

MANAGEMENTUL SISTEMULUI DE FABRICARE A COMPONENTELOR DE FRÂNARE PENTRU AUTOTURISME

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor
la

Universitatea Politehnica Timișoara
în domeniul INGINERIE ȘI MANAGEMENT
de către

mcs. Gabriel Cristian Gruber

Conducător științific: prof.univ.dr.ing. Constantin Dan Dumitrescu
Referenți științifici: conf.univ.dr.ing. Costache Rusu
conf.univ.dr.mat. Gheorghe Sabău
conf.univ.dr.ing. Matei Tămășilă

Ziua susținerii tezei: 21.07.2016

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, 2016

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

Adresez mulțumiri deosebite conducătorului științific, prof. univ. dr. ing. Constantin Dan DUMITRESCU, pentru sprijinul permanent, înțelegerea și observațiile competente oferite pe parcursul derulării întregii activități cercetare și de elaborare a acestei teze.

Alături acestor gânduri recunoștința față de domnul decan prof.univ. dr. ing. Marian MOCAN, prof. univ. dr. ing. Costache RUSU, prof. univ. dr. ec. Gheorghe SABĂU, conf. univ. dr. ing. Matei TĂMĂȘILĂ, care m-au onorat în calitate de președinte, respectiv referenți, în comisia de doctorat. De asemenea le adresez mulțumiri pentru bunăvoința, pentru competența și răbdarea de care au dat dovadă, în analiza tezei mele de doctorat.

Adresez mulțumirile mele deosebite membrilor comisiei de îndrumarea tezei de doctorat – domnilor: conf. univ. dr. ing George BELGIU, conf. univ. dr. mat. Nicolae COCIU și conf.univ. dr. ing Traian MUȚIU; un gând pios și respect, în memoria celui care a fost prof. univ. dr. ing Anghel TĂROATĂ a cărui experiență și îndrumare mi-au fost deosebit de utile pe parcursul activității de cercetare.

Sincere mulțumiri adresez și colegilor de echipă din cadrul companiei în care lucrez, pentru înțelegerea, atenția cu care m-au înconjurat și m-au ajutat în rezolvarea unor probleme punctuale legate de derularea tezei.

Timișoara, iulie 2016

Gabriel Cristian Gruber

Gruber, Gabriel Cristian

Managementul sistemului de fabricare a componentelor de frânare pentru autoturisme

Teze de doctorat ale UPT, Seria 16, Nr. 24, Editura Politehnica, 2016, 118 pagini, 63 figuri, 14 tabele.

ISSN: 2343-7928

ISSN-I: 2343-7929

ISBN: 978-606-35-0061-9

Cuvinte cheie: FMEA, sistem electric de frânare manuală EPB, triunghiul calitate – cost – timp, Six Sigma, PDCA, diagramă de proces

Rezumat,

Teza de doctorat completează cu informații utile aspecte specifice procesului de îmbunătățire a calității proceselor de fabricare a familiei de produse din categoria frânelor electrice de parcare, ca și componente esențiale ale automobilelor, în conformitate cu cerințele reglementate de noile standarde în construcția de automobile.

Obiectivele tezei se referă la: 1. Analiza tendințelor actuale privind îmbunătățirea calității produselor pentru industria orizontală specifică automotive. 2. Prezentare aspectelor specifice utilizării metodei FMEA ca instrument pentru îmbunătățirea calității componentelor unui produs. 3. Aspecte specifice privind dimensionarea structurilor de fabricare, în vederea creșterii capacității acestora, ținând seama de cerințele în diversificare a clienților, dar și de prevederile standardelor în domeniu. 4. Elaborarea unui program de control final al produsului care să prezinte informații privind comportarea statică/dinamică a EPB, program personalizat pentru fiecare produs livrat de linia de montaj. 5. Utilizarea metodei Six Sigma pentru asigurarea unui nivel al calității cerut de clienți, în condițiile diversificării programului de fabricare.

Teza este structurată pe 7 capitole după cum urmează. 1. Introducere. 2. Managementul calității. 3. FMEA – Metodologie de control a calității. 4. Linia de asamblare component mecanice / electrice pentru sistemele de frânare. 5. Aspecte privind analiza erorilor posibile în producția EPB. 6. Calculul eficienței economice. 7. Concluzii finale și contribuții proprii. Bibliografie.

CUPRINS

Lista figurilor	6
Lista tabelelor	8
Lista abrevierilor	9
1. Introducere.....	10
1.1. Noțiuni generale	10
1.2. Obiectivele tezei de doctorat	11
1.3. Structura tezei de doctorat.....	11
2. Managementul calității.....	13
2.1. Abordarea Managementului Calității ca și concept	13
2.2. Modele și standarde specifice managementului calității	19
2.2.1. Modele specifice ale managementului calității	20
2.2.2. Standarde de management al calității în România	21
2.3. De la managementul calității la Total Quality Management	24
Concluzii	37
3. FMEA – Metodologie de control al calității.....	38
3.1. Controlul calității unui produs/proces, utilizând FMEA	39
3.2. Descrierea procesului	39
3.3. Avantajele și limitele FMEA.....	48
3.3.1. Avantajele FMEA.....	48
3.3.2. Limitele FMEA.....	49
3.4. Utilizarea FMEA pentru frâna de parcare electrică.....	50
4. Linia de asamblare componente mecanice/electrice pentru sistemele de frânare.....	68
4.1. Descrierea sistemelor de frânare manuale.....	68
4.1.1. Sistemul electric de frânare manuală EPB – Cable Puller	69
4.1.2. Sistemul de frânare de mână EPB – „Dual Servo” (EPB-DS)	71
4.1.3. Sistemul electric de frânare manuală „Caliper integrated” (EPB-CI)	73
4.2. Linia de asamblare pentru EPB-DS	74
4.3. Controlul final al produsului.....	79
5. Aspecte privind analiza erorilor posibile în producția EPB.....	87
5.1. Triunghiul calitate – cost – timp	87
5.2. Utilizarea conceptului Six Sigma în procesul de evaluare a calității produselor ...	90
5.3. Calculul statistic pentru un milion de pise fabricate	93
5.4. Evaluarea calității fabricației EPB utilizând conceptul Six Sigma	97
6. Calculul eficienței economice	100
6.1. Considerații generale.....	100
6.2. Eficiența economică datorată implementării Six Sigma.....	100
7. Concluzii finale și contribuții proprii	105
7.1. Concluzii finale	105
7.2. Contribuții proprii.....	107
Bibliografie	110

LISTA FIGURILOR

- Fig. 2.1. Componentele controlului calității produsului
- Fig. 2.2. Structura activității de control al calității
- Fig. 2.3. Modalități de influențare a creșterii profitului datorită implementării unui Sistem de Management al Calității
- Fig. 2.4. Algoritm activităților necesare pentru implementarea Managementului Total al Calității la nivelul unei companii
- Fig. 2.5. Modelul ciclului de cunoaștere după W. Shewhart
- Fig. 2.6. Corelația dintre funcția pierderilor de calitate și distribuția produselor conform specificațiilor inițiale
- Fig. 2.7 Exemplu de Foaie de Verificare
- Fig. 2.8. Relația între productivitatea muncii și absenteismul semnalat la un atelier de montaj componente auxiliare
- Fig. 2.9. Diagrama cauză - efect
- Fig. 2.10. Diagrama Pareto
- Fig. 2.11. Diagrama procesului de fabricare
- Fig. 2.12. Tabelul măsurătorilor și histograma pentru mecanisme
- Fig. 2.13. Diagrama de proces pentru LM1 și LM2
- Fig. 3.1. Relația calitate – execuție în cadrul proceselor interne ale companiei
- Fig. 3.2. Aplicarea regulii „Factorului ZECE”
- Fig. 3.3. Etapele implementării FMEA în sistem
- Fig. 3.4. Formular de analiză FMEA
- Fig. 3.5. Determinarea numărului de risc prioritar RPN
- Fig. 3.6. Scala RPN
- Fig. 3.7. Relația cauză-efect în procesul de apariție a erorii
- Fig. 3.8. Interconexiunea procedurilor FMEA
- Fig. 3.9. Poziția RPN în metodologia FMEA
- Fig. 3.10. Poziția RPN în metodologia FMEA
- Fig. 3.11. EPB un Sistem integrat în autoturism
- Fig. 3.12: Structura funcțiilor de top al EPB
- Fig. 3.13. Rețeaua defecțiunilor posibile în fabricația EPB 1
- Fig. 3.13a. Rețeaua defecțiunilor 2
- Fig. 3.13b. Rețeaua defecțiunilor 3
- Fig. 3.13c. Rețeaua defecțiunilor 4
- Fig. 3.13c1. Rețeaua defecțiunilor 4
- Fig. 3.13d. Rețeaua defecțiunilor 5
- Fig. 3.14. Distribuția RPN pentru EPB 1
- Fig. 4.1. Structura și amplasarea frânei de parcare automată
- Fig. 4.2. Vedere de ansamblu a sistemului electric de frinare manuala „Cable Puller” – prezentare generală
- Fig. 4.3. Vedere de ansamblu a componentelor sistemului electric de frinare manuala „Cable Puller”
- Fig. 4.4. Amplasarea componentelor sistemului de frânare EPB-DS
- Fig. 4.5. Vedere de ansamblu a componentelor sistemului EPB-DS
- Fig. 4.6. Componentele sistemului EPB- CI
- Fig. 4.7. Vedere generală asupra liniei de asamblare al EPB-DS
- Fig. 4.8. Vedere asupra fazelor aferente operației nr. 1

- Fig. 4.9. Vedere asupra operației nr. 3 (componentele acuatorului)
- Fig. 4.10. Vedere asupra asamblării motorului de acționare și a pinilor de limitare
- Fig. 4.11. Vedere asupra operației nr.9
- Fig. 4.12. Amplasarea specifică pentru linia de montaj EPB pentru producția de serie mare
- Fig. 4.13. Verificarea în cascadă a EPB
- Fig. 4.14. Acțiunile la care este supus acuatorul
- Fig. 4.15. Diagrama Putere (KN) – Turație (rot/min) dezvoltată de EPB, pe parcursul testării dinamice
- Fig. 4.16. Reprezentarea grafică și tabelară a eșecurilor pe o perioadă de 26 luni
- Fig. 4.17. Încercarea N.i.O. după remontare
- Fig. 4.18. Încercarea N.i.O. după remontare
- Fig. 4.19. Exemple de analiză a componentelor unui actor; carcasa și elementele componente
- Fig. 5.1. Triunghiul calitate–cost– timp
- Fig. 5.2. Aisbergul costurilor suplimentare utilizate pentru înlăturarea erorilor
- Fig. 5.3. Cercul Deming
- Fig. 5.4. Controlul procesului conform Six Sigma
- Fig. 5.5. Distribuția frecvenței de apariție a defectelor
- Fig. 5.6. Valoarea medie și specificația pentru deviația standard 3σ
- Fig. 5.7. Valoarea medie și specificațiile clienților pentru deviația standard 6σ
- Fig. 5.8. Valorile $Cp3\sigma$ și $Cp6\sigma$ pentru capabilitatea unui proces centrat
- Fig. 5.9. Valorile $Cp3\sigma$ și $Cp6\sigma$ pentru capabilitatea unui proces necentrat
- Fig. 5.10. Evoluția capabilității procesului de la $3,8\sigma$ la 4σ
- Fig. 6.1. Matricea determinării ordinii de importanță a factorilor generatori de beneficii
- Fig. 6.2. Rezultatul grafic al analizei cost - beneficiar

LISTA TABELELOR

- Tabelul 2.1. Abordarea istorică a managementului calității
- Tabelul 2.2. Standarde utilizate în România conforme cu standardele U.E.
- Tabelul 2.3. Tabel cu valorile măsurate
- Tabelul 3.1. Evaluarea necesității aplicării măsurilor de îmbunătățire
- Tabelul 3.2. Evaluarea importanței defectărilor (S) în cazul aplicării FMEA defectelor de produs sau proces
- Tabelul 3.3. Domenii (direcții) de aplicabilitate a FMEA
- Tabelul 3.4. Rezultatele analizei FMEA. Formular
- Tabelul 3.5. Fișa de analiză FMEA –pentru EPB 1
- Tabelul 3.6. Fișa de analiză FMEA pentru Unitatea de angrenare a motorului
- Tabelul 3.7. Fișa de analiză FMEA pentru nivelul 3 de analiză
- Tabelul 3.8. Fișa de analiză FMEA a erorilor de montaj
- Tabelul 5.1. Relația între costurile calității și nivelul calității, în funcție de nivelul sigma
- Tabelul 5.2. Echivalența dintre valorile lui σ și DPMO
- Tabelul 5.3. Corelația dintre DPMO, CPK și Sigma

LISTA ABREVIERILOR

- ADD** – Metoda arborelui de decizie;
- CMMI** – *Capability Maturity Model for Integration* - Model integrat pe aspectele specifice ale unor procese stabile/ reprezentative la nivelul unei companii;
- DAR** – Funcția de Eliberare automată a frânei de mână;
- DBF** – *Dynamische Bremse Funktion* – Funcția de frânare dinamică;
- DPMO** – Defecte la un milion de oportunități;
- EFQM** – *European Foundation for Quality Management* – Fundația europeană pentru managementul calității;
- EMC** – *Electromagnetical compatibility*- compatibilitate din punct de vedere electromagnetic.
- EPB** – *Electric Parking Brake* - Frâna electrică de parcare. În funcție de producătorii de autoturisme, EPB, ca și echipament, este de asemenea cunoscut sub numele de **APB** (*Automatic Parking Brake*), **EFB** (*Elektrische Feststellbremse*) sau **EMF** (*Elektromotorische Feststellbremse*); EPB se poate realiza în mai multe variante constructive: C.P. - *Cable Puller* - cu cablu de tracțiune ; D.S. - *Dual Servo* – cu dublu serviciu, C.I:- *Calliper Intergratet* – cu etrier integrat;
- ECU** – Subansamblul electrohidraulic de comandă (Actuator) al EPB;
- FMEA** – *Failure Mode Effects Analysis* – Analiza modului de apariție a defectelor;
- HDRC** – *Hot Disk Re-Clamp* - Restabilirea forței de blocare, după contractia discului punții din spate a autovehicolului;
- i.O..** – *in Ordnung* – Produs acceptat la control, produs conform documentației;
- ISO/TS 16949:** sau **2002 9000 QS/ VDA 6.1.** – Standarde utilizate în construcția de automobile;
- LCS/ LCI** – Limita de control superioară/ inferioară;
- LQW** – *Lernerorientierte Qualitätstestierung in der Weiterbildung* - Testul calității cu aspect didactic pentru educația continuă;
- NiO** – *Nicht in Ordnung* – produs rebut, neconform cu documentația;
- PMBOOK** - *Project Management Book* – Metodă specifică utilizată în managementul calității;
- QLF** – *Quality Loss Function* – Funcția pierderilor de calitate;
- QEP** – *Qualität und Entwicklung in Praxen* – Practici de schimbare calitativă;
- RPN.** – *Risk Priority Number* – Număr de risc prioritar;
- TQM** – *Total Quality Management* – Managementul total al calității.

1. INTRODUCERE

1.1. Noțiuni generale

Wir haben nie die Zeit, etwas gleich richtig zu machen,
wir haben aber immer die Zeit, es noch einmal zu machen.“^[49]

"Niciodată noi nu avem timp să facem o lucrare bine de prima dată,
dar avem mereu timp să refacem acea lucrare"

Citatul scoate în evidență în mod clar că pentru a atinge zero-defecte în producție, este nevoie de o regândire fundamentală a proceselor care definesc realizarea integrală a unui produs sau serviciu. Obiectivul fiecărei companii ar trebui să fie, în fazele timpurii de dezvoltare a produsului fazele de cercetare/proiectare produs, și în paralel studiile de piață preliminară, un grad înalt de stabilitate a proceselor din punctul de vedere al garanției de realizare. Acest lucru presupune că procesul de proiectare să fie eficace și eficient. După Göbbert calitatea unui produs va fi și în viitor un criteriu de diferențiere pe piața mondială [72].

Datorită potențialului economic semnificativ pentru prevenirea greșelilor, în ultimele decenii s-au elaborat tehnici preventive de îmbunătățire a calității, atât în fazele de fabricare cât și în cele care vizează managementul executiv.

Numai producătorii care în timp scurt pot reacționa la schimbările clienților în ciclul de viață al produsului, și de asemenea pot arăta în paralel un nivel de calitate cerut produsului furnizat, pot investi pe termen lung în resurse decisive pentru dezvoltarea de noi produse [71].

Pentru prevenirea și reducerea rebuturilor din producție în ultimii ani sunt utilizate tehnici preventive specifice managementului calității; metoda Six-Sigma ca parte a programului de cercetare științifică, este una dintre acestea.

Concurența din ce în ce mai mare de pe piața de automotive a făcut ca multe companii să caute un concept durabil prin care procesele din companie în conformitate cu criteriile de calitate, timp și cost să fie optimizate.

Calitatea, costul și timpul sunt cunoscute ca „triumghiul magic”[162].

În special în industria de automobile și în industria orizontală de furnizori, aceste elemente sunt decisive pentru eficiența economică generală, fapt pentru care ele sunt în centrul atenției. La prima vedere, se pare că realizarea de o înaltă calitate cu costuri mai mici la un moment dat este o relație conflictuală de obiective [134].

Cu toate acestea, poate fi demonstrat că o îmbunătățire a ratei defectelor duce la o îmbunătățire a valorii nete a producției. O strategie de „zero defecte în producție”, crește competitivitatea unei companii prin creșterea capacității de producție, productivitatea muncii și termenele de livrare [162].

Metoda Six-Sigma este potrivită pentru acest scop, în cazul în care în mod constant este introdusă și pusă în aplicare, atât în procesele finale de fabricare – montaj, cât și în procesele orizontale de fabricare de componente. Ca urmare, producătorii de autoturisme cer furnizorilor lor o livrare de produse cu o calitate la nivelul zero-defecte, sau undeva în vecinătatea acestui nivel. Companiile care acceptă și integrează de la început un nivel ridicat de Six-Sigma pot realiza și reduceri de costuri în paralel cu asigurarea unor nivele de calitate accesibile; în același timp ele generează și avantaje din punctul de vedere concurențial.

1.2. Obiectivele tezei de doctorat

Prezenta teză de doctorat vine să completeze cu informații utile aspecte specifice procesului de îmbunătățire a calității proceselor de fabricare a unei familii de produse importante din domeniul automotive: familia de produse EPB.

Scopul tezei este, ca să pună în evidență, pe baza elementelor fundamentale a managementului calității, precum și a noilor cerințe (cerute de clienți și reglementate de noile standarde), să investigheze și să descrie rolul metodei Six-Sigma pentru reducerea erorilor, în producție în vederea creșterii calității produsului final.

Teza este rezultatul unei activități de peste patru ani a autorului, în această direcție; el este unul din membrii echipei care a transpus în realitate linia de fabricare/montaj a componentelor frânei, aducând, pe parcurs, îmbunătățiri care au vizat aspecte specifice calității produselor. Din perspectiva aspectelor prezentate mai sus se pot enumera obiectivele tezei ca fiind:

1. Analiza tendințelor actuale privind îmbunătățirea calității produselor pentru industria orizontală specifică automotive.
2. Prezentarea aspectelor specifice utilizării metodei FMEA ca un instrument pentru îmbunătățirea calității componentelor unui produs complex.
3. Aspecte specifice privind dimensionarea structurilor de fabricare, în vederea creșterii capacității acestora, ținând seama de cerințele în diversificare a clienților, dar și de prevederile standardelor în domeniu.
4. Elaborarea unui program de control final al produsului care să prezinte informații privind comportarea statică/dinamică a EPB, program personalizat pentru fiecare produs livrat de linia de montaj.
5. Utilizarea metodei Six Sigma pentru asigurarea unui nivel al calității cerut de clienți, în condițiile diversificării programului de fabricare.

1.3. Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat este structurată pe următoarele capitole:

Capitolul 1. Introducere

Capitolul 2: Managementul Calității.

În acest capitol se prezintă aspecte definitorii ale managementului calității, în contextul ingineriei sistemelor de producție, cu modelele și standardele aferente. Calitatea este prezentată ca și concept din punct de vedere al evoluției sale, din punct de vedere tehnic, autorul insistând asupra elementelor care facilitează trecerea de la managementul calității la Total Quality Management. Se pune un accent deosebit pe instrumentele utilizate pentru evaluarea calității, dar și pe corelația dintre funcția pierderilor de calitate și distribuția produselor, având în vedere specificațiile inițiale impuse de clienți.

Capitolul 3: FMEA- Metodologie de control a calității. Acest capitol se referă la modul în care utilizând o aplicație FMEA se asigură controlul calității fabricației unui produs din familia frânei de parcare electrice, în speță EPB1. Pornind de la descrierea modului de aplicare al metodei FMEA se realizează o aplicație concretă pentru patru nivele de siguranță ale EPB1, autorul are în vedere inclusiv interconexiunile posibile pentru a evidenția rețeaua de conexiuni aferentă acestui tip de frână.

Capitolul 4. Linia de asamblare componente mecanice/electrice pentru sisteme de frânare.

Pentru cele trei produse din familia EPB sunt prezentate în detaliu procesele

de fabricație/asamblare - control ale componentelor mecanice și electrice. Ținând seama de volumele de producție preconizate se prezintă și soluția modificării liniei de montaj, în condițiile trecerii la producția de serie mare. În partea finală a capitolului se dezvoltă un program de control final și evaluare a produsului finit, în vederea livrării lui pe linia de montaj final a autovehiculelor.

Capitolul 5: Aspecte privind analiza erorilor în fabricația EPB.

Se fac referiri la relația existentă între calitate, cost și timp în evaluarea defecțiunilor de fabricare din cadrul procesului de montaj EPB. Se analizează problema din punctul de vedere al calității fabricației în funcție de rata de eșecuri la operațiunea finală. Se prezintă principalele aspecte ale metodei Six-Sigma și domeniile de aplicare. În partea finală se efectuează o evaluare a posibilităților de diminuare a erorilor la montaj, utilizând această metodă.

Capitolul 6: Calculul eficienței economice.

Se face un calcul general al eficienței economice. Se fac referiri la analiza globală cu referire la eficiența economică a procesului de asamblare – montaj; în același timp autorul face referiri și la efectele utilizării FMEA în procesele de montaj componente ale EPB.

Capitolul 7: Concluzii finale și contribuții proprii.

Se prezintă propuneri de soluții pentru optimizarea procesului de asamblare pentru partea mecanică a sistemului de frânare manual.

În cadrul capitolului sunt redată aspectele teoretice/practice rezultate din activitatea de cercetare, în vederea asigurării de produse conforme, din punctul de vedere al nivelului de calitate/siguranță în exploatare, cu cerințele documentației clienților.

Se prezintă propuneri de soluții pentru optimizarea procesului de asamblare pentru componentele mecanice a sistemului de frânare în conformitate cu cerințele reglementate de noile standarde elaborate în domeniul industriei de automobile.

2. MANAGEMENTUL CALITĂȚII

Managementul calității poate fi definit ca un ansamblu de activități organizate care au rolul de a îmbunătăți calitatea produselor, a proceselor și a serviciilor aferente. În industrii, cum ar fi industria aerospațială, industria de echipament medical, industria medicală și din industria de reabilitare medicală sau din industria de medicamente și producția de alimente, sistemul de management al calității guvernează procesele, din fazele inițiale ale proceselor, și terminând cu studiul efectelor produselor asupra utilizatorilor. De altfel încă din anul 1900 au fost dezvoltate primele modele distincte pentru standardizarea managementului calității.

Sistemele de management al calității sunt utilizate în special în vederea satisfacerii necesităților clienților; aceasta având în vedere și definiția dată conceptului de calitate de Societatea Americană pentru Calitate: *Totalitatea caracteristicilor, a caracteristicilor produsului și a serviciilor aferente care au abilitatea de a satisface necesitățile explicit/implicite ale clienților*. Există însă și cazuri în care managementul calității asigură un areal mult mai vast, având în vedere și faptul că un aspect important al managementului calității vizează asigurarea unei bune imagini a produsului în fața clienților; în special specialiștilor în marketing și a unei părți a clienților această definiție le convine; pentru ei managementul calității impune obținerea unor caracteristici de calitate mai bune, performanțe mai ridicate ale produselor, câteodată chiar implicații în reducerea de costuri, și asigurarea unor servicii de mentenanță performante. Pe de altă parte pentru managerii coordonatori a proceselor de producție managementul calității este orientat înspre asigurarea calității proceselor de fabricare propriu zise, a proceselor auxiliare și a celor anexe, în vederea asigurării indicatorilor de calitate a produsului finit conform documentației aferente.

2.1. Abordarea Managementului Calității ca și concept

Din punctul de vedere economic managementul calității, ca parte a zonei funcționale de management, vizează îmbunătățirea prin sporirea eficienței muncii sau a calității acesteia precum și îmbunătățirea proceselor de afaceri. Domeniul include optimizarea serviciilor de comunicare, în special pe industriile orizontale, elaborarea de strategii profesionale, menținerea sau creșterea satisfacției clienților, la care se mai adaugă și motivarea forței de muncă, standardizarea anumitor acțiuni și procese, elaborarea standardelor pentru produse sau servicii, documentarea continuă, interes constant pentru dezvoltarea profesională, proiectarea de echipamente specifice și proiectarea locurilor de muncă în conformitate cu cerințele proceselor de fabricare.

Calitatea se referă atât la produsele comercializate și servicii precum și la procesele interne ale organizației și este definită ca nivelul în care sunt îndeplinite cerințele din punctul de vedere al produsului sau al procesului.

Aceste cerințe pot fi definite în mod explicit, dar ele pot fi, de asemenea, furnizate implicit (așteptări). Calitatea este cea care îmbină gradul de conformitate al cerințelor impuse produsului (cerințe formulate în mod explicit) și al așteptărilor (formulate în mod neexplicit), pentru un produs sau un serviciu. În condițiile unui management al calității performant în timp, cerințele se vor transforma în așteptări.

Managementul calității, prin urmare, nu duce neapărat la un profit imediat, dar controlează realizarea unei calități specificate. De aici rezultă și ideea că proceselor de fabricație ale unui produs mai ieftin, li se pot aplica elementele specifice managementului calității.

Certificările de calitate actuale, cum ar fi ISO, nu spun nimic despre calitatea intrinsecă produsului, cum se sugerează în unele publicații, ci fac referiri numai cu privire la calitatea managementului în procesul de fabricație.

- A) **Abordarea istorică** a conceptului de calitate evidențiază faptul că odată cu utilizarea unei noi surse, forța aburului, și dezvoltarea breslelor, s-au creat condițiile pentru apariția revoluției industriale; strategiile specifice de răspuns în domeniul managementului calității au avut în vedere apariția specificațiilor scrise, folosirea instrumentelor/ a testelor de laborator, apariția procedurilor de verificare specifice. De aici și până la implementarea sistemului taylorist în activitatea de producție nu a fost decât un mic pas, generat de creșterea gradului de complexitate a produselor, dar și de sporirea volumelor de producție; noile strategii cu referire la managementul calității au avut în vedere efectuarea de controale și verificări la nivel centralizat, în departamente specializate; în același timp, arealul managementului calității s-a extins și asupra modului de comportare a produselor în timp, la beneficiari, apelându-se la noi noțiuni cum ar fi: fiabilitatea componentelor, proceduri de mentenanță specifice, asigurarea redondanței minime pentru a menține în funcțiune produsele și echipamentele fabricate.

Juran (1) arată că în urma dezvoltării societății, a condițiilor și forțelor rezultate, li s-au opus strategii specifice în managementul calității, cu un trend evolutiv în timp; astfel, dacă la începutul secolului XX, dezvoltarea societății omenestei avea ca și obiective obținerea de alimente pentru a elimina foamea, specializarea furnizorilor de hrană prin diviziunea muncii, susținerea și dezvoltarea meșteșugurilor în special la sate, strategiile adoptate în domeniul managementului calității au vizat o intensificare a acțiunilor de controlul calității din partea consumatorilor; un control mai intens al consumatorilor pe piața rurală a avut loc odată cu apariția schimbului de mărfuri, datorat diviziunii sociale a muncii.

După ce de al doilea război mondial, s-au dezvoltat aspectele cu referire la posibilitatea de previzionare a comportării în exploatare a produselor la beneficiari, proces care a generat strategii bazate pe calculul statistic al comportării produselor în exploatare, și continuat cu strategii de dezvoltare a activităților de mentenanță specifice produselor.

Dezvoltarea managementului calității, sub diverse forme de manifestare, a cunoscut următoarele perioade distincte de dezvoltare (Tabelul nr. 2.1):

Tabelul 2.1

Abordarea istorică a managementului calității

Perioada	Index	Descriere proces	Firme/Pionieri
>1900	Controlul de calitate inclus în procesul de fabricare.	Sortarea produselor în sistem binar	Control efectuat de executant Controlul maistrului
1900-1930	Controlul de calitate	Controlul pe baza de	Control executat de specialiști în control

		conformitate	
1930-1950	Măsurile de calitate la nivel de companie	Controlul de calitate statistic.	E. Shewhart, Motorola
1950-1970	Strategii de control.(Zero-defecte)	Controlul total al calității	J.M.Juran, W.E.Deming, Philip B. Crosby, Ishikawa
1970-1990	Sisteme de asigurare a calității produselor.	Calitate totală, metode specifice: Six-Sigma EFQM -9 criterii holistice	Companii specializate în elaborarea și implementarea programelor pe calitate totală
1990-în prezent	Sisteme de Management al Calității	Integrarea producător cu furnizorii, beneficiarii produselor	Companii specializate în elaborarea/implementarea programelor de management al calității la nivel de companie.

Evitarea piedicilor puse în fața producătorilor europeni și americani datorate unei calități necorespunzătoare, pentru produsele industriale, a fost asigurată, într-o primă fază, de organizații specializate în efectuarea de audituri, în vederea protejării societății de aceste produse noncalitative. În același timp, prin reglarea legislațiilor naționale, și dezvoltare a unor procese de standardizare tot mai ample, s-a realizat o sporire a nivelului de responsabilitate a echipelor manageriale, ajungându-se chiar la responsabilitatea personală a managerilor, față de produsele realizate. Strategiile adoptate în managementul calității s-au extins la toate funcțiunile companiilor, indiferent de locul pe care acestea îl ocupă în companie și în procesul de fabricare; mai mult se caută soluții pentru îmbunătățirea managementului calității în mod continuu, într-un ritm constant, am putea spune chiar revoluționar, apelându-se la rezultatele revoluției japoneze în domeniul managementului calității. Strategiile adoptate în managementul calității, în consens cu condițiile impuse de revoluția japoneză în domeniul calității vizează eforturile orientate către responsabilizarea întregului personal al companiei în vederea îmbunătățirii calității (indiferent de poziția ocupată în cadrul companiei), a reducerii importurilor de materiale și componente și evitarea stărilor de „criză” prin care au loc reduceri de productivitate a muncii, prin apelul la „cercurile calității”.

