optimal filtering of gear signals for early damage detection based on the spectral Kurtosis,*Mechanical Systems and Signal Processing* 23 (2009)652–668.
- [28].Crudu I., Ștefănescu I., Panțuru D., „Atlas reductoare cu roți dințate”, Editura didactică și pedagogică, București, 1981.
- [29].Dascălu L. M. „Modelarea și identificarea mersului uman pentru aplicații de realitate virtuală” Școala Doctorală Interdisciplinară, Centru de Cercetare: Informatică Industrială, Virtuală și Robotică, Brașov, 2011.

- [30].DasGupta R., P. Burton, Z. Brown, Microstructure and Mechanical Properties of Squeeze Cast AZ91D Magnesium Alloy. SAE Technical Paper 2005-01-0330, SAE, Warrendale, PA, 2005.
- [31].Dois P., Califord C. Chou, Bahig B. Sileta, Tawfik B. Kalil, Jac Wisnals, "Vehicle Crashworthiness & Occupant Protection" American Iron & Steel Institute, 2004, US
- [32].Dresig H., Franz Holzweißig, Maschinendynamik, 6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [33].Easton M., A. Beer, M. Barnett, C. Davies, G. Dunlop, Y. Durandet, S. Blacket, T. Hilditch, P. Beggs, JOM 60 (11) (2008) 57-62.
- [34].Fernandes C. M. C. G., Martins R. C., Seabra J. H. O.. Friction torque of cylindrical roller thrust bearings lubricated with wind turbine gear oils, Tribology International 2013; 59:121–128.ISSN0301-679X
- [35].Fu P., A.A. Luo, H. Jiang, L. Peng, Y. Yu, C. Zhai, A.K. Sachdev, Journal of Materials Processing Technology 205 (2008) 224-234.
- [36].Fu P., L. Peng, H. Jiang, J. Chang, C. Zhai, Materials Science and Engineering A 486 (2008) 183-192.
- [37].Gheorghiu N. S., Ionescu N., Mădăras L., Dobra A. „Transmisii prin Angrenare. Elemente de Proiectare” Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1997.
- [38].Gligor, O. „Structuri Mecatronice” Editura Politehnica Timișoara – 2003.
- [39].Greiner J., C. Doerr, H. Nauerz, M. Graeve, The New '7G-TRONIC' of Mercedes-Benz: Innovative Transmission Technology for Better Driving Performance, Comfort, and Fuel Economy. SAE Technical Paper No. 2004-01-0649, SAE International, Warrendale, PA, USA, 2004.
- [40].Guillon M. „L'asservissement hydraulique et électro-hydraulique. Théorie et technique”, Dunod, Paris, 1972.
- [41].Hall J. L., D. Mba, Acoustic emissions diagnosis of rotor–stator rubs using the KS statistic, Mechanical Systems and Signal Processing 18 (2004) 849–868.
- [42].Hood A., D.Pines, Sun Gear Fault Detection on an OH-58C Helicopter Transmission.Presented at the American Helicopter Society 67<sup>th</sup> Annual Forum, Virginia Beach, VA, May3–5, 2011.

- [43].Hussain S., H. A. Gabbar, A novel method for real time gear fault detection based on pulse shape analysis, *Mechanical Systems and Signal Processing* 25 (2011) 1287-1298.
- [44].Hütte, „Manualul Inginerului. Fundamente” Editura Tehnică, București, 1995.
- [45].Jula M., Kulcsar R. M., **Borozan I.S.**, Farkaș I.A., „Structural and functional particularities as a criterion for the design of tangential belt drive”, *International Symposium on Advance Engineering and Applied Management – 40TH Anniversary in Higher Education Hunedoara Romania* ISBN 978-973-0-09340-7, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Hunedoara*, 4<sup>th</sup>-5<sup>th</sup> November, 2010.
- [46].Kar C., A.R. Mohanty, Application of KS test in ball bearing fault diagnosis, *Journal of Sound and Vibration* 269 (2004) 439–454
- [47]. King J.F., Environmental Challenges Facing the Magnesium Industry-SF6 Replacement, in: *Proceedings of the 60th Annual World Magnesium Conference*, The International Magnesium Association, Wauconda, IL, USA, 10-16.
- [48].Koch H., A.J. Franke, Ductile Pressure Die Castings for Automotive Application, in: S.K. Das (Ed.), *Automotive Alloys*, TMS (The Minerals, Metals and Materials Society), Warrendale, PA, 1997, pp. 185e198.
- [49].Koike S., K.Washizu, S. Tanaka, T. Baba, K. Kikawa,SAE Technical Paper No. 2000-01-1117, SAE International, Warrendale, PA, USA, 2000.
- [50].Kulcsar R. M., „Cercetări ergonomice asupra comportarii coloanei vertebrale a conducatorului auto”, Editura Politehnica, 2013.
- [51].Kulcsar R., Argeșanu V., **Borozan I.**, Maniu I., “The human body behavior under vehicle vibrations”, *Recent Researches in Automatic Control, 13th WSEAS International Conference on Automatic, Control, Modelling & Simulation (ACMOS’11)*, Lanzarote, Canary Islands, Spain, May 27 – 29.2011, ISBN: 978-1-61804-004-6, pp.: 368-373.
- [52].Kulcsar R. M., Mădăras L., Maniu I., **Borozan I. S.**, Argeșanu V., „Ergonomical study regarding the effects of the inertia and centrifugal forces on the driver”, *MTM & Robotics 2012, The Joint International Conference of the XI International Conference on Mechanisms and Mechanical Transmissions (MTM) and the International Conference on*

- Robotics (Robotics'12), Clermont-Ferrand, France, June 6-8, 2012, Applied Mechanics and Materials, Vol. 162, Mechanisms, Mechanical Transmissions and Robotics, ISBN-13:978-3-03785-395-5, pp. 84-91.
- [53].LeBeau S. E., M.W. Walukas, R.F. Decker, P. LaBelle, A.R. Moore, J.W. Jones, Evaluation of Thixomolded Magnesium Alloy Components for Structural Automotive Applications. SAE Technical Paper 2004-01-0137, SAE International, Warrendale, PA, 2008.
- [54].Li C., M. Liang, Time-frequency signal analysis for gearbox fault diagnosis using a generalized synchrosqueezing transform, Mechanical Systems and Signal Processing 26 (2012) 205-217.
- [55].Li H., Y. Zhang, H. Zheng, Angle Domain Average and CWT for Fault Detection of Gear Crack, IEEE Transaction, Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery 3, Jinan, Shandong, China, 2008, pp. 137-141.
- [56].Li Z., Z. Wu, Y. He, C. Fulei, Hidden Markov model-based fault diagnostics method in speed-up and speed-down process for rotating machinery, Mechanical Systems and Signal Processing 19 (2005) 329-339.
- [57].Logan S., A. Kizyma, C. Patterson, S. Rama, Lightweight Magnesiumintensive Body Structure. SAE International Technical Paper No. 2006-01-0523, SAE International, Warrendale, PA, USA, 2006.
- [58].Luo A. A. , P.H. Fu, Y.D. Yu, L.M. Peng, H.Y. Jiang, C.Q. Zhai, A.K. Sachdev, Low Pressure Die Casting of AZ91 and AM50 Magnesium Alloys. AFS Paper 08-147, American Foundry Society, Schaumburg, IL, 2007.
- [59].Luo A. A., P. Fu, L. Peng, X. Kang, Z. Li, T. Zhu, Metallurgical and Materials Transactions A 43A (2012) 360-368.
- [60].Luo A. A., P.H. Fu, Y.D. Yu, H.Y. Jiang, L.M. Peng, C.Q. Zhai, A.K. Sachdev, Vacuum-assisted High Pressure Die Casting of AZ91 Magnesium Alloy. North American Die Casting Association Transactions, T08-083 (2008).
- [61].Luo A. A., R.K. Mishra, B.R. Powell, A.K. Sachdev, Materials Science Forum 706e709 (2012) 69-82.
- [62].Maniu I., „L'ameloration Du Debit De Pompe Avec Engrenage Qui Equipe Une Boite De Vitesses Automatique" Proceedings Ninth World Congress On

- The Theory Of Machines And Mechanisms, Milano, 1995, Vol. 4, pp.2724 – 2727.
- [63].Maniu I., „Le Circuit Hydraulique De Commande D’une Boite De Vitesses Automatique” The Seventh IFToMM International Symposium on Linkages and Computer Aided Design Methods – Theory and Practice of Mechanisms, Bucharest, 1997, Vol. 4, pp. 85-90.
- [64].Maniu I. „Sinteza optimală a sistemului de acționare hidraulic și pneumatic al roboților industriali” Universitatea Tehnică Timișoara - Facultatea de Mecanică, 1995.
- [65]. Maniu I., Varga S., „Les Trains Cycloïdaux Qui Equipent Les Boites De Vitesses Automatiques” Tenth World Congress On The Theory Of Machine And Mechanisms, Oulu, Finland, June 20-24, 1999
- [66].Maniu I., Varga S., „Cinematica, acționarea și comanda unei cutii de viteză automată cu 3+1 trepte de rulare”, 6<sup>th</sup> Conference on fine mechanic and Mechatronic COMEFIM’6, 2002, Brașov, Romania, 10-12 October, 2002.
- [67].Maniu I., Varga S., „Structura, cinematica și comanda unei cutii de viteză automată pentru autovehicule”, Simmpozionul national cu participare international Proiectarea asistată de calculator, PRASIC’02, Vol. III, Design de produs, 7-8 Noiembrie 2002, Brașov, România, ISBN 973-635-076-2.
- [68].Martins R., Seabra J., Brito A., Seyfert C., Luther A., Igartua R. Friction coefficient in FZ Gears lubricated with industria l gear oils: biodegradable ester vs. mineral oil. Tribology International 2006; 39 (6):512–21.
- [69].Mădăras L., Ioanovici F. Jr., Argeșanu V., Jula M., „Organe de mașini” Vol. I, Editura Eurostampa, Timișoara, 2005.
- [70].Mădăras L., Argeșanu V., Luchin M., Radu A., „Organe de mașini” Vol. II, Editura Eurostampa, Timișoara, 2005.
- [71].Mădăras L., Argeșanu V., Luchin M., Radu A., „Organe de mașini” Vol. III, Editura Eurostampa, Timișoara, 2007.
- [72].McFadden P.D., Detecting fatigue cracks in gears by amplitude and phase modulations of the meshing vibration,, ASME Transactions, Journal of Vibration, Acoustics, Stress and Reliability in Design 108 (1986) 165–170.



- [73]. McFadden P.D., Determining the location of a fatigue crack in a gear from the phase of the change in the meshing vibration, *Mechanical Systems and Signal Processing* 2 (1988) 403–409.
- [74].Mechefske C.K., J. Mathew, Fault detection and diagnosis in low speed rolling element bearings. Part I: The use of parametric spectra, *Mechanical Systems and Signal Processing* 6 (1992) 297–307.
- [75].Mechefske C.K., J. Mathew, Fault detection and diagnosis in low speed rolling element bearings. Part II: The use of nearest neighbour classification, *Mechanical Systems and Signal Processing* 6 (1992) 309–316.
- [76].Meltzer G., Y. Ivanov, Fault detection in gear drives with non-stationary rotational speed-part II: the time-quefreny approach, *Mechanical Systems and Signal Processing* 17 (2003) 273-283.
- [77].Mendis C. L., C.J. Bettles, M.A. Gibson, C.R. Hutchinson, *Materials Science and Engineering A* 435/436 (2006) 163-171.
- [78].Nehan M., R. Maloney, Magnesium AM60B Instrument Panel Structure for Crashworthiness FMVSS 204 and 208 Compliance (1996). SAE Paper No. 960419, Warrendale, PA.
- [79].Nicoară I., Gruescu C., Sticlaru C. „Fiabilitate si Terotehnică” Colectia „Mecanică”, Editura Politehnica Timișoara, 2008.
- [80].Nitin S. G., Sanjay S Deshpande, Sanjeev V Bedekar, Anand N Thite, 2008, “Practical Finite Element Analysis”, Finite to Infinite., Pune .345-349.
- [81].Patel H. A., N. Rashidi, D.L. Chen, S.D. Bhole, A.A. Luo, *Materials Science and Engineering A* 546 (2012) 72-81.
- [82].Perret-Liaudet J., Y. Kadmiri, E. Rigaud, Automotive rattle noise and effects of the multi-harmonics periodical excitation source, 37<sup>th</sup> International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, October 26–29, Shanghai, 2008.
- [83].Poțincu G., Hara V., Tabacu, I., „Automobile”, Editura Didactică și Pedagogică – Bucuresti, 1980.
- [84].Powell B., et al., Progress Toward a Magnesium-intensive Engine: The USAMP Magnesium Powertrain Cast Components Project, SAE 2004 Transactions, Journal of Materials & Manufacturing Paper No. 2004-1-0654, SAE International, Warrendale, PA, USA, 250-259.