B) **Abordarea structurală.** Din punctul de vedere al **asigurării controlului calității** unui produs sau serviciu trebuie avut în vedere faptul că, conceptul de control al calității unui produs este determinat de tipurile de activități, dar și de managementul aplicat de către producător (figura nr. 2.1). sunt evidențiate trei direcții distincte pentru asigurarea unui proces de control al calității performant:

- **Controlul calității procedurilor de lucru;** aici sunt incluse procesele de control a fabricării propriu zise, calitatea proceselor de asamblare/montaj, calitatea proceselor de aprovizionare – logistică, și calitatea proceselor de mentenanță a echipamentelor de lucru;
- **Controlul calității proceselor auxiliare;** include procesele de cercetare – proiectare; recepția calității materialelor necesare produsului; calitatea resursei umane utilizată în proces;
- **Controlul calității proceselor anexe;** calitatea proceselor de desfacere – vânzare către beneficiari, asigurarea perioadei de garanție pentru produse,

prelucrarea statistică a datelor care vizează calitatea produsului sub aspectul comportării produsului la beneficiari.

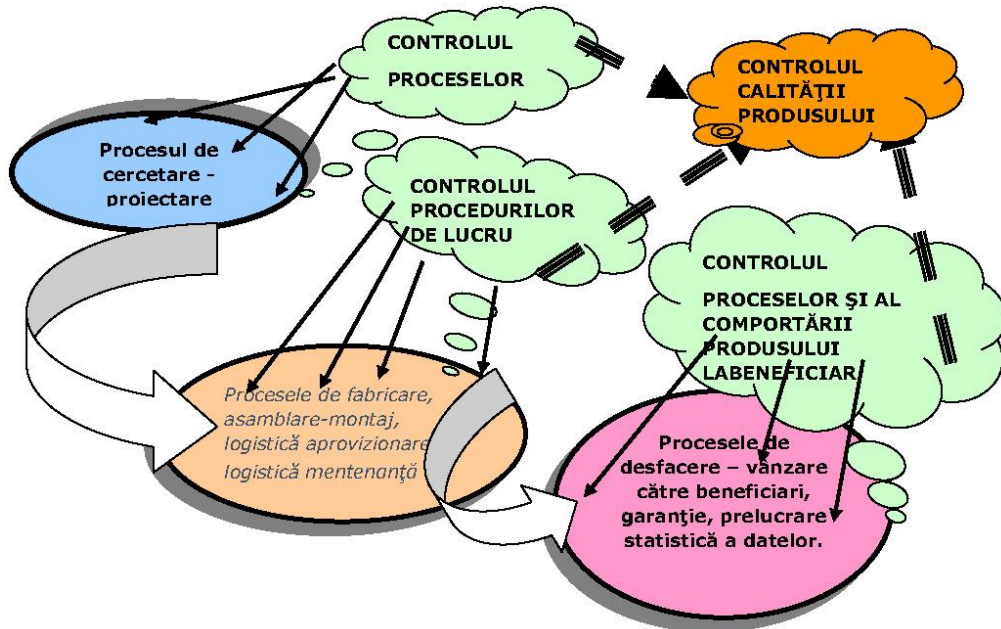


Fig. 2.1. Componentele controlului calității produsului

Prin **managementul calității unui produs** se înțelege, în acest sens, o însumare, într-un mod specific, a activităților de control, dar și a procedurilor aferente acestora. Este vorba aici de însumarea activităților cu specific de control de calitate a proceselor de bază, anexe și auxiliare, și a procedurilor ocazionate de realizarea unui produs.

Din punct de vedere **structural**, procesul de control al calității este asimilat activităților de verificare, prin diverse metode specifice a conformității caracteristicilor produsului cu documentația aferentă (figura nr. 2.2.). Verificarea se poate realiza prin examinarea produsului, măsurarea dimensională sau parametrică a caracteristicilor produsului, prin încercări pe standuri de simulare sau prin încercări de funcționare la mers în gol sau în sarcină, sau prin analize a rezultatelor finale; toate acestea în vederea asigurării conformității produsului cu documentația aferentă.

CONTROLUL CALITĂȚII :

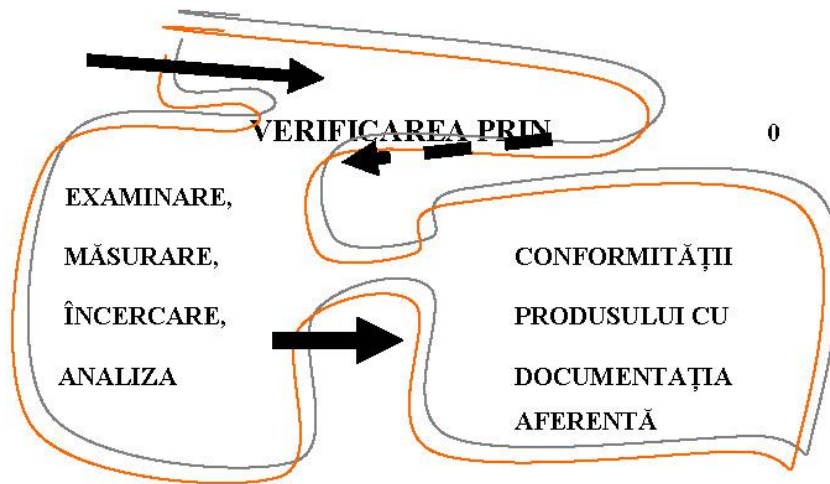


Fig. 2.2. Structura activității de control al calității

Din punct de vedere **economic** implementarea unui sistem de management al calității are ca rezultat final creșterea (sporirea) profitului companiei prin cumularea, în diverse faze de activitate, a unor efecte specifice, așa cum rezultă din figura nr.2.3.

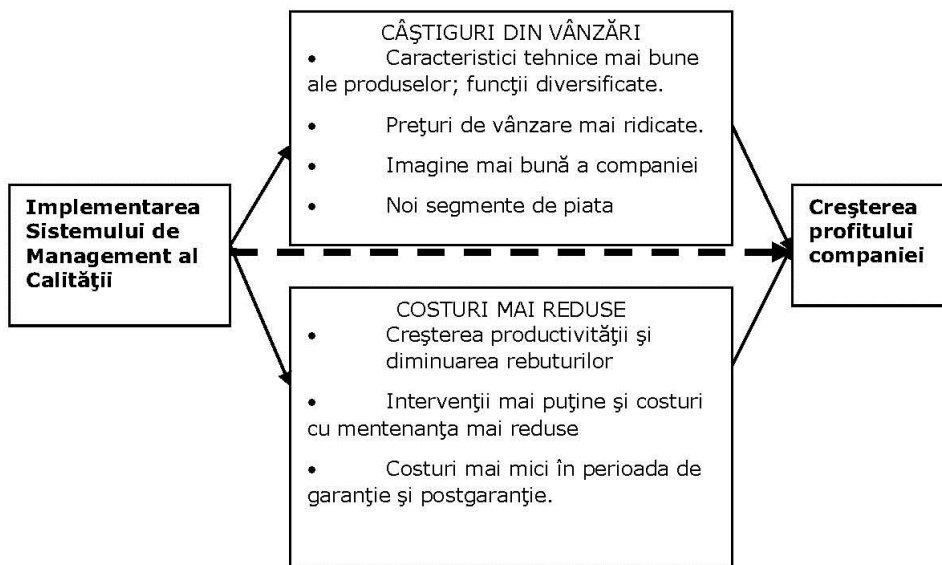


Fig. 2.3. Modalități de influențare a creșterii profitului datorită implementării unui Sistem de Management al Calității

Din figură se observă că există două căi esențiale, distincte prin care se poate influența profitul companiei: obținerea de câștiguri suplimentare din vânzări sau/ și asigurarea unor costuri mai reduse fie în fazele de producție, fie în activitățile auxiliare.

Cu cât Sistemul de Management este mai amplu, mai integrat, la nivelul companiei cu atât efectele implementării sale sunt mai evidente. Aceasta face ca pentru multe companii implementarea Sistemului de Management Total al Calității (TQM) să constituie, într-o anumită fază de început al activității ei, „construcția”, suportul, care asigură setul de succes, în dezvoltarea viitoare în parametrii de calitate impuși de faza inițială a proiectului.

Pentru a implementa, la nivelul unei companii, Managementul Total al Calității (TQM) este necesară parcurgerea unui anumit algoritm, constituit din patru etape distincte (figura nr. 2.4).

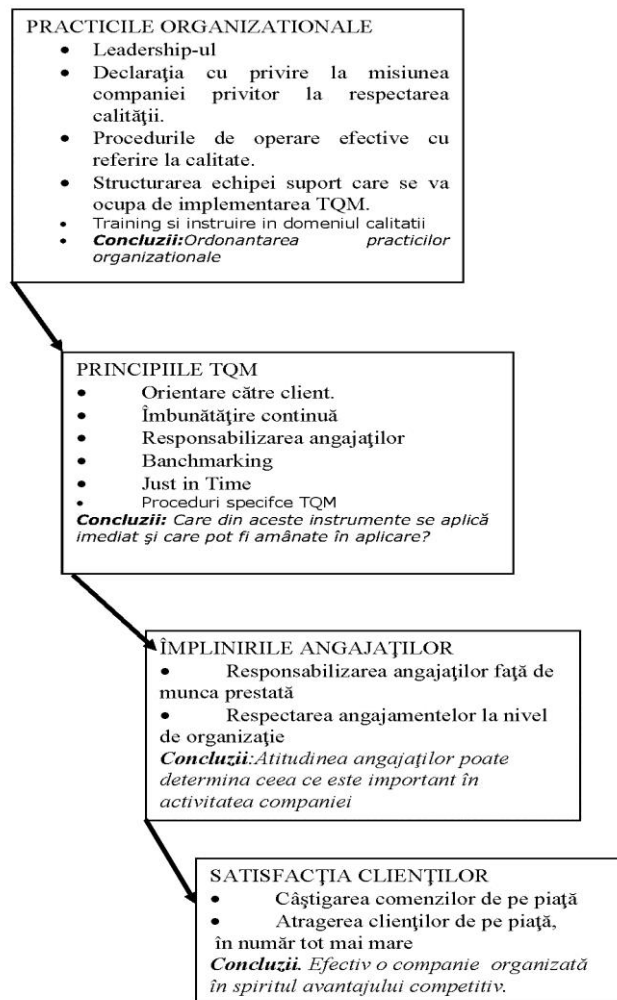


Fig. 2.4. Algoritmul activităților necesare pentru implementarea Managementului Total al Calității la nivelul unei companii

Din figură se observă că cele patru etape ale algoritmului vizează aspecte legate de: selecția instrumentelor specifice practicii organizaționale, proceduri de selecție a instrumentelor specifice TQM, atitudinea angajaților referitor la importanța activităților din companie, și, nu în ultimul rând, imagineacompaniei în oferirea unui avantaj competitiv în piața clienților. Problematika abordată în procesul de implementare include optimizarea structurilor de comunicare, strategii pe termen mediu și lung, menținerea sau creșterea satisfacției clienților, precum și motivarea forței de muncă, standardizarea anumitor acțiuni și procese, standardul pentru produse sau servicii, documentarea, dezvoltarea profesională, echipamente și proiectarea locurilor de munca, sub aspect ergonomic și al corespondenței spațiului alocat.

2.2. Modele și standarde specifice managementului calității

Există un număr de standarde ale managementului calității, care sunt folosite ca și cerință obligatorie în vederea implementării unui sistem de management al calității. Aplicarea lor, ca modele, în diverse state a evidențiat faptul ca ele diferă ca structură, datorită unor diferențe regionale și sectoriale puternice. Astfel, producătorii din Asia și anglo-saxonii au introdus **EFQM (European Foundation for Quality Management)** alături de **ISO 9001**. Ele sunt cele mai recunoscute modele de management al calității, ambele având părți și proceduri comune în procesul de implementare.

Modelul EFQM oferă un certificat/atestat eliberat în urma unui audit, efectuat de către un auditor, asupra procesului de fabricare propriu-zis. Obiectivul central al modelului EFQM este îmbunătățirea constantă prin inovare și învățare în toate compartimentele (ariile, zonele) societății, în colaborare cu alți utilizatori EFQM. Modelul se bazează pe cele mai bune conversii în curs de desfășurare la nivel utilizator – producător - beneficiar. Punctajele stabilite în cadrul EFQM au un caracter deosebit de motivator; ele sunt stabilite astfel încât atingerea punctajului maxim necesită eforturi deosebite din partea structurilor componente ale companiei, atât din punct de vedere al rezultatelor concrete, cât și din punctul de vedere al relaționării dintre ele. EFQM poate fi aplicată atât în companiile producătoare de produse cât și de bunuri de larg consum, în întreprinderile comerciale, cât și în infrastructurile de servicii și cele sociale. Există, în comparație cu ISO 9001:2008, o motivație mai mare pentru îmbunătățiri ulterioare

Pe de alta parte, ISO 9001:2008, este un model de competiție, care are, pe lângă scopul de a îndeplini anumite cerințe specifice procesului, implementarea unei auto-responsabilități în evaluarea calității activităților depuse de operator în procesul de fabricare.

Nu se poate încheia această scurtă prezentare a standardelor fără a trece în revistă standardul ISO 14.000, care face referire la managementul mediului în care activează companiile și care conține cinci direcții distincte de evaluare a condițiilor de mediu:

1. managementul mediului;
2. auditul/evaluarea factorilor de mediu;
3. evaluarea performanțelor în timp;
4. etichetarea situației analizate și
5. evaluarea ciclului de viață.

Aplicarea acestui standard la nivelul companiei aduce importante avantaje acesteia:

1. Imagine publică pozitivă și diminuarea expunerii la răspunderea

- companiei;
2. Aplicarea unor soluții, coordonate la nivel de sistem, în vederea reducerii poluării, prin minimizarea impactului ecologic al produselor, a serviciilor și activităților din cadrul companie;
 3. Conformitatea cu cerințele impuse de legislația în vigoare, cu referire la mediu, creându-se astfel oportunități pentru avantaje competitive în raport cu alte companii;
 4. Diminuarea numărului de audituri multiple, consumatoare de resurse.

2.2.1. Modele specifice ale managementului calității

Standarde de calitate elaborate (ca de exemplu ISO/TS 16949:2002) utilizează metodele fondatorilor școlii de calitate în industrie, având ca reprezentanți pe W. Edwards Deming, Walter A. Shewhart.

Pentru companiile care au proiecte de dezvoltare puternice, intense, generate de volume de producție de serie sau chiar masă (cu puternice departamentele de IT, dezvoltare fabricație auto, industrie farmaceutică, industria aeronautică), se aplică modelul Capability Maturity Model for Integration (CMMI), ca un model specializat pe aspectele specifice ale unor procese din aceste companii. Aplicarea CMMI este rezultatul dezvoltării tehnologiilor performante specifice primei părți a secolului XX, care a generat tendința producătorilor de a diversifica produsele, atât sub aspectul îmbunătățirii performanțelor (accentul fiind pus pe calitatea acestora), cât și sub aspectul volumelor de producție. Accentul pus pe acești doi factori a generat o nouă situație: imposibilitatea companiilor de a fabrica integral produsele; ele au fost obligate să apeleze la colaborări externe. În același timp, diversitatea sortimentală, alături de considerentele economice, a generat necesitatea dezvoltării proceselor de colaborare cu noi furnizori, producători de componente și subansamble. Astfel s-a ajuns în situația fabricației unor componente în cadrul companiei (built in house), achiziționarea de componente de la diverși furnizori (purchase from suppliers), în final asamblarea produsului finit (final assembly), controlul și desfacerea pe piață către beneficiari (customers sales).

Apare astfel aici necesitatea asigurării unui management al planificării proceselor de colaborare, de către compania coordonatoare, atât pe direcția achiziționării componentelor cât și pe direcția desfacerii produselor la beneficiari, urmărirea comportării produsului în exploatare, concomitent cu asigurarea programelor de mentenanță aferente; aceasta în consens cu programul de producție contractat de producător cu beneficiarii.

Accentul în managementul planificării se pune pe:

- Calitatea componentelor, a semifabricatelor și produselor achiziționate;
- Calitatea proceselor logistice corelată cu respectarea termenelor de livrare;
- Asigurarea proceselor de mentenanță a produselor pe perioada de garanție sau post garanție.

Managementul planificării proceselor companiei este inclus în planul de afaceri al companiei. Structura unui asemenea program (softul programului) poate fi conceput, realizat și implementat de echipa managerială; caracteristica unui program de planificare este aceea că el îmbină elementele de soft specifice companiei cu componente din sistemele ingineresti. În procesul de planificare trebuie avut în vedere faptul că tehnologia de fabricare se modifică, în sensul că devine tot mai performantă în mod continuu (o înnoire a ei producându-se aproximativ o dată la zece ani); de asemenea resursa umană (cu motivațiile ei), este într-o continuă activitate de formare, de adaptare la sarcinile postului pe care

activează. În ultimele decenii componentele planificării au tot mai des în vedere, din punct de vedere al soft-ului promovat, trei elemente distincte:

1. Procedurile și metodele care definesc relațiile de producție raportate la obiectivele companiei;
2. Resursa umană cu competențele, antrenamentul și motivația disponibile;
3. Echipamentul și instrumentele din dotare pentru executarea programului de producție.

Corolarul acestor elemente din structura softului promovat, îl constituie ansamblul proceselor de fabricare a căror finalitate este produsul finit livrabil către clienți. Procesul de fabricare, cu limitele sale, cu impunerile specifice, antrenează și orientează în activitate aceste trei elemente în vederea realizării obiectivului final: fabricarea unui produs de calitate, livrabil la termenul stabilit, în condițiile cerute de beneficiari; integrarea, în cadrul procesului a acestor trei elemente distincte constituind de fapt componentele CMMI; cu cât CMMI este mai cuprinzător (vizează un număr mai mare de activități) cu atât drumul către eficientizarea afacerii este mai ușor de realizat; mai mult aplicând CMMI în mod continuu, și cunoscând dinamica resurselor intrări se poate aprecia trendul nivelului calității proceselor de fabricare.

Monitorizarea proceselor de producție se bazează pe mijloace statistice. Printre metodele utilizate frecvent se include și metoda Six Sigma.

În managementul proiectelor sunt utilizate metode specifice de management al calității, cum ar fi de exemplu PMBOOK (Project Management Book).

În modele de calitate cu ar fi LQW (Lernerorientierte Qualitätstestierung in der Weiterbildung=Testul calității cu aspect didactic pentru educația continuă) pot fi tratate teme speciale privind calitatea din domeniul învățământului.

Certificările cele mai drastice sunt cele ale industriei de automobile, cum ar fi ISO/TS 16949:2002 sau predecesorul său, 9000 QS/VDA 6.1.

Standarde specifice sunt elaborate și în domeniul tehnologiei medicale, în domeniul de dezvoltare a cunoștințelor profesionale, în industria aerospațială, industriași centralele nucleare. Una dintre cele mai dezvoltate sisteme pentru medicină este sistemul de calitate și de dezvoltare (QEP – Qualitätund Entwicklung in Praxen = practicile de calitate și de dezvoltare). Potrivit unui studiu realizat de Fundația de Sănătate, în anul 2010 sistemul QEP a fost clasat pe locul al doilea cu o cotă de utilizare de 25,5 la sută din sistemele utilizate de medicii de familie. În medicina psihoterapeutică, QEP a fost pe locul întâi cu o cota de utilizare de 64,4 la sută.

2.2.2. Standarde de managementul calității în România

Standardele care vizează managementul și asigurarea calității produselor/serviciilor, au constituit elementele unei strategii în domeniul calității, elaborată la nivel național, care are ca obiectiv principal elaborarea de standarde care vizează calitatea produselor/serviciilor, cu caracter general, care să se alinieze în același timp, la standardele UE, odată terminată această etapă, a început etapa de elaborare de standarde și norme tehnice, care vizează activități specifice cum ar fi: standarde de mediu, standarde pentru industria automobilelor, standarde pentru industria alimentară; în tabelul nr. 2.2 se prezintă sintetizarea principalelor standarde care constituie structura de bază pentru implementarea sistemului de management al calității în România; standardele sunt structurate pe trei direcții (categori) esențiale:

22 Managementul calității - 2

- Standarde din categoria ghiduri de selecție și utilizare;
- Standarde model pentru asigurarea externă a calității;
- Standarde ghid pentru sistemul de management al calității.

Tabelul 2.2

Standarde utilizate în România conforme cu standardele U.E.

Standarde ghid pentru selecție/ utilizare	Standarde model pentru asigurarea externă a calității	Standarde ghid pentru implementarea sistemului de management al calității.
<p>1. ISO 9000-1/ 1994 (SR /1996) Standarde pentru managementul/asigurarea calității, Partea 1. Linii directoare pentru selecție și utilizare</p>	<p>1. ISO 9001/1994 (SR /1995) Sistemele calității. Model pentru asigurarea calității în proiectare/ dezvoltare, producție, instalare și service.</p>	<p>1. ISO 9004/ 1994. Managementul calității și elementele sistemului calității; partea 1. Linii directoare</p>
<p>2. ISO 9000-2/ 1997 (SR 1995, (ediția din 1993) Standarde pentru managementul și asigurarea calității - partea 2. Linii directoare pentru aplicarea ISO 9001, ISO 9002 și ISO 9003</p>	<p>2. ISO 9002/1994 (SR 1995) Sistemele calității, model pentru asigurarea calității în producție, instalare și service.</p>	<p>2. ISO 9004-2/ 1991 (SR 1995) Managementul calității și elementele sistemului calității; partea 2 Linii directoare pentru servicii</p>
<p>3. ISO 9003/1995 (SR 1995 ediția din 1991) Standarde pentru managementul și asigurarea calității - partea 3. Linii directoare pentru aplicarea ISO 9001 în dezvoltarea, livrarea și mentenanța software-ului.</p>	<p>3. ISO 9003/ 1994 (SR 1995) Sistemele calității, model pentru asigurarea calității în inspecție, și încercări finale.</p>	<p>3. ISO 9004-3 / 1991 (SR 1995) Managementul calității și elementele sistemului calității; partea 3. Linii directoare pentru materiale procesate.</p>
<p>4. ISO 9000-4/ 1993 (CEI 300-1) Standarde pentru managementul și asigurarea calității - partea 4. Linii directoare pentru managementul siguranței în funcționare. CEI/ DIS 300-2 <i>MANAGEMENTUL SIGURANȚEI ÎN FUNCȚIONARE- PARTEA 2. Elemente și sarcini ale programului de siguranță în funcționare.</i></p>		<p>4. ISO 9004/ 1993 (PSR 1998) Managementul calității și elementele sistemului calității; partea 4: Linii directoare pentru îmbunătățirea calității.</p>

Din punct de vedere al domeniului de aplicare, în prezent se utilizează următoarele standarde ca și ghiduri specifice următoarelor domenii.

1. GHIDURI PENTRU IMPLEMENTAREA SISTEMELOR DE MANAGEMENT AL CALITĂȚII (SMC):
 - ISO 8402/ 1994 (SR /1995); Managementul și asigurarea calității – Vocabular;
 - ISO 10.013/ 1995 (SR /1997); Ghid pentru elaborarea manualelor calității.
2. STANDARDE PENTRU MANAGEMENTUL CALITĂȚII:
 - ISO 10005/ 1995 Managementul calității. Ghid pentru planurile calității;
 - ISO/ DIS 10006/ 1995 Managementul calității. Ghid pentru calitatea managementului proiectului;
 - ISO 10007/ 1995. Managementul calității. Ghid pentru managementul configurației;
 - *BS 7000/1985 Ghid pentru managementul concepției produsului;*
 - *MIL – STD – 882C/1993 Cerințele programului de securitate a sistemelor;*
 - *MIL – STD – 1521B/1985 Analize tehnice și audituri pentru sisteme, echipamente și software;*
 - ISO/ DIS 10014 Efectele economice ale calității;
 - ISO/ DIS 10015 Instruire continuă;
 - ISO/ DIS 10016 Documente referitoare la calitate.
3. STANDARDE PENTRU AUDITUL CALITĂȚII:
 - ISO 10011-1/ 1990 (SR/ 1993) Linii directoare pentru auditarea SQ. Partea 1. Auditarea;
 - ISO 10011-2/ 1991 (SR 1993) Linii directoare pentru auditarea SQ. Partea 2 – Criterii de calificare pentru auditorii SQ;
 - ISO 10011-3/ 1991 (SR 1993) Linii directoare pentru auditarea SQ. Partea 3 – conducerea programelor de audit.
4. STANDARDE PENTRU ASIGURAREA CALITĂȚII ECHIPAMENTELOR DE MĂSURARE:
 - ISO 10012-1 /1992 (SR EN 30012-1/ 1995) Cerințe privind AQ echipamentelor de măsurare Partea 1 Confirmarea metrologică a echipamentelor de măsurare;
 - ISO/ DIS 10012-2 Cerințe privind AQ echipamentelor de măsurare. Partea 2 – Cerințe privind controlul procesului de măsurare

Ratingul și limitele managementului calității

Multe modele de management al calității încercă să evalueze procesele în mod obiectiv. Se pot distinge două abordări fundamentale diferite:

- a) standardele omologabile cu cerințele minime definite pentru un sistem eficient de management al calității, cum ar fi EN ISO 9001, care sunt măsurate de auditori, auto-evaluarea propriului sistem de management al calității și o comparație între concurenți din punctul de vedere al costurilor calității, evidențiate cu ocazii cum ar fi Premiul de Excelență EFQM din partea Fundației Europene pentru Managementul Calității (industrial), Premiul de calitate Speyer (pentru sectorul public) sau Ludwig-Erhard-Preis, prețul german după normele de mare prestigiu EFQM politic în care sunt comparate eficiențele unor sisteme concurente de management al calității;
- b) In comentarii este criticat de multe ori faptul că numai rezultatele auditului

extern și modelele de certificate de management al calității rezistă împotriva unor criterii obiective, din cauză că la o auto-evaluare, de cele mai multe ori, se evaluează în favoarea propriilor situații, în mod subiectiv. În acest sens, certificatele emise de auditori, ca de exemplu cele trei tipuri de certificate EFQM, pun accent pe auditul extern și nu pe metoda de auto-evaluare.

Există și rezerve față de aplicarea managementului calității, în sensul că transferul informațiilor tehnice către utilizatori ne inițiați, sau persoane care nu au pregătirea tehnică adecvată, se face cu dificultate; aceasta și din cauză că procesele complexe nu pot fi sintetizate prin cifre cheie. Este cunoscut faptul că procesele industriale sunt controlate prin mijloace de asigurare a calității, procesul de evaluare necesitând un volum deosebit de informații tehnice.

2.3. De la managementul calității la Total Quality Management

Managementul calității este un proces auto-referențial, adică procesul în care îmbunătățirea produsului/serviciului are la bază aplicarea procesului de management al calității începând cu fazele specifice de cercetare-proiectare, continuându-se cu activitățile de punere în funcțiune a sistemului de fabricare, de aprovizionare materială și logistică, și finalizându-se cu calitatea exploatarei produsului la beneficiari. Mai mult, în managementul calității trebuie definite în esență: politica de calitate pe care compania trebuie să o dezvolte, obiectivele calității (scopuri/țeluri) și responsabilitățile asumate în vederea realizării calității produselor, a serviciilor și a activităților din cadrul unei companii.

Implementarea TQM la nivelul companiei răspunde la cel puțin trei deziderate:

1. TQM pune accent pe toate activitățile ce se derulează la nivelul companiei, începând cu acele activități care vizează furnizorii, activitățile specifice companiei, și finalizând cu activitățile care vizează beneficiarii sau utilizatorii produselor/ serviciilor companiei; mai mult prin implementarea TQM în companie, aceasta se angajează în gestionarea activităților la un nivel cât mai apropiat de excelență, în toate aspectele legate de relația producător – beneficiar.

2. Implementarea TQM permite managerilor la vârf să elaboreze decizii strategice și tactice de calitate a căror efecte se vor regăsi la nivelul deciziilor managementului executiv, acestea din urmă vizând în special așteptările clienților.

3. Prin implementarea TQM se reunesc într-un tot așteptările clienților, asigurându-se prin aceasta și accesul companiei de a concura ca lider pe piața europeană, sau pe diverse piețe naționale sau internaționale.

Expertul în calitate W. Edwards Deming recomandă 14 puncte de urmat în procesul de implementare a calității:

1. Creați coerența scopului;
2. Insistați puternic în promovarea schimbării;
3. Construiți numai produse de calitate; nu generați inspecții pentru a descoperi probleme!
4. Construiți relații pe termen lung bazate pe performanță, în loc de a dezvolta afaceri pe bază de preț;
5. Îmbunătățiți în mod continuu produsele, calitatea și serviciile;
6. Începeți selecția, formarea/instruirea resurselor umane;
7. Subliniați (creșteți) rolul leadership-ului;
8. Conduceți fără teamă;

9. Eliminați barierele dintre departamente;
10. Opriti discursurile angajaților;
11. Sprijiniți, ajutați și implementați;
12. Eliminați barierele create de mândria în muncă;
13. Instituiți un viguros program de educație și auto implementare;
14. Impuneți fiecărui membru al companiei să muncească pentru a transforma.

Aceste puncte au fost sintetizate ulterior în șase elemente (pași de urmat) care stau la baza implementării unui program de management total al calității (TQM):

- A) Îmbunătățirea continuă;
- B) Formarea/instruirea angajaților;
- C) Benchmarking;
- D) Just in Time (JIT);
- E) Conceptele Taguchi;
- F) Instrumente utilizate în implementarea TQM.

Cum trebuie înțeleasă respectarea și implementarea acestor pași?

A) Îmbunătățirea continuă. Introducerea sistemului TQM necesită un proces permanent în timp de îmbunătățire continuă a resursei umane, a echipamentelor disponibile, a furnizorilor de resurse, a materialelor și a procedurilor utilizate în procesele de cercetare-proiectare, producție și desfacere. Filozofia care stă la baza acestui concept este aceea că fiecare componentă a unei operații/activități poate fi îmbunătățită, scopul final al acestui proces fiind PERFECȚIUNEA, care nu poate fi atinsă niciodată, dar mereu este căutată.

Pornind de la faptul că, în timp, procesul de îmbunătățire are un caracter ciclic, Walter Shewhart a dezvoltat un model circular al procesului de cunoaștere cunoscut sub denumirea PDCA (Plan-Do-Check- Act.) – figura nr. 2.5. Conceptul a fost dezvoltat de Deming după cel de-al doilea Război Mondial, în Japonia.



Fig. 2.5. Modelul ciclului de cunoaștere după W. Shewhart

Ciclul evidențiază cele patru etape al procesului de cunoaștere: 1. PLAN (PLANIFICĂ) – în sensul identificării procesului de îmbunătățire și conceperea unui plan de acțiune. 2. DO (FĂ) -testarea planului conceput din punctul de vedere al soluțiilor conținute. 3. – CHECK (VERIFICĂ) – vezi dacă planul este aplicabil în vederea obținerii unor rezultate pozitive. 4. ACT (ACȚIONEAZĂ) – Implementarea planului de îmbunătățire conceput.

Japonezii utilizează cuvântul KAIZEN pentru descrierea acestui proces continuu de îmbunătățire - am putea spune fără sfârșit – și care are filozofia obținerii unei calități din ce în ce mai bună, pentru obiective din ce în ce mai dezvoltate.

În Statele Unite implementarea TQM utilizează metode specifice cum ar fi: Zero defecte, sau Six Sigma pentru a evidenția eforturile de îmbunătățire continuă; o mulțime de cuvinte sau expresii pot fi utilizate pentru evidențierea procesului de îmbunătățire continuă, în faza de proiectare și testare a unui program TQM; implementarea programului însă necesită existența unei culturi a muncii care să accepte și să militeze pentru îmbunătățirea continuă ca un proces natural inclus în factorul de progres.

B) Formarea/instruirea angajaților are în vedere faptul că angajații companiei trebuie să fie instruiți și implicați în toate fazele proceselor de fabricare, în mod continuu. Literatura de specialitate evidențiază faptul că 85% din problemele care vizează o calitate necorespunzătoare a produselor se datorează fie materialelor necorespunzătoare, fie proceselor de fabricare non calitative; numai 15% din problemele care vizează calitatea necorespunzătoare au la bază lipsa de performanță a angajaților.

Când apar neconformități cu privire la calitatea unui produs, cauzele pot fi: a) proiectarea necorespunzătoare a produsului, b) proiectarea necorespunzătoare a procesului de fabricare, c) operatorul nu este instruit conform cu prevederile documentației procesului de fabricare; rareori operatorii poartă vina pentru aceasta. De altfel remediarea cea mai rapidă și mai economicoasă se poate realiza apelând la instruirea operatorului.

Studiile evidențiază faptul că în aplicarea de programe TQM la nivelul companiilor se obțin rezultate de două ori mai bune dacă ele au în vedere delegarea responsabilităților cu referire la calitate către nivelele de bază (instruire operatori, șefi de linii de fabricare, șefi de atelier, coordonatori de locuri de muncă), decât dacă se transmit directive către managementul de top, urmând ca acesta, la rândul său să transmită informațiile specifice către structurile în subordine.

Tehnicile pentru formarea/instruirea operatorilor includ:

- a) realizarea de rețele de comunicare în care să fie incluși operatorii;
- b) dezvoltarea unor tehnici de supraveghere deschise utilizând supra-veghetori externi locului de muncă;
- c) transferul de responsabilitate de la nivelul echipei manageriale la nivelul operatorilor din producție;
- d) realizarea unei organizații cu moral ridicat (specific învingătorilor);
- e) crearea din structuri organizaționale formale a unor echipe, structuri sub forma cercurilor de calitate. În activitatea lor acestea pot aborda diversele aspecte legate de îmbunătățirea calității proceselor de muncă, în vederea asigurării unei eficiențe generale a muncii.

Cercul calității poate fi format dintr-un grup de operatori care se întâlnesc cu regularitate, cu un facilitator, pentru a discuta, în comun, aspecte specifice legate de aria lor de activitate. Aceste probleme vizează calitatea sub diferitele ei ipostaze, posibilități de reducere efectivă a costurilor cu calitatea în vederea îmbunătățirii relației cost-calitate, ca sursă de creștere a productivității muncii. De obicei

întâlnirea este programată săptămânal, după terminarea programului de activitate, sau uneori în cadrul acestuia, fără existența unui sprijin financiar din partea companiei; facilitatorii sunt acceptați de echipa managerială la vârf, tocmai pentru a instrui operatorii în vederea eliminării elementelor care generează non calitatea.

C) Banchmarking-ul este o metodă de management care constă în compararea sistematică a două sau mai multor companii prin utilizarea anumitor indicatori precisi stabiliți în vederea stabilirii performanțelor ce trebuie egale sau depășiteși a practicilor adoptate.

Ca și componentă a procesului de implementare a TQM, ea folosește la compararea performanțelor companiei care implementează TQM, cu performanțele companiilor lider de piață; aceasta permite stabilirea unui țel de atins în urma implementării TQM, astfel încât dezvoltarea să aibă loc în condiții de normalitate și nu de extrem.

Pașii de urmat în vederea stabilirii unui banchmarking în companie sunt:

- a) Stabilirea indicatorilor care intră în structura banchmark-ului;
- b) Formarea echipei care va realiza banchmarking-ul;
- c) Identificarea banchmarking-ului partenerilor din piață;
- d) Colectarea și analiza informațiilor care constituie structura banchmarking-ului partenerilor;
- e) Elaborarea măsurilor pentru a atinge sau a depăși banchmarking-ul partenerilor.

Este important de subliniat faptul că alegerea companiilor pentru compararea banchmarking-ului trebuie făcută cu discernământ în sensul că este de dorit ca ele să aibă același obiect de activitate; în caz contrar, literatura de specialitate recomandă folosirea unor standarde de muncă echivalente.

D) Just in Time (JIT) - este o metodă de organizare a proceselor de fabricare prin care pe baza unor procese foarte riguroase, care se derulează cu un grad ridicat de certitudine, se asigură o aprovizionare adecvată, la intervale de timp reduse, în condițiile minimizării stocurilor, și a costurilor aferente proceselor de fabricare. Filozofia JIT este aceea de a rezolva continuu, din mers problemele care apar în procesele de fabricare, și de a asigura un volum de producție conform cu cerințele clienților, sub aspect calitativ, dar și al termenelor de livrare.

Relativ la calitate JIT evidențiază trei aspecte:

- a) JIT diminuează costurile calității. Pentru că aspecte legate de deșeuri, recondiționări, calitate slabă, sunt semnalate încă în fazele de recepție preliminară montajului final al produsului;
- b) JIT implementează calitatea. Pentru a diminua normele de timp, metoda are o evidență strictă a erorilor din proces, reducând prin aceasta potențialul surselor de erori din lanțul de colaboratori;
- c) O calitate mai bună a componentelor procesului de fabricare necesită investiții mai reduse în procesul de fabricare.

E) Conceptele Taguchi – Multe probleme privind calitatea unui produs își au originea fie în greșelile/erorile din procesele de producție, fie în greșeli din proiectare. Genichi Taguchi, legat de posibilitățile de prevenire a apariției aspectelor de calitate necorespunzătoare, elaborează trei concepte: Calitate robustă, Funcția pierderilor de calitate și Calitatea orientată spre țintă.

Calitatea robustă (Robust Quality) are în vedere produsele care sunt construite și realizate pentru a satisface necesitățile clienților, în ciuda condițiilor nefavorabile care apar și se dezvoltă în procesele de fabricare. Taguchi sugerează ideea că este mult mai rentabilă eliminarea efectului negativ al unei calități

neconforme, decât analiza cauzelor care îl generează. Dezvoltând această idee, Taguchi susține că mici modificări în calitatea materialelor utilizate la fabricarea unui produs, și/sau mici modificări în procesele de fabricare, nu distrug calitatea produsului, dacă el este conceput în spiritul calității robuste.

Funcția pierderilor de calitate (Quality Loss Function – QLF) este o funcție matematică ce identifică toate costurile legate o calitate slabă (neconformă cu documentația aferentă) a produsului. QLF arată că aceste costuri odată determinate, ele au o evoluție care depinde tot mai mult de doleanțele clienților.

Relația generală de calcul a acestei funcții este (2.1.):

$$P=D^2C \text{ (lei/produs)} \quad (2.1.)$$

În care: P – pierderea pentru societate; D – Distanța față de obiectivul (ținta) ales; C – Costul total al abaterilor (deviațiilor) față de limitele specificate inițial.

Toate pierderile datorate performanțelor slabe ale unui produs, pe care societatea le înregistrează într-un interval de timp, sunt incluse în QLF. Cu cât produsele au pierderi mai mici, cu atât ele sunt mai dorite de societate. Cu cât pierderile sunt mai severe, cu atât produsele sunt mai distanțate de obiectivele inițial propuse. Taguchi a observat că abordarea unei relații directe între calitatea de conformitate și prevederile documentației referitoare la calitatea unui produs (exprimată prin limite de toleranță), este o abordare simplistă, neperformantă, dacă se au în vedere efectele generate de o calitate necorespunzătoare, raportate la o anumită piață, sau mai precis la un anumit nivel al societății. Așa cum rezultă din figura nr. 2.6. Dacă se însumează toate pierderile care apar datorită calității necorespunzătoare, în procesele de fabricație a produselor, în desfacerea lor pe piață și în procesul de utilizare a acestora la clienți, pe o scară de la un nivel minim la nivelul maxim admisibil, volumul acestor erori se distribuie în interiorul unui paraboloid, pe cinci nivele distincte:

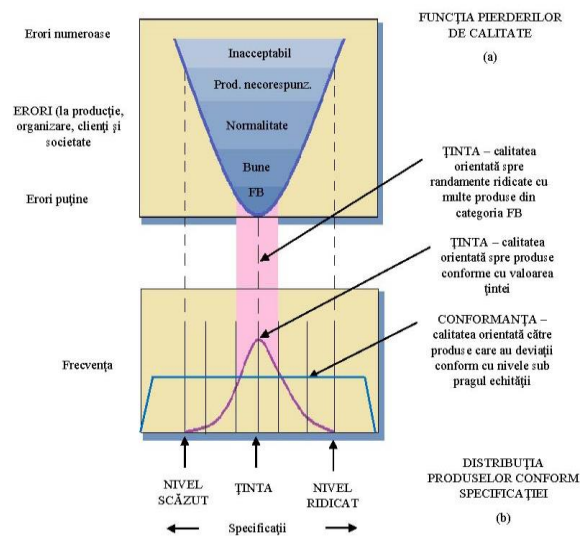


Fig. 2.6. Corelația dintre funcția pierderilor de calitate și distribuția produselor conform specificațiilor inițiale

Din figură se observă că dacă se ia în calcul funcția pierderilor de calitate, produsele se pot împărți în cinci categorii:

1. Produse de o calitate foarte bună, fără erori sau cu erori neesențiale;
2. Produse de o calitate bună, care au un număr minim de erori admisibile;
3. Produse care se încadrează în normele de calitate impuse, de Documentația aferentă a produsului;
4. Produse necorespunzătoare, cu erori peste limitele admise de documentație;
5. Produse inacceptabile, care au un număr de erori cu mult peste limita admisă de documentația produsului.

Corelând funcția pierderilor de calitate cu frecvența de apariție a defectiunilor în procesul de fabricare – desfacere – utilizare la clienți, se observă următoarele:

- a) Dacă frecvența de apariție a defectelor este asimilată cu o funcție de tip Gauss, atunci deasupra punctului de maxim al acestei curbe, obiectivul este asigurarea unei calități deosebite, care are în vedere doar produse din categoria celor foarte bune, fără defecte;
- b) Dacă frecvența de apariție a defectelor este asimilată cu funcția Gauss, în vecinătatea punctului extrem, obiectivul este atins prin livrarea de produse bune și foarte bune în parte;
- c) Dacă frecvența de apariție a defectiunilor urmează o lege de variație normală, atunci obiectivul va fi asigurat de trei grupe de produse distincte: produse foarte bune și bune (în raportul 1:1/3), produse normale (conforme cu documentația, în raportul 1:1/3) și produse necorespunzătoare (în raportul:1/3).

Aplicând concepția lui Taguchi oferta de produse, sub aspectul **calității raportate la piață**, este mult mai atrăgătoare. Deci se poate afirma că având ca obiectiv (țintă) calitatea produselor fabricate, vândute și utilizate conform documentației aferente lor, se poate dezvolta o **filozofie a calității**, care prin îmbunătățirile continui aduce produsul cât mai aproape de țintă. Filozofia calității este de fapt generatoarea unui proces specific așa zisei **Calități Robuste**.

F) Instrumente utilizate în implementarea TQM.

Calitatea nu este niciodată un accident; ea este întotdeauna rezultatul unui efort inteligent, arăta John Ruskin într-o lucrare a sa. Îmbunătățirea continuă a calității prin implementarea TQM, necesită printre altele și un efort continuu, efectuat de fiecare membru al organizației, pentru a asimila tehnicile de implementare a TQM.

Există în prezent instrumente utilizate frecvent în implementarea TQM în companii; ele sunt grupate în trei mari grupe:

1. Instrumente utilizate pentru generare de idei care cuprind:

- 1.1. Foaia de verificare;
- 1.2. Diagrama de dispersie;
- 1.3. Diagrama cauză – efect.

2. Instrumente utilizate pentru asigurarea unei baze de date, care cuprind:

- 2.1. Diagrama Pareto;
- 2.2. Diagrama de flux sau de proces (Diagrama bloc).

3. Instrumente utilizate pentru identificarea/ clasificarea defectelor sau a abaterilor din proces:

- 3.1. Histograma;
- 3.2. Diagrama de control statistic al unui proces;
- 3.3. Controlul statistic al proceselor.(FMEA).

2.1. Foaie de verificare poate fi orice fel de document conceput pentru înregistrarea datelor dintr-un proces. În multe cazuri, înregistrarea se face astfel încât modelul de foaie de verificare este conceput în timp ce datele sunt culese. Verificarea ulterioară a foii ajută analiștii să constate faptele, elementele sau modelele care pot ajuta analize ulterioare. Un exemplu poate fi cel din figura nr. 2.7. care prezintă o evidență a apariției defectelor, la un loc de muncă, pe parcursul unui schimb.

Tipul defectului	Ora							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	///	/		/	/	/	///	/
B	//	/	/	/			//	///
C	//	//					//	///

Fig. 2.7 Exemplu de Foaie de Verificare

Analiza Foi de Verificare evidențiază faptul că din totalul de 30 de defecte la nivelul unui schimb, în primele două ore s-au produs 11 produse defecte, iar în ultimele două ore s-au produs 14 produse defecte. Dezvoltând analiza pe cauze generatoare de produse defecte se pot admite următoarele concluzii:

- Defecțiunile din primele două ore își au originea în inadaptația operatorilor la locurile lor de muncă. (35% din totalul defectelor);
- Defecțiunile din ultimele două ore își au originea în apariția unui grad de oboseală mai ridicat (50% din totalul defectelor).

Dacă această structură a defectelor se menține în continuarea schimburilor ulterioare, managerul procesului se confruntă cu două opțiuni distincte:

- Necesitatea efectuării unor activități care să asigure adaptabilitatea mai rapidă a operatorilor la locurile lor de muncă: instruirea la locul de muncă, discuții cu operatorii cu o experiență mai mare în domeniu, cursuri de reciclare rapide;
- Analiza factorilor, procesului de fabricare, generatori de eforturi în vederea diminuării/eliminării lor.

2.2. Diagrama de dispersie

Diagrama evidențiază o relație între doi parametri măsurabili, care depind în mod direct unul de celălalt. (figura nr.2.8).

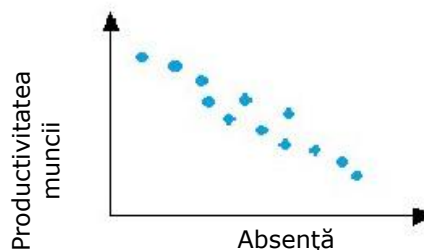


Fig. 2.8. Relația între productivitatea muncii și absenteismul semnalat la un atelier de montaj componente auxiliare

2.3. Diagrama cauză – efect

Este utilizată la analiza calității produselor în mod curent. Prin utilizarea ei se asigură o sinteză a cauzelor generatoare de defecțiuni care au ca și element final diminuarea calității. Avantajul diagramei este acela că defectele sunt repartizate pe cauze, existând astfel posibilitatea efectuării unei analize din punctul de vedere al unor criterii unice (figura nr. 2.9.).

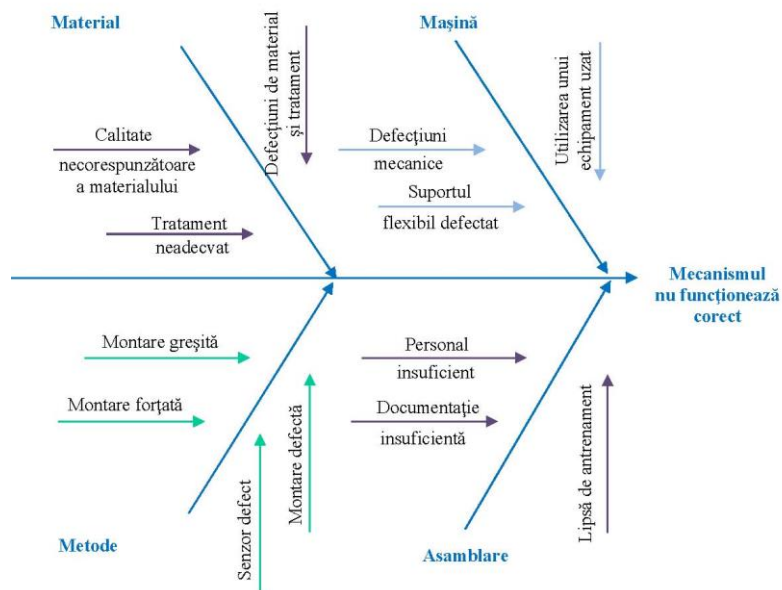


Fig. 2.9. Diagrama cauză - efect

Din diagramă se observă că funcționarea incorectă a **mecanismului care indică distanța minimă de parcare a unui autovehicul față de un obstacol**, poate avea mai multe cauze, grupate pe patru grupe: echipamente, materiale, metode de fabricare/ montaj și manopera de asamblare; fiecare din aceste direcții, la rândul ei este analizată în detaliu; evidențiindu-se cauzele posibile apariției defecțiunilor, astfel:

1. la grupa echipamente, dispozitivele folosite la montaj pot fi deteriorate datorită uzurii/deformării părții active, sau au suportul de fixare deteriorat, introducându-se astfel erori în lanțul dimensional final, ele suferind deformații în procesul de montaj;

2. la grupa materiale, componentele intrate în magazie nu au calitatea cerută de documentația de montaj, sau nu sunt tratate termic corespunzător aceleiași documentații;

3. la grupa metode, fie că sunt montate greșit componentele, fie că anumite componente sunt montate tensionat, sau senzorii sunt defecți din fabricație;

4. la grupa asamblare, se constată că din lipsa personalului suficient sunt efectuate montaje incorecte, documentația poate avea imperfecțiuni, personalul de la montaj nu are suficientă experiență pentru a asigura un montaj corect.

Opțiunile de îmbunătățire a calității produsului, elaborate de managerul de

proces, pornesc de la analiza cauzelor generatoare de defecte în oricare din aceste trei tipuri de documente; informațiile furnizate de ele constituie o bună bază de analiză inițială; la aceasta se mai pot adăuga informații obținute în urma unor ședințe de brainstorming cu angajații în cauză, efectuate în mod constant, pe parcursul fiecărui schimb. Prin aceasta se asigură o îmbunătățire continuă a nivelului calității, se creează premisele introducerii TQM în structura de fabricare respectivă, și mai ales se creează premisele participării în mod conștient a operatorilor la asigurarea sustenabilității calității în procesele de fabricare.

2.1 Unul din instrumentele prin care se asigură o bază de date utilizabilă în implementarea TQM este **Diagrama Pareto**. Prin intermediul ei se ordonează defectiunile, problemele posibile și erorile în raport cu cauzele care le-au generat. Plecând de la ideea lui Vilfredo Pareto, Joseph M. Juran a făcut o constatare deosebit de importantă: 80% din defectele de fabricare au la bază 20% din cauze; în continuarea analizei se vor corela defectiunile cu costurile ocazionate de apariția lor și se va stabili o strategie cu privire la modul în care se va asigura îmbunătățirea calitativă a procesului de montaj.

Un exemplu în acest caz îl constituie aplicarea metodei Pareto în analiza calității activităților de montaj a mecanismului care asigură distanța minimă de parcare, în vederea îmbunătățirii acestui proces. La nivelul unui schimb se produc 500 de dispozitive; dintre acestea 81 de dispozitive au fost defecte.

Managerul de produs a identificat cinci cauze principale care au generat defectele; cauzele au fost ordonate procentual, după care s-a trecut la întocmirea diagramei Pareto. (figura nr. 2.10).

1) Suportți îndoiți la montaj, în afara limitelor admise de documentație	40 buc	49,95%	2e/buc	80e
2) Senzori defecti.	13 buc	16,25%	3e/buc	36e
3) Cablaj întrerupt.	12 buc	15%	2.3e/buc	27,6e
4) Contacte imperfecte.	10 buc	12,5%	2e/buc	20e
5) Dispozitiv optic defect.	5 buc	6,25%	21e/buc	105e
TOTAL	80 buc	100%		271,6e

Diagrama Pareto pentru produsul mecanism pentru semnalizarea distanței minime de parcare

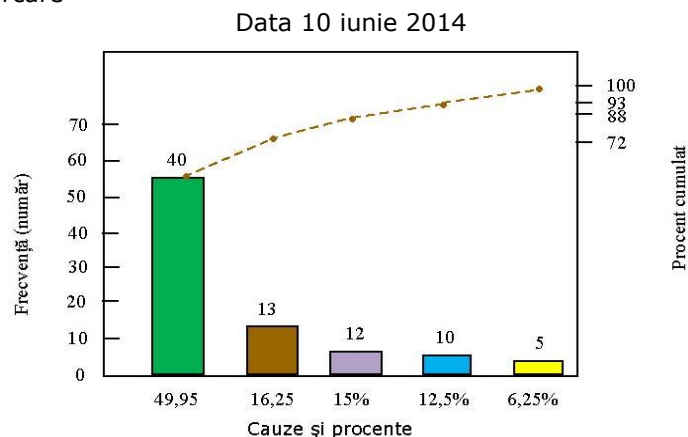


Fig. 2.10. Diagrama Pareto

Se observă din diagrama Pareto că defectele din primele trei categorii sunt predominante (peste 80% din numărul total al defectelor). Cauzele acestor defecte sunt două: neatenție/lipsă de experiență la montaj, și recepția necorespunzătoare a componentelor achiziționate.

Dezvoltând în continuare analiza pe costuri, și având în vedere costurile de montare/demontare, la nivelul schimbului, s-au impus următoarele măsuri în vederea implementării TQM:

1. Intensificarea controlului de recepție a componentelor achiziționate, în vederea diminuării defecțiunilor la componentele din poziția 2 și 5;
2. Creșterea nivelului de atenție la operațiunile de montaj/efectuarea de instruiți periodice cu operatorii, pentru a reduce numărul defectelor la poziția 1;
3. Intensificarea activității de control pentru pozițiile 3 și 4.

2.2. Diagrama procesului de fabricare. Se mai numește Diagrama Bloc, ea având rolul de a prezenta componentele, modul lor de asamblare în cadrul unui sistem, subansamblu sau produs. Deși ea este un instrument relativ simplu de realizat, informațiile pe care le conține sunt deosebit de utile în asimilarea proceselor din structura sistemului analizat, contribuind la îmbunătățirea calității proceselor, concomitent cu asimilarea informațiilor necesare cu privire la structura proceselor.

Diagrama Bloc, pentru cazul montajului mecanismului care asigură distanța minimă de parcare pe șasiul automobilului și conectarea lui la tabloul de bord al acestuia, este prezentată în figura nr. 2.11.

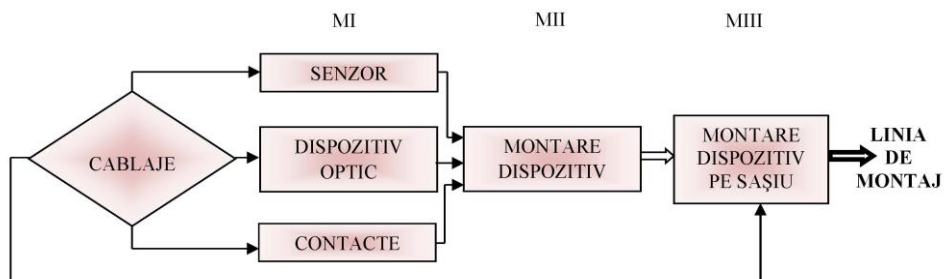


Fig. 2.11. Diagrama procesului de fabricare

Principalele componente ale dispozitivului sunt: senzorul de distanță (S), Dispozitivul optic (D), și circuitul integrat cu contactele aferente (C); fiecare din aceste componente se conectează în dispozitiv cu ajutorul unor cablaje specifice fiecărei componente. Există trei grupe de montaj succesive: MI- montarea cablajelor pe senzor, dispozitiv optic și pe contacte; MII- montarea componentelor în dispozitiv, și verificarea acestuia; MIII- montarea dispozitivului pe șasiu, conectarea prin cablaje specifice la tabloul de bord, și efectuarea controlului final; după care urmează transferul spre un alt loc de muncă de montaj al autovehiculului. Pentru cazul producției de serie operațiile se pot sincroniza în vederea asigurării unui tact impus pentru aceste activități.

2.3. Între instrumentele utilizate pentru identificarea defectelor, un loc aparte îl ocupă **histograma** (figura nr. 2.12). Histograma indică intervalul de valori ale aceiași măsurători efectuate și frecvența cu care apare acest interval (figura nr. 2.12).

Nr. măs.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Val. S/măs.	1,3	1,7	1,7	1,5	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6	1,1

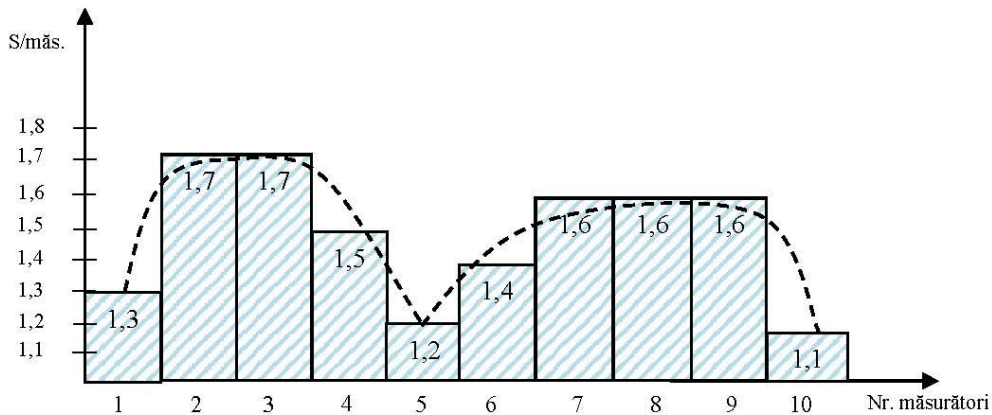


Fig. 2.12. Tabelul măsurătorilor și histograma pentru mecanisme (8pt)

Datele utilizate în histogramă trebuie astfel așezate încât analistul să le poată asimila cu o lege de variație cunoscută.

Analizând timpul de reacție al mecanismului care asigură distanța minimă a automobilului față de obstacol la parcare, înainte de a monta dispozitivul pe șasiul automobilului se testează calitatea lui printr-un set de 10 teste realizate succesiv pe un stand special conceput. Testul vizează mărimea intervalului de timp scurs din momentul sesizării obstacolului până în momentul transmiterii informației pe indicatorul de bord (secunde/măsurătoare). Valoarea maximă a timpului de reacție este de 2 secunde/măsurătoare. Din histograma trasată pentru acest dispozitiv se observă că rezultatele măsurătorilor pot fi asimilate curbei lui Gauss, ele nedepășind nici una valoarea maximă admisă de documentație.

2.4. Diagrama de control statistic al unui proces este un instrument utilizat în vederea implementării TQM, care monitorizează standardele, face măsurători și ia măsuri corective ca un produs să fie realizat conform prevederilor și documentației sale. Probele de ieșire proces sunt examinate, și dacă ele se încadrează în limitele admisibile, procesul poate continua; dacă probele de ieșire sunt în afara limitelor procesul se întrerupe pentru a se corecta în vederea aducerii lui în limitele inițial prevăzute. Diagrama de control este de fapt un grafic în care sunt evidențiate valorile parametrilor de ieșire din proces, și limitele admisibile, (limita de control superioară -LCS și limita de control inferioară - LCI) calculate conform documentației.

Un exemplu de modul în care se poate controla procesul de fabricare cu ajutorul diagramei de control statistic este prezentat în continuare pentru controlul procesului de fabricare al șuruburilor de dimensiunea M4x15, necesare pentru asamblarea componentelor ce sunt incluse în echipamentul pentru asigurarea

distanței minime de parcare; datele necesare efectuării controlului sunt:

- Volumul producției de echipamente: 600 buc/săptămână;
- Nr de șuruburi/ echipament. 5 buc/echipament;
- Necesarul săptămânal de șuruburi: 3000 buc/săptămână;
- Norma de timp 2 min/buc, în condițiile strunjirii pe strung automat. Productivitatea orară a unui utilaj este de 30 buc/h;
- Fondul de timp disponibil (F_d) al unui strung:

$$F_d = 5 \times 8 \times 60 = 2400 \text{ min/săpt} \quad (2.1.)$$

- Numărul locurilor de muncă (N_{lm}) este:

$$N_{lm} = 3000 \times \frac{2}{2400} = 2,5 \quad (2.2.)$$

Având în vedere gradul de repetabilitate al operațiilor, că ele se execută pe echipamente automate, și că reglajul acestora se face la intervale de timp de 120 de minute (operația de reglaj principală fiind cea de schimbare a filierei M4 mm pentru filetarea șurubului), și că se poate apela la rezerve extensive de timp, s-a mers pe ideea utilizării a două locuri de muncă (2), mai precis două strunguri automate, notate LM1 și LM2.

Din documentație rezultă că dimensiunile șurubului M4x15mm sunt:

- Dimensiunea capului șurubului: 6 mm, grosimea capului: 2,5 m, șurub cu cap crestat în cruce;
- Diametrul părții filetate: $4^{+0,3}_{-0,2}$ mm; lungimea părții filetate: 12,5 mm;
- Șurubul se livrează cromat.