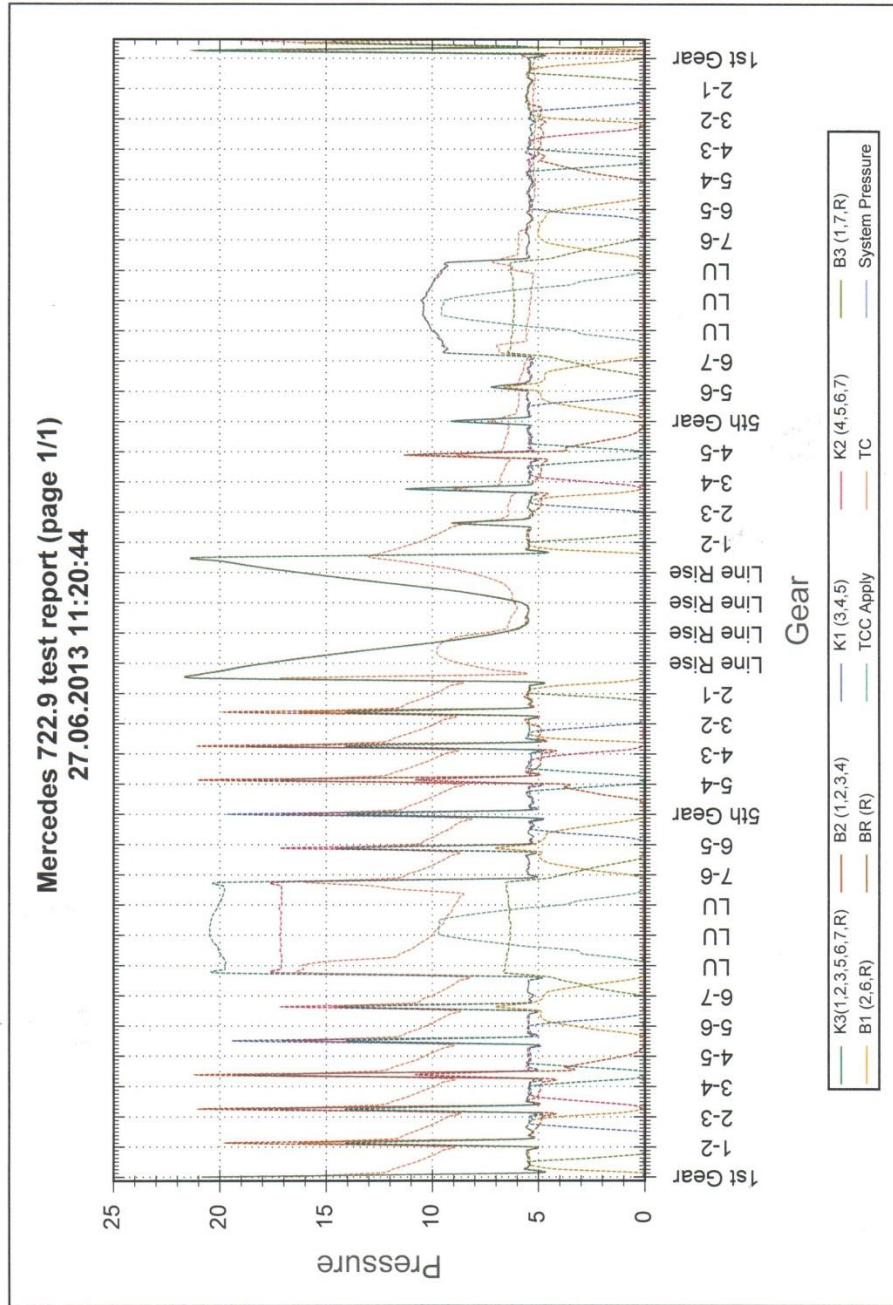
- [85].Powell B. R., Magnesium Powertrain Cast Components. Published in FY2008 Annual Progress Report for Automotive Lightweighting Materials, U.S. Department of Energy, Washington, D.C, April 2009.
- [86].Robison S. T., D. Weiss, G. Gegel, G. Woycik, M. Marlatt, B. Cox, Magnesium Casting Process Development: Designing an Engine Cradle for Magnesium Semi-permanent Mold Casting. AFS Paper 05-217, American Foundry Society, Schaumburg, IL, 2005.
- [87].Ruden T., Magnesium vs. Plastics: A Comparative Study, (Paper G-T89-113), in: Presented at the 15th International Die Casting Congress & Exposition, St. Louis, MO, 1989.
- [88].Scharf C., C.Blawert, A.Ditze, Application of remelted post consumer scrap for structural magnesium parts, in: K.U.Kainer(Ed.), Magnesium Alloys and Their Applications, Wolfsburg, D, Wiley-VCH, 2003, pp.980–987.
- [89].Sahoo M., D. Weiss, M. Marlatt, Factors Affecting Successful Permanent Mold Casting of Magnesium, in: Presented at International Conference on Permanent Mold Casting of Al and Mg, February 11e12, 2008, Dallas, Texas, USA.
- [90].Seetharaman S., A. Kahraman, Load-independent spin power losses of a spur gear pair: model formulation, *Journal of Tribology* 131 (2) (2009) 022201.
- [91].Seetharaman S., A. Kahraman, Load-independent spin power losses of a spur gear pair: experiments and model validation, *Journal of Tribology* 131 (2) (2009) 022202.
- [92].Sonsino CM. Structural durability of cast aluminium gearbox housings of underground railway vehicles under variable amplitude loadings. *International Journal Fatigue* 2005;27:944–53.
- [93].Sonsino CM, Kaufmann H, Foth J, Jauch F. Fatigue strength of driving shafts of automatic transmission gearboxes under operational torques. SAE paper 970706 (1997); SAE Transactions Section 5. J Mater Manufact, USA 1997, 635–48.
- [94].Stander C. J., P.S. Heyns, Instantaneous angular speed monitoring of gearboxes under non-cyclic stationary load conditions, *Mechanical Systems and Signal Processing* 19 (2005) 817–835.

- [95].Șerban V.A. „Elemente de Știința și Ingineria Materialelor” Editura Politehnica, Timișoara, 1998.
- [96].Tabacu I., „Transmisii mecanice pentru autoturisme” Editura Tehnică, București, 1999.
- [97].Tse P. W., W. Yang, H. Y. Tam, Machine fault diagnosis through an effective exact wavelet analysis, *Journal of Sound and Vibration* 277 (2004) 1005-1024.
- [98].Untaru M., Cîmpian V., Ionescu E., Seitz N., Soare I., „Automobile”, Editura didactică și pedagogică București, 1975
- [99].Vinarcik E.J. , *High Integrity Die Casting Processes*, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2003.
- [100].Wang W., Early detection of gear tooth cracking using the resonance demodulation technique, *Mechanical Systems and Signal Processing* 15 (2001) 887–903.
- [101].Wen W., A.A. Luo, T. Zhai, Y. Jin, Y.-T. Cheng, I. Hoffmann, *Scripta Materialia* 66 (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.scriptamat.2012.08.010>.
- [102].Yip L. ,*Analysis and Modeling of Planetary Gearbox Vibration Data for Early Fault Detection*. Phd Thesis, Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Toronto, 2011.
- [103].Zamanian A. H., A. R. Ohadi, Gear fault diagnosis based on Gaussian correlation of vibration signals and wavelet coefficients, *Applied Soft Computing* 11 (2011) 4807-4819.
- [104].Zhan Y., V. Makis, A.K.S. Jardine, Adaptive state detection of gearboxes under varying load conditions based on parametric modelling, *Mechanical Systems and Signal Processing* 20 (1) (2006) 188–221.
- [105].Zhu F., C.C. Chou, K.H. Yang, X. Chen, D.Wagner, S. Bilkhu, A.A. Luo, *International Journal of Crashworthiness* 17 (5) (2012) 540-552.
- [106].\*\*\* *Colecție STAS, Institutul Român de Standardizare, „Organe de mașini. Angrenaje. Reductoare”(Colecție STAS), Vol. I d, Editura Tehnică, Bucuresti, 1984.*
- [107].\*\*\* *Die Casting Industry Capability Directory, North American Die Casting Association, Rosemont, IL, USA, 2000.*
- [108].\*\*\* *Eaton Corporation Airflex Division, „Airflex® Clutches and Brakes” Catalog No. 800, 1990.*

- [109].\*\*\* International Magnesium Association, Magnesium's Tough Strength Endures Abuse to Protect Portable Electronic Devices, International Magnesium Association, Wauconda, IL, USA, 2008.
- [110].\*\*\* International Magnesium Association, Lighter Magnesium Improves Power Tool Performance, International Magnesium Association, Wauconda, IL, USA, 2008.
- [111].\*\*\* „Îndrumător pentru construcția lagărelor cu rulmenți”, Oficiul de informare documentară pentru construcții de mașini, Întreprinderea poligrafică Brașov, 1980.
- [112].\*\*\* „La transmission automatique Type A R4”, Technologie Automobile, Régie Nationale des Usines Renault, 1988
- [113].\*\*\* [www.cutieautomata.ro](http://www.cutieautomata.ro), accesat 2013.
- [114].\*\*\* [www.e-automobile.ro](http://www.e-automobile.ro), accesat 2013.
- [115].\*\*\*[www.flirb200.com](http://www.flirb200.com) FLIR B200 Infrared Camera User's Manual and Tutorials, accesat 2012.
- [116].\*\*\*[www.gearsmagazine.com](http://www.gearsmagazine.com), accesat 2013.
- [117].\*\*\* [www.pasco.com](http://www.pasco.com) , accesat 2012.
- [118].\*\*\* [www.uleiuri-lubrifianti.com.ro](http://www.uleiuri-lubrifianti.com.ro), accesat 2013.

## **Anexe**

**Anexa 1. Rezultate stand hidraulic de testarea a cutiei de viteze automate 7G Tronic**



**A 1.1.**

Test pressure data in table form

Gear	K3(1,2,3,5,6,7,R)	B2 (1,2,3,4)	K1 (3,4,5)	K2 (4,5,6,7)	BB (1,7,R)	B1 (2,6,R)	BR (R)	TCC Apply	TC	System Pressure
1st Gear	0.00[Bar] (20.86 - 100.0%)	0.00[Bar] (20.81 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.31 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.25 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.31 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.57 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.68 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.60 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.15 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.41 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.41 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.36 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.36 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.41 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.52 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.41 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.44 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.44 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.52 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (2.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.41 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.57 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.54 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.24 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.52 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.57 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.54 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.62 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.52 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2nd Gear	0.00[Bar] (14.14 - 100.0%)	0.00[Bar] (19.71 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.78 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.89 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.89 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.44 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.41 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.23 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.28 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.23 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.60 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.10 - 100.0%)	0.00[Bar] (2.86 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.57 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.94 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.36 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.44 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 1 Of 18

A 1.2.

Gear	K3(1,2,3,5,6,7,R)	B2 (1,2,3,4)	K1 (3,4,5)	K2 (4,5,6,7)	B3 (1,7,R)	B1 (2,6,R)	BR (R)	TCC Apply	TC	System Pressure
2-3	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (4.86 -100.0%)	0.00[Bar] (5.31 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.59 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (3.94 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.27 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (4.91 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (1.16 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (8.99 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3rd Gear	0.00[Bar] (14.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (20.97 - 100.0%)	0.00[Bar] (19.13 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (17.16 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (5.68 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.63 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (12.59 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (5.62 -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (2.92 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (11.85 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.10 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (4.99 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (11.25 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (4.99 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.80 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (4.91 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (10.35 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (4.94 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.88 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (3.36 -100.0%)	0.00[Bar] (4.83 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (0.53 -100.0%)	0.00[Bar] (4.91 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.22 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4th Gear	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (21.12 - 100.0%)	0.00[Bar] (19.18 - 100.0%)	0.00[Bar] (10.80 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (17.10 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (4.18 -100.0%)	0.00[Bar] (5.68 -100.0%)	0.00[Bar] (5.73 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (12.53 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (2.76 -100.0%)	0.00[Bar] (3.76 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (11.85 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (2.84 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (11.27 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 19 Of 18