Controlul procesului de fabricare evidențiază următoarele date, pe baza cărora se va întocmi Diagrama de control statistic al calității procesului de fabricare:

- Numărul de piese între două reglări ale echipamentului. $Q = 120$ buc;
- Mărimea probei relevate pentru control: $n = 1$;
- Intervalul de timp între două prelevări de probe $t = \frac{60}{q} \sqrt{n \times Q}$ în care q este productivitatea orară a utilajului: 30 buc./oră. Pentru cazul nostru:

$$t = \frac{60}{30} \sqrt{1 \times 120} = 22 \text{ min.} \quad (2.3.)$$

Având în vedere faptul că alimentarea locului de muncă cu semifabricate se face la intervale de timp de 28 – 30 de minute, se poate aprecia intervalul de timp dintre două prelevări de probe ca fiind: $t = 30$ minute.

- Proporția de exemplare care urmează să fie controlate: $K = \sqrt{\frac{n}{M}} = \sqrt{\frac{1}{120}} = 9,1\%$

Pentru un lot de 120 de piese se vor măsura 12 probe; cu valorile măsurate se va face o medie aritmetică, conform relației 2.3., valoare ce se va trece în tabelul nr. 2.4.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{10} \quad (2.4.)$$

- Limitele de control sunt: LCS = 4,3 mm și LCI = 3,8 mm; valoarea mediei este dată de relația nr 2.5)

$$\bar{M} = \frac{x_{min} + x_{max}}{2} \quad (2.5.)$$

36 Managementul calității - 2

Pentru cazul nostru $M = (3,8+4,3):2 = 4 \text{ mm}$.

Valorile medii măsurate sunt prezentate în tabelul 2.3. :

Tabelul 2.3

Tabel cu valorile măsurate

Data																	
Ora	7 ³⁰	8 ⁰⁰	8 ³⁰	9 ⁰⁰	9 ³⁰	10 ⁰⁰	10 ³⁰	11 ⁰⁰	11 ³⁰	12 ⁰⁰	12 ³⁰	13 ⁰⁰	13 ³⁰	14 ⁰⁰	14 ³⁰	15 ⁰⁰	\bar{x}
LM1	3,9	4,0	4,0	3,9	3,7	3,6	4,0	4,1	4,2	4,2	3,8	3,9	3,9	4,2	4,3	4,2	2,99
LM2	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,2	4,2	4,4	3,9	4,0	4,1	3,9	4,1	4,1	4,0	4,0	4,1

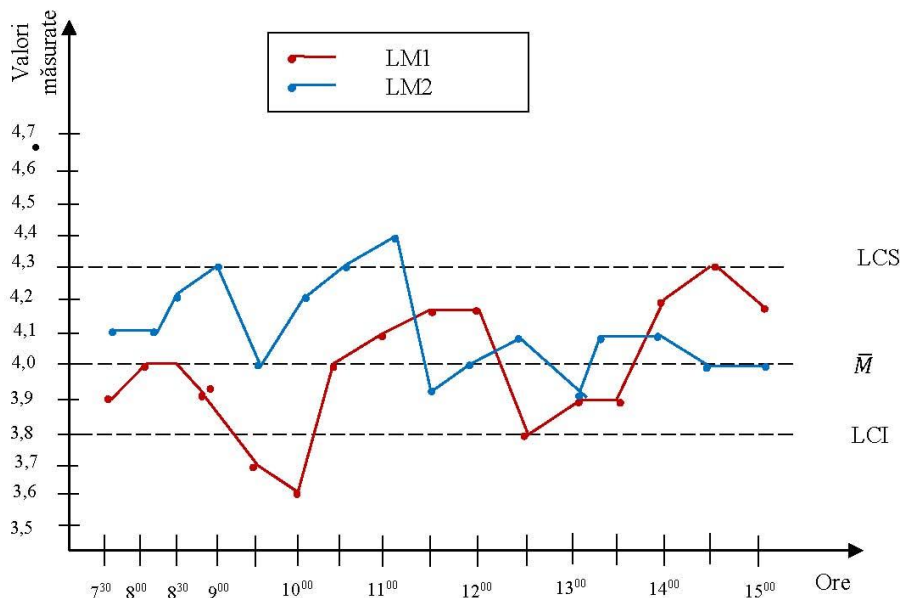


Fig. 2.13. Diagrama de proces pentru LM1 și LM2

Analizând datele din diagramă, de-a lungul unui schimb, rezultă următoarele:

- Procesul de fabricare este stabil, valorile măsurate încadrându-se între cele două limite de control, pentru ambele locuri de muncă (LM1 și LM2).
- Pentru LM1, în intervalul orar 9⁰⁰ – 10⁰⁰ măsurătorile evidențiază faptul că LCI nu este atinsă; cauzele care pot genera această situație sunt multiple, remarcându-se în primul rând două: a) semifabricatele au dimensiunile inițiale sub valorile minime admise de documentația produsului; b) calitatea necorespunzătoare a materialului din care este confecționat semifabricatul. Deci recepția semifabricatelor trebuie făcută conform cerințelor standard atât pentru dimensiunea cât și pentru calitatea materialelor.
- Pentru LM2, în intervalul orar 10⁰⁰ – 11⁰⁰ se observă tendința procesului de a se orienta spre valori apropiate de LCS, ajungând chiar să depășească

LCS; cauzele pot fi: a) uzura prematură a filierelor M4; b) regim de lucru necorespunzător, datorat unui proces de reglaj neadecvat; c) calitate necorespunzătoare a semifabricatelor utilizate.

Deși măsurile de corecție au un caracter punctual, în subsidiar ele sunt condiționate de măsuri cu specific managerial cum ar fi: efectuarea recepției materialelor conform prevederilor documentației, recepția sculelor de prelucrare a filetelor, efectuarea proceselor de reglaj conform documentației specifice.

Concluzii

În cadrul capitolului sunt abordate aspecte privind managementul calității ca și concept, din mai multe puncte de vedere: istoric, structural, aplicativ, dar și din punct de vedere economic. Este interesantă abordarea din punct de vedere economic, deoarece ea are un caracter general, care vizează atât producătorul, cât și beneficiarul; producătorul este analizat atât din punctul de vedere al echipei manageriale cât și din punctul de vedere al membrilor companiei producătoare, de modul în care aceștia contribuie la stabilitatea companiei.

Autorul face o prezentare sintetică a standardelor care asigură implementarea managementului calității, cu un accent deosebit pe standardele care au acest obiectiv în România. Legat de problema implementării managementului calității, autorul prezintă sintetic aspecte cu referire la ratingul și limitele implementării managementului calității în industrie.

În continuare autorul prezintă pașii de urmat pentru a trece de la managementul calității la Total Quality Management, începând cu îmbunătățirea continuă, și finalizând capitolul cu instrumente utilizabile în implementarea Total Quality Managementului. Fiecare element teoretic abordat, a fost completat de câte o aplicație concretă, reală.

3. FMEA –METODOLOGIE DE CONTROL AL CALITĂȚII

Introducere

Plecând de la ideea că orice produs sau serviciu trebuie să satisfacă anumite funcțiuni specifice, cerute de clienți, procesul de cercetare-dezvoltare a produsului sau serviciului, poate fi descris ca și un proces de reducere treptată a neclarităților, a ambiguităților, a neînțelegerilor/limitelor cu privire la funcțiile noului produs cerut pe piață; prin aplicarea preventivă a tehnicilor de management al calității (în speță FMEA pentru activitățile de cercetare proiectare); se ajunge astfel la situația în care evidențierea funcțiilor produsului sau serviciului nou se transformă într-o problemă reală, concretă. Designul (în sensul de proiectare) a unui produs sau serviciu se referă la ansamblul de activități orientate fie înspre crearea unui produs sau serviciu nou, fie spre îmbunătățirea caracteristicilor unui produs sau serviciu existent; toate acestea în vederea adaptării caracteristicilor produsului sau serviciului nou rezultat la necesitățile clienților, de pe o piață sau un segment de piață.

Într-o abordare temporală, designul este precedat de activitatea de cercetare – dezvoltare; între aceste două grupe de activități există conexiuni directe atât din punctul de vedere al calității activităților, al structurilor activităților, cât și din punctul de vedere al costurilor generale generate de numeroasele modificări de soluții care apar în timp.

În literatura de specialitate, așa cum rezultă din fig. nr. 3.1, din punctul de vedere al timpului necesar pentru implementarea în procesul de fabricare, dar și a calității proceselor derulate în fazele ulterioare de producție, s-au impus două variante de abordare a acestor procese

- Varianta japoneză, și
- varianta americană.

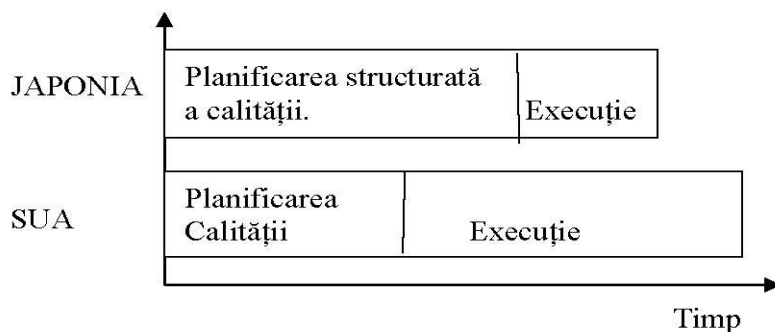


Fig. 3.1. Relația calitate – execuție în cadrul proceselor interne ale companiei

Se observă că strategia japoneză acordă o atenție deosebită în detalierea elementelor specifice care asigură calitatea noului produs, încă în faza de cercetare – proiectare, contribuind prin aceasta la o planificare structurată a calității noului

produs; efectele acestei stări se concretizează prin două aspecte: o diminuare a duratelor fazelor de execuție și concomitent o diminuare a duratei ciclului de fabricare a produsului, datorită unui proiect livrat fără greșeli, în condiții de calitate planificate inițial.

Strategia americană, pune un accent mai redus pe considerentele de calitate ale proiectului, astfel încât în fazele de execuție apar inadvertențe, omisiuni și abateri, a căror remediere necesită timp; astfel că duratele de execuție sunt consistent mai mari decât cele ale japonezilor.

Analizele efectuate cu privire la evoluția calității în proiectare arată că, în pofida utilizării tehnicilor preventive de calitate, există totuși diferențe substanțiale calitative între produse. Aceste diferențe pot fi evaluate, ca de exemplu prin satisfacția clienților.

3.1. Controlul calității unui produs/proces, utilizând FMEA

Printre cele mai frecvent folosite tehnici preventive cunoscute, în vederea asigurării calității este metoda FMEA (Failure Modes and Effects Analyse) în traducere liberă: modul de defectare și analizarea efectelor. În literatura de specialitate traducerea acestei metodologii a fost făcută în diverse forme, cum ar fi:

- Probabilitatea apariției erorilor și analiza eficacității proceselor; sau
- Analiza Modurilor de Defectare și a Efectelor Constatate (AMDEC).

Indiferent de opțiunea membrilor echipei de lucru privind denumirea metodologiei de analiză, scopul aplicației este același: optimizarea activităților în cercetare-proiectare producție-utilizare la clienți, în vederea asigurării unui nivel al calității produsului care să-i asigure acestuia un nivel de sustenabilitate conform proiectului, și în același timp să fie atractiv pentru clienți.

În această metodă scopul urmărit este ca după ce activitatea de cercetare-dezvoltare a produsului este considerată rezolvată, eventualele erori care apar, să fie detectate; un alt scop, al aplicării metodei, este inițierea măsurilor corespunzătoare pentru evitarea greșelilor. Realizarea acestor două scopuri duce la o distribuție de nivel ridicat în aplicarea metodei, pentru a evita erorile, încă din faza de proiect a produsului, evitându-se prin aceasta apariția și dezvoltarea unor costuri suplimentare în fazele ulterioare de fabricare a produsului.

Pe parcursul aplicării metodei FMEA se utilizează formulare standardizate; cu ajutorul lor se va stabili situația inițială a subansamblelor din structura produsului, în care toate componentele vor fi vizualizate fără eroare.

În etapa următoare vor fi analizate și evaluate toate combinațiile posibile de eșecuri și impactul asupra sistemului, sau a produsului.

Metoda FMEA se referă atât la produs și la procesul de planificare a fabricației lui [58]. Potrivit unui sondaj făcut pe piața producătorilor metoda FMEA este folosită în special de furnizorii de automobile, cu o rată de 75% din domeniul de utilizare al ei [46].

3.2. Descrierea procesului

FMEA este de fapt un proces predictiv, care stabilește unde pot apărea defecțiuni și elaborarea acțiunilor pentru a le elimina sau a le reduce efectul [152].

Așa cum se prezintă și în literatura de specialitate, utilizarea FMEA este în primul rând destinată pentru evoluții noi în materie de siguranță legate de componente sau schimbări în produse și procese [75].

Metoda FMEA este interpretată de autorii Dietzsch, Althaus și Brandner ca fiind un potențial „semnificativ în analiza erorilor noilor dezvoltări complete ale produselor și proceselor” [28].

Deși, metoda FMEA urmărește prevenirea erorii și relația între cauză și efect, ea nu se concentrează asupra combinației posibile de erori. Aceste combinații sunt investigate cu ajutorul metodei FTA (Fault Tree Analysis).

Evitarea erorilor de la fazele de început a procesului, este preferată mai degrabă decât îmbunătățirea ulterioară a caracteristicilor produsului, pe parcursul proceselor; ideea se bazează pe faptul că depistarea și prevenirea erorilor în faze incipiente determină costuri mai mici decât rezolvarea lor în fazele ulterioare ale procesului. [50]

Această idee poate fi vizualizată cu ajutorul regulii «Factorului Zece» (figura 3.2). Se presupune că eliminarea unei erori în faza, în care a fost descoperită necesită o anumită cheltuială; eliminarea sa, mai târziu, în raport cu momentul apariției, generează costuri mai mari, amplificate cu factorul zece [60].

Ca urmare se recomandă utilizarea FMEA în fazele anterioare procesului de dezvoltare a unui produs sau proces și ea trebuie finalizată înainte de începerea producției de serie [45].

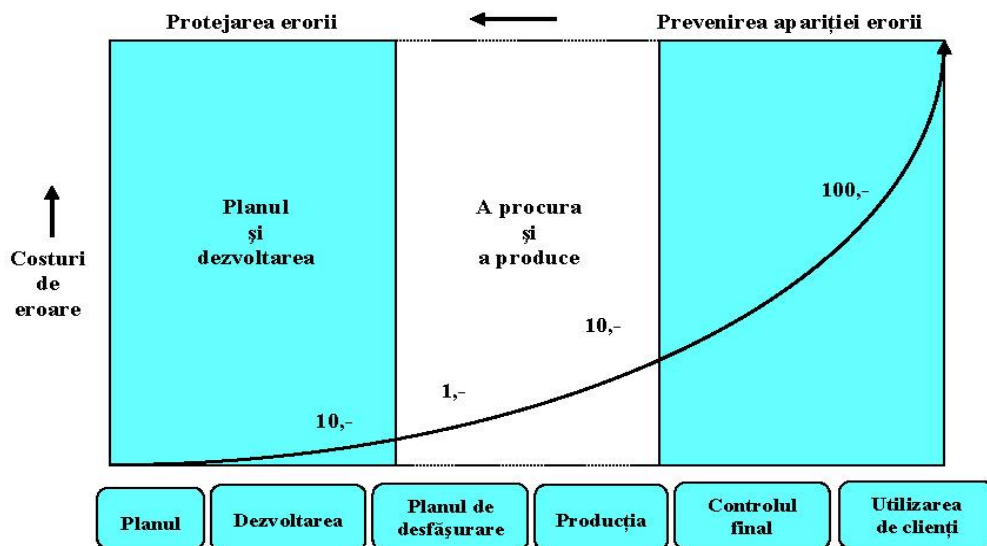


Fig. 3.2. Aplicarea regulii „Factorului ZECE”
Sursă: [45]

Descrierea unui proces de analiză FMEA vizează două direcții distincte: analiza de sistem și analiza riscului posibil să apară datorită apariției erorii în sistem. (Figura nr. 3.3.); etapele procesului de analiză sunt:

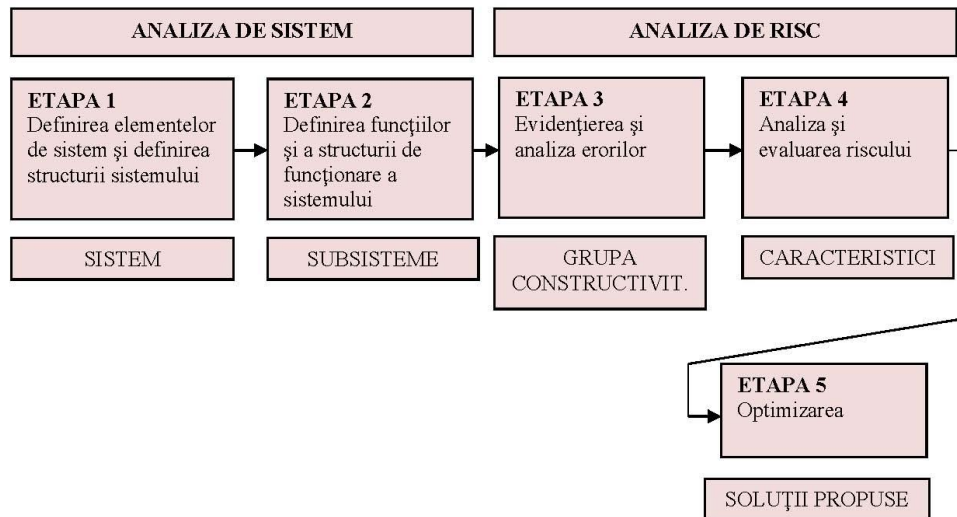


Fig. 3.3. Etapele implementării FMEA în sistem
Sursă: [160]

Etapa 1. Se face o descriere a elementelor sistemului și a subansamblelor din structura sa. Pentru aceasta, relațiile structurale din întregul sistem se vor ordona ierarhic într-o structură a sistemului. Se vor evidenția interfețele din structura sistemului și relațiile apartenență ce se dezvoltă. Relațiile funcționale dintre componente din structura sistemului vor fi evidențiate cu ajutorul nivelurilor de componență.

Dacă ansamblul caracteristicilor componentelor, în procesul de proiectare, se definesc la un nivel minimal, atunci nivelul calității produsului în cauză, se va numi nivel caracteristic. Interfețele din structura sistemului, sunt prezentate arborescent în cazul în care fiecare element de sistem există doar o singură dată.

Etapa 2. Se definesc relațiile funcționale dintre elementele sistemului. Interacțiunea funcțională a elementelor din sistem se va realiza arborescent sub forma unei rețele. În acest caz va crește numărul de detalii ale structurii funcționale de la stânga la dreapta. Descrierea funcțiilor, care sunt compuse din mai multe subfuncții se va realiza prin intermediul unor conexiuni logice în cadrul structurii funcționale.

Etapa 3. Se va efectua analiza erorilor posibile pentru fiecare element din sistem. Se vor analiza toate posibilitățile de apariție a erorilor funcționale descrise în etapele anterioare. Pe funcțiile cunoscute și pe structurile funcționale se va evidenția proveniența erorilor utilizând metoda arborelui de defectare (ADD), utilizând relația cauză-efect.

Etapa 4. În urma analizei se face o evaluare a riscurilor utilizând RPN. În acest scop, se va face o evaluare a riscurilor în momentul examinării. Se evaluează acțiunile finalizate și se va documenta eficacitatea lor. Se face distincție între două tipuri diferite de măsuri; acesta pentru a putea evalua corect componentele coeficientului de risc:

- măsuri de prevenire și
- măsuri de detectare.

În timp ce măsurile de prevenire servesc pentru optimizarea unui sistem sau a unei caracteristici de proiectare, măsurile de detectare confirmă existența erorii

Trebuie ca ambele măsuri să fie clar descrise pentru a putea elabora soluții de îmbunătățire.

Rezultatele analizei se vor trece într-un formular tipizat cu următoarele coloane (figura nr. 3.4.):

FMEA							FMEA nr.	
<input type="checkbox"/> Sisteme FMEA produse				<input type="checkbox"/> Sisteme FMEA procese			Pagina:	
							Volumul :	
ELEMENT/ FUNCȚIE	MOD DE DEFECTARE POTENȚIAL	EFECȚE POTENȚIALE ALE DEFECTĂRII	SEVERITATE (S)	CAUZE POTENȚIALE ALE DEFECTĂRII	CONTROL CURENT			DATA
					PREVENIRE	A P A R (O) I T I E	DEFECTARE	
								R

Fig. 3.4. Structura unui Formular de analiză FMEA

Etapa 5. Se vor iniția măsuri de îmbunătățire din cauza stadiului nesatisfăcător de evaluare a opiniei. Se vor selecta și optimiza, în primul rând, soluțiile pentru care RPN are valori ce depășesc pe cele normale.

După aplicarea acestor măsuri, se va efectua un nou control pentru verificarea nivelului caracteristicilor. Astfel, se derulează un proces iterativ până la atingerea rezultatului care vizează o calitate satisfăcătoare.

Metoda FMEA este utilizată în principal pentru a evalua și a îmbunătăți calitatea rezultatelor din procesele de producție. Metoda se concentrează în principal pe descoperirea cât mai timpuriu posibil a erorilor, a punctelor slabe și eliminarea lor. Căutarea sistematică a erorilor, identificarea cauzelor și consecințelor va ajuta la efectuarea unei analize de risc. Erorile se vor analiza metodic, dependent de semnificația lor, urmând să fie evaluată probabilitatea lor de apariție și probabilitatea eliminării.

Prioritizarea erorilor individuale se face pe baza:

- Capabilității de multiplicare a erorilor semnificative (eroare de severitate sau de importanță pentru utilizator – tip S);
- Probabilitatea de apariție a erorii, în raport cu importanța ei pentru client (Eroare de apariție – tip A) și
- Probabilitatea de detecție a erorii (Eroare de detecție – tip D) [161].

Astfel, FMEA este o metodă de evaluare a riscului de apariție a surselor de eroare. Acest lucru se face prin înmulțirea cauzelor posibile care pot genera eroarea (Figura. 3.3).

Rezultatul produsului acestor factori poartă numele de **Număr de Risc prioritar** sau **Risk Priority Number - RPN**. RPN este o măsură a riscului potențial al unei structuri, a unui sistem sau proces de fabricație. El este produsul Severității, al Apariției și al Detecției. Realitatea ne arată că, în aplicarea FMEA se fac diferențe între proiectare/dezvoltare, sistem și proces (componente, procese propriuzise).

De obicei scorul pentru evaluarea riscului se analizează pe o scală de la 1 (înseamnă fără risc) până la 10 (înseamnă cu risc mare). pentru fiecare factor, astfel că Indicele de Risc (RPN) poate avea astfel valoarea de la 1 la 1000. Aceasta

permite crearea unei ierarhii a priorităților, în evaluarea defectelor, ce pot fi sesizate la un sistem. (figura nr. 3.5)

$$\begin{aligned} \text{RPN (Numarul de risc prioritar)} &= \text{Numărul erorilor semnificaive (S - erore)} \times \\ &\text{probabilitatea de apariție a erorii (A_eroare)} \times \\ &\text{probabilitatea de detecție a erorii (D_eroare)} \\ &= S \times A \times D \end{aligned}$$

Fig. 3.5: Determinarea numărului de risc prioritar RPN
Sursă: [161]

De-a lungul intervalului, pe scala de la 1 la 1000, există anumite caracteristici semnificative, specifice, dintre care cele mai importante sunt:

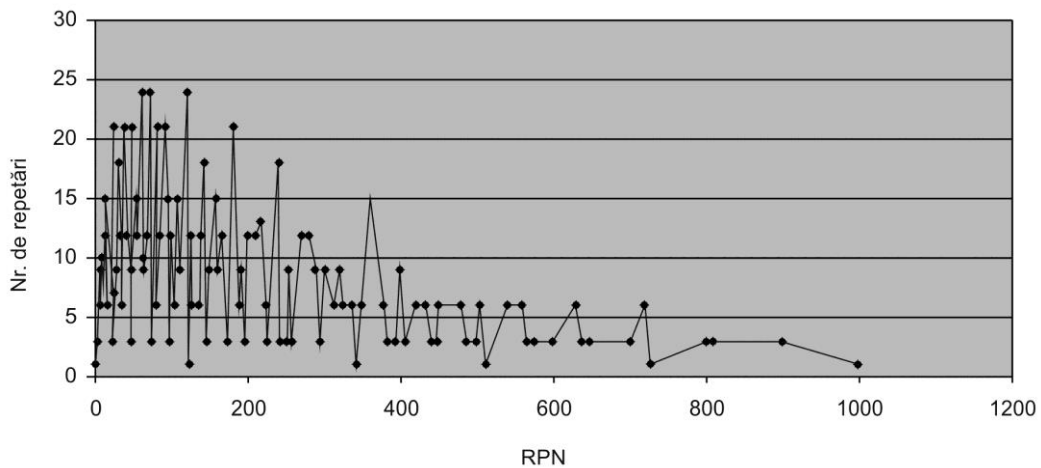


Fig. 3.6. Scala RPN

1. Distribuția valorilor RPN nu este uniformă pe tot intervalul. Astfel pentru:
 - Intervalul 1000 -800 înglobează 3% din valori;
 - Intervalul 799 – 600 înglobează 6% din valori;
 - Intervalul 599 – 400 înglobează 14% din valori;
 - Intervalul 399 – 200 înglobează 22% din valori;
 - Intervalul 199 – 1 înglobează 55% din valori.
2. Datorită faptului că între cei trei factori există o relație de produs, efectul factorilor asupra RPN este disproporționat în raport cu realitatea; astfel modificarea cu o unitate a unuia din factori conduce la modificarea RPN cu o valoare egală cu produsul celorlalți doi factori.
3. În scara valorilor RPN există zone goale numite găuri în scală, RPN devin tot mai rare pe măsură ce se apropie de valorile extreme maxime.
4. Măsurile nu sunt necesare pentru toate valorile din interval; pentru cazul prezentat doar 88% din valorile din intervalul 1 – 1000 sunt utilizate. În literatura

de specialitate evaluarea necesității aplicării măsurilor de îmbunătățire se poate face conform informațiilor rezultă din tabelul 3.1.

Tabel 3.1
Evaluarea necesității aplicării măsurilor de îmbunătățire

A	D	S	DESCRIERE	MĂSURI
1	1	1	Caz ideal (scop)	Măsuri necesare
1	1	10	În mod sigur situația se află sub control	Măsuri necesare
1	10	1	Defectarea nu afectează clientul	Măsuri necesare
1	10	10	Defectarea ar putea afecta clientul	Sunt necesare
10	1	1	Defectarea mai frecventă, în mod cert, va fi detectată de client	Sunt necesare
10	1	10	Defectarea mai frecventă ar putea să-l afecteze pe client	Sunt necesare
10	10	10	Situație total necorespunzătoare	Sunt necesare

Sursa: [56]

Evaluarea importanței defectărilor, în cazul aplicării FMEA/produs sau FMEA/proces, se poate face, ținând seama de anumite criterii generale de evaluare a importanței defectelor, așa cum rezultă din tabelul nr. 3.2.

Tabelul 3.2
Evaluarea importanței defectărilor (S) în cazul aplicării FMEA de produs sau proces

Criterii generale de evaluare a importanței produs/proces	Procentaj
Defectări deosebit de grave, care afectează siguranța	9, 10
Defectări grave, care în mod cert detectate de client, numite operațiuni de remediere	7, 8
Defectări de gravitate medie, care vor fi detectate de client, generând acestuia insatisfacție	4, 5, 6
Defectări neinportante, care vor fi numai în mică măsură detectate de client	2, 3
Defectări care vor fi, probabil, scăpate de client	1

Sursa: [56]

Cu ajutorul RPN pot fi sortate, după relevanța lor, diferite erori posibile. La valori mari ale numărului RPN se stabilesc măsuri care, în final, reduc valoarea numărului RPN [100]; aceste măsuri au ca efect:

- fie diminuarea probabilității de apariție a erorii,
- fie creșterea probabilității de descoperire a erorii, în ambele cazuri

Eliminarea erorii în fiecare caz duce la o reducere RPN.

Procedurile pentru tipurile individuale de FMEA sunt în esență aceleași. Ele au la bază relația cauză efect (figura nr. 3.4.):



Fig. 3.7. Relația cauză-efect în procesul de apariție a erorii
Sursă: [117]

Din figură rezultă că este perceput, în prealabil **efectul erorii**; el poate fi perceput în vecinătatea cauzei care-l generează, undeva în sistemul căruia îi aparține cauza, sau, chiar în afara sistemului. Efectul apariției erorii face posibilă stabilirea **tipului erorii**. Aprofundând analiza se pot determina **cauzele erorii**; aplicând FMEA la diverse nivele (sistem, procese de proiectare, procese de fabricare), în orice moment, cauza apariției erorii, poate deveni un efect al erorii, distinct pentru nivelul respectiv.

Evaluarea efectuată prin FMEA asigură baza de revizuire constructivă, și utilizarea de contramăsuri, sau îmbunătățirea proceselor, așa cum rezultă din tabelul nr. 3.3

Tabelul 3.3

Domenii (direcții) de aplicabilitate a FMEA

FMEA la nivel de Sistem (exemplu: Produsul autovehicul)	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza interfețelor între diferite componente cu accent pe funcția globală a sistemului • Analiza erorilor posibile să apară, ca rezultat al interacțiunii dintre componente individuale din cadrul sistemului.
FMEA la nivel de Design (proiectarea/ reproiectarea unei structuri, sau a unei componente)	<ul style="list-style-type: none"> • Investigarea în proiectare a componentelor individuale din punctul de vedere al performanței funcționale • Urmărirea și analiza produsului încă în fază de proiect, evidențiindu-se defectele posibile, și implicațiile lor asupra sistemului.
FMEA la nivel de proces de fabricare (Analiza/ restructurarea pașilor din procesul de fabricație)	<ul style="list-style-type: none"> • Investigarea proceselor de fabricație și a capacității procesului de asamblare a componentelor, într-un sistem. • Confirmarea/ validarea tehnologiilor de realizare a unui produs, astfel încât să fie asigurată fabricația eficientă a acestuia.
FMEA la nivel de mijloc de muncă sau utilaj	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza mijloacelor de producție, în scopul diminuării numărului de rebuturi, diminuarea ratei de defectare a componentelor fabricate, creșterea fiabilității și disponibilității echipamentelor, concomitent cu diminuarea costurilor de fabricare.

Aplicabilitatea și utilizarea FMEA este posibilă în mod diferențiat. Pe de o parte se poate aplica FMEA în cadrul unui sistem dat, care are în structura

subansamble care se suprapun, și se interconstrucionează; în acest caz aplicarea FMEA se face succesiv, la nivel de sistem și la nivel de subansamble, pentru a se depista eroarea care a împiedicat atingerea obiectivului.

În faza de planificare a FMEA se stabilesc domeniile de aplicare a metodologiei FMEA. Astfel, FMEA aplicabilă la nivel de sistem poate fi descrisă ca o dezvoltare, o evoluție, a FMEA design și a FMEA proces; ultimul, la rândul său, poate fi subdivizat în FMEA „montaj” și FMEA „reper”. Fiecare din aceste proceduri de bază sunt însoțite de un proces de planificare a analizei de risc, cu precizarea că în punctele critice ale conceptului, cu ajutorul experienței, al calculului, al testelor și al inspecției se vor elimina riscurile existente, sau măcar vor fi reduse.

Din punct de vedere structural este posibilă însă și o suprapunere/paralelizare între diferite tipuri aplicabile de FMEA: FMEA sistem, FMEA la nivel de design și FMEA la nivel de proces. Fiecare procedură FMEA, în acest caz, se bazează pe un alt tip de eroare; pot apărea suprapuneri ale domeniilor de analiză, atât la tipurile de eroare, cât și la cauzele care generează eroarea; se poate ca apariția unei erori să genereze efecte transmisibile celorlalte nivele și să fie percepute de acestea; prin asigurarea acestor suprapuneri/paralelizări, în aplicarea FMEA, se asigură descrierea interfețelor la diferite niveluri, pentru a evidenția efectele în lanț cauzate de apariția unei defecțiuni. (Figura 3.8.)



Fig. 3.8. Interconstrucionearea procedurilor FMEA

Pentru exemplificare a efectului de paralelizare a analizei componentelor, s-a luat cazul sistemului: un autovehicul care trebuie să asigure transportul de persoane, conform unui grafic prestabilit. La nivelul acestui sistem, este semnalat ca și efectul erorii faptul: *Asigurarea transportului nu poate fi garantată din considerente tehnice*; tipul de eroare semnalat este *Blocarea carcasei de transmisie asamblată a autovehiculului*; Cauza erorii, la nivelul sistemului (autovehicul) este: *Griparea unui rulment din structura carcasei de transmisie asamblată*. Abordarea în continuare a procesului FMEA se poate face pe două direcții distincte:

1. FMEA design, adică verificarea documentației specifice carcasei cu transmisie asamblată, pentru a identifica eventualele erori posibile de concepție-proiectare, care pot genera griparea unui rulment din carcasa de transmisie asamblată; analiza FMEA vizează două direcții: soluții constructive pentru carcasa de transmisie asamblată, și tipurile de rulment alese de echipa de proiectare. Din multitudinea aspectelor posibile am selectat câteva:

1) prevederea prin proiectare a jocurilor prea strânse dintre componentele rulmentului, la montajul acestuia; analiza corelației între mărimea forțelor care apar în timpul funcționării rulmentului, și calitatea materialelor din structura rulmentului, conform standardelor în vigoare;

2) admiterea, din faza de proiectare a carcasei de transmisie asamblate, a unui nivel al uleiului de răcire ungere al rulmentului, sub nivelul prescris pentru rulment și pentru acest tip de element de răcire;

3) soluție tehnică neadecvată pentru răcirea rulmentului în carcasa de transmisie asamblată (debitul pompei de răcire mic în raport cu cerințele carcasei de transmisie asamblată, sistemul de filtrare al uleiului de impurități realizat într-o structură mult prea sensibilă, în raport cu regimul de lucru al cutiei);

4) program de mentenanță neadecvat sub aspectul duratei de funcționare și sub aspectul mentenanței specifice.

2. FMEA proces, orientată către verificarea calității proceselor de fabricare a componentelor carcasei de transmisie asamblată, și verificarea calității activităților de montaj ale acesteia, cu accent pe verificarea jocurilor admisibile la montaj a componentelor în mișcare a carcasei de transmisie asamblată, calitatea controlului și a verificărilor pe ștandul pentru verificări finale, verificare momentelor dezvoltate pentru fiecare treaptă de viteză, temperaturile dezvoltate pe parcursul funcționării pe ștandul de probă a carcasei de transmisie asamblată.

În această aplicație, echipa de analiză, pornind de la examinarea în detaliu FMEA Sistem, a reluat în paralel cercetarea pentru componente în Design-FMEA și în Proces-FMEA. Punctul de plecare pentru aplicarea FMEA a fost analiza sistemului, proces în care sistemul în cauză este descompus în componentele sale conform IEC 25448:1990. Analiza are în vedere situația normativă conform căruia se presupune că toate componentele sunt în conformitate cu documentația [59].

Analiza se detaliază până la nivelul componentelor în mișcare a carcasei de transmisie asamblate, și a elementelor din structura acesteia; urmează o analiză a erorilor, proces care prezintă constatarea erorilor rezultate și determinarea cauzei generatoare de eroare. În același timp se vor elabora soluții și măsuri adecvate pentru reducerea riscului datorat apariției erorii. Rezultatele analizei sunt trecute în tabelul nr. 3.4.

Tabelul 3.4

Rezultatele analizei FMEA. Formular

FMEA - Design										
ELEMENTE / FUNCȚIE	MOD DE DETECTARE POTENTIAL	EFECTE POTENȚIALE ALE DEFECTĂRII	SEVERITATE (S)	CAUZE POTENȚIALE ALE DEFECTĂRII	PREVENIRE	CONTROL CURENT			MĂSURI	
						A P A R (O) I T I E	DEFECTARE	D E T E C T (D) R P N		
Asigurarea transport. conf. eror	Blocarea carcasei de transmisie asamblată	Grijare rulment	9	Nerespectarea jocurilor cameră-rulment-ax la montaj	Verificarea conformității cu documentația a jocurilor cameră-rulment-ax	6	Funcționarea	2	108	Nu sunt necesare măsuri
Asigurarea transport. conf. eror	Blocarea carcasei de transmisie asamblată	Grijare rulment	9	Alegerea tipului de rulment necorespunzător	Schimbarea tipului de rulment	6	Verificare documentație	2	108	Nu sunt necesare măsuri
Asigurarea transport. conf. eror	Blocarea carcasei de transmisie asamblată	Grijare rulment	9	Nivel scăzut al uleiului de răcire -	Cresterea cantității de ulei trans. pt. răcire	6	Cresterea documentației	1	54	Nu sunt necesare măsuri
FMEA - Proces										
Asigurarea transport. conf. eror	Blocarea carcasei de transmisie asamblată	Grijare rulment	9	Lipsă ungere cu vaselină	Aplicare lubrifianți corespunzător	2	În funcționare	7	126	Aplicare lubrifianți, verificare sistem de
Asigurarea transport. conf. eror	Blocarea cutiei viteze	Grijare rulment	9	Nerespectare presiune la montaj	Strujire capuc rulment	4	La operația de montaj final cutie	7	252	Nu sunt necesare măsuri
Asigurarea transport. conf. eror	Blocarea carcasei de transmisie asamblată	Grijare rulment	9	Coșul bilelor ovalizat	Înlocuire rulment	7	Controlul componentei la montaj	7	441	Intensificarea controlului la montaj, elaborarea unei proceduri de montaj
Asigurarea transport. conf. eror	Blocarea carcasei de transmisie asamblată	Grijare rulment	9	Una din bile este deformată	Înlocuire rulment	8	Controlul final rulmentului efectuat de furnizor	8	576	Înlocuirea rulmenților , recepția calitativă a rulmenților
FMEA Nr.										
Nr. ex./Data						Intocmit de:				
FMEA Design						Atestat de:				

Analiza a evidențiat faptul că se poate defini ca o posibilă eroare, deformarea plastică a bilei din rulment. Efectul acestei erori generează defecțiunea rulmentului, care montat în carcasa de transmisie asamblată, generează, la rândul său, defectarea acesteia și prin urmare automobilul este în imposibilitate de a frâna. Din tabel rezultă că măsurile care se vor lua vizează două direcții distincte, ambele orientate spre FMEA Proces:

- Înlocuirea rulmentului gripat;
- Întărirea activităților de recepție a componentelor de la terți, prin metode specifice;
- Elaborarea unei proceduri specifice pentru analiza fiabilității funcționării carcasei de transmisie.

Scopul acestei proceduri este crearea un proces iterativ și astfel, să fie asigurat un proces continuu de optimizare.

3.3. Avantajele și limitele FMEA

3.3.1. Avantajele FMEA

Studiile referitoare la aplicarea metodei FMEA pentru produse, procese și echipamente au evidențiat câteva avantaje, care fac posibilă utilizarea ei pe un areal deosebit de larg; sintetic aceste avantaje sunt următoarele:

1. FMEA este utilizat, în contextul managementului de calitate, pentru prevenirea erorilor/defectelor, îmbunătățirea calității, creșterea fiabilității și a sustenabilității unui produs/proces.

2. FMEA înglobează în structura sa o metodologie standard de evaluare a riscului [129] de apariție a unei erori, așa cum rezultă din figura nr. 3.9.

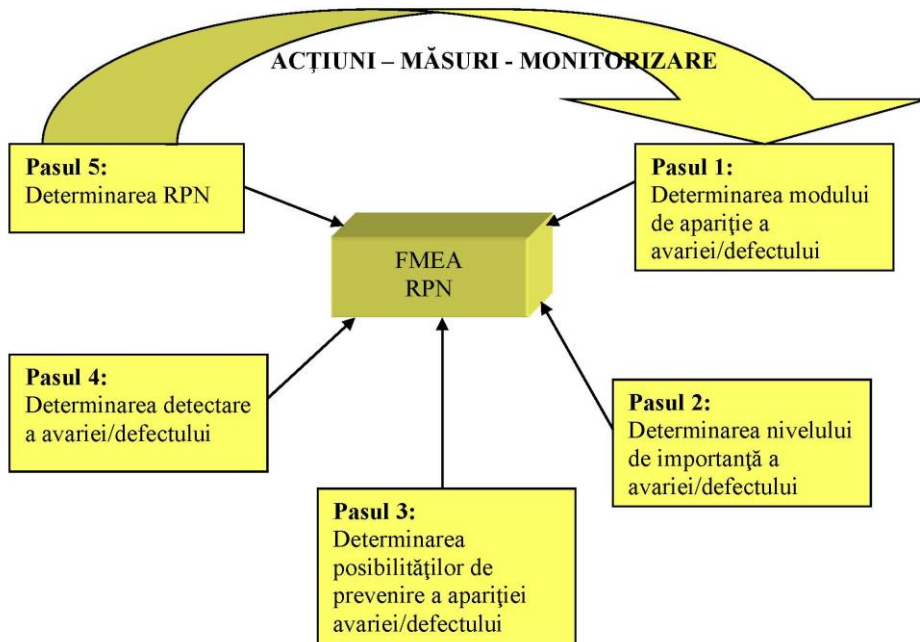


Fig.3.9. Poziția RPN în metodologia FMEA

3. Prin aplicarea FMEA ca o metodologie pentru asigurarea sustenabilității unui produs/proces, se asigură o îmbunătățire a imaginii și a competitivității companiei producătoare pe piață, și în același timp o creștere a nivelului satisfacției clienților acesteia.

4. Aplicând FMEA în fazele de design și în fazele de proces, în mod continuu, prin procesul de monitorizare se asigură o bază de date utilizabilă pentru diminuarea/evitarea eșecurilor și a defectărilor în viitor.

5. Prin aplicarea FMEA se asigură reducerea numărului de defecte în perioada de garanție și cea de postgaranție, astfel încât costurile totale de fabricare se vor diminua.

6. Prin aplicarea FMEA are loc diminuarea numărului de modificări ulterioare pe parcursul proceselor de design și fabricare, și ca urmare scurtarea ciclurilor de proiectare/fabricare și diminuare costurilor aferente.

3.3.2. Limitele FMEA

Există, în literatura de specialitate păreri că generalizarea aplicabilității metodei FMEA în vederea îmbunătățirii calității există anumite limite.

1. Astfel, autorii Theden și Colman văd un deficit major în implementarea metodei FMEA, lipsa de precizie a aplicării: „Ca urmare a lipsei de timp sau lipsei de cunoștințe, efectuarea FMEA este adesea doar superficială, neaducând întotdeauna foloase semnificative” [75].

Echipele de lucru necesită personal instruit, într-un areal divers: tehnic, economic, managerial, marketing. Formarea lor necesită timp și mai ales fonduri.

Din literatura de specialitate se pot lua numeroase exemple din punct de vedere al rezultatelor obținute în urma implementării FMEA.

2. Autorii Tillman și Pfeiffer susțin că aplicabilitatea metodei este limitată datorită faptului că activitatea se concentrează exclusiv pe procesele individuale, punctuale, și mai puțin pe aspectele de optimizare managerială. Ca urmare, lipsește optimizarea integrată, bazată pe o înțelegere globală a calității.

FMEA structurează în prima etapă sistemul care va fi analizat în elementele de sistem individuale, prezintă relațiile lor funcționale, derivează eventualele erori funcționale și construiește legături între defecțiuni legate de diferite elemente ale sistemului. Cu toate acestea lipsește o descriere detaliată și o subdiviziune a diferitelor tipuri de interacțiuni între componentele, subansamblele aferente și sistemele propriuzise.

3. În plus, metoda are nevoie, pentru a evita eventualele erori de introducerea informațiilor specifice, care, de cele mai multe ori sunt protejate. Prin urmare în FMEA este necesar efectuarea unei evaluări a erorilor și a riscurilor lor din punct de vedere obiectiv corespunzător realității.

Așa că designerii și partenerii de proces trebuie întotdeauna să vadă dezvoltarea lor proprie cu un simț critic

4. Este necesar un efort tehnic și organizatoric pentru crearea priorității numărului de risc, cauzat de lipsa de informații în specificațiile tehnice, care nu este întotdeauna justificată din punct de vedere economic. Mai mult, din relația matematică a numărului de risc prioritar, Eroarea reală (B_eroare) are numai o treime ponderea din formarea acestuia, deoarece probabilitatea de apariție a erorilor (A_eroare) și probabilitatea de detectare a erorilor (E_eroare) nu ajuta la specificația/descrierea precisă a erorilor; aceasta face ca eficacitatea metodei în timp să fie redusă. Pe ansamblu, trece o perioadă mare de timp între descoperirea

erorii și eficiența reală, adică până în momentul reducerii riscurilor prin aplicarea FMEA. Din punct de vedere financiar, nu există o evaluare monetară a erorii, ca urmare investigația costurilor produse din cauza erorii se face deosebit de greu.

5. Arealul erorilor posibile dintr-un sistem este deosebit de larg; cuantificarea valorii acestora, în vederea determinării numărului de risc prioritar, pe o bandă îngustă a indicelui de reting de la 1 la 10, nu reușește să fie întotdeauna conformă cu realitatea (starea curentă este deformată prin introducerea ei într-o bandă îngustă de numere). În plus semnificația priorității numărului de risc se bazează pe factori foarte subiectivi și depinde în mare măsură de opiniile membrilor echipei.

6. Potrivit autorilor Arnold și Bauer [7] crearea priorității numărului de risc (RPN) nu este posibilă din cauza lipsei de principii matematice, deoarece se presupune că se pleacă de la măsurători unice reproductibile. Pentru a justifica comparația dintre «prezent și viitor» după utilizarea preventivă a tehnicilor managementului de calitate este esențial să se obțină rezultate reproductibile. Numai atunci este posibil ca instrumentul utilizat să facă parte din procesul de îmbunătățire sistematică a calității sistemului analizat.

3.4. Utilizarea FMEA pentru Frâna de parcare electrică

Unul din sistemele actuale integrate în fabricația de automobile este EPB (1) – Electrical Parking Brake (Frâna de Parcare Electrică). Sistemul se livrează de către compania producătoare ambalat, cu informațiile specific necesare pentru asigurarea unui montaj rapid, simplu în condiții de siguranță prevăzute de documentația aferentă, și cerute de producătorul automobilelor. Se asigură astfel interfața cu clienții; aceștia, la rândul lor, prin condițiile specifice pe care le impun produsului, obligă producătorul la o analiză/modificare continuă a parametrilor produsului.

Una din metodele prin care se pot aduce îmbunătățiri produsului (sistemului EPB 1) este aplicarea metodei FMEA, pe parcursul derulării procesului de asamblare a produsului. Prin aplicarea succesivă a punctajelor specifice metodei, se obțin îmbunătățiri succesive ale proceselor de fabricare/ asamblare a produsului EPB .

Etapele de urmat în aplicarea metodei sunt prezentate în figura nr. 3.10.

În etapa de planificare, echipa de lucru a stabilit componentele/operațiile tehnologice care vor constitui obiectul analizei și pentru a îmbunătăți performanțele produsului echipa desemnată a avut în vedere aplicarea FMEA pe patru nivele distincte:

- Nivelul 1 – Aspecte specifice EPB în raport cu caracteristicile produselor pe care se montează (carcasa de transmisie asamblată);
- Nivelul 2 – Aspecte specifice Unității de antrenare a motorului;
- Nivelul 3 – Aspecte specifice proceselor de montaj a componentelor din structura unității de antrenare a motorului;
- Nivelul 4 – Cauzele generatoare de erori la montajul componentelor Unității de antrenare.

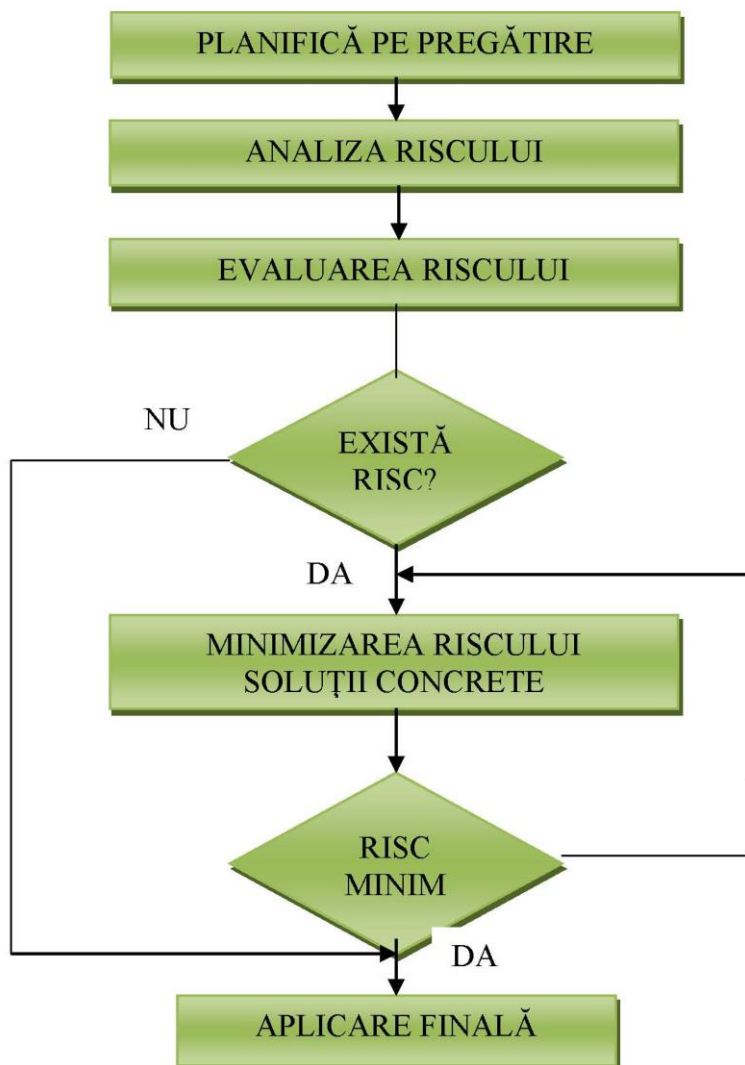


Fig. 3.10: Poziția RPN în metodologia FMEA

În etapa de evaluare a riscului echipa de lucru a identificat urmările potențiale ale apariției defectelor și importanța lor pentru beneficiari.

Un subansamblu de bază al EPB îl constituie *Unitatea de antrenare a motorului (motor gear unit)* (1.1); în structura unității, componentele se grupează în funcție de obiectivul final pe care sunt obligate să-l realizeze; astfel, pentru a se asigura interfața cu clienții beneficiari ai sistemului (în speță producătorul de automobile - 1.1.1.), echipa de lucru a considerat că sunt necesare următoarele categorii de informații relativ la componentele/activitățile din structura sistemului:

- (1.1.1.1). Informații privind asamblarea componentelor sistemului EPB pe carcasa de transmisie asamblată a automobilului.

- (1.1.1.2.) Informații privind rutarea cablurilor, în vederea asigurării tensiunilor necesare pentru eliberarea/cuplarea frânei)
- . (1.1.1.3.) Proiectarea sistemului de ambalare EPB, în vederea asigurării protecției pe parcursul transmiterii/transportului ei la beneficiar –în condițiile producției de serie sau masă.
- (1.1.1.4) Concepția structurii etichetei de marcare a produsului, în vederea furnizării informațiilor esențiale funcționării sistemului.

Fiecare din aceste componente activități, sunt condiționate, sub aspectul calității/fiabilității de caracteristicile componentelor care intră în structura lor. O imagine de ansamblu a modului de interconținere a nivelelor de aplicare a FMEA, în acest caz se prezintă în figura nr. 3.11.

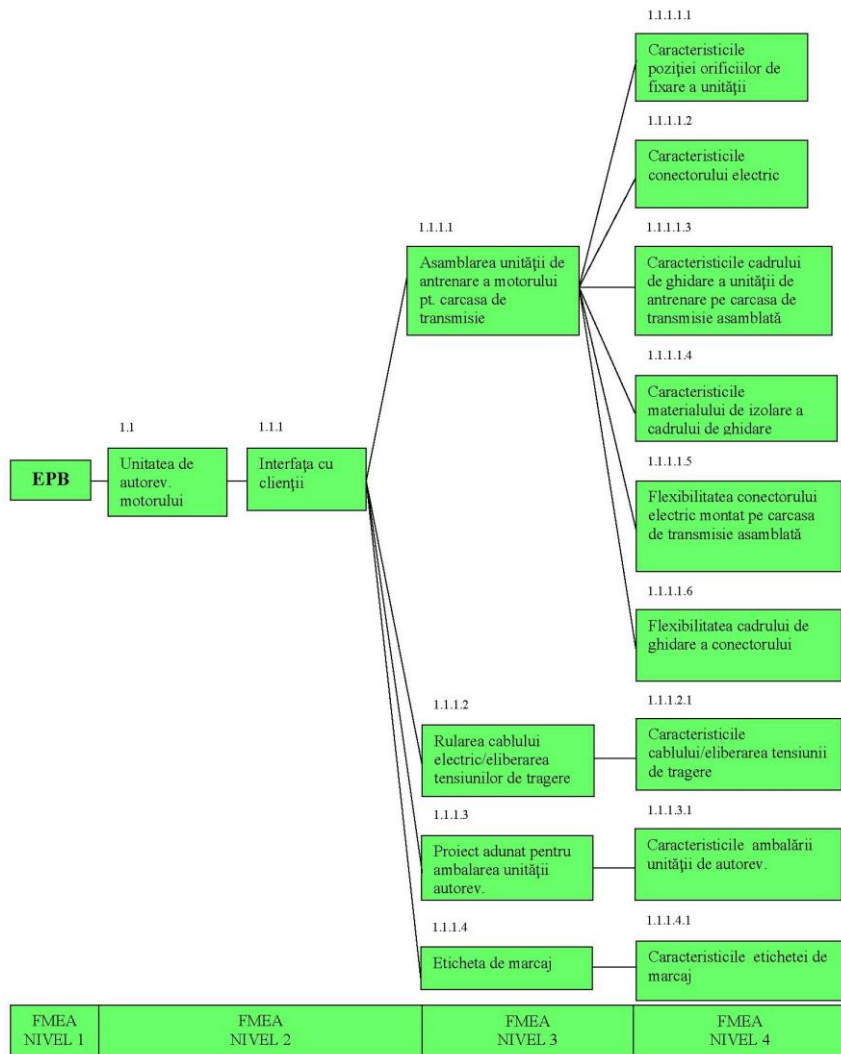


Fig. 3.11. EPB un sistem integrat în autoturism

Într-o etapă preliminară, echipa de analiză a stabilit structura funcțiilor de top ale echipamentului de frânare EPB ; ea este prezentată sintetic în figura nr. 3.11.

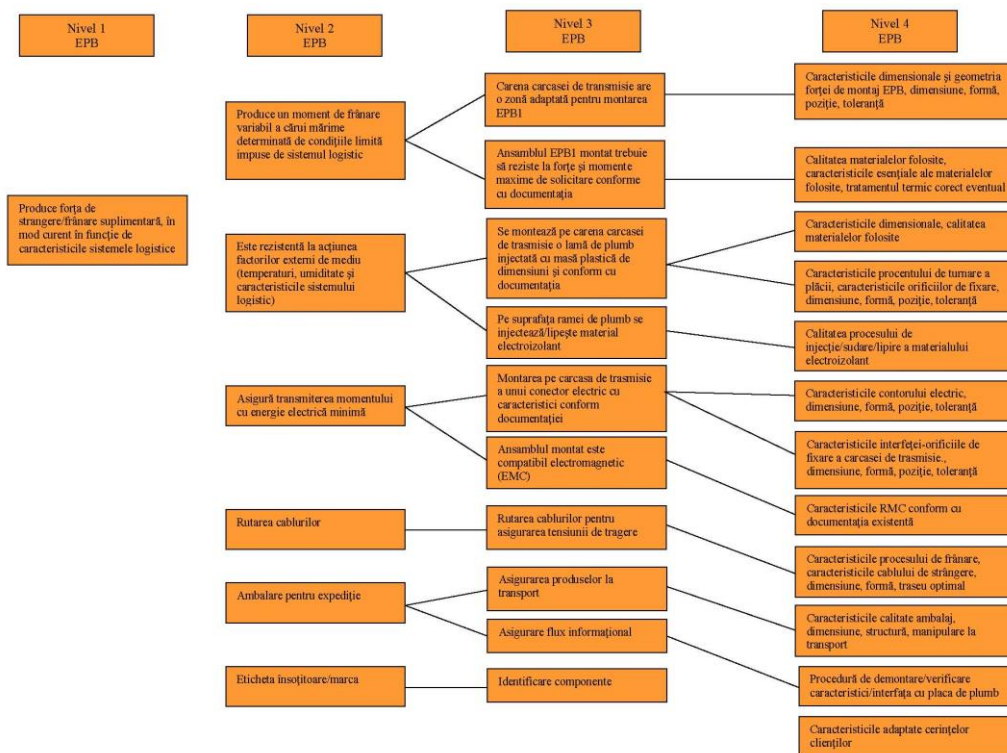


Fig. 3.12. Structura funcțiilor de top al EPB

Pentru fiecare nivel în parte se întocmește câte o fișă de analiză în care funcțiile de top sunt afișate în culoarea verde. Posibilele defecțiuni ce pot fi semnalate, inclusiv pe parcursul testărilor efectuate înainte și după montaj, sunt afișate în culoare roșie. Pentru fiecare eroare posibilă este atașat indicele de reting de la 1 la 10. Valorile de pe această scară de reting sunt determinate de fiecare companie în parte, având în vedere reguli și indicatori de calitate impuși, de nivelul tehnic al acesteia, dar și de cerințele clienților. Cu ajutorul lor se determină apoi valoarea numărului de risc prioritar (RPN).

Analiza pe cele patru nivele evidențiază următoarele:

Nivelul 1. Pentru primul nivel, notat cu **EPB 1**, fișa de analiză a evidențiat un număr de 11 funcții distincte care caracterizează un ansamblu EPB; ele sunt notate de **1a la - 1k**, și marcate cu culoare verde.

Rezultă din această analiză că principalul defect care ar putea să apară la EPB, este cel legat de **Forța de strângere/de închidere a EPB, care este comandată electric, și de o serie de aspecte legate de dinamica acesteia în timp**, așa cum rezultă din tabelul nr. 3.5

Fișa de analiză FMEA –pentru EPB 1

EPB(1)

1.a. Produce forță de închidere/de strângere definită pe traseul definit, în condițiile limită definite de documentația produsului.

B=10 ($B_{max} = 10$) 1.a.1. Forța de închidere/de strângere prevăzută, comandată electric, este insuficient realizată. Software semnalizează valorile procesului.

B=9 ($B_{max} = 9$) 1.a.2. Forța de închidere/de strângere prea scăzută/prea mică. Software recunoaște valoarea scăzută (disponibilă) a forței de închidere.

B=9 ($B_{max} = 9$) 1.a.3. Forța de închidere/de strângere nu este constant realizată în timp. Software recunoaște starea reală.

B=6 ($B_{max} = 6$) 1.a.4. Forța de închidere/de strângere depășește limita maximă. Software recunoaște starea reală.

1.b. Îndeplinește dinamica definită, proiectată, construită/realizată

B=8 ($B_{max} = 6$) 1.b.1. Forța de închidere/de strângere este realizată/construită într-un timp mult prea mare față de prevederile documentației. Forța de închidere ajunge la valoarea maximă prea încet.

1.c. Forța de închidere / de strângere blocată/ oprită, la valoarea cerută de produs.

B=10 ($B_{max} = 10$) 1.c.1. Forța de închidere/de strângere scade cu timpul în funcție de valorile cerute de produs.

1.d. Forța de închidere/de strângere eliberată

B=9 ($B_{max} = 9$) 1.d.1. Forța de închidere/de strângere nu se eliberează. Software disponibil recunoaște acest semnal/existența forței de închidere.

B=9 ($B_{max} = 9$) 1.d.2. Forța de închidere/de strângere eliberată parțial/incomplet.. Software disponibil recunoaște această stare de eliberare parțială.

B=10 ($B_{max} = 10$) 1.d.3. Forța de închidere/de strângere eliberată complet în întregime. Software disponibil recunoaște acest semnal, lipsa forței de închidere/ strângere.

1.e. Îndeplinește dinamica de eliberarea forței de închidere/de strângere definită, proiectată, construită /realizată.

B=6 ($B_{max} = 6$) 1.e.1. Forța de închidere/de strângere eliberată într-un timp mult prea mare, în raport cu timpul prevăzut în documentație.

1.f. **Afectarea funcționării** frânei de serviciu asigurată. (solicitări conform D-FMEA cu privire la frâna de serviciu).