**A 1.3.**





Gear	K3(1,2,3,5,6,7,R)	B2(1,2,3,4)	K1(3,4,5)	K2(4,5,6,7)	B3(1,7,R)	B1(2,6,F)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
6-7	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (4.86 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (10.51 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.23 -100.0%)	0.00[Bar] (0.13 -100.0%)	0.00[Bar] (4.76 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.01 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (1.23 -100.0%)	0.00[Bar] (4.55 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.64 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (2.31 -100.0%)	0.00[Bar] (3.60 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.30 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (2.97 -100.0%)	0.00[Bar] (2.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (8.99 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (3.86 -100.0%)	0.00[Bar] (1.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (8.75 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (4.55 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (8.51 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7th Gear	0.00[Bar] (19.78 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (17.13 -100.0%)	0.00[Bar] (6.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (16.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (19.76 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (17.13 -100.0%)	0.00[Bar] (6.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (16.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (19.73 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (17.13 -100.0%)	0.00[Bar] (6.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (16.13 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (19.73 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (17.10 -100.0%)	0.00[Bar] (6.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (15.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (19.84 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (17.10 -100.0%)	0.00[Bar] (6.46 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (1.21 -100.0%)	0.00[Bar] (11.90 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (19.97 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (17.13 -100.0%)	0.00[Bar] (6.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (2.89 -100.0%)	0.00[Bar] (11.53 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (20.07 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (17.18 -100.0%)	0.00[Bar] (6.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (3.26 -100.0%)	0.00[Bar] (11.09 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (20.10 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (17.13 -100.0%)	0.00[Bar] (6.38 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.62 -100.0%)	0.00[Bar] (10.77 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (20.31 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (17.16 -100.0%)	0.00[Bar] (6.38 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (7.12 -100.0%)	0.00[Bar] (10.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 55 Of 18

**A 1.5.**

Gear	K3(1,2,3,5,6,7 R)	B2(1,2,3,4)	K1(3,4,5)	K2(4,5,6,7)	B3(1,7 R)	B1(2,6,7)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
LU	0,00[Bar] (20,39 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,08 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 17,16 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,33 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (8,59 -100,0%)	0,00[Bar] (8,59 10,22 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (20,49 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 17,18 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,31 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (9,64 -100,0%)	0,00[Bar] (9,64 10,01 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (20,47 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 17,13 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,36 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (9,70 -100,0%)	0,00[Bar] (9,88 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (20,49 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,08 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 17,18 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,31 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 -100,0%)	0,00[Bar] (0,11 -100,0%)	0,00[Bar] (9,70 -100,0%)	0,00[Bar] (9,70 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (20,44 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,08 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 17,13 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,31 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (9,64 -100,0%)	0,00[Bar] (9,48 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (20,41 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,11 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 17,16 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,38 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (9,67 -100,0%)	0,00[Bar] (9,43 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (20,36 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,08 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 17,16 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,38 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (8,67 -100,0%)	0,00[Bar] (9,33 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (20,26 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,11 -100,0%)	0,00[Bar] (0,08 -100,0%)	0,00[Bar] (0,08 17,13 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,36 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,03 -100,0%)	0,00[Bar] (7,33 -100,0%)	0,00[Bar] (9,12 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (20,15 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,08 -100,0%)	0,00[Bar] (0,08 17,24 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,36 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,11 -100,0%)	0,00[Bar] (5,73 -100,0%)	0,00[Bar] (9,06 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (20,07 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,08 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 17,10 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,44 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (3,81 -100,0%)	0,00[Bar] (8,96 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (19,97 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,11 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 17,10 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,41 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (3,15 -100,0%)	0,00[Bar] (8,80 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (19,89 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 17,13 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,41 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (1,71 -100,0%)	0,00[Bar] (8,72 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (19,84 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 -100,0%)	0,00[Bar] (0,03 17,10 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,44 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,08 -100,0%)	0,00[Bar] (0,47 -100,0%)	0,00[Bar] (8,64 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)
LU	0,00[Bar] (19,78 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,11 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,05 17,10 - 100,0%)	0,00[Bar] (6,54 -100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)	0,00[Bar] (0,05 -100,0%)	0,00[Bar] (0,08 -100,0%)	0,00[Bar] (11,59 - 100,0%)	0,00[Bar] (0,00 +0,0%)

Pressure pass/fail data 73 Of 18

A 1.6.

Gear	K3(1,2,3,5,6,7,R)	B2(1,2,3,4)	K1(3,4,5)	K2(4,5,6,7)	B3(1,7,R)	B1(2,6,R)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
LU	0.00[Bar] (19.84 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (17.13 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.05 (12.95 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7th Gear	0.00[Bar] (19.68 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (17.18 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.46 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.03 (16.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.75 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.75 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.55 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.03 (11.72 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.52 - 100.0%)	0.00[Bar] (3.84 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.81 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.03 (11.25 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.52 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.57 - 100.0%)	0.00[Bar] (3.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (2.36 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.03 (10.64 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.44 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (2.26 - 100.0%)	0.00[Bar] (3.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.05 (10.17 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.41 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (1.29 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.52 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.03 (9.80 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.37 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.86 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.05 (9.43 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.57 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.62 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.99 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.05 (9.14 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.52 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.62 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.89 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.05 (8.88 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6th Gear	0.00[Bar] (14.40 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (17.18 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (7.07 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00 (14.71 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5.89 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.86 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.25 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00 (10.82 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5.39 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.86 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.03 (10.38 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5.23 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (1.13 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.25 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.65 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.08 (9.93 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (3.78 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.57 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.05 (9.62 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5.39 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.36 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.44 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (3.65 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.05 (9.20 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5.20 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.20 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.33 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (2.42 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.05 (8.99 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 91 Of 18

# A 1.7.

Gear	K3(1,2,3,5,6,7,R)	B2(1,2,3,4)	K1(3,4,5)	K2(4,5,6,7)	B3(1,7,R)	B1(2,5,R)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
6-5	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (1.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (8.67 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (8.43 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5th Gear	0.00[Bar] (14.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (19.60 -100.0%)	0.00[Bar] (17.13 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (16.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5.83 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.70 -100.0%)	0.00[Bar] (5.81 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (11.74 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (11.17 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (5.23 -100.0%)	0.00[Bar] (5.31 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.64 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5.28 -100.0%)	0.00[Bar] (0.50 -100.0%)	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (10.19 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (1.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.80 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (2.86 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (3.00 -100.0%)	0.00[Bar] (3.81 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.04 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (0.34 -100.0%)	0.00[Bar] (4.47 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (8.83 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4th Gear	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (21.05 -100.0%)	0.00[Bar] (18.86 -100.0%)	0.00[Bar] (10.80 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (17.10 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (0.13 -100.0%)	0.00[Bar] (5.65 -100.0%)	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (5.62 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (12.51 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (3.07 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (11.80 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (5.10 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (11.17 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (4.91 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (10.69 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 109 Of 18

**A 1.8.**

Gear	K3(1.2.3.5.6.7.R)	B2(1.2.3.4)	K1(3.4.5)	K2(4.5.6.7)	B3(1.7.R)	B1(2.6.R)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
4-3	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (4.91 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -10.17 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (4.86 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (4.81 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -9.80 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (4.86 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (3.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -9.38 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.81 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -9.09 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3rd Gear	0.00[Bar] (14.06 -100.0%)	0.00[Bar] (20.99 -100.0%)	0.00[Bar] (18.63 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 -17.24 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.18 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.34 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -12.53 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (5.07 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -11.82 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (4.94 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -11.27 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.10 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -10.75 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (4.94 -100.0%)	0.00[Bar] (2.63 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -10.22 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.45 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -9.83 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.65 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -9.48 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -9.14 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2nd Gear	0.00[Bar] (14.08 -100.0%)	0.00[Bar] (19.81 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -16.24 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.94 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.89 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -11.82 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -11.30 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 127 Of 18

A 1.9.

Gear	K3(1.2,3,5,6,7.R)	B2(1.2,3,4)	K1(3.4,5)	K2(4.5,6,7)	B3(1.7.R)	B1(2.6.R)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
2-1	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.13 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.77 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (5.68 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (2.18 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.27 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (9.83 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.48 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (4.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (1.31 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (8.85 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1st Gear	0.00[Bar] (20.89 -100.0%)	0.00[Bar] (20.94 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (20.91 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (17.13 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (20.94 -100.0%)	0.00[Bar] (20.99 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (20.94 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.81 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (19.81 -100.0%)	0.00[Bar] (19.86 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (19.94 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.96 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (18.94 -100.0%)	0.00[Bar] (18.92 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (19.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (7.96 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (17.74 -100.0%)	0.00[Bar] (17.76 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (17.79 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (8.80 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (16.50 -100.0%)	0.00[Bar] (16.61 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (16.55 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.38 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (15.06 -100.0%)	0.00[Bar] (15.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (15.16 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.75 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (13.58 -100.0%)	0.00[Bar] (13.66 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (13.64 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.80 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (12.06 -100.0%)	0.00[Bar] (12.09 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (12.06 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.77 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 145 Of 18

**A 1.10.**

Gear	K3(1,2,3,5,6,7,R)	B2(1,2,3,4)	K1(3,4,5)	K2(4,5,6,7)	B3(1,7,R)	B1(2,6,R)	BR(F)	TCC Apply	TC	System Pressure
Line Rise	0.00[Bar] (10.40 - 100.0%)	0.00[Bar] (10.46 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (10.46 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (9.62 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (8.96 - -100.0%)	0.00[Bar] (9.06 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (9.04 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (9.30 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (7.78 - -100.0%)	0.00[Bar] (7.80 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (7.78 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (8.70 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (6.73 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.75 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.75 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (7.41 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (5.94 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.04 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.96 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.49 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (5.68 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.68 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.60 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.46 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (5.44 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.36 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (5.52 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.62 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.31 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (5.52 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.17 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (5.47 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.04 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (5.52 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.02 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (5.83 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.86 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (5.86 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.17 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (6.62 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.73 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.67 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.25 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (7.65 - -100.0%)	0.00[Bar] (7.72 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (7.67 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.23 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (8.85 - -100.0%)	0.00[Bar] (8.83 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (8.85 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.31 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (10.35 - 100.0%)	0.00[Bar] (10.35 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (10.33 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.46 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (11.90 - 100.0%)	0.00[Bar] (11.90 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (11.88 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (6.67 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (13.40 - 100.0%)	0.00[Bar] (13.50 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (13.50 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - -100.0%)	0.00[Bar] (7.09 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (14.90 - 100.0%)	0.00[Bar] (14.92 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - -100.0%)	0.00[Bar] (14.95 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 - -100.0%)	0.00[Bar] (7.65 - -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - +0.0%)

Pressure pass/fail data 163 Of 18

**A 1.11.**



Gear	K3(1.2,3,5,6,7,R)	B2 (1.2,3,4)	K1 (3,4,5)	K2 (4,5,6,7)	B3 (1,7,R)	B1 (2,6,R)	BR (R)	TCC Apply	TC	System Pressure
Line Rise	0.00[Bar] (16.34 - 100.0%)	0.00[Bar] (16.34 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (16.37 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (8.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (17.68 - 100.0%)	0.00[Bar] (17.74 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (17.71 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.25 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (18.86 - 100.0%)	0.00[Bar] (18.89 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (18.81 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.40 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Line Rise	0.00[Bar] (19.94 - 100.0%)	0.00[Bar] (19.92 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (19.92 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (11.64 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1st Gear	0.00[Bar] (20.89 - 100.0%)	0.00[Bar] (20.94 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (20.86 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (13.01 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.18 -100.0%)	0.00[Bar] (5.12 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.21 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (12.48 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (4.13 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (11.80 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (11.22 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.64 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (2.47 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (10.19 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.21 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.77 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1-2	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.06 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2nd Gear	0.00[Bar] (8.99 -100.0%)	0.00[Bar] (9.09 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (8.99 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (8.28 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.68 -100.0%)	0.00[Bar] (5.78 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.73 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.86 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 181 Of 18

**A 1.12.**

Gear	K3(1,2,3,5,6,7,R)	B2 (1,2,3,4)	K1 (3,4,5)	K2 (4,5,6,7)	B3 (1,7,R)	B1 (2,6,R)	BR (R)	TCC Apply	TC	System Pressure
2-3	0.00[Bar] (5.31 -100.0%)	0.00[Bar] (5.28 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.28 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.41 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (4.94 -100.0%)	0.00[Bar] (2.63 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.46 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.41 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (4.86 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.33 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (4.86 -100.0%)	0.00[Bar] (5.31 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (4.07 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.31 +0.0%)
2-3	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (4.83 -100.0%)	0.00[Bar] (5.31 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (1.29 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.20 +0.0%)
3rd Gear	0.00[Bar] (11.22 100.0%)	0.00[Bar] (11.25 100.0%)	0.00[Bar] (11.11 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.04 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (5.65 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.74 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.94 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (5.28 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (2.89 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.83 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (4.97 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (4.97 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.80 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (4.91 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.73 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (4.86 -100.0%)	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.62 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.57 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (3.34 -100.0%)	0.00[Bar] (4.78 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (6.46 +0.0%)
3-4	0.00[Bar] (0.58 -100.0%)	0.00[Bar] (4.86 -100.0%)	0.00[Bar] (5.28 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.44 +0.0%)
4th Gear	0.00[Bar] (11.32 100.0%)	0.00[Bar] (11.32 100.0%)	0.00[Bar] (11.19 100.0%)	0.00[Bar] (10.80 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (8.85 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (4.07 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (5.65 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.91 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (2.65 -100.0%)	0.00[Bar] (3.70 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.65 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (2.79 -100.0%)	0.00[Bar] (5.31 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (6.62 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (1.79 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.57 +0.0%)

Pressure pass/fail data 199 Of 18

A 1.13.

Gear	K3(1,2,3,5,6,7,R)	B2(1,2,3,4)	K1(3,4,5)	K2(4,5,6,7)	B3(1,7,R)	B1(2,5,R)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
4-5	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.28 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (6.52 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.41 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.16 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.44 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-5	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.38 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5th Gear	0.00[Bar] (9.12 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.06 -100.0%)	0.00[Bar] (9.12 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (7.28 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-6	0.00[Bar] (5.62 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (5.62 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.67 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-6	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (6.04 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-6	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.04 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-6	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.94 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-6	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (3.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.94 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-6	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (1.37 -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.91 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-6	0.00[Bar] (5.4 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.91 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
5-6	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.62 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (5.94 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6th Gear	0.00[Bar] (7.23 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (7.23 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.02 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.62 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.70 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.96 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 -100.0%)	0.00[Bar] (5.89 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.31 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.21 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.83 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (1.21 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.73 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (2.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.70 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (2.97 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.68 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
6-7	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (3.84 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 217 Of 18

**A 1.14.**

Gear	K3(1.2.3.5.6.7.R)	B2(1.2.3.4)	K1(3.4.5)	K2(4.5.6.7)	B3(1.7.R)	B1(2.6.R)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
6-7	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (4.55 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
7th Gear	0.00[Bar] (9.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.30 -100.0%)	0.00[Bar] (6.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (6.78 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (9.30 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (9.27 -100.0%)	0.00[Bar] (6.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (6.86 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (9.56 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.48 -100.0%)	0.00[Bar] (6.28 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (6.94 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (9.51 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.54 -100.0%)	0.00[Bar] (6.31 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (9.75 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.67 -100.0%)	0.00[Bar] (6.28 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (1.37 -100.0%)	0.00[Bar] (5.62 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (9.77 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (9.77 -100.0%)	0.00[Bar] (6.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (2.94 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (10.06 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (10.04 -100.0%)	0.00[Bar] (6.23 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (3.52 -100.0%)	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (10.12 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.12 -100.0%)	0.00[Bar] (6.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (10.19 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.22 -100.0%)	0.00[Bar] (6.17 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (7.07 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (10.30 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.35 -100.0%)	0.00[Bar] (6.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (8.54 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (10.40 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.46 -100.0%)	0.00[Bar] (6.12 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.54 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (10.43 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (10.40 -100.0%)	0.00[Bar] (6.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (9.54 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (10.40 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (10.43 -100.0%)	0.00[Bar] (6.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.56 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (10.40 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.40 -100.0%)	0.00[Bar] (6.12 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.46 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
LU	0.00[Bar] (10.51 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (10.48 -100.0%)	0.00[Bar] (6.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (9.43 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 235 Of 18

**A 1.15.**

Gear	K3(1.2.3.5.6.7.R)	B2(1.2.3.4)	K1(3.4.5)	K2(4.5.6.7)	B3(1.7.R)	B1(2.6.F)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
LU	0.00[Bar] (10.33 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (10.30 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.15 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (8.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.33 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
LU	0.00[Bar] (10.27 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (10.22 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.15 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (7.09 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.33 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
LU	0.00[Bar] (10.14 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (10.12 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.20 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.36 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
LU	0.00[Bar] (10.04 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (10.01 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.20 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (3.55 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.28 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
LU	0.00[Bar] (9.96 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (9.93 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.17 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (2.97 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.25 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
LU	0.00[Bar] (9.85 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (9.75 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.20 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (1.58 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.28 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
LU	0.00[Bar] (9.70 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (9.59 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.28 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.42 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.23 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
LU	0.00[Bar] (9.56 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (9.51 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.31 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.20 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
LU	0.00[Bar] (9.33 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (9.27 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.28 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.25 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
7th Gear	0.00[Bar] (9.25 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (9.25 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.23 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (7.15 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.62 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.65 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.70 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.57 - 100.0%)	0.00[Bar] (3.76 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.92 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.99 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.54 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.54 - 100.0%)	0.00[Bar] (3.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (2.39 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (6.02 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.54 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.54 - 100.0%)	0.00[Bar] (2.18 - 100.0%)	0.00[Bar] (3.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.89 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.41 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (1.26 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.52 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.96 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.44 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.44 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.37 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.86 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.94 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.47 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.02 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.91 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
7-6	0.00[Bar] (5.57 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.65 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.02 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.94 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
6th Gear	0.00[Bar] (5.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.54 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.94 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.39 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)
	0.00[Bar] (5.49 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.54 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)	0.00[Bar] (4.94 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.05 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (5.39 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 - 100.0%)

Pressure pass/fail data 253 Of 18

**A 1.16.**

Gear	K3(1,2,3,5,6,7,R)	B2 (1,2,3,4)	K1 (3,4,5)	K2 (4,5,6,7)	B3 (1,7,R)	B1 (2,6,R)	BR (R)	TCC Apply	TC	System Pressure
6-5	0.00[Bar] (5,54 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (5,54 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (4,94 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (5,44 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5,28 -100.0%)	0.00[Bar] (0,08 -100.0%)	0.00[Bar] (0,08 -100.0%)	0.00[Bar] (5,31 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (4,78 -100.0%)	0.00[Bar] (0,08 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,36 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5,28 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (1,13 -100.0%)	0.00[Bar] (5,33 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (4,65 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,33 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5,49 -100.0%)	0.00[Bar] (0,11 -100.0%)	0.00[Bar] (3,68 -100.0%)	0.00[Bar] (5,54 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (4,57 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,31 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5,36 -100.0%)	0.00[Bar] (0,11 -100.0%)	0.00[Bar] (5,23 -100.0%)	0.00[Bar] (5,44 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (3,60 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (5,28 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5,39 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (5,28 -100.0%)	0.00[Bar] (5,41 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (2,47 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (5,31 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5,36 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,28 -100.0%)	0.00[Bar] (5,44 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (1,10 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (5,28 +0.0%)
6-5	0.00[Bar] (5,36 -100.0%)	0.00[Bar] (0,08 -100.0%)	0.00[Bar] (5,33 -100.0%)	0.00[Bar] (5,41 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,08 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 -100.0%)	0.00[Bar] (5,18 +0.0%)
5th Gear	0.00[Bar] (5,47 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,44 -100.0%)	0.00[Bar] (5,54 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,08 -100.0%)	0.00[Bar] (0,08 -100.0%)	0.00[Bar] (5,18 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5,44 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,41 -100.0%)	0.00[Bar] (5,49 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,18 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5,39 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (5,25 -100.0%)	0.00[Bar] (5,39 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,15 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5,31 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,23 -100.0%)	0.00[Bar] (5,28 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,18 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5,31 -100.0%)	0.00[Bar] (0,47 -100.0%)	0.00[Bar] (5,28 -100.0%)	0.00[Bar] (5,36 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,15 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5,44 -100.0%)	0.00[Bar] (1,81 -100.0%)	0.00[Bar] (5,36 -100.0%)	0.00[Bar] (5,54 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,23 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (5,47 -100.0%)	0.00[Bar] (2,81 -100.0%)	0.00[Bar] (5,39 -100.0%)	0.00[Bar] (5,47 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,23 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (3,02 -100.0%)	0.00[Bar] (3,57 -100.0%)	0.00[Bar] (5,36 -100.0%)	0.00[Bar] (5,41 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,20 +0.0%)
5-4	0.00[Bar] (0,39 -100.0%)	0.00[Bar] (4,31 -100.0%)	0.00[Bar] (5,31 -100.0%)	0.00[Bar] (5,44 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,08 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,23 +0.0%)
4th Gear	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (4,94 -100.0%)	0.00[Bar] (5,44 -100.0%)	0.00[Bar] (5,52 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (5,23 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (0,37 -100.0%)	0.00[Bar] (4,68 -100.0%)	0.00[Bar] (5,10 -100.0%)	0.00[Bar] (5,20 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,18 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (3,10 -100.0%)	0.00[Bar] (5,02 -100.0%)	0.00[Bar] (5,47 -100.0%)	0.00[Bar] (5,60 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (5,18 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5,44 -100.0%)	0.00[Bar] (4,97 -100.0%)	0.00[Bar] (5,47 -100.0%)	0.00[Bar] (5,52 -100.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,00 +0.0%)	0.00[Bar] (0,05 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (0,03 -100.0%)	0.00[Bar] (5,20 +0.0%)

Pressure pass/fail data 271 Of 18

A 1.17.

Gear	K3(1.2,3.5,6.7.R)	B2(1.2,3.4)	K1(3.4.5)	K2(4.5,6.7)	B3(1.7.R)	B1(2.6.F)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
4-3	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.23 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (4.81 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.18 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5.31 -100.0%)	0.00[Bar] (4.76 -100.0%)	0.00[Bar] (5.28 -100.0%)	0.00[Bar] (3.00 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.23 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
4-3	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (4.83 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.76 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3rd Clear	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (4.94 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.18 -100.0%)	0.00[Bar] (4.65 -100.0%)	0.00[Bar] (5.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.74 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.12 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (4.99 -100.0%)	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (4.28 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.23 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (4.89 -100.0%)	0.00[Bar] (5.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.23 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (4.86 -100.0%)	0.00[Bar] (2.68 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (0.45 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.23 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
3-2	0.00[Bar] (5.57 -100.0%)	0.00[Bar] (5.60 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2nd Clear	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (5.52 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.25 -100.0%)	0.00[Bar] (5.31 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.28 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.18 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (2.23 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (5.33 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 289 Of 18

**A 1.18.**

Gear	K3(1,2,3,5,6,7.R)	B2(1,2,3,4)	K1(3,4,5)	K2(4,5,6,7)	B3(1,7.R)	B1(2,6.F)	BR(R)	TCC Apply	TC	System Pressure
2-1	0.00[Bar] (5.39 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (4.10 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.28 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
2-1	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (1.37 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
1st Gear	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (5.49 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (5.44 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.20 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Rev (S)	0.00[Bar] (5.36 -100.0%)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.41 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (5.15 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Rev (S)	0.00[Bar] (21.12 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (20.97 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (0.00 -21.20 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (17.03 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Rev (C)	0.00[Bar] (5.54 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.08 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (5.47 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (7.36 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
Rev (C)	0.00[Bar] (14.35 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (16.18 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (15.71 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)
END	0.00[Bar] (14.27 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.11 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)	0.00[Bar] (7.09 -100.0%)	0.00[Bar] (0.03 -100.0%)	0.00[Bar] (0.05 -100.0%)	0.00[Bar] (19.94 - 100.0%)	0.00[Bar] (0.00 +0.0%)

Pressure pass/fail data 307 Of 18

**A 1.19.**



Solenoid drive and current data

Gear	8Y2 (K1) DC	8Y2 (K1) Curr	8Y3 (K2) DC	8Y3 (K2) Curr	8Y4 (K3) DC	8Y4 (K3) Curr	8Y5 (B1) DC	8Y5 (B1) Curr	8Y1 (EPC) DC	8Y1 (EPC) Curr	8Y8 (TCC) DC	8Y8 (TCC) Curr	8Y6 (B2) DC	8Y6 (B2) Curr
1st Gear	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	30.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
1-2	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	50.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
1-2	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	45.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
1-2	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	40.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
1-2	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	35.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
1-2	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	30.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
1-2	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	25.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
1-2	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	20.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
1-2	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	10.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
2nd Gear	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	10.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
2-3	10.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	10.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
2-3	20.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	20.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
2-3	25.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	30.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
2-3	30.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	35.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
2-3	35.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	40.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
2-3	40.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	45.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
2-3	45.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	50.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
2-3	50.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
3rd Gear	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
3-4	60.0%	0.00A	50.0%	0.00A	10.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
3-4	60.0%	0.00A	45.0%	0.00A	20.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
3-4	60.0%	0.00A	40.0%	0.00A	25.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
3-4	60.0%	0.00A	35.0%	0.00A	30.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
3-4	60.0%	0.00A	30.0%	0.00A	35.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
3-4	60.0%	0.00A	25.0%	0.00A	40.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
3-4	60.0%	0.00A	20.0%	0.00A	45.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
3-4	60.0%	0.00A	10.0%	0.00A	50.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
4th Gear	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	30.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A
4-5	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	50.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	50.0%	0.00A
4-5	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	45.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	45.0%	0.00A
4-5	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	40.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	40.0%	0.00A
4-5	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	35.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	35.0%	0.00A
4-5	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	30.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	30.0%	0.00A
4-5	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	25.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	25.0%	0.00A
4-5	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	20.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	20.0%	0.00A
4-5	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	10.0%	0.00A	60.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	10.0%	0.00A
5th Gear	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	0.0%	0.00A	60.0%	0.00A	30.0%	0.00A	0.0%	0.00A	0.0%	0.00A
5-6	50.0%	0.00A	0.0%	0.00A	0.0%	0.00A	50.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	0.0%	0.00A
5-6	45.0%	0.00A	0.0%	0.00A	0.0%	0.00A	45.0%	0.00A	60.0%	0.00A	0.0%	0.00A	0.0%	0.00A

Pressure pass/fail data 1 Of 16

A 1.20.