B=9 ($B_{max} = 9$) 1.f.1. Etrierul are scurgeri.

B=6 ($B_{max} = 6$) 1.f.2. Forța hidraulică a frânei scade.

B=6 ($B_{max} = 6$) 1.f.3. Apariția cuplului de moment de frânare reziduală (după frânare).

B=10 ($B_{max} = 10$) 1.f.4. Cuplul de frânare reziduală persistent. Pericol de foc

B=9 ($B_{max} = 9$) 1.f.5. Forța frânei de serviciu nu există/ este anulată.

1.g. Sunt îndeplinite cerințele acustice în timpul realizării forței de frânare la parcare.

B=6 ($B_{max} = 6$) 1.g.1. Nivelul de zgomot în timpul eliberării forței de frânare la parcare este prea mare (depășește nivelul de 60 dB pe scara A).

B=6 ($B_{max} = 6$) 1.g.2. Frecvența zgomotului, în timpul eliberării forței de frânare la parcare, nu este acceptabilă. (depășește 1000 Hz).

1.i. Minimizaază / reduce zgomotul în momentul declanșării frânării, când vehiculul este în mișcare

B=6 ($B_{max} = 6$) 1.i.1. Zgomotul este prea mare în momentul declanșării frânării, când vehiculul este în mișcare. (depășește 90 dB pe scara A).

1.j. Îndeplinește cerințele de compatibilitate electromagnetică a vehiculului (EMC).

B=8 ($B_{max} = 8$) 1.j.1. Cerințele EMC nu sunt îndeplinite.

1.k. Design de produs, și componente prietenoase cu fabricația și instalarea sistemului la montajul final.

B=8 ($B_{max} = 8$) 1.k.1. Procesul de asamblare la producătorii de automobile perturbat grav.

B=7 ($B_{max} = 7$) 1.k.2. Procesul de asamblare la producătorii de mașini perturbat parțial.

B=6 ($B_{max} = 6$) 1.k.3. Procesul de fabricare/asamblare a la furnizorul de CAS perturbat grav.

B=3 ($B_{max} = 3$) 1.k.4. Procesul de fabricare/asamblare/la furnizorul de perturbat parțial.

Nivelul 2. Pentru acest nivel, analiza FMEA evidențiază câteva defecte, care dacă nu au fost înlăturate, pot compromite întregul sistem. Fișa de analiză FMEA prezintă în detaliu posibilele defecte ce pot afecta calitatea Unității de angrenare a motorului în vederea realizării procesului de frânare (Tabelul nr. 3.6.). Amintim aici **că nerealizarea unui cuplu cu caracteristici bine definite fac imposibilă realizarea unei frâne electrice; apoi construcția unei unități de angrenare a motorului subdimensionată față de cerințele mediului poate compromite funcțiunile întregului sistem.**

Tabelul 3.6

Fișa de analiză FMEA pentru Unitatea de angrenare a motorului

Unitatea de angrenare a motorului/motor cu angrenaj

1.1.a. Produce un cuplu bine definit, de o valoare definită, în condițiile limită definite.

($B_{max} = 10$).1.a.1. Cuplul realizat este insuficient. Software recunoaște defectul.

($B_{max} = 9$).1.a.2. Cuplul în direcția de strângere este scăzut/(prea mic). Software recunoaște defectul.

($B_{max} = 9$).1.a.3. Cuplul minim nu este realizat. Software recunoaște defectul.

($B_{max} = 10$).1.a.4. Cuplul realizat prea mare/ridicat. Software recunoaște defectul.

1.1.b. Presiunea realizată de cuplu asupra angrenajului.

($B_{max} = 9$).1.1.b.1. Cuplul nu poate fi deconectat. Software recunoaște defectul.

($B_{max} = 9$).1.1.b.2. Cuplul eliberat parțial/incomplet. Software recunoaște disponibilitatea.

- (B_{max} = 10).1.1.b.3. Cuplul nu este eliberat complet/în întregime. Software recunoaște defectul.
- (B_{max} = 6).1.1.b.4. Golul de aer nu este ajustabil.
- 1.1.c. Cuplul de exploatare închis.
 - (B_{max} = 10).1.1.c.1. Caracteristică de auto-închidere nu există.
- 1.1.d. Se asigură timpul de strângere/fixare definit.
 - (B_{max} = 10).1.1.d.1. Cuplul este realizat/construit prea încet
- 1.1.e. Se asigură timpul de eliberare/defixare definit.
 - (B_{max} = 6).1.1.e.1. Cuplul este eliberat prea încet în timp.
- 1.1.f. Nu există zgomote neobișnuite la strângere/prindere.
 - (B_{max} = 6).1.1.f.1. Zgomote neobișnuite în timpul realizării cuplului.
- 1.1.g. Nu există zgomote neobișnuite la eliberare.
 - (B_{max} = 6).1.1.g.1. Zgomote neobișnuite la eliberare.
- 1.1.h. Nu există zgomote neobișnuite la eliberare și când vehiculul este în mișcare.
 - (B_{max} = 8) 1.1.h.1. Zgomote neobișnuite la eliberare și când vehiculul este în mișcare.
- 1.1.i. Îndeplinirea cerințelor EMC.
 - (B_{max} = 8) 1.1.i.1 Cerințele EMC nu sunt îndeplinite.
- 1.1.j. Unitatea de angrenare a motorului / motorul cu angrenaj este rezistent la influențele de mediu.
 - (B_{max} = 10).1.1.j.1. Stabilitatea chimică a unității de angrenare a motorului este insuficientă.
 - (B_{max} = 10).1.1.j.2. Unitatea de angrenare a motorului nu este rezistentă la impactul factorilor de mediu.
 - (B_{max} = 10) .1.1.j.3. Rezistența unității de angrenare a motorului la acțiunile pietrelor (loviturilor exterioare) este insuficientă.
 - (B_{max} = 10).1.1.j.4. Scurgeri între carcasa unității de angrenare a motorului și carcasa etrierului.
 - (B_{max} = 10).1.1.j.5. Scurgeri la carcasa unității de angrenare a motorului
- 1.1.k. Proiectarea modulului de acționare coordonată cu părțile vehiculului.
 - (B_{max} = 8)1.1.k.1. Modulul de acționare se ciocnește de părțile vehiculului
 - (B_{max} = 8)1.1.k.2. Cerințele clientului pentru priza de cuplare nu sunt îndeplinite.
 - (B_{max} = 8)1.1.k.3. Poziția greșită/incorectă a prizei de cuplare.
- 1.1.l. Garanția cerințelor clientului pentru funcții suplimentare.
 - (B_{max} = 8).1.1.l.1. Cerințele clientului cu privire la traseul cablurilor (eliberarea tensiunii de tragere) nu sunt îndeplinite.
- 1.1.m. Transmisie electrică fără probleme.
 - (B_{max} = 9).1.1.m.1. Consumul de energie electrică este întrerupt.
 - (B_{max} = 9).1.1.m.2. Rezistența internă este prea mare.
 - (B_{max} = 9).1.1.m.3. Se poate produce scurt circuit la supra solocitarea frânei.
- 1.1.n. Asigurări cu privire la fabricație.
 - (B_{max} = 7).1.1.n.1. Fezabilitatea tehnică/economică nu este oferită.
- 1.1.o. Furnizarea informațiilor necesare pentru marcaje / etichetare.
 - (B_{max} = 6).1.1.o.1. Informații lipsă/incorecte/ilizibile.

NIVELUL 3 de aplicare FMEA vizează aspecte specifice proceselor de montaj a componentelor din structura Unității de antrenare a motorului; aici FMEA evidențiază problemele care apar la interfața activităților de montaj cu carcasa de transmisie asamblată; se remarcă faptul că erorile care apar, cu mici excepții, au un nivel de impact ridicat pentru ansamblul analizat, așa cum rezultă din valorile atașate erorii reale B. Deci operația de asamblare a conectorului pe carcasă și activitățile aferente de reglare în vederea asigurării compatibilității electromagnetice (EMC), stabilirea traseului optim pentru cablurile de tragere, sunt activități care trebuie verificate în mod constant, pentru că ele pot fi generatoare de defecte, care influențează negativ calitatea procesului de frânare a autovehicolului. Fișa de analiză FMEA pentru nivelul trei se prezintă în tabelul nr. 3.7.

Tabelul 3.7

Fișa de analiză FMEA pentru nivelul 3 de analiză

- 1.1.1.1. Asamblarea pe carcasa de transmisie asamblată.
- 1.1.1.1.a. Carcasa/locașul carcasei de transmisie asamblată prezintă o geometrie a interfeței conformă cu geometria etrierului.
(B_{max} =6) 1.1.1.1.a.1. Capul șuruburilor de fixare nu este corespunzător cu geometria etrierului.
- 1.1.1.1.b. Carcasa de transmisie asamblată permite montarea cadrului de ghidare
(B_{max} =9) 1.1.1.1.b.1. Carcasa de transmisie asamblată nu permite montarea cadrului de ghidare
(B_{max} =9) 1.1.1.1.b.2. Cadrul de ghidare nu poate sau nu poate fi fixat în întregime pe pini carcasei motorului.
- 1.1.1.1.c. Carcasa de transmisie asamblată are un conector electric în conformitate cu specificațiile din documentație.
(B_{max} =9) 1.1.1.1.c.1. Carcasa de transmisie asamblată nu are un conector electric în conformitate cu specificațiile din documentație.
(B_{max} =9) 1.1.1.1.c.2. Terminalele conectorului nu sunt în conformitate cu specificațiile (interfața cu clientul).
(B_{max} =9) 1.1.1.1.c.3. Conectorul nu dispune de pini alocați în conformitate cu specificațiile (interfața cu clientul).
(B_{max} =9) 1.1.1.1.c.4. Izolare electrică necorespunzătoare între punctele cadrului de ghidare.
(B_{max} =9) 1.1.1.1.c.5. Cadrul de ghidare nu este optimizat în conformitate cu cerințele de compatibilitate electromagnetică (EMC).
(B_{max} =9) 1.1.1.1.c.6. Poziția conectorului electric nu este stabilă de comun acord cu condițiile impuse de client.
- 1.1.1.1.d. Carcasa de transmisie asamblată trebuie să reziste valorilor maxime ale forțelor și cuplului în mod corespunzător, conform documentației.
(B_{max} =9) 1.1.1.1.d.1. Carcasa de transmisie asamblată nu rezistă valorilor maxime ale forțelor și cuplului în mod corespunzător documentației.
- 1.1.1.1.e. Designul carcasei este adaptat pentru procesul de producție/asamblare.
(B_{max} =9) 1.1.1.1.e.1. Carcasa de transmisie asamblată nu este proiectată pentru un proces de asamblare care implică piese din mase plastice injectate în matrice.

($B_{\max} = 9$) 1.1.1.1.e.2. Fabricarea carcasei este dificilă datorită materialului utilizat.

1.1.1.2. Traseul cablului/eliberarea tensiunii de tragere

1.1.1.2.a. Traseul cablului pentru asigurarea tensiunii de tragere este funcțional.

($B_{\max} = 8$) 1.1.1.2.a.1. Traseul cablului pentru tensiunii de tragere lipsă/necorespunzător trasat.

1.1.1.3. Design-ul pentru ambalarea unității de angrenare a motorului, conform cerințelor logistice/clienti.

1.1.1.3.a. Design pentru ambalarea unității de angrenare a motorului, realizat conform condițiilor de transport/livrare către clienți

($B_{\max} = 8$) 1.1.1.3.a.1. Design-ul pentru ambalarea unității de angrenare a motorului nu este corespunzător condițiilor de ambalare/transport/livrare către clienți.

1.1.1.4. Eticheta de marcaj

1.1.1.4.a. Eticheta de marcaj produs realizată în conformitate cu cerințele privind volumul informațional necesar pentru identificare produs/condiții de transport/livrare clienți.

($B_{\max} = 8$) 1.1.1.4.a.1. Eticheta de marcaj lipsă/nu este în conformitate cu cerințele privind volumul informațional necesar pentru identificare produs/condiții de transport livrare clienți.

Nivelul 4 de analiză FMEA vizează erorile ce se pot produce pe parcursul realizării sistemului EPB1, și care prin apariția lor pot duce la diminuarea calității sistemului de frânare electrică.

Fișa de analiză a erorilor este prezentată în tabelul nr. 3.8.

La acest nivel sunt evidențiate aspectele specifice ce trebuie avute în vedere la montajul componentelor din structura EPB1. Se remarcă la acest nivel atenția ce trebuie acordată, atât zonelor de interfață: conector electric-cadru de ghidare-carcasa de transmisie asamblată, cât și a respectării calității operațiilor de rutare a cablurilor care asigură forța de frânare generată electric.

Tabelul 3.8

Fișa de analiză FMEA a erorilor de montaj

1.1.1.1.1. Caracteristicile poziției orificiilor de fixare pe carcasa de transmisie asamblată

1.1.1.1.1.a. Dimensiune/Formă, toleranța poziției orificiilor în raport cu carcasa de transmisie asamblată.

($B_{\max} = 10$) 1.1.1.1.1.a.1. Locația/Poziția relativă a orificiilor de fixare necorespunzătoare.

1.1.1.1.2. Caracteristicile conectorului electric.

1.1.1.1.2.a. Dimensiune/Formă, toleranță poziție.

($B_{\max} = 9$) 1.1.1.1.2.a.1. Geometria/suprafața de etanșare/plăcuța de închidere a conectorului este/sunt necorespunzătoare (nu corespund documentației).

($B_{\max} = 9$) 1.1.1.1.2.a.2. Geometria/poziția pinilor conectorului este/sunt necorespunzătoare (nu corespund documentației).

($B_{\max} = 8$) 1.1.1.1.2.a.3. Poziția conectorului în carcasa de transmisie asamblată este greșită.

($B_{\max} = 9$) 1.1.1.1.2.a.4. Alocarea pinilor conectorului nu este realizată conform specificațiilor documentației.

- 1.1.1.1.3. Caracteristicile cadrului de ghidare.
- 1.1.1.1.3.a. Dimensiune/Formă, toleranță poziție conector/carcasa de transmisie asamblată.
- ($B_{max}=9$) 1.1.1.1.3.a.1. Dimensiunea/poziția pinilor pentru contactul electric al motorului este/ sunt necorespunzătoare.
- ($B_{max}=9$) 1.1.1.1.3.a.2. Dimensiunea între benzile cadrului de ghidare este prea mică.
- ($B_{max}=9$) 1.1.1.1.3.a.3. Cadrul de ghidare: lungimea prea mare/secțiunea transversală prea mică/ nu se asigură poziția de interfață carcasa de transmisie asamblată- conector conform documentației conectorului.
- ($B_{max}=8$) 1.1.1.1.3.a.4. Traseul/lungimea/coturile cadrului de ghidare nu sunt compatibile electromagnetic (EMC).
- 1.1.1.1.4. Caracteristicile materialului/suprafeței de acoperire a cadrului de ghidare.
- 1.1.1.1.4.a. Materialul cadrului de ghidare.
- ($B_{max}=9$) 1.1.1.1.4.a.1. Materialul izolator cadrului nu este conform documentației.
- ($B_{max}=9$) 1.1.1.1.4.a.2. Materialul izolator al cadrului nu se poate fixa prin lipire/sudare.
- 1.1.1.1.4.b. Suprafața de acoperire a pinilor de conectare.
- ($B_{max}=9$) 1.1.1.1.4.b.1. Suprafață de acoperire necorespunzătoare/lipsă a pinilor de conectare.
- 1.1.1.1.4.c. Materialul de lipire/sudare (prin injecție) a materialului izolator pe cadrul de ghidare.
- ($B_{max}=9$) 1.1.1.1.4.c.1. Materialul de lipire/sudură (prin injecție) a cadrului de ghidare este necorespunzător.
- 1.1.1.1.5. Caracteristicile de fiabilitate ale conectorului electric și a conexiunilor acestuia la carcasa de transmisie asamblată.
- 1.1.1.1.5.a. Garanția produsului conector/respectarea condițiilor de asamblare
- ($B_{max}=7$) 1.1.1.1.5.a.1. Dimensiunile conectorului/ modul de conectare la carcasa de transmisie asamblată este necorespunzătoare; procesul de lipire/sudare prin injecție a materialului izolator este necorespunzător: grosimea peretelui, nervuri, decupări nu sunt conform documentației.
- 1.1.1.1.6. Caracteristicile fiabilității cadrului de ghidare.
- 1.1.1.1.6.a. Garanția componente/respectarea condițiilor de asamblare.
- ($B_{max}=7$) 1.1.1.1.6.a.1. Cadrul necorespunzător pentru fabricare-dimensiunile necorespunzătoare. Nu se poate lipi/suda pe suprafața cadrului de ghidare materialul izolant corespunzător. Locașurile pinilor conectorului, au alte dimensiuni față de documentație.
- 1.1.1.2.1. Caracteristicile de rutare a cablului/eliberare tensiune de tragere.
- 1.1.1.2.1.a. Dimensiune/Formă, Poziționare, toleranță la poziție
- ($B_{max}=8$) 1.1.1.2.1.a.1. Dimensiunile de rutare lipsesc/sunt incorecte; poziția/ lungimea cablurilor necorespunzătoare.
- 1.1.1.3.1. Caracteristicile ambalării corespunzătoare.
- 1.1.1.3.1.a. Dimensiune/Formă, toleranță poziție
- ($B_{max}=8$) 1.1.1.3.1.a.1. Dimensiune, rezistență și poziție necorespunzătoare pentru ambalare.
- 1.1.1.4.1. Caracteristicile etichetei de marcaj.

1.1.1.4.1.a Design-ul etichetelor/marcajelor conform cerințelor

($B_{max}=6$) 1.1.1.4.1.a.1. Eticheta de identificare nu poate fi citită/nu conține informațiile necesare/formă incorectă.

($B_{max}=6$) 1.1.1.4.1.a.2. Eticheta de identificare nu se poate aplica pe componente/nu rezistă la influențele de mediu.

La acest nivel se observă că aspectele importante vizează poziția relativă a carcasei EPB față de orificiile existente în carcasa de transmisie asamblată; mai precis convergența orificiilor de cuplare a celor două componente este un element esențial în asigurarea calității montajului. Având în vedere câteva tipuri de produse ale unor clienți importanți, s-a propus realizarea unor orificii de cuplare alungite, care să se poată fixa pe mai multe tipuri de carcase de transmisie asamblate.

Odată terminată analiza la nivelul 4 se poate întocmi rețeaua defecțiunilor posibile în fabricația EPB1 așa cum rezultă din figura 3.13.