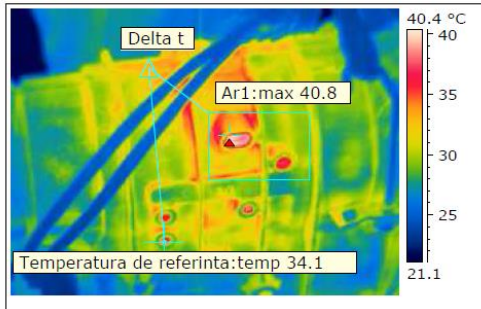


## Anexa 2. Raport termografic al cutiei de viteze automate 7G Tronic



### RAPORT TERMOGRAFIC CUTIE DE VITEZE AUTOMATĂ

Delta t	Temperatura maximă	Echipament
6.6 °C	40.8 °C	Cutie de viteze automată
5.4 °C	42.2 °C	Cutie de viteze automată
4.3 °C	43.3 °C	Cutie de viteze automată
9.8 °C	45.2 °C	Cutie de viteze automată
4.4 °C	45.5 °C	Cutie de viteze automată
8.8 °C	46.8 °C	Cutie de viteze automată
8.2 °C	47.4 °C	Cutie de viteze automată
10.7 °C	50.8 °C	Cutie de viteze automată
12.3 °C	55.1 °C	Cutie de viteze automată
7.9 °C	58.3 °C	Cutie de viteze automată
7.8 °C	59.1 °C	Cutie de viteze automată
7.0 °C	57.7 °C	Cutie de viteze automată
14.8 °C	57.7 °C	Baie ulei cutie de viteze automată

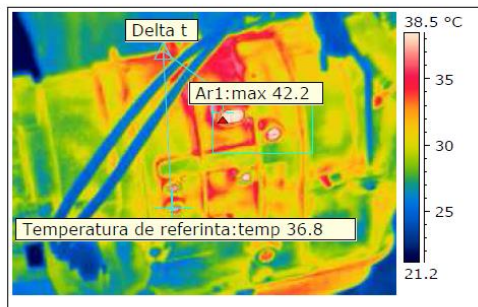


Țimp	12:02:38 PM
Temperatură maximă	40.8 °C
Ar1 Arie de temperatură	40.8 °C
Delta t	6.6 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică în momentul montării cutiei de viteze automate pe stand. La 12:02:38 PM, standul se află în modul oprit, turația n=0 rot./min., presiune 0 Psi (0 MPa), temperatură maximă 40.8°C, temperatura de referință 34.1°C. Vedere laterală dreapta

## A 2.1.



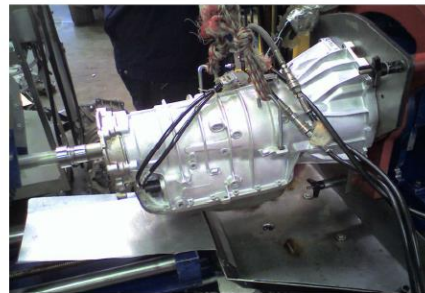
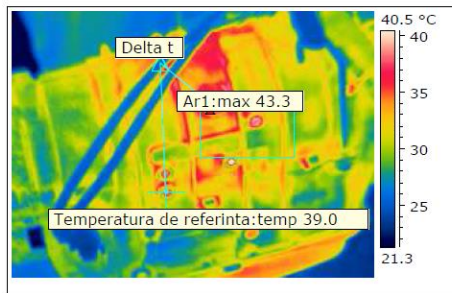
Țimp	12:03:52 PM
Temperatură maximă	42.2 °C
Ar1 Arie de temperatură	42.2 °C
Delta t	5.4 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică în timpul acționării cutiei de viteze automate pe stand la diferite turații și momente. La 12:03:52 PM, standul se află în modul pornit, turația n=1400 rot./min., presiune 160 Psi (1.1 MPa), temperatură maximă 42.2°C, temperatura de referință 36.8°C. Vedere laterală dreapta

## A 2.2.



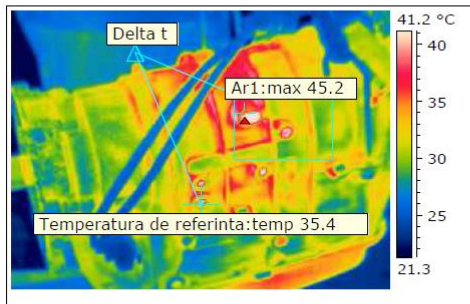


Timp	12:04:20 PM
Temperatură maximă	43.3 °C
Ar1 Arie de temperatură	43.3 °C
Delta t	4.3 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică în timpul acționării cutiei de viteze automate pe stand la diferite turații și momente. La 12:03:52 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=1450$  rot./min., presiune 160 Psi (1.1 MPa), temperatură maximă 43.3°C, temperatura de referință 39°C. Vedere laterală dreapta

### A 2.3.

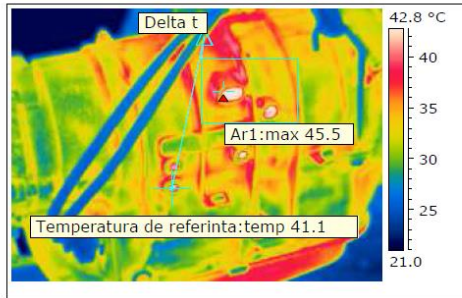


Timp	12:04:44 PM
Temperatură maximă	45.2 °C
Ar1 Arie de temperatură	45.2 °C
Delta t	9.8 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică în timpul acționării cutiei de viteze automate pe stand la diferite turații și momente. La 12:04:44 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=1450$  rot./min., presiune 160 Psi (1.1 MPa), temperatură maximă 45.2°C, temperatura de referință 35.4°C. Vedere laterală dreapta

### A 2.4.

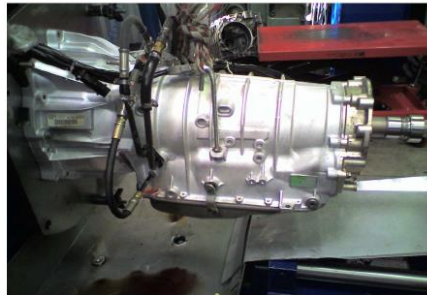
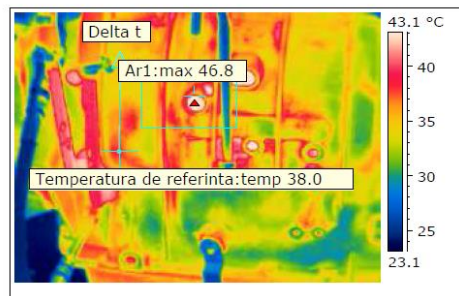


Timp	12:06:12 PM
Temperatură maximă	45.5 °C
Ar1 Arie de temperatură	45.5 °C
Delta t	4.4 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică în timpul acționării cutiei de viteze automate pe stand la diferite turații și momente. La 12:06:12 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=1850$  rot./min., presiune 170 Psi (1.17 MPa), temperatură maximă 45.5°C, temperatura de referință 41.1°C. Vedere laterală dreapta

## A 2.5.

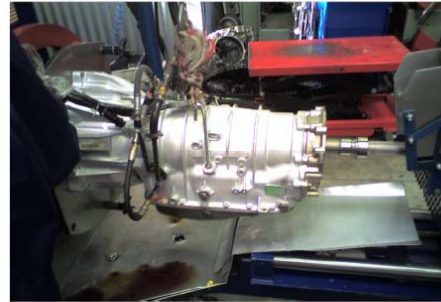
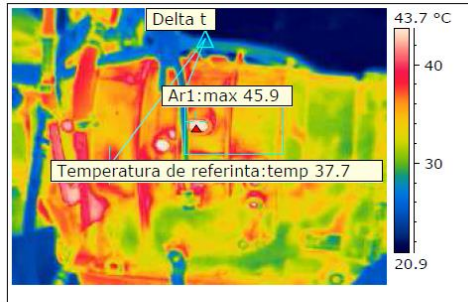


Timp	12:07:06 PM
Temperatură maximă	46.8 °C
Ar1 Arie de temperatură	46.8 °C
Delta t	8.8 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică în timpul acționării cutiei de viteze automate pe stand la diferite turații și momente. La 12:07:06 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=1850$  rot./min., presiune 170 Psi (1.17 MPa), temperatură maximă 46.8°C, temperatura de referință 41.1°C. Vedere laterală stânga

## A 2.6.

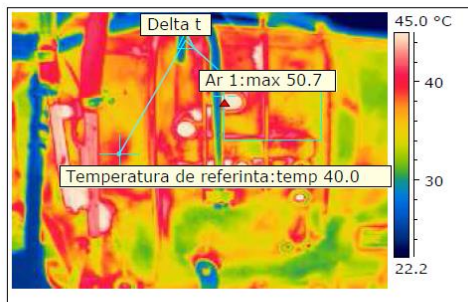


Timp	12:07:21 PM
Temperatură maximă	47.4 °C
Ar1 Arie de temperatură	45.9 °C
Delta t	8.2 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică în timpul acționării cutiei de viteze automate pe stand la diferite turații și momente. La 12:07:21 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=1850$  rot./min., presiune 170 Psi (1.17 MPa), temperatură maximă 47.4°C, temperatura de referință 37.7°C. Vedere laterală stânga

## A 2.7.

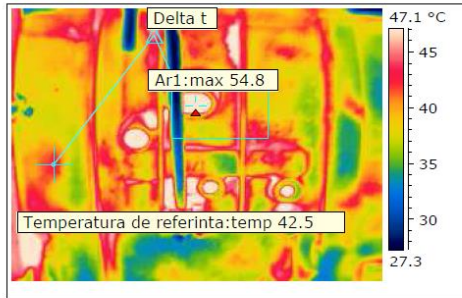


Timp	12:08:46 PM
Temperatură maximă	50.8 °C
Ar 1 Arie de temperatură	50.7 °C
Delta t	10.7 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică în timpul acționării cutiei de viteze automate pe stand la diferite turații și momente. La 12:08:46 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=2250$  rot./min., presiune 180 Psi (1.24 MPa), temperatură maximă 50.8°C, temperatura de referință 40.0°C. Vedere laterală stânga

## A 2.8.

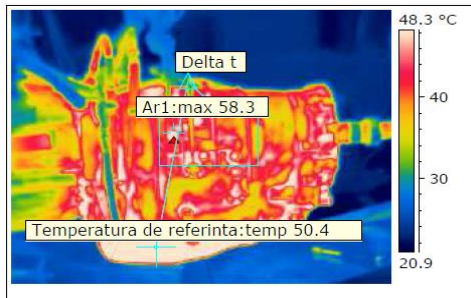


Tim	12:11:46 PM
Temperatură maximă	55.1 °C
Ar1 Arie de temperatură	54.8 °C
Delta t	12.3 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică în timpul acționării cutiei de viteze automate pe stand la diferite turații și momente. La 12:11:46 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=2450$  rot./min., presiune 180 Psi (1.24 MPa), temperatură maximă 55.1°C, temperatura de referință 42.5°C. Vedere laterală stânga

## A 2.9.

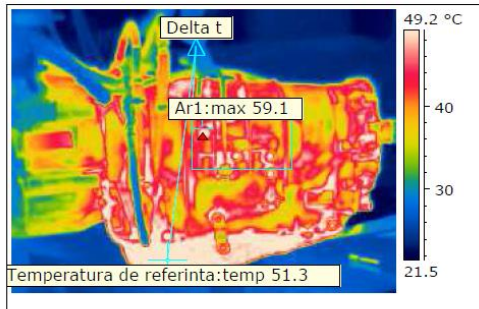


Tim	12:41:32 PM
Temperatură maximă	58.3 °C
Ar1 Arie de temperatură	58.3 °C
Delta t	7.9 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică după 30 minute de rulare în sarcină a cutiei de viteze automate pe stand. La 12:41:32 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=2450$  rot./min., presiune 185 Psi (1.27 MPa), temperatură maximă 58.3°C, temperatura de referință 50.4°C. Vedere laterală stânga

## A 2.10.

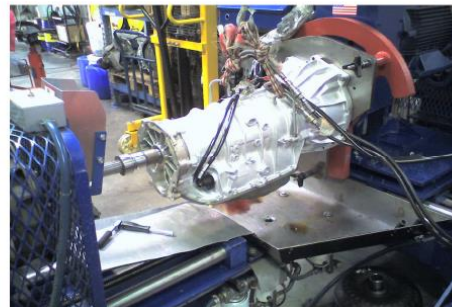
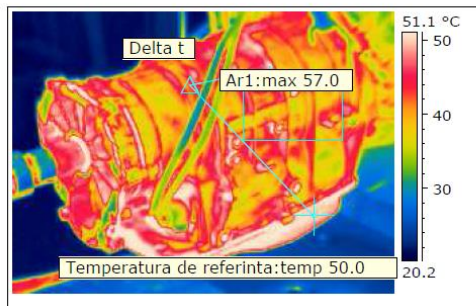


Timp	12:42:30 PM
Temperatură maximă	59.1 °C
Ar1 Arie de temperatură	59.1 °C
Delta t	7.8 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică după 30 minute de rulare în sarcină a cutiei de viteze automate pe stand. La 12:42:30 PM, standul se află în modul pornit, turația  $n=2450$  rot./min., presiune 185 Psi (1.27 MPa), temperatură maximă 59.1°C, temperatura de referință 51.3°C. Vedere laterală stânga

### A 2.11.

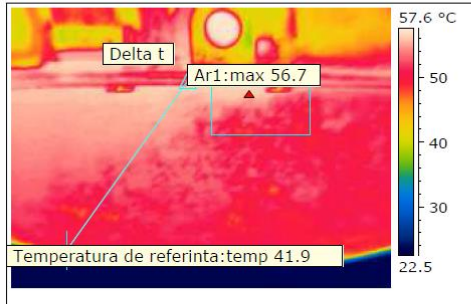


Timp	12:42:47 PM
Temperatură maximă	57.7 °C
Ar1 Arie de temperatură	57.0 °C
Delta t	7.0 °C

Echipament	Cutie de viteze automată
------------	--------------------------

Analiza termografică după 30 minute de rulare în sarcină a cutiei de viteze automate pe stand. La 12:42:47 PM, standul se află în modul oprit, turația  $n=0$  rot./min., presiune 0 Psi (0 MPa), temperatură maximă 57.7°C, temperatura de referință 50.0°C. Vedere laterală dreapta

### A 2.12.



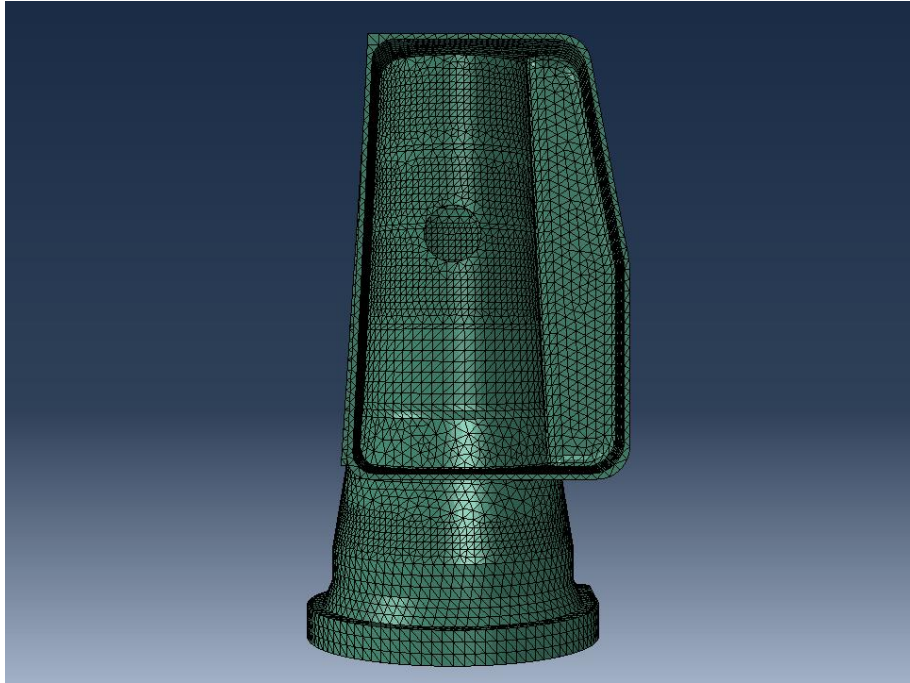
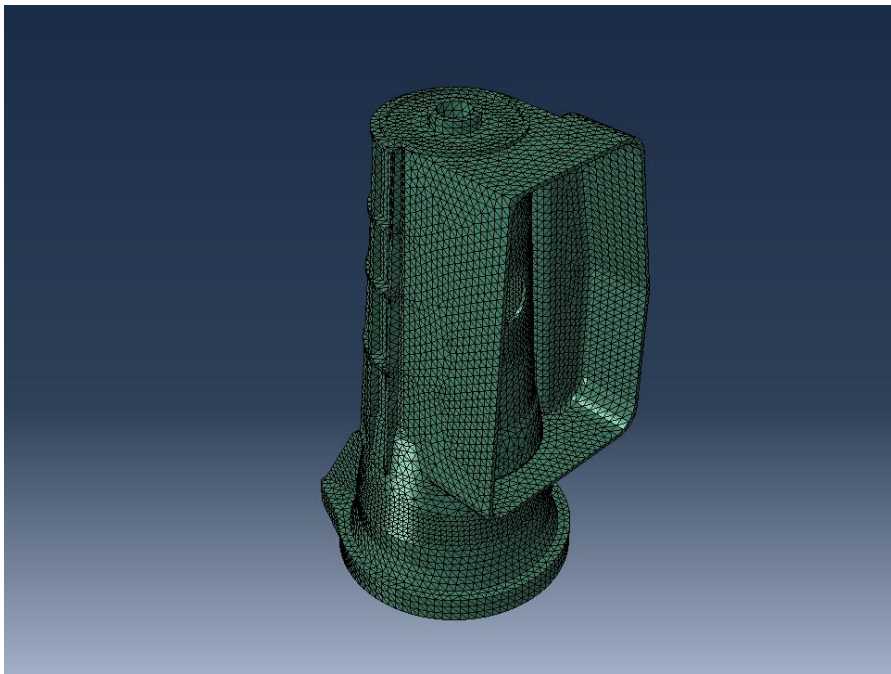
Timp	12:40:57 PM
Temperatură maximă	57.7 °C
Ar1 Arie de temperatură	56.7 °C
Delta t	14.8 °C

Echipament	Baie ulei cutiei de viteze automată
------------	-------------------------------------

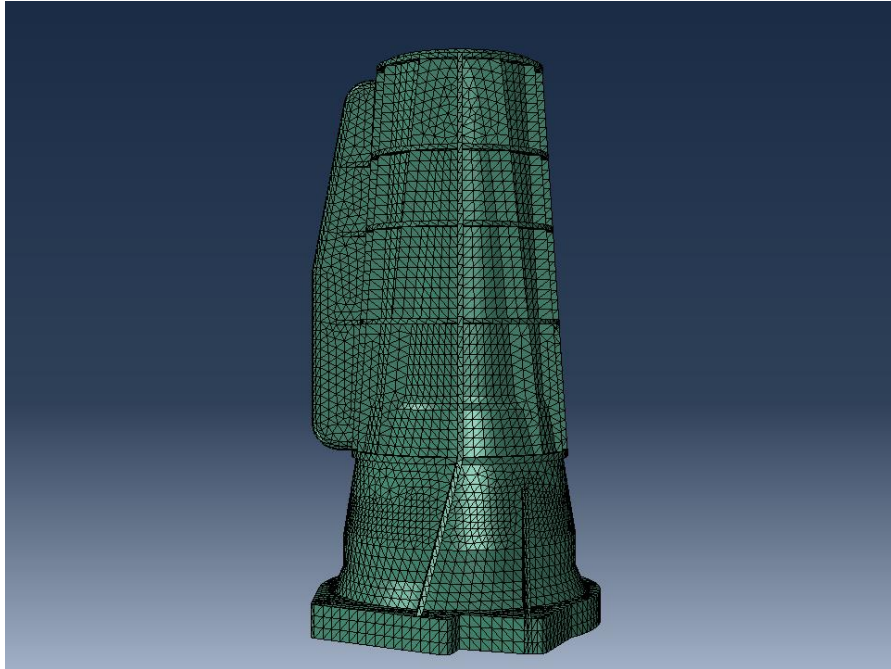
Analiza termografică după 30 minute de rulare în sarcină a cutiei de viteze automate pe stand. Se evidențiază baie de ulei a cutiei de viteze automate. La 12:40:57 PM, standul se află în modul oprit, turația n=0 rot./min., presiune 0 Psi (0 MPa), temperatură maximă 57.7°C, temperatura de referință 41.9°C. Vedere laterală dreapta

## A 2.13.

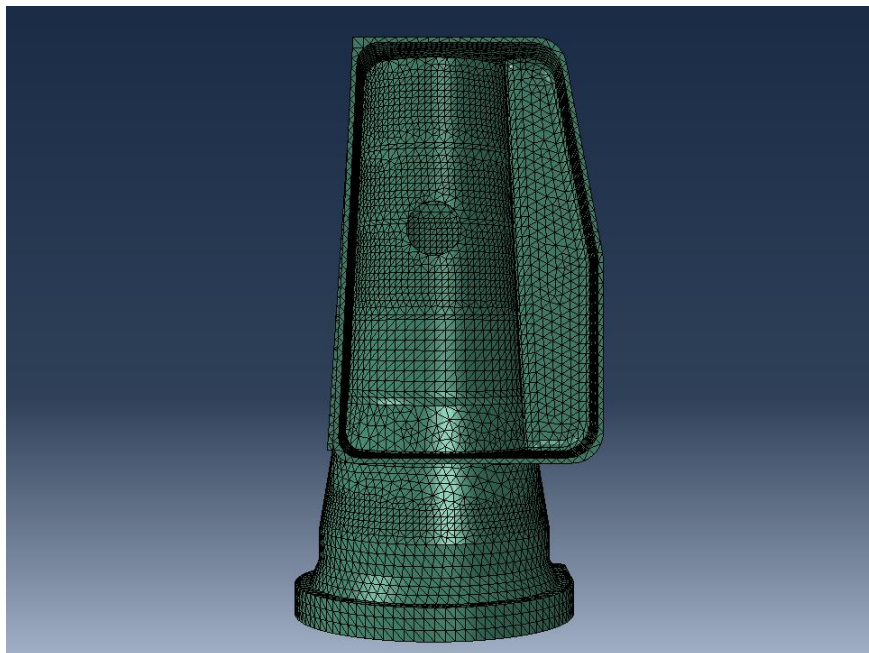
**Anexa 3. Rezultatele simulării propagării căldurii prin  
carcasa cutiei de viteze automate 7G Tronic**