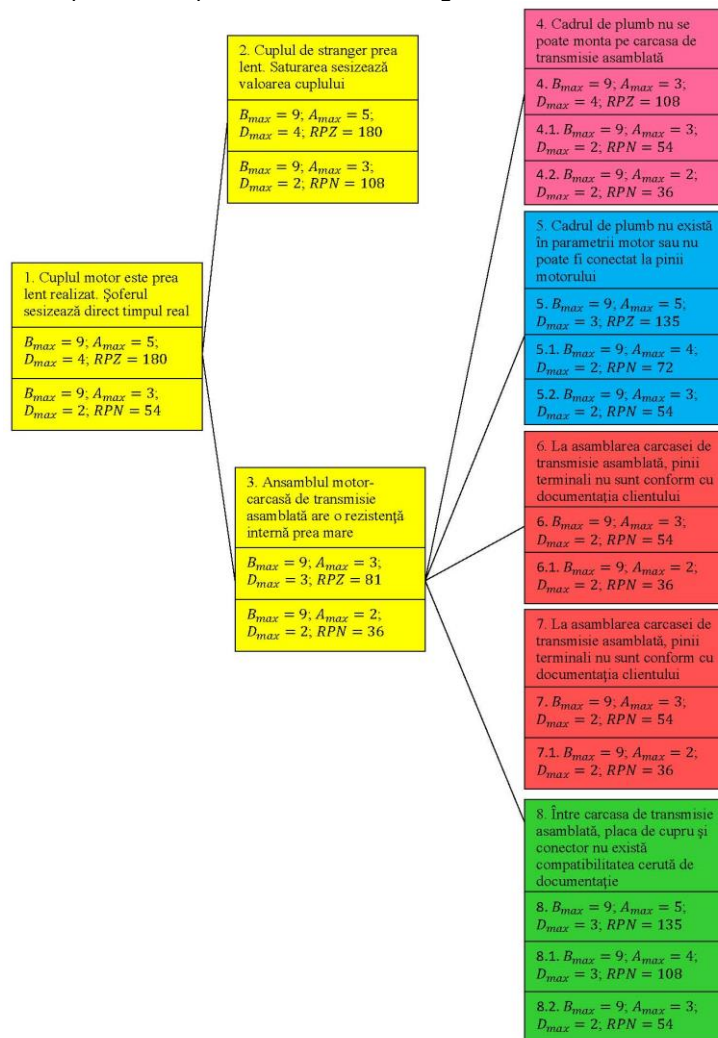


Fig. 3.13. Rețeaua defecțiunilor posibile în fabricația EPB 1

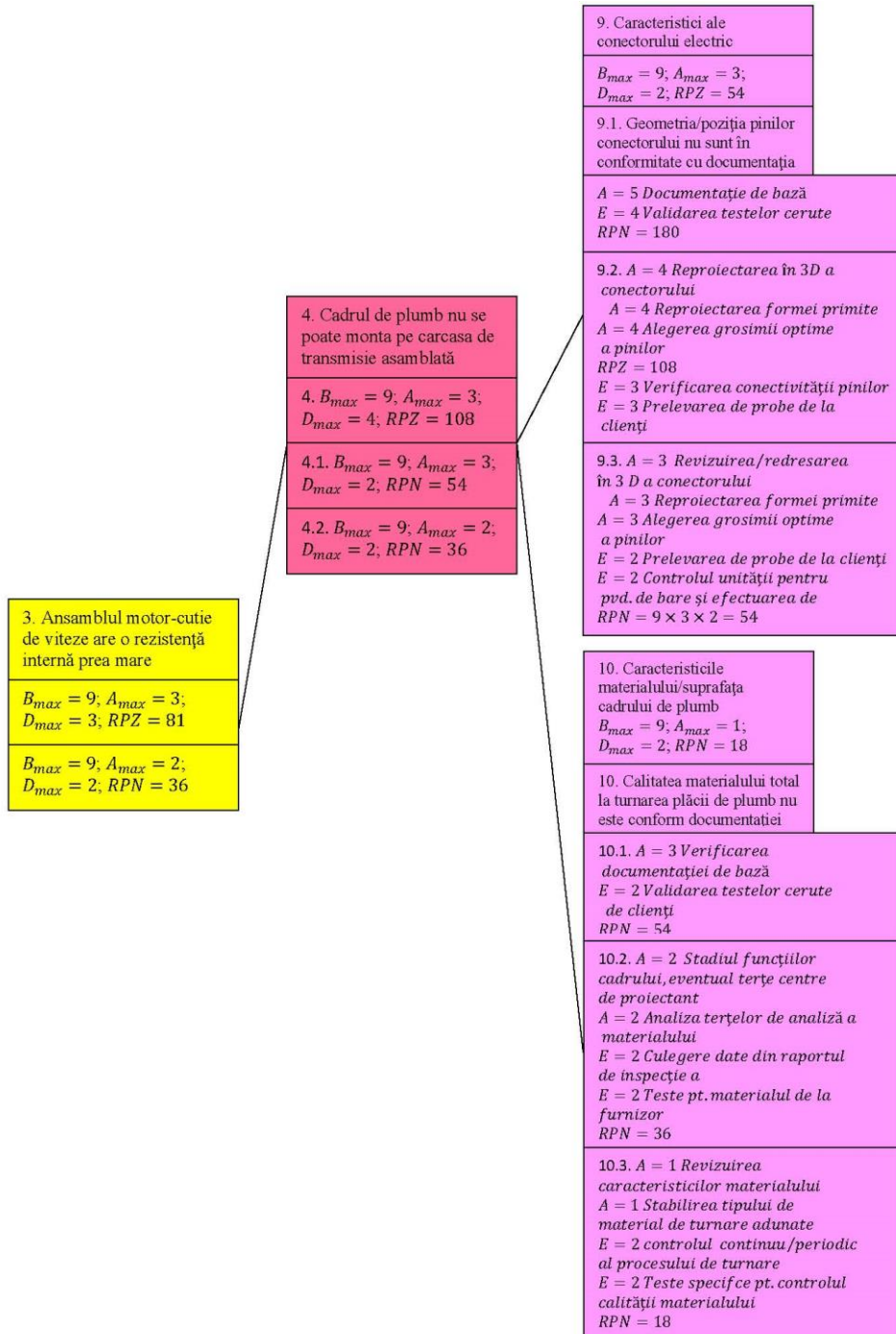


Fig. 3.13a. Rețeaua defectjunilor 2

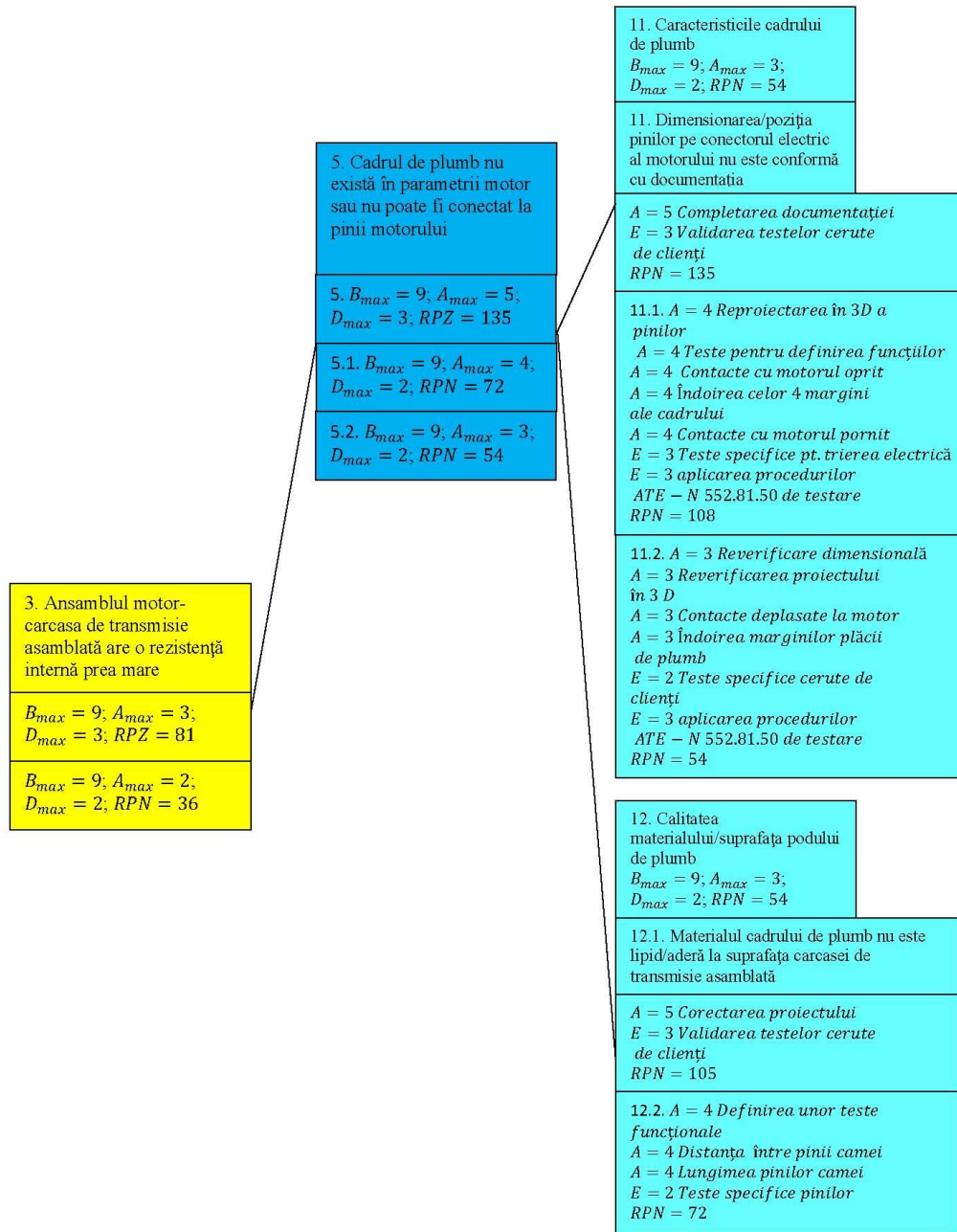


Fig. 3.13b. Rețeaua defectiunilor 3

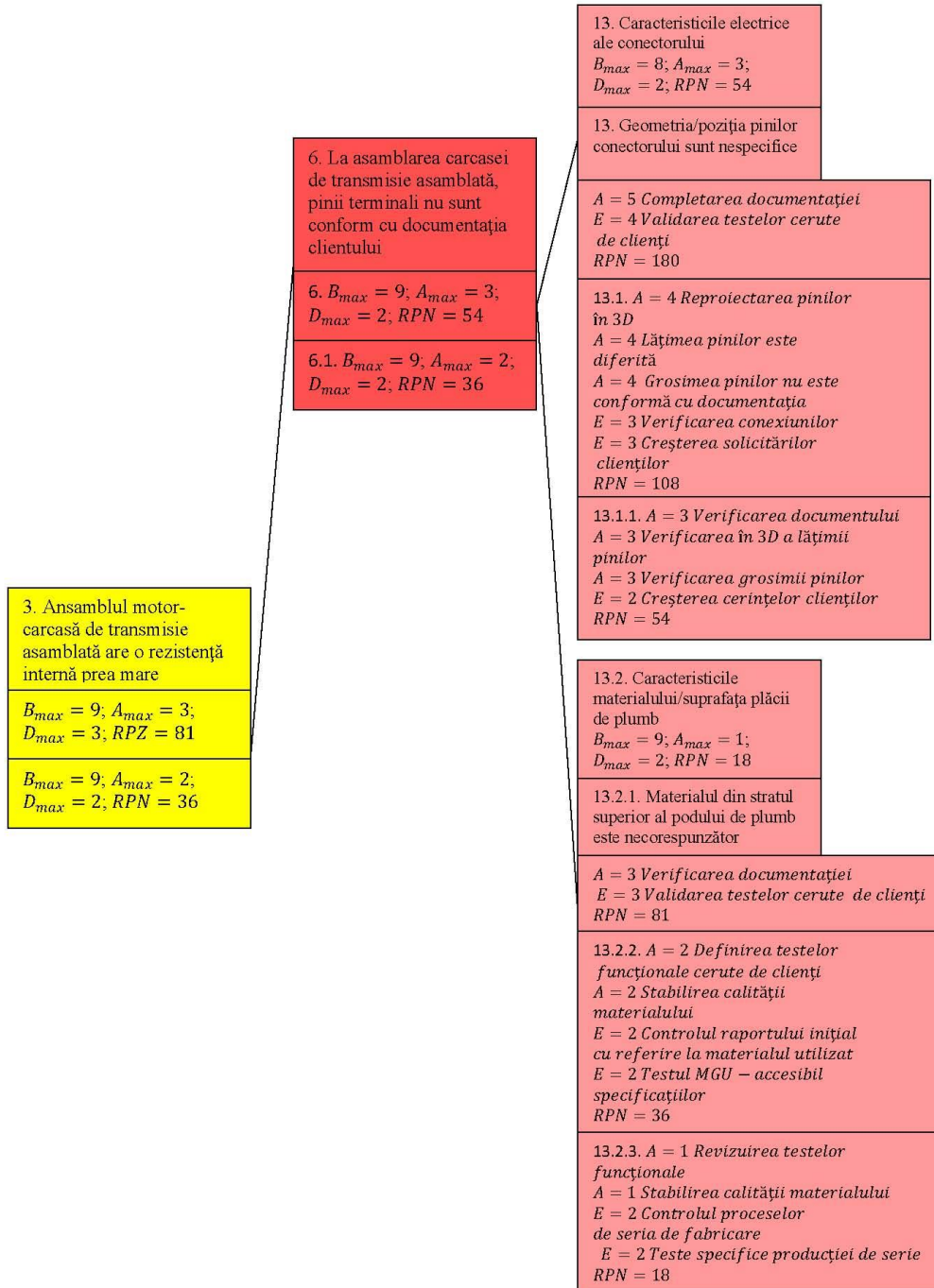


Figura 3.13c. Rețeaua defecțiunilor 4

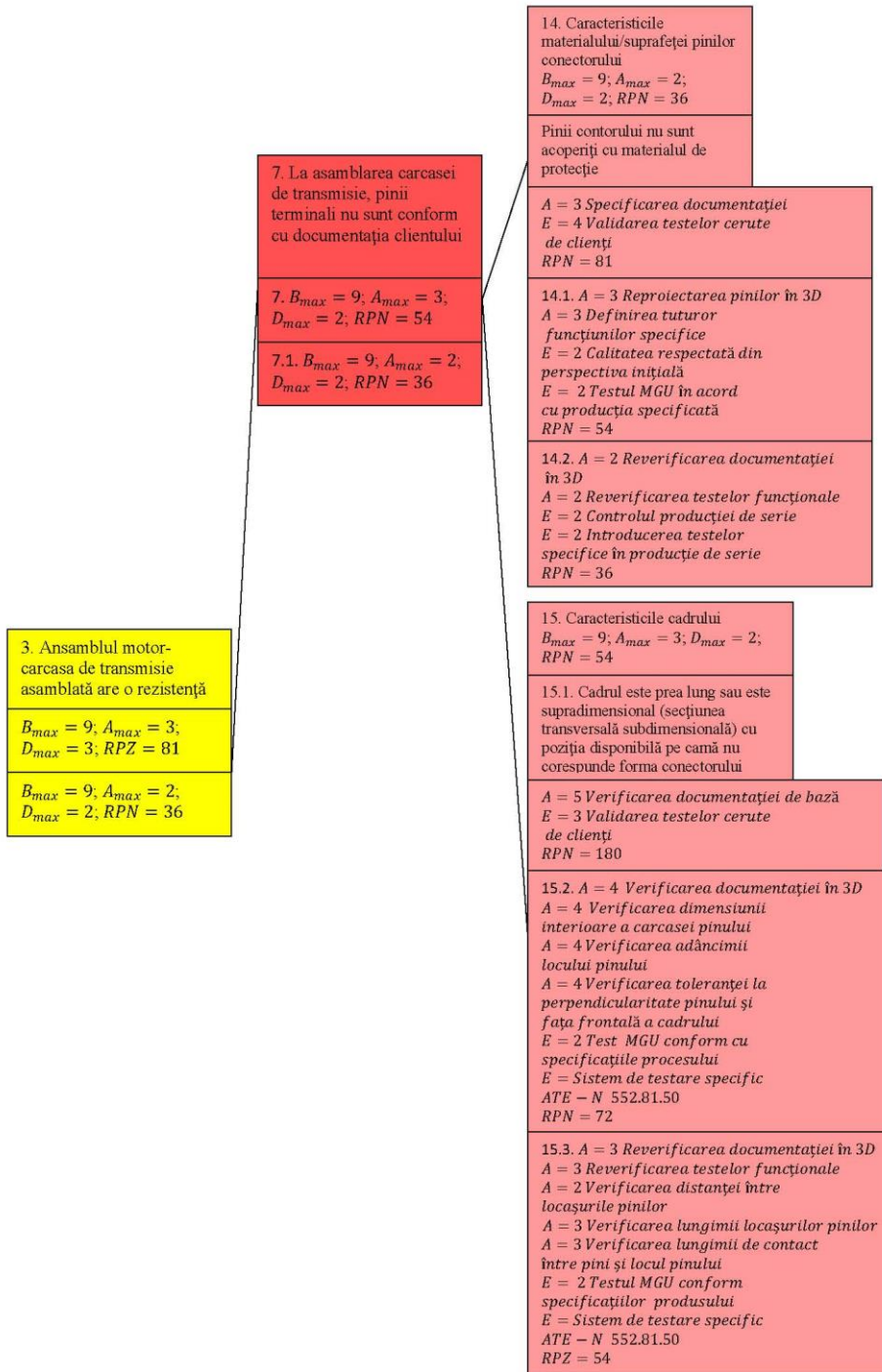


Figura 3.13c1. Rețeaua defecțiunilor 4

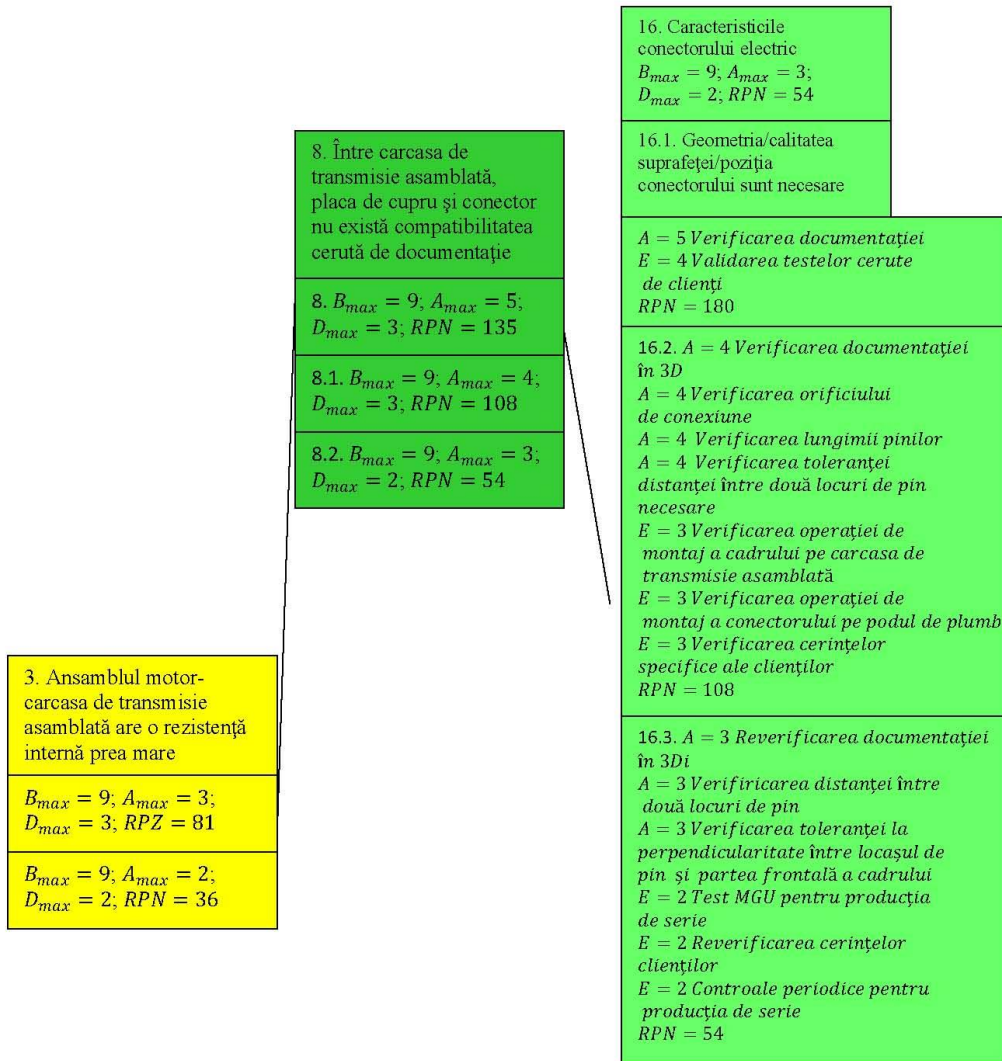


Figura 3.13d. Rețeaua defecțiunilor 5

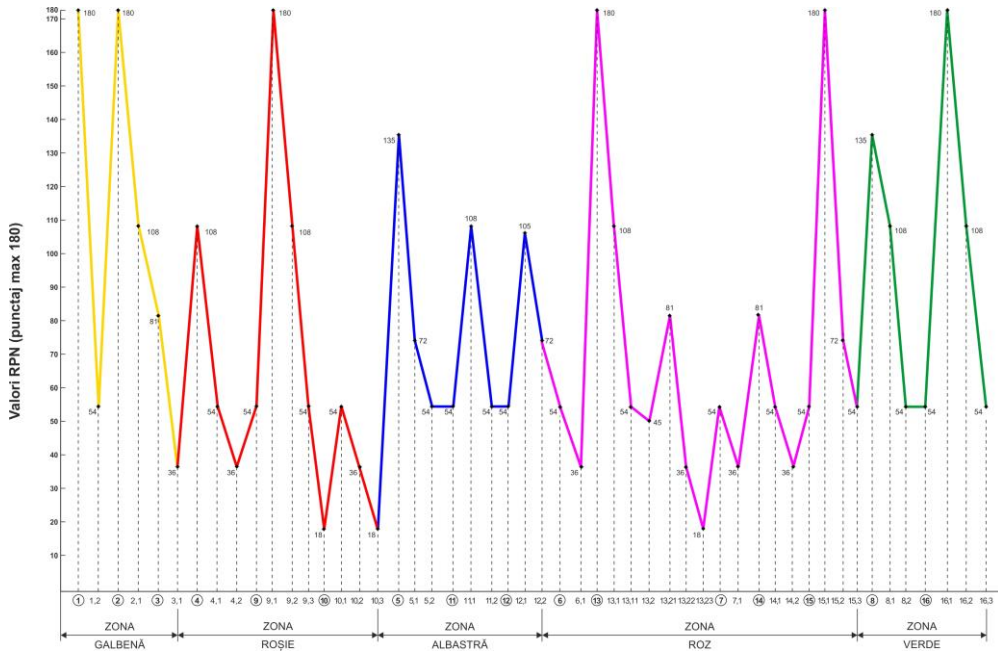


Fig. 3.14. Distribuția RPN pentru EPB 1

Pentru analiză s-au ales:

- Pentru situații total necorespunzătoare:
B = 9; A = 9; E = 9, adică RPN = 729;
- Pentru diferența care îl deranjează pe client:
B = 9; A = 1; E = 9, adică RPN = 81;
- Pentru cazul ideal:
RPN = 3

Din figură se observă următoarele:

1. Distribuția valorilor RPN nu este uniformă:

- zona galbenă	5 valori	18,9%
- pe zona verde	6 valori	11,3%
- pe zona roșie	11 valori	20,75%
- pe zona albastră	18 valori	33,96%
- pe zona roz	8 valori	15,09%
TOTAL	48 valori	100,00%

Pentru evaluarea riscului s-au efectuat 48 de teste de risc, pentru care s-au elaborat și soluțiile constructive astfel încât, atunci când prototipul produsului este asimilat RPN să se situeze la niveluri de risc minime corespunzătoare intervalului de valori pt RPN: 18-54.

Din punctul de vedere al valorilor atinse de RPN pe parcursul analizei se remarcă următoarele:

- pentru frecvențe	0 – 60	29 valori	56,8%
- pentru frecvențe	61 – 120	14 valori	27,50%
- pentru frecvențe	121 – 180	8 valori	15,70%
TOTAL		51 valori	100,00%

2. Pe baza valorilor lui RPN urmează elaborarea de măsuri pentru eliminarea riscului, valorile lui RPN se diminuează;

3. Găurile din scală, marcate cu (==) sunt elemente care definesc conexiunile ce se pot face între produs, subansamble și componente ale acestora.

4. Soluțiile propuse pentru reducerea RPN nu sunt toate necesare pentru reducerea riscului. În fig. 3.13 a, b, c, c1, d se observă că pentru soluții diferite au fost grupate tipurile de operații prin aplicarea uneia dintre ele, să se diminueze factorul de risc.

4. LINIA DE ASAMBLARE COMPONENTE MECANICE/ELECTRICE, PENTRU SISTEMELE DE FRÂNARE

Modelele actuale de vehicule sunt caracterizate de creșterea continuă a sistemelor de siguranță și confort pentru șofer. În plus, diferențierea între competitori generează și dezvoltă noi concepte de sisteme de frânare. Aceste sisteme noi nu vizează doar diminuarea efectelor rezultate în urma impactului automobilului; ele au în structura lor elemente mecanice, electric electromecanice și electronice, de o precizie și finețe deosebită prin care se exercită funcții de protecție atât a autovehicolului cât și a șoferului.

Un exemplu pentru această situație îl constituie „Frâna de parcare electrică” - EPB -Electric Parking Brake. Ea este un tip de frână utilizată la autovehicule, care înlocuiește frâna de mână mecanică convențională și îndeplinește simultan cerințele în continuă creștere de confort, funcționalitate, durabilitate, și spațiu în compartimentul pentru pasageri.

În funcție de producătorii de autoturisme, EPB, ca și echipament, este de asemenea cunoscut sub numele de APB (Automatic Parking Brake), EFB (Elektrische Feststellbremse) sau EMF (Elektromotorische Feststellbremse) [44].

4.1. Descrierea sistemelor de frânare manuale

Frâna de parcare convențională, acționată de șofer cu piciorul sau cu mâna printr-un dispozitiv mecanic, generează prin cabluri o forță de blocare a frânelor din spate. Aici, cu o unitatea de acționare (de mână sau picior), se generează de către operator o forță individuală mecanică, ce este transmisă prin cabluri la frânele din spate. Aici este exercitată o forță asupra discului de frână sau a tamburului (cilindrului). Pentru vehiculele foarte grele, este folosită adesea o frână tambur (cilindrică) separată, în scopul de a obține momentul necesar pentru blocarea vehiculului.

Frâna de parcare convențională este substituită în ultimii ani de frâna de parcare electrică ce este acționată de (șofer) operator prin intermediul unui buton; ea are funcții automate de aplicabilitate, dependente de situația de circulație în care se află vehiculul ca de exemplu funcția DAR (Drive Away Release)

Sistemele electrice de frânare manuală de pe piața furnizorilor pentru industria de automobile se pot clasifica astăzi în 3 grupe:

1. Frâna de parcare electrică „Cable Puller”- cu cablu de tracțiune- (CP)
2. Frâna de parcare electrică „Dual Servo ” – cu dublu servo- (DS)
3. Frâna de parcare electrică „Calliper Intergratet” – cu etrier integrat- (CI)

Pe lângă funcțiile normale ale frânei de parcare convențională „cu manetă ” se realizează în sistemul electric de frânare manuală funcții suplimentare ca de exemplu:

- Datorită controlului forței de frânare în dependență cu înclinarea, întregul sistem de frânare este pe durata de viață ușurat și astfel este garantată creșterea durabilității.
- Cu ajutorul utilizării unui motor și senzor de înclinare pot fi monitorizate,

forța de frânare, înclinarea vehiculului, precum și schimbări în sistemul de frânare (de exemplu, efectul temperaturii) și dacă este necesar se poate corecta.

- Integrarea unei funcții numită - eliberare de urgență- care permite eliberarea frânei de parcare, în cazul unei pene de curent când vehiculul nu mai poate fi tractat. Dacă eliberarea de urgență este activată, fără să fie o eroare în sistem, sistemul recunoaște acest lucru și se auto-regenerează singur.
- În plus, o gamă foarte largă de funcții de confort sunt ușor de implementat, cum ar fi: tractiune pe munte, Hill Holder (de rulare în spate pe plan înclinat), parcare, control anti-blocare.
- În plus datorită eliminării manetei de frană se câștigă spațiul în compartimentul pentru pasageri pentru alte functii ca de exemplu, aer condiționat, telefoane mobile, casete.

Furnizorii care au integrat cu succes frâna de parcare electrică pentru automobile sunt cele mai mari companii din Europa de pe piața de livrare în industria de automobile. În figura nr. 4.1. se prezintă principalul, modul de structurare al frânei de parcare electrică și amplasarea ei pe un automobil [163].

Din figură se observă că principalele subsansamble/circuite ale frânei de parcare automată sunt:

1. Butonul pentru declanșarea frânării de oparcare automată în bord.
2. ESP Agregatul hidraulic cu software-ul ASP integrat.
3. Rețeaua (circuitul) de blocare cu mecanismele de blocare.

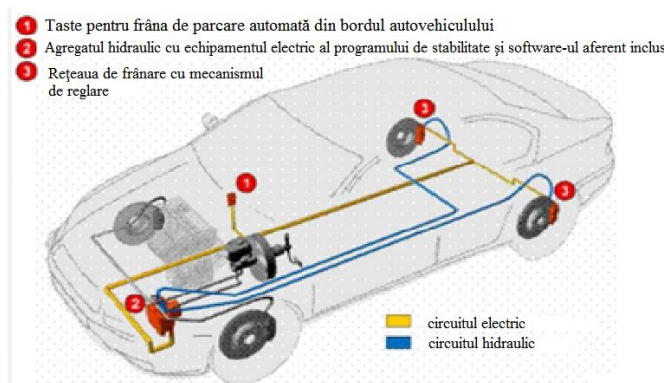


Fig. 4.1. Structura și amplasarea frânei de parcare automată

4.1.1. Sistemul electric de frânare manuala EPB -Cable Puller

Sistemul EPB – cable puller se poate considera ca fiind prima generație a frânei de parcare automată care substituie frâna de parcare convențională manuală.

Sistemul EPB – cable puller are componentele de bază grupate în două grupe:

1. Componentele mecanice
2. Componentele electrice

1. Componentele mecanice

Aționarea frânei de parcare folosește un extractor cu un singur cablu; pe lângă acesta ea mai cuprinde:

- ECU/PCB (platina placa cu componente electronice) introduse în corpul dispozitivului;

- Conector de interfețe electrice (conector de cablu pentru vehicul);

- La acestea se mai adaugă:

- Software (SW). Funcționarea completă a EPB este determinată de structura SW; aceasta poate fi realizată în conformitate cu cerințele specificate de client cu referire la acționare, și cu cerințele de asamblare a axului motorului electric de comandă a procesului de frânare;

- Interfețele mecanice: **a.** interfața cablului de tracțiune; **b.** punctele de montare pe vehicul; **c.** interfață de deblocare în caz de urgență;

- Senzorul de forță integrat.

Aționarea este concepută astfel încât să se realizeze trei funcțiuni distincte:

- aplicarea unei forțe de tracțiune pentru frânare, prin cablul de tracțiune,
- menținerea forței aplicate în condiții de siguranță și
- eliberarea forței de tracțiune pe cablul de tracțiune, la solicitarea operatorului.

Forța de aplicare și distanța de rulare a șurubului dispozitivului este limitată de senzori integrați pe placa electronică, și ea poate fi reglată în funcție de caracteristicile autovehiculului.

EPB – cable puller este un echipament de siguranță al vehiculului.

Staționarea în așteptare, în condiții de siguranță, se face prin autoblocarea axului motorului.

În plus, toate componentele implicate din punct de vedere al forței de frânare în stare pasivă sunt confecționate din materiale metalice.

EPB asigură blocarea roților cu forța de blocare necesară, și în cazul în care autovehicolul se găsește în pantă, prin intermediul senzorilor de poziție.

Fiabilitatea acționării este concepută astfel încât să nu fie necesare activități de întreținere (ungere temporară); ea este calculată pentru tot parcursul vieții echipamentului (circa 100.000 de acționări sau 15 ani). O vedere exterioară a sistemului EPB cable- puller este dat în figura numărul 4.2:

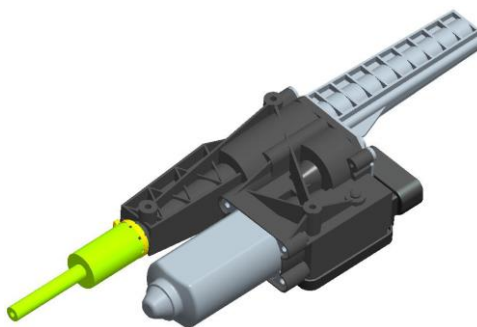


Fig.4.2. Vedere de ansamblu a sistemului electric de frinare manuala „Cable Puller” – prezentare generală.

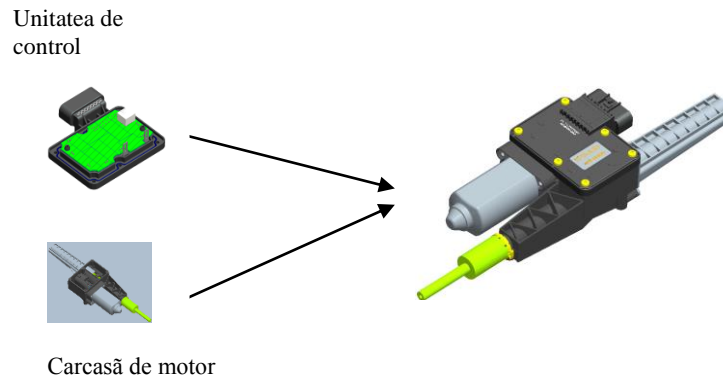


Fig.4.3. Vedere de ansamblu a componentelor sistemului electric de frânare manuală „Cable Puller”

Specificul sistemului de EPB- cable puller este acela că ECU se poate integra în carcasa motorului electric, formând un subansamblu deosebit de robust, rezistent la șocuri sau suprasolicitări.

4.1.2. Sistemul electric de frânare de mână EPB-„Dual Servo” (EPB-DS)

Sistemul de frânare de mână electric înlocuiește sistemul convențional de frânare de mână mecanic. Operația de frânare se utilizează numai în poziția statică/ oprire/ stop a autovehiculului. Operațiile de frânare în timpul mișcării automobilului se desfășoară cu ajutorul pompei hidraulice care produce o presiune la toate cele 4 roți ale automobilului, așa cum rezulta din figura numărul 4.4.

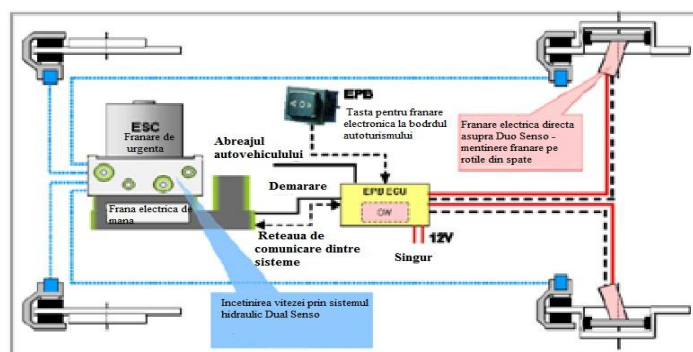


Fig.4.4. Amplasarea componentelor sistemului de frânare EPB-DS

1. Modul de funcționare al Sistemului EPB-DS.

Sistemul de frânare de mână electric îndeplinește funcția unui sistem de frânare manuală independent de sistemul de frânare hidraulic de bază.

Motorul montat direct pe axul roții face posibilă activarea plăcuțelor de frâna ale sistemului Duo Servo. Translația mecanică convențională este înlocuită de un ax care este acționat de motor.

Actuatorul care este necesar pentru acționarea plăcuțelor de frână, este integrat într-o carcasă. Carcasa este conectată la axul roții prin intermediul unei asamblari cu șurub și direcționează forțele de frânare de sprijin de bază în ax.

Monitorizarea stării frânei de parcare (închis sau deschis, informații despre starea suprafeței plăcuțelor de frâna) se realizează cu ajutorul unor senzori și este integrată în actuatorul ECU a sistemului DSE.

Momentul de frânare maxim care este necesar pentru a îndeplini funcția sistemului de frână manuală trebuie să fie păstrat și în starea în care sistemul nu este sub tensiune (spre exemplu dacă sistemul rămâne fără curent electric)

Dacă instalația de alimentare cu energie este defectă între EPB comutator și ECU, frâna de parcare poate fi eliberată manual. În acest scop, resursele adecvate se găsesc la DSE.

Adaptarea vehiculului la cerințele diferite ale sistemului DSE se face prin aplicarea proiectării componentelor speciale ale sistemului.

Modulul de unitate și alte componente de transmisie trebuie să fie păstrate pentru toate aplicațiile pe cât posibil neschimbate.

Frâna de parcare electrică este și o funcție de confort pentru șofer. Din acest motiv, zgomotul de funcționare al unității DSE trebuie să fie redus la minimum.

2. Componentele sistemului EPB-DS

O vedere de ansamblu a componentelor sistemului de frânare EPB – DS sunt redată în figura numărul 4.5.



Fig.4.5. Vedere de ansamblu a componentelor sistemului EPB-DS

Sistemul de frânarea conventional EPB - DS are următoarele componente:

- Un set de placute de frână cu DS specifice unității de interfață pentru modulul de distribuție;

- componeta pentru reajustarea sistemului (la montaj);

- arcuri de ajustare și mecanismul de distribuție;

- bolt de susținere și arcuri;

- aparatoare de noroi;

Pe lângă acestea, sistemul DS mai cuprinde un modul de acționare și o unitate de distribuție:

a. modulul de acționare are în structură:

- perie de motor;
- reductor cu interfața pentru unitatea de distribuție;
- elemente pentru eliberarea manuală a frânei de parcare (eliberare de urgență);
- senzor de rotație pentru unitatea de baza;
- carcasa de plastic cu interfață pentru carcasa metalică a DS;
- contacte electrice;
- b. unitatea de distribuție are în structură:
 - mecanism cu șurub;
 - un element de arc pentru compensarea forței de distribuție;
 - pistonase pentru acționarea plăcii de frână;
 - carcasa DS de metal sau aluminiu cu interfața pe ax.

4.1.3. Sistemul electric de frânare manuală „Caliper integrated” (EPB-CI)

EPB-CI oferă funcția de frânare prin utilizarea combinată cu un servomotor integrat. Acesta este controlat de o unitate de control stand-alone sau de ESC. Funcția de frânare dinamică este implementată folosind ESC sau EPB.

Beneficiile pe care acest sistem le are, în comparație cu celelalte două sunt:

- o greutate a sistemului scăzută
- prețul sistemului este redus;
- un sistem modular scalabil pentru diferite clase de vehicule în funcție de forța pe care trebuie să o dezvolte;
 - concept de acționare cu dinamica mai mare și de primă clasă de performanță NVH;
 - este posibil extinderea funcției de frânare de urgență prin intermediul acționării EPB.

1. Modul de funcționare și caracteristicile sistemului EPB-CI

Sistemul EPB-CI posedă:

- a. *Funcții statice:*
 - închiderea statică: comutator activat când vehiculul este staționat; forța de închidere aplicată este maximă;
 - eliberarea statică: comutator activat când vehiculul este staționat, forța maximă de eliberare este în vigoare atunci când gradientul forței ajunge la zero;
 - eliberarea automată prin funcția (DAR): EPB eliberează automat frâna, când autovehiculul pleacă de pe loc;
 - „Hot Disk Re-Clamp” - forța de blocare este restabilită după contractia discului punții spate;
 - „Key-Out” - închiderea automată a EPB-CI după îndepărtarea cheii din contact;
 - „Detectarea automată a axului din spate - la testarea de frână;
 - „Poziție Service” - o procedură de manipulare pentru a aduce sistemul EPB-CI într-o poziție de serviciu;
 - Comenzi externe de închidere prin HODL.
- b. *Funcțiile dinamice:*
 - Funcția de frânare dinamică (DBF): asigurată prin frânare hidraulică (ESC) sau prin acționare EPB. Decelerare, cu o valoare definită (de exemplu 0,2 g), atât timp cât comutatorul este aplicat.
- c. *Funcție suplimentară în curs de dezvoltare*

- „Pad indicator de uzură” - EPB-CI are sarcina de a indica decalajul axului din spate față de frâna de serviciu a sistemului

Caracteristicile sistemului EPB-CI

a. Dezvoltarea sistemului

- EPB-CI este dezvoltat conform cu standartul IEC61508 al managementului de siguranță în funcționare și al standartului ISO26262.

b. Funcții

- Toate funcțiile EPB de bază sunt disponibile;
- Suplimentar aici este inclus și Know-how de la alte proiecte EPB (CP, DS) luate în considerare, aplicabile în cazul în care clienții solicită acest lucru.

c. Caliper

- Deplasarea unui număr mic de componente pentru asigurarea funcției cerute, deci o fiabilitate mai ridicată a sistemului.

d. Servomotor

- Conceptul cu randament ridicat prin intermediul unor componente specifice;
- Scalabil (proiectare pregătită pentru aplicarea viitoare, 16 KN/20 KN /25 KN);
- Fiabilitate ridicată calculată pentru minim 100.000 de cicluri de încărcare.

e. ECU – Unitatea de conectare electronică, care cuprinde elementele de procesare standard și software-ul standard (vectorul CAN aferent, care asigură sistemul de comunicare între componentele ECU).