**A 3.1.****A 3.2.**

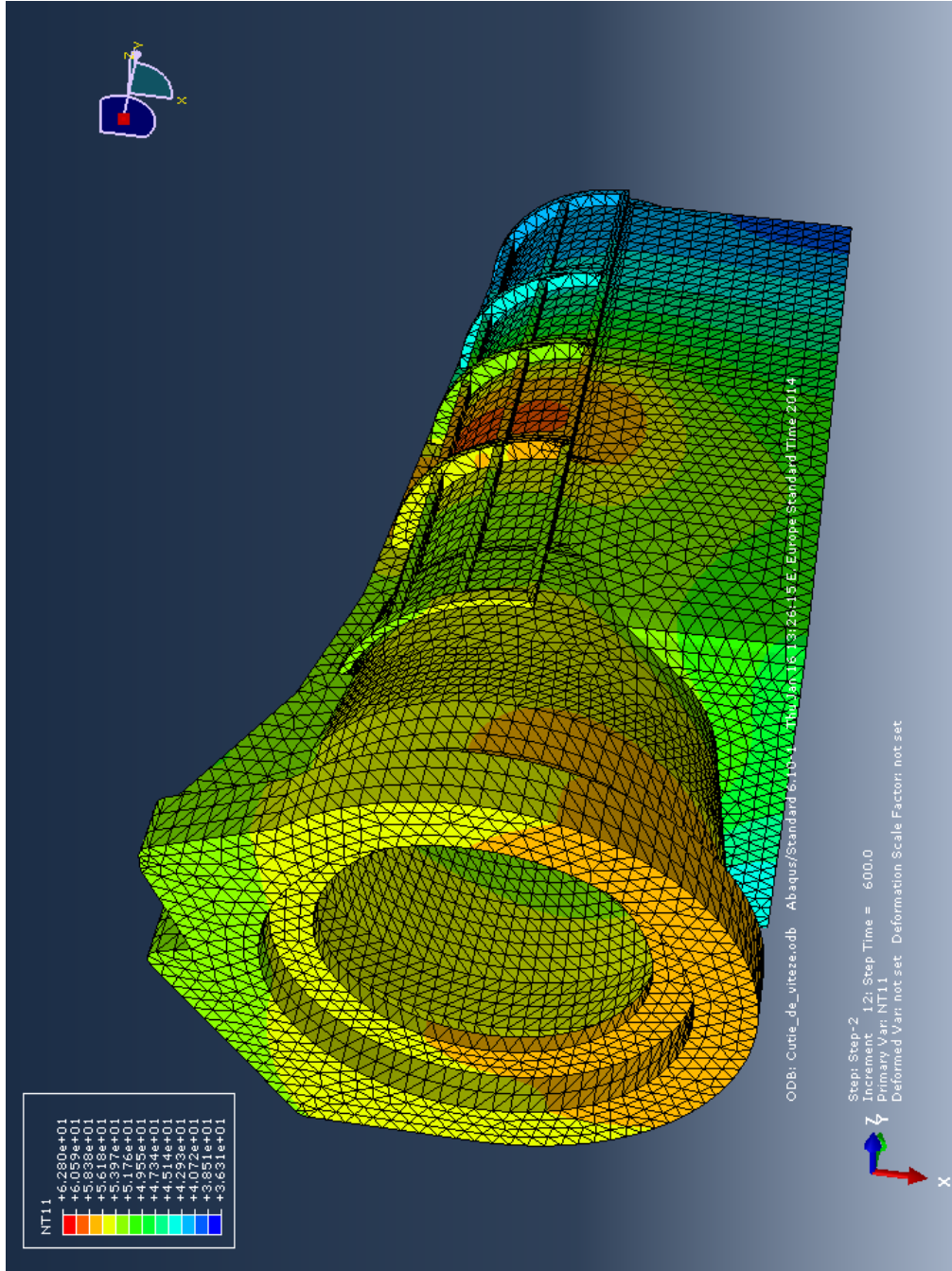




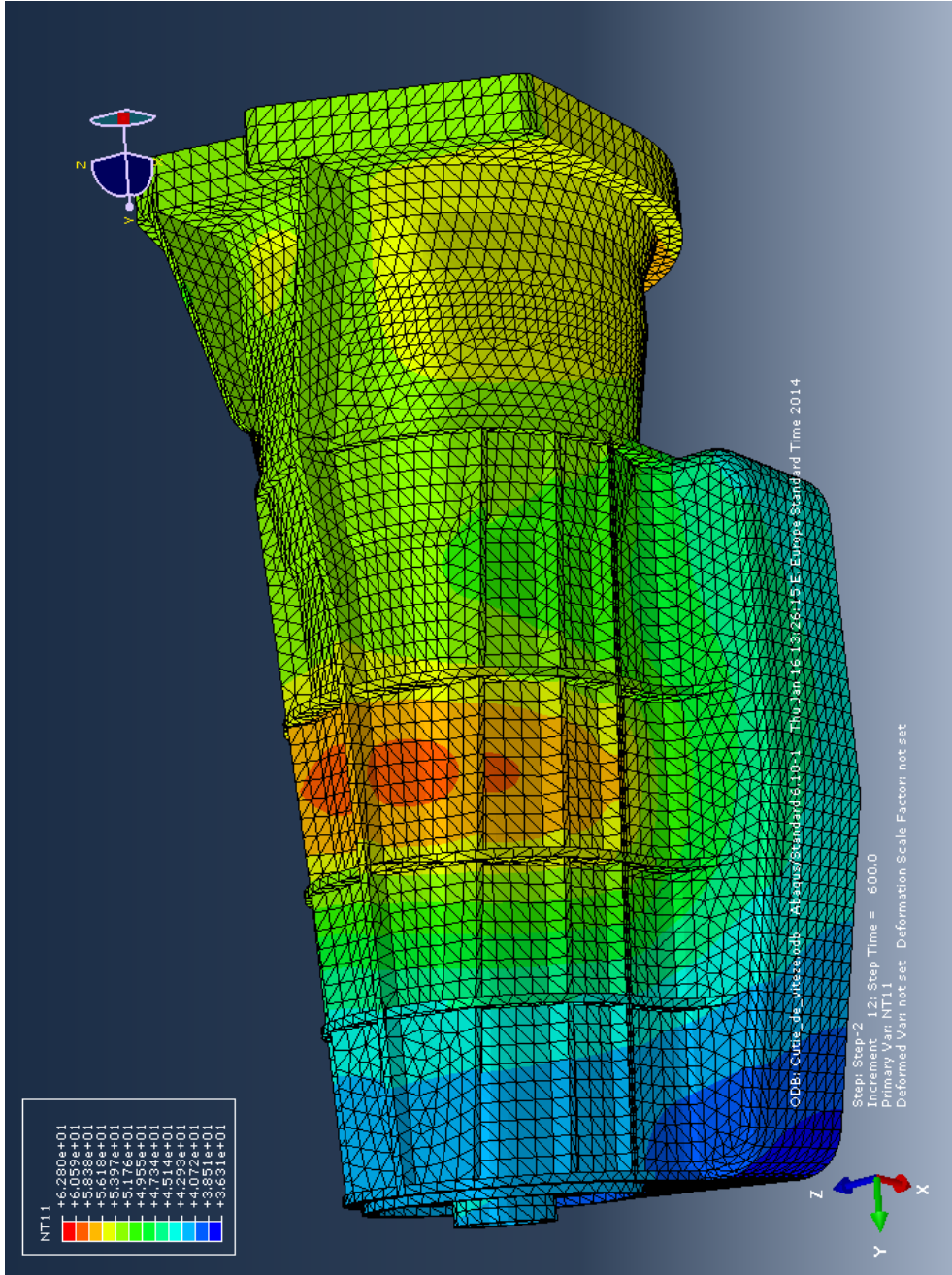
**A 3.3.**



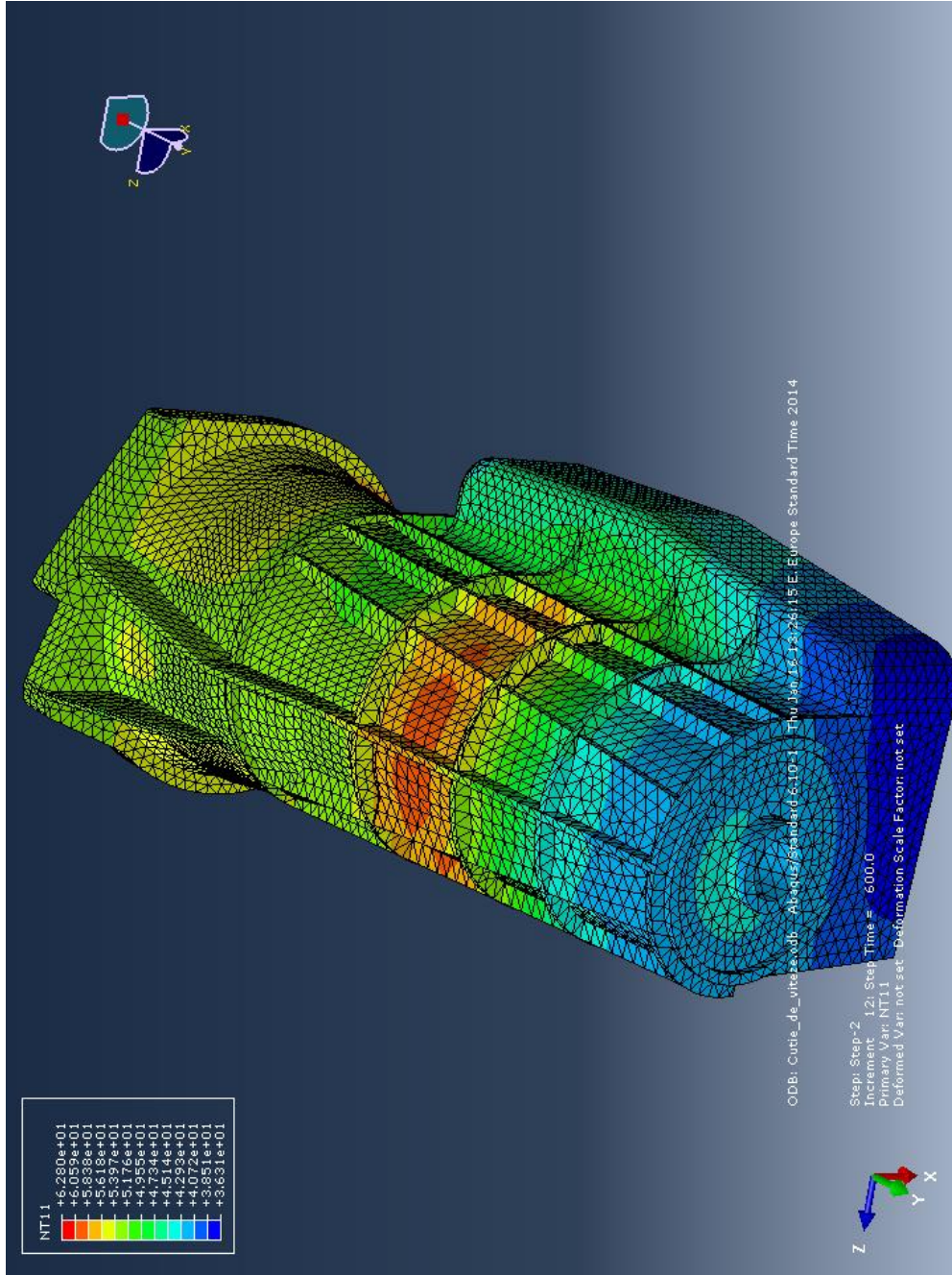
**A 3.4.**



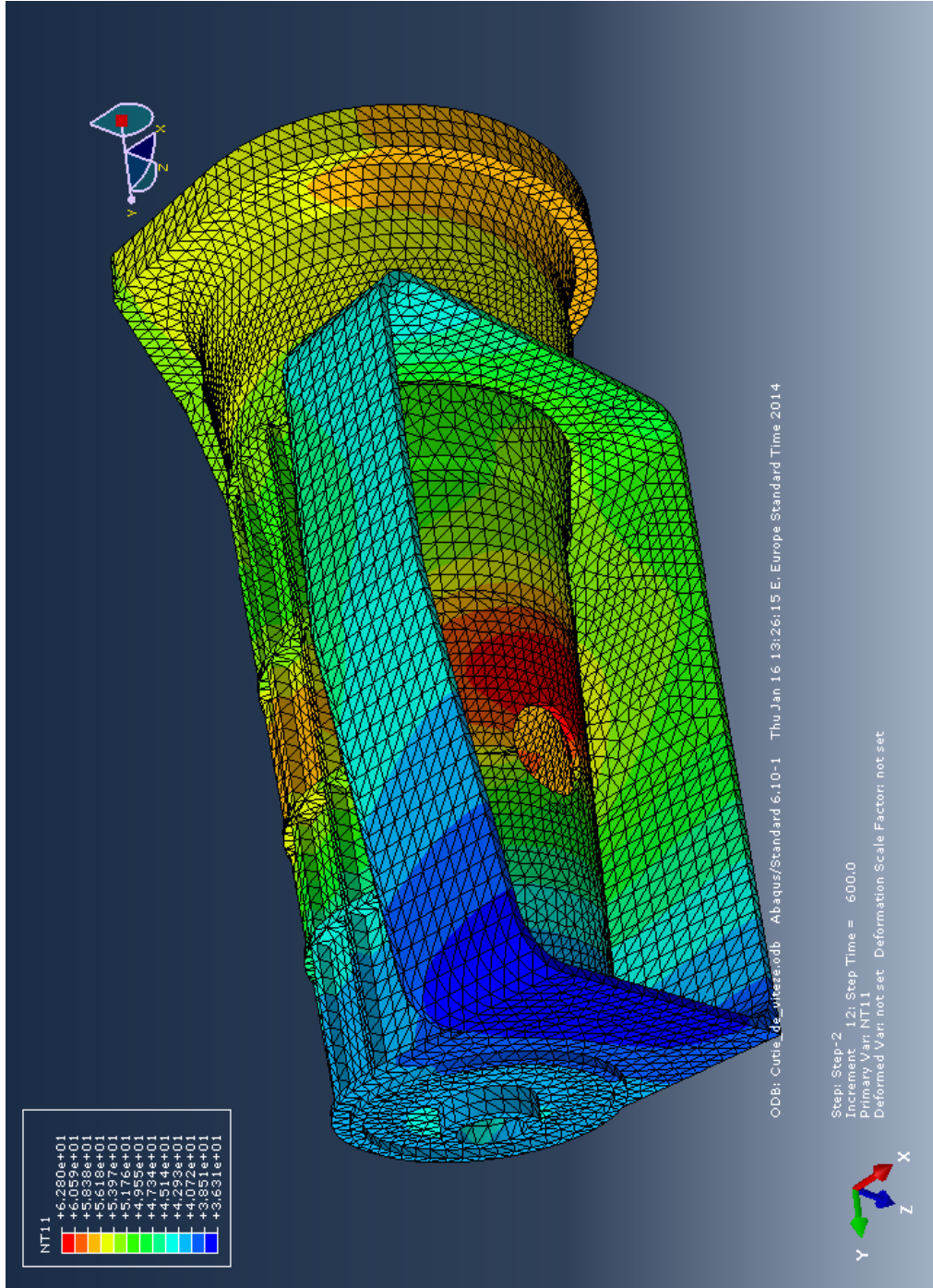
**A 3.5.**



A 3.6.