2. Componentele sistemului

Componentele sistemului sunt date în figura nr. 4.6.:

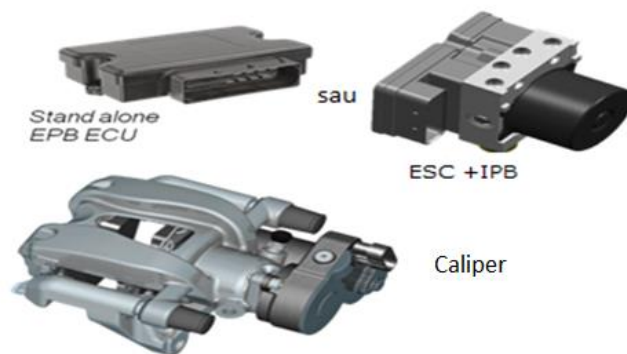


Fig. 4.6. Componentele sistemului EPB- CI

Sistemul EPB- CI se poate realiza în două variante:

1. Varianta prin integrarea părții electronice ECU în ESC și cu partea mecanică caliper;
2. Varianta Stand alone ECU integrată cu partea mecanică caliper

4.2. Linia de asamblare pentru EPB - DS

Dintre soluțiile prezentate, în ultimii doi ani s-a impus, în producția de autovehicule, sistemul de frânare EPB-DS. În esență acest sistem de frânare încorporează atât componente mecanice, componente electrice și electronice, comandate de un echipament electronic, care dispune de un software adecvat, și de elemente de reglare conforme cu cerințele clienților. O vedere generală a liniei de montaj se prezintă în figura nr. 4.7.

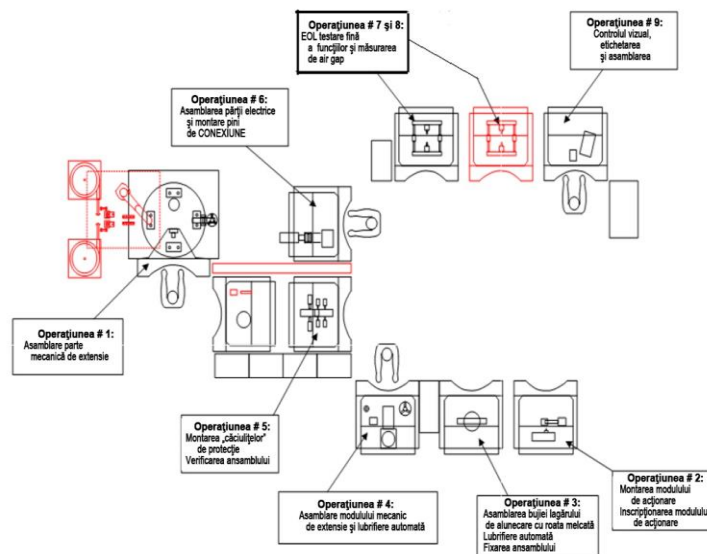


Fig. 4.7. Vedere generală asupra liniei de asamblare al EPB-DS

Linia de asamblare pentru produsul EPB DS este o linie robotizată cu 9 operații și 4 locuri de muncă; transferul obiectelor muncii de la un loc de muncă la altul se face cu ajutorul containerelor special concepute. Succesiunea operațiilor, în cadrul liniei de montaj, este:

La operația nr. 1 se assemblează, în patru faze distincte (din care două robotizate) partea mecanică de extensie a EPB-DS, așa cum rezultă din figura nr. 4.8:

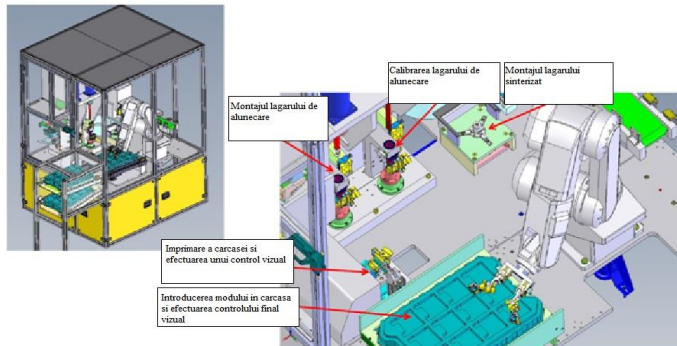


Fig. 4.8. Vedere asupra fazelor aferente operației nr. 1

Faza 1.1 – montarea lamelelor elastice, și asigurarea ungerii cu unsoare consistentă.

Faza 1.2 – montarea și calibrarea lagărului de alunecare.

Faza 1.3 – montarea bușei (a lagărului) sinterizate în interiorul modului.

Faza 1.4 – verificarea funcțională finală și asamblarea modului în carcasa metalică.

La operația nr. 2 se face inscripționarea modului și a carcasei cu codul matrice de identificare a produsului de serie, prin intermediul unui agregat specializat, dotat cu imprimantă cu ace.

La operația nr. 3 în carcasa metalică se presează alte componente mecanice specifice actuatorului, cu ajutorul unei prese de 0,5 To, și a unui dispozitiv special conceput pentru această operație. Operația este robotizată și structurată pe următoarele faze (figura 4.9):

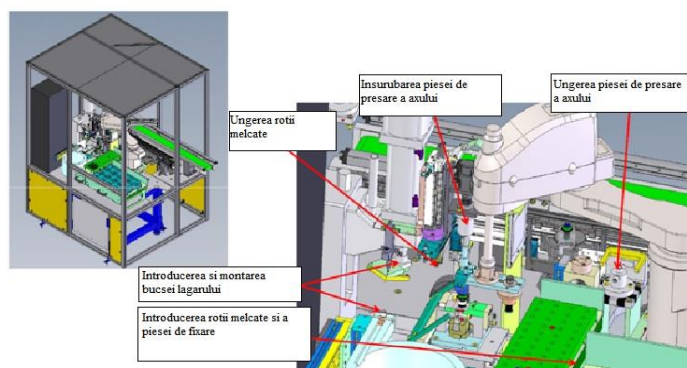


Fig. 4.9. Vedere asupra operației nr. 3 (componentele acuatorului)

Faza 3.1.- asamblarea bucșei lagărului de alunecare cu roata melcată;
 Faza 3.2.- aplicarea unui strat de unsoare consistentă pe ansamblul realizat;
 Faza 3.3.- introducerea ansamblului realizat în carcasă și montarea piesei de fixare a ansamblului.

La operația nr. 4 se asamblează împreună în modulul de extensie, într-o anumită poziție specifică, și componentele mecanice, care fac parte din modulul mecanic de extensie; după care se realizează o lubrifiere automată, cu ajutorul unui dozator special conceput în acest sens; apoi urmează o calibrare a subansamblului, și un test vizual al întregului modul parțial realizat.

La operația nr. 5 se implantează în carcasă piesele de protecție (căciulițele de protecție confecționate din masă plastică), suportii de susținere pe care glisează plăcuțele de frână; aceștia au funcțiunile de protecție a plăcuțelor de frână și în același timp asigură glisarea rapidă a plăcuțelor de frână spre suprafața de frânare.

La operația nr. 6 se introduc în carcasa EPB -DS componentele electromecanice ale actuatorului așa numitul „motor” figura nr. 4.10. Tot aici se introduc pini limitatori pentru pozițiile extreme ale pistoanelor din cilindrii de frânare.

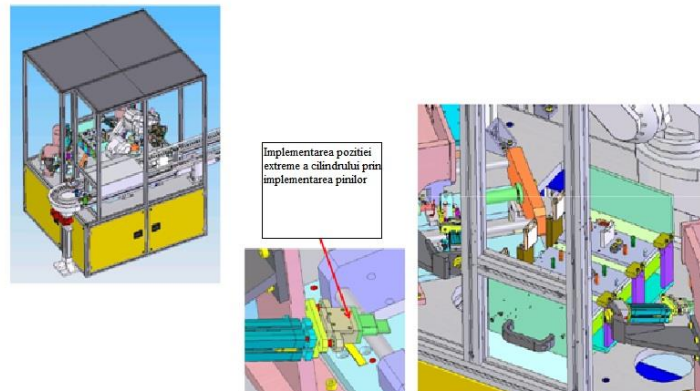


Fig. 4.10. Vedere asupra asamblării motorului de acționare și a pinilor de limitare

Operațiile 7/8 sunt concepute pentru testul funcțional final al EPB - DS, așa numitul EOL, respectiv, utilizarea software-ului pentru testarea air gap, (a distanței dintre plăcuțele de frână și tamburul de frânare: minim 1,4 – 2,0 mm, maxim 1,9 – 2,4 mm).

Testul se derulează sub forma de *cascadă*, parcurgându-se următoarele etape:

1. Verificarea cuplului rezultat din succesiunea: motor de curent continuu – modul Drive – dispozitiv de frânare – carcasă completă.
2. Verificarea motorului de curent continuu sub aspectele:
 1. *curentul necesar pentru asigurarea unui cuplu de 60 Nm, la o turație de 11500 RPM cu o eroare de +/- 12,5%, și*
 2. *numărul de rotații la mersul în gol pentru un cuplu de 0 Nm, (fără sarcină): 6500 RPM +/-12.5%*

3. Verificarea modului de acționare în cele două situații extreme:
 1. consumul de curent la mersul în gol,
 2. consumul de curent în sarcină la 0,9 Nm și min 7V (conform documentației).
4. Verificarea produsului complet, operație care constă din:
 1. acționarea închiderii/deschiderii sistemului EPB de trei ori succesiv, la o tensiune de alimentare de 12 V și asigurarea unui cuplu de 60 Nm.
 2. la un curent de 12V și 8 A se verifică puterea de extensie minimă(5KN), și puterea de extensie maximă (9KN)
 3. Verificarea se face de maxim trei ori; dacă după a treia verificare nu sunt atinși parametrii impuși de documentație, produsul EOL se va declara rebut.

Operația nr. 9 este destinată controlului vizual final, ambalării, etichetării și depozitării produsului. Operațiile se execută conform procedurilor indicate de figura nr. 4.11.

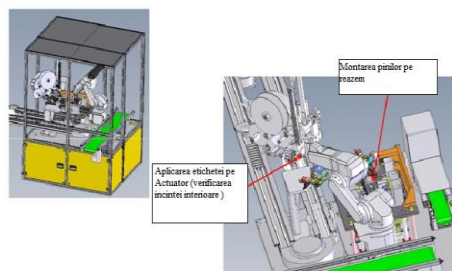


Fig. 4.11. Vedere asupra operației nr. 9

Analizând programul de producție al liniei existente, autorul tezei, împreună cu echipa de lucru au stabilit că din punctul de vedere al programului de producție există premisele trecerii la producția de serie mare și masă. Astfel, numai pentru o singură companie beneficiar (Compania Porche-versiunea Panamera), pentru un singur tip de automobil, sunt necesare 245.865 bucăți pe an, de produse EPB DS, conform programului anual 2016, la acestea se mai adaugă circa 210.000 bucăți produse EPB DS pentru jeep-uri din clasa Touareg și Cayenne; și circa 110.500 bucăți produse EPB DS pentru automobile din clasa sport.

O analiză a capacității de producție a liniei de montaj evidențiază faptul că, în condițiile unui regim de două schimburi a opt ore fiecare, tactul liniei este de 1,01 minute/bucată produs. Durata ciclului de fabricare, pentru un produs este de 9,36 minute/bucată produs. Deci în aceste condiții minimale de încărcare a liniei de fabricare sunt îndeplinite condițiile pentru a se trece la producția de serie mare. Configurația existentă a liniei de montaj nu permite trecerea la producția de serie mare datorită modului de amplasare locurilor de muncă; mai precis pentru a se putea trece la producția de serie mare s-a propus o linie de montaj în formă de U,

așa cum rezultă din figura 4.12.

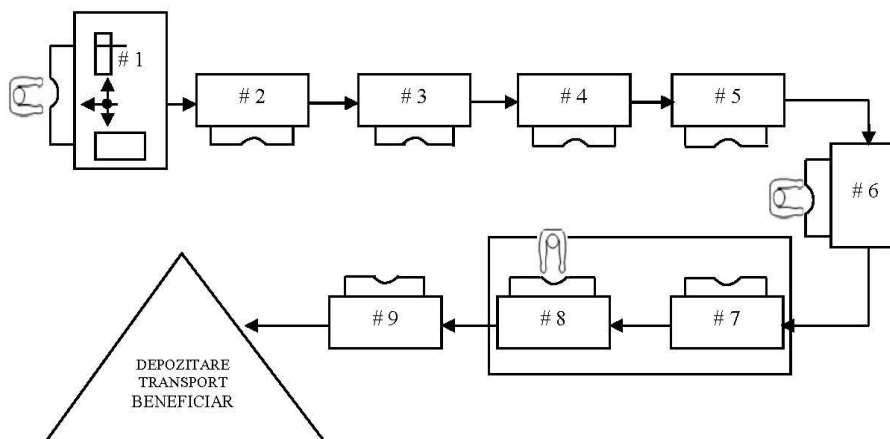


Fig. 4.12. Amplasarea specifică pentru linia de montaj EPB pentru producția de serie mare

Varianta nouă de amplasare prezentată are următoarele avantaje:

- Echipamentele se pot realoca pe spațiile existente, asigurându-se o relaxare a spațiilor disponibile, și o reducere a suprafeței tehnologice cu 5,2% față de situația inițială.
- Produsele urmează un traseu mai logic și mai scurt cu circa 8 metri fiecare, evitându-se astfel transportul suplimentar, de minim 1,5 km/schimb.
- Se poate mări capacitatea liniei de montaj prin asigurarea unui flux continuu de montaj cu circa 10%, față de situația inițială.
- Se poate reduce numărul de lucrători de la 4 la 3 și totodată reducerea Taktului radicând mărimea capacității liniei de montaj cu circa 5%, față de situația inițială.

4.3. Controlul final al produsului

În etapa I-a de control final se efectuează o verificare statică, ce se derulează sub formă de cascadă, conform figurii nr. 4.13, parcurgându-se următoarele etape:

1. Verificarea puterii de extensie maximă generată de cuplul motor, pe linia: alimentare cu energie a EPB → motor de antrenare → motor drive → carcasă produs.

2. Verificarea motorului de antrenare alimentat cu curent continuu:

Curent consumat la un moment de solicitare de 60 mNm: 9-12 A.

Turația motorului la un moment de solicitare de 60 mNm: 11500 r/min ± 12,5%

Turația la mers în gol: 6500r/min ± 12,5%

3. Verificarea Modulului de acționare:

Verificarea curentului la mersul în gol (documentația nu prevede valori)

Consumul de curent în sarcină de 0,9Nm: 7 V (conform documentației)

4. Verificarea carcasei complete:

Inchiderea/deschiderea EPB alimentat cu 15V la 8A; operația se execută de 3 ori maxim, verificând tensiunii/amperajului la care este alimentat EPB.

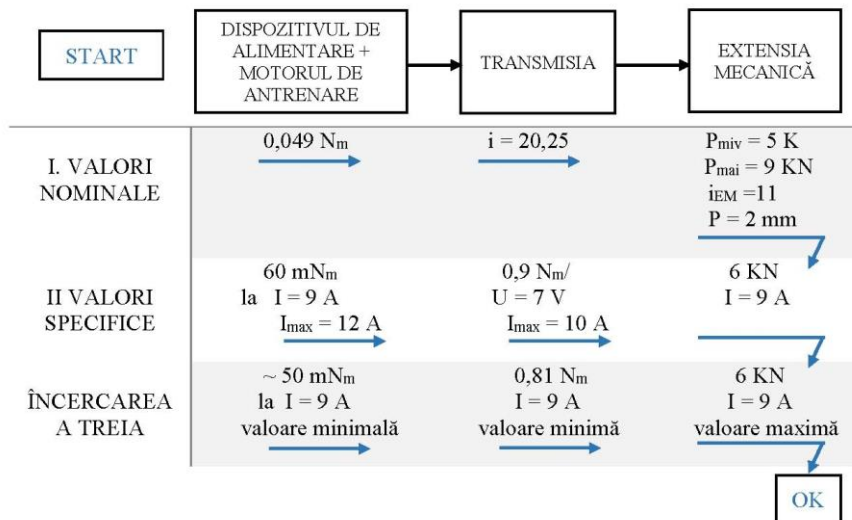


Fig. 4.13. Verificarea în cascadă a EPB

Odată alimentarea stabilizată, la valoarea 8A/12V, se determină presiunea la extensie a EPB: $p_{min} = 5 \text{ KN}$ / $p_{max} = 9 \text{ KN}$ - capacitatea transmisiei de a asigura extensia mecanic. Dacă după a treia încercare valorile curentului de alimentare sau valorile puterii de extensie nu se stabilizează, EPB este considerat NiO (REBUT recuperabil), și este trecut pe o linie de remedieri, pentru a-l demonta și apoi va fi remontat și supus testului final. Din figura nr. 4.13 se observă că numai după ce fiecare subansamblu din structura EPB atinge valorile stabilizate, se trece la o nouă încercare.

După ce EPB a fost testată și a corespuns parametrilor nominali ai proiectului, se trece la a doua etapă de control final, în care se insistă pe aspectele comportării dinamice a EPB; în acest scop se introduce EPB într-un stand în care se simulează principalele patru acțiuni ale EPB:

- Tensionarea actuatorului, în condiții similare cu cele reale; se au în vedere mai multe valori al pantei drumului pe care trebuie oprit autovehicolul;
- Eliberarea actuatorului, pentru monitorizarea curentului de alimentare a lui în funcție de temperaturile exterioare în care echipamentul funcționează;
- Retensionarea ulterioară a actuatorului, pentru a simula blocarea întregului sistem de frânare - frâna de mână și frâna de picior, pe baza informațiilor culese din mișcarea autovehiculului sau prin utilizarea informațiilor ce provin de la cei patru senzori de la roțile de rulare.
- deschiderea actuatorului pentru recalibrare; în funcție de structura discurilor de frână (discuri confecționate din oțel perlitic, sau discuri confecționate din materiale ceramice), se determină prin softul atașat EPB numărul de cicluri după care se va efectua o recalibrare a componentelor actuatorului.

În figura nr. 4.14 sunt prezentate în detaliu acțiunile la care este supus actuatorul. Rezultatele sunt monitorizate printr-un program special adaptat acestor activități. Se remarcă faptul că pe stand se testează actuatorul ținând seama și de

cerințele clienților; astfel sunt impuse cerințele a trei grupe de automobile: limuzine din clasa Panamera, SUV-uri de tip Touareg și Cayenne și autovehiculele din clasa sport.

Acțiune EPB	Clasa Limuzine Panamera		Clasa SUV-Jeep, Touareg și Cayenne	Clasa Automobile SPORT
Închidere tensionare	Înclinația pantă $\leq 5\%$	- Evidențierea celor două faze de strângere; - 0,5 mm interstițiu în pachetul de arcuri ($p \approx 3,5$ KN)	- Evidențierea celor două faze de strângere; - 0,5	- Evidențierea celor două faze de strângere; -0,5 mm interstițiu în pachetul de arcuri ($p \approx 3,5$ KN)
	Înclinația pantă $\leq 25\%$		- Evidențierea celor două faze de strângere; 0,9 mm interstițiu;; -pachetul de arcuri ($p \approx 3,5$ KN)	
	25% Înclinație $\leq 35\%$	- Tensionare până la oprirea motorului ($p < 5$ KN pentru fiecare încercare)	- Tensionarea corespunzătoare înclinației $\leq 25\%$	- Tensionarea până la oprirea motorului ($p > 5$ KN pentru fiecare încercare)
	Înclinația pantă $> 35\%$		- Tensionarea până la oprirea motorului (presiune > 5 KN pentru fiecare încercare)	
Strategia de eliberare	Trepte de curent	$T < -20^{\circ}\text{C}$; 12A În afara intervalului: 8A	$-40^{\circ}\text{C} < T < -10^{\circ}\text{C}$ =12,5A $-10^{\circ}\text{C} < T < +40^{\circ}\text{C}$ =8,5A	$T < -20^{\circ}\text{C}$ =12A În afara intervalului:8A
Retensionare ulterioară	Siguranța este încă activă	Retensionare până la oprirea motorului (se produce în 100 m.s.) astfel încât este detectată o $v > 0$ km/h sau percepția senzorială de la roată	Retensionarea pe durata deplasării automobilului ($v > 0$ km/h); sau percepția senzorială de la roată	Retensionare până la oprirea motorului (se produce în 100 ms) sau până la oprirea autovehiculului ($v > 0$ km/h) sau percepția senzorială de la roată
Deschidere	Discuri din oțel perlitic	Eliberarea actuatorului pe 0,1 mm pentru recalibrarea poziției componentelor	Eliberarea actuatorului pe 1,3 mm pentru recalibrarea poziției componentelor	Eliberarea actuatorului pe 1,0 mm pentru recalibrarea elementelor componente
	Discuri din ceramică	Operația identică pentru discurile din OL	Operația identică pentru discurile din OL	Operația identică pentru discurile din OL
	Poziția la montaj	Se simulează 100 de cicluri de frânare	Se simulează 100 de cicluri de frânare	Se simulează 100 de cicluri de frânare
Strategia de eliberare	Funcția de deblocare a pintenului de frânare blocat	Funcționare integrată	Funcționare integrată	Funcționare integrată

Fig. 4.14. Acțiunile la care este supus actuatorul

Pentru fiecare produs se efectuează un număr de 18-20 de testări, după care se eliberează o diagramă a comportării EPB, sub aspectul forței de extensie pe care o dezvoltă actuatorul (KN), în funcție de numărul de rotații la care produsul este supus (rot/min). În figura nr. 4.15 este redată diagrama forța de extensie/turație în vederea analizei comportării dinamice a actuatorului. Fiecare încercare pune în evidență date care se compară cu situația anterioară;

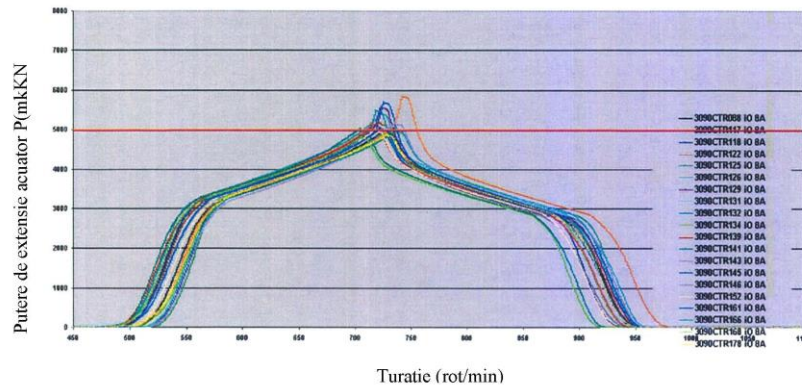


Fig. 4.15. Diagrama Putere (KN) – Turație (rot/min) dezvoltată de EPB, pe parcursul testării dinamice

Fiecare produs este însoțit de diagrama proprie, astfel încât în momentul montajului pe axa unui autoturism, cu mici reglaje pe care producătorul automobilului le realizează, EPB este integrat în structura acestuia. Pe diagramă se observă trasat, cu culoare roșie, valorile nominale ale parametrilor forță – turația motorului, pentru un curent de 9A și o forță de extensie a acuatorului de 6KN. Următoarele încercări pe stand (trasate cu alte culori) evidențiază abaterile față de valorile nominale, trasate în condiții diferite ale raportului ale raportului turație / forță de extensie.

Pentru a se asigura stabilitatea procesului de montaj în timp, autorul a elaborat un program de verificare statistică a calității operațiunilor de montaj, bazat pe cinci grupe de activități:

1. Comportarea din punct de vedere funcțional al EPB în timpul încercărilor pe stand
2. Rezistența actuatorului la solicitări.
3. Comportarea pinilor de contact și a conexiunilor aferente, din punct de vedere al protecției asigurate în timpul solicitărilor pe stand.
4. Comportarea lagărului sinterizat la solicitări, pe stand.
5. Comportarea lagărului de alunecare la solicitări pe stand.

Programul pune în evidență rata eșecurilor (numărul de piese rebutate raportat la 100 de produse realizate) generate de procesul de montaj al EPB. Eșecurile sunt înregistrate lunar, separat pentru fiecare grupă de activități, dar și pe total, așa cum rezultă din figura 4.16.

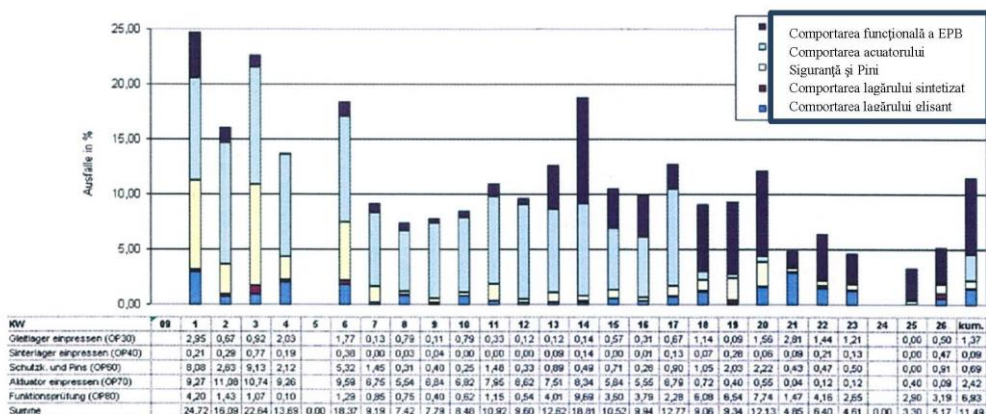


Fig. 4.16. Reprezentarea grafică și tabelară a eșecurilor pe o perioadă de 26 luni

Eșecurile au în vedere rebuturile realizate, care vor purta denumirea prescurtată de N.i.O (Nicht in Ordnung). În figură este reprezentată, atât grafic cât și sub formă tabelară, evidențierea eșecurilor, pe durata a 24 de luni.

Din grafice se observă clar că pe linia de montaj, la controlul final (codul operațiunii 08) s-au semnalat, în primele patru luni, eșecuri în proporție de 14% - 24% pe o lună, datorate comportării nefuncționale a EPB, nefuncționării actuatorului, a lipsei de siguranță în exploatare a pinilor; după verificarea operațiunilor de montaj, corelate cu un proces de instruire a operatorilor, eșecurile au scăzut sub 5%; și acum însă s-au semnalat eșecuri ale actuatorului între 5%- 8% în următoarele 12 luni. În partea finală a intervalului se observă doar defecțiuni în comportamentul funcțional al EPB.

Pe de altă parte în producția curentă se întâmplă ca la verificarea finală a EPB să apară NiO, datorită forței de extensie diferită sau mai mică decât 5KN; încă din prima rundă de verificări, se cere o forță de 5KN, la parametrii curentului de 12V/ 8A. Conform documentației de control procedura de verificare se mai reia de două ori; dacă după trei reluări nu se obțin valorile din documentație produsul se declară NiO.

Având în vedere numărul relativ mare de eșecuri, respectiv NiO, datorat actuatorului, și ținând seama de faptul că structura componentelor acestuia evidențiază un produs robust, rezistent la solicitări multiple, s-a definit un colectiv de acțiune care avea ca obiectiv diminuarea sau chiar reducerea NiO, prin următoarele măsuri:

1. Analiza statistică a comportamentului actuatorilor, utilizând conceptul Six Sigma.
2. Determinarea cauzelor principale ale neîncadrării actuatorilor în parametrii documentației, utilizând modelul de analiză al Arborelui de Decizie.
3. Demontarea, înlocuirea componentelor defecte, remontarea actuatorilor și introducerea lor pe ștandul de verificări finale.

Pentru rezolvarea punctului 1 din program, la fiecare actuator este supusă monitorizării forța de tensionare finală, utilizându-se o sursă de alimentare de 12V/ 8A. Se aplică un număr maxim de trei încercări pentru patru poziții distincte: închidere/deschidere frână de mână; în total se efectuează un număr de 12

încercări. În urma încercărilor pot rezulta următoarele posibilități:

a) Forța de tensionare dezvoltată are valori mai mari decât cele cerute de documentație conform cu figura nr. 4.17 .Actuatorul este trimis spre ștandul final de încercări finale.

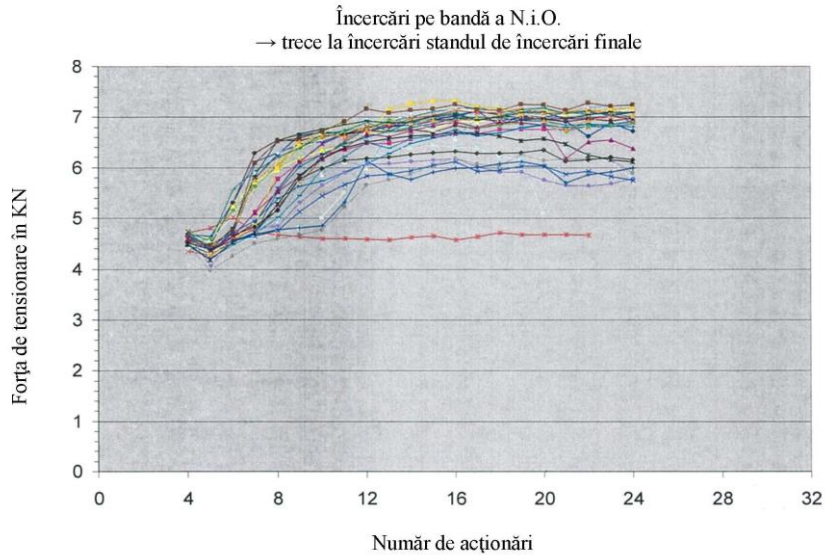


Fig. 4.17. Încercarea N.i.O. după remontare

b) Forța de tensionare dezvoltată este grupată în jurul valorilor cerute de documentație, conform figurii nr. 4.18. Actuatorul este trimis spre ștandul final de încercări finale.

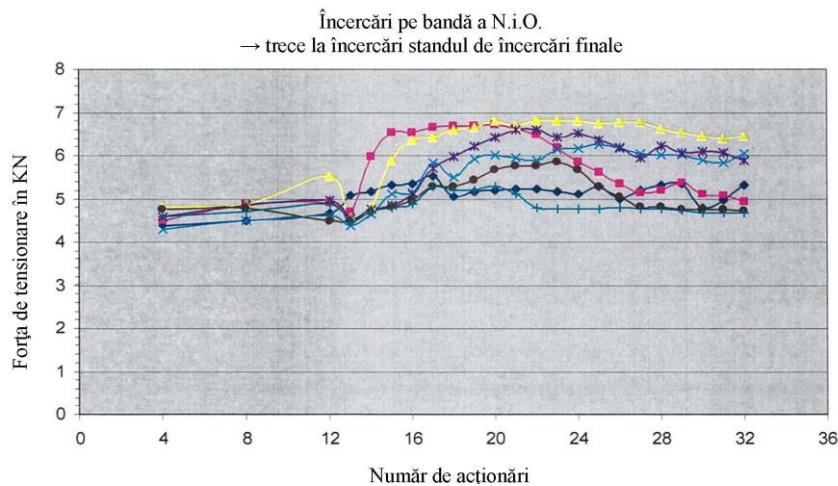