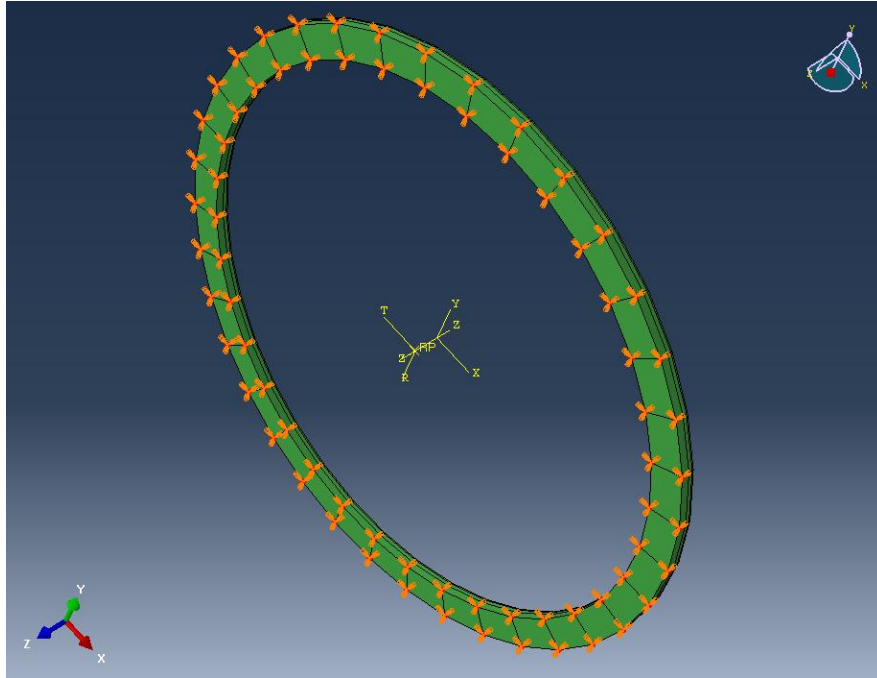
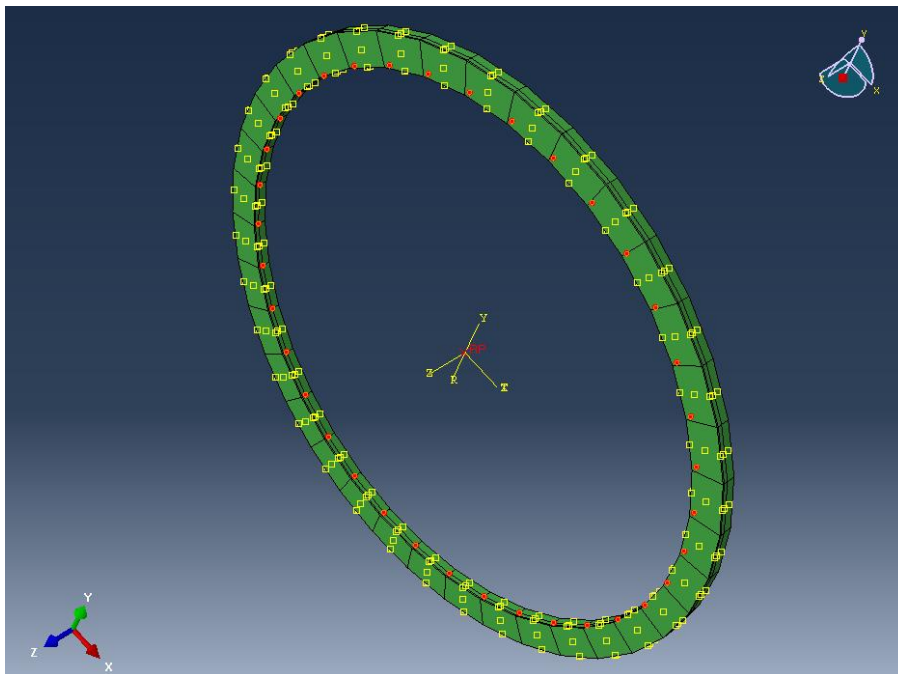


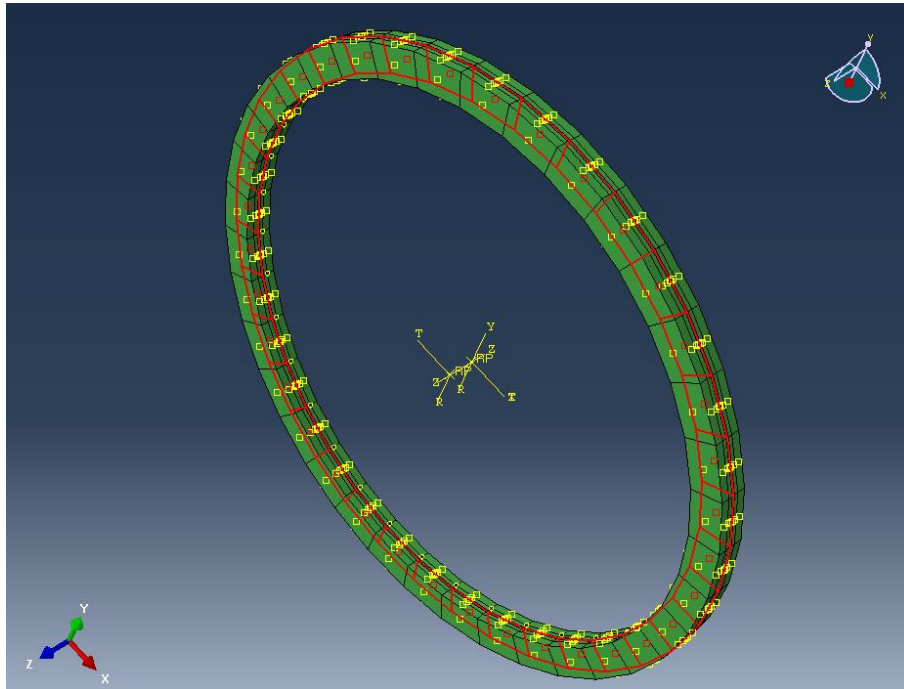
A 3.7.



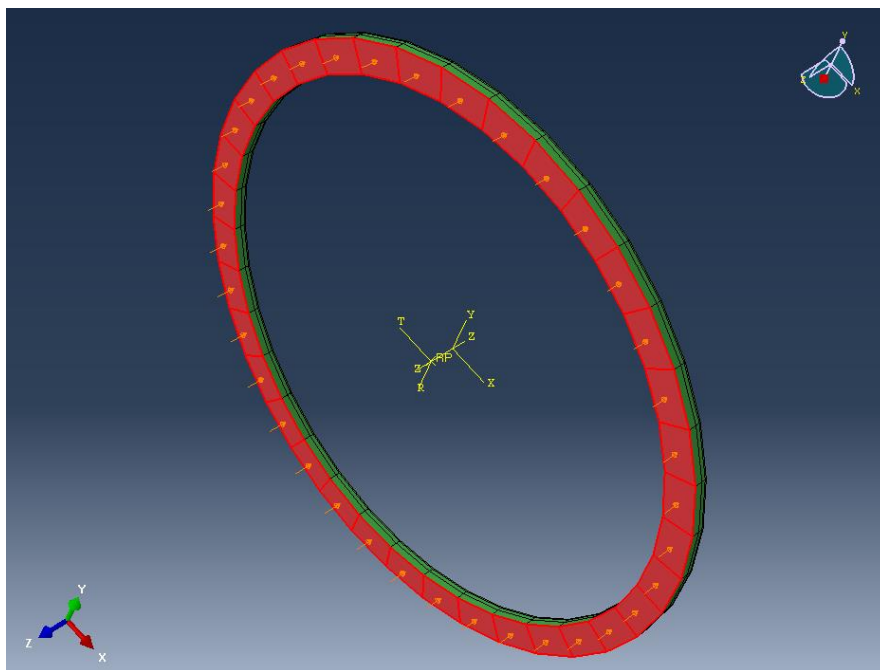
A 3.8.

**Anexa 4. Analiza stărilor de solicitare mecanică și termică ale  
cuplajelor multidisc ale cutiei de viteze automate 7G Tronic**

**A 4.1.****A 4.2.**

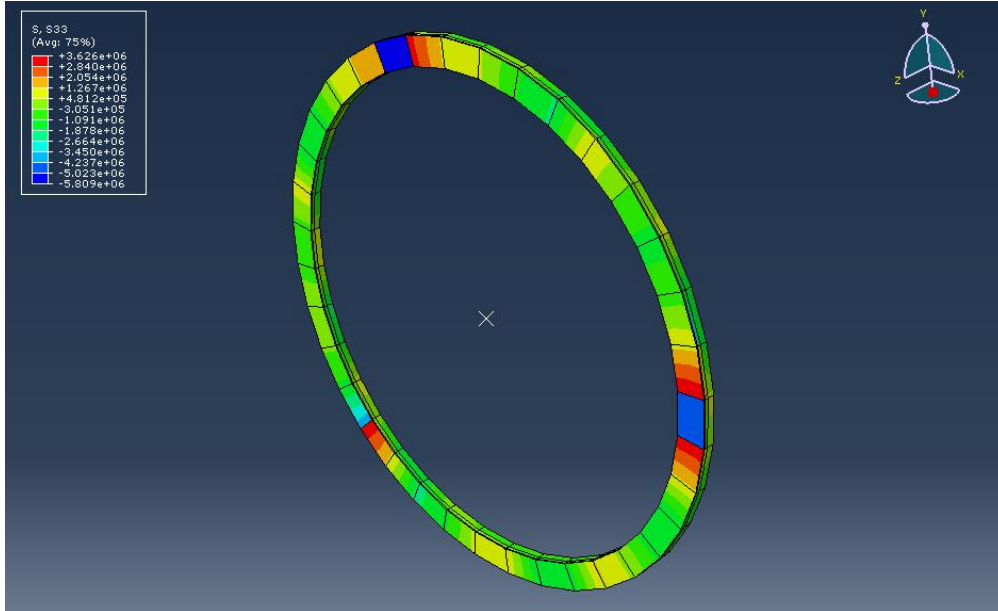


**A 4.3.**

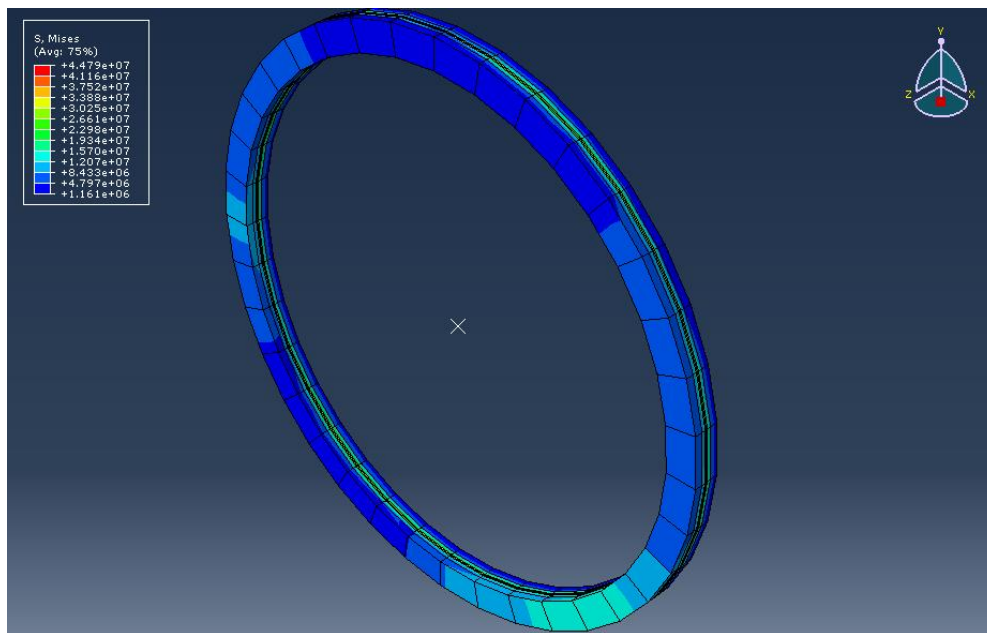


**A 4.4.**





**A 4.5.**



**A 4.6.**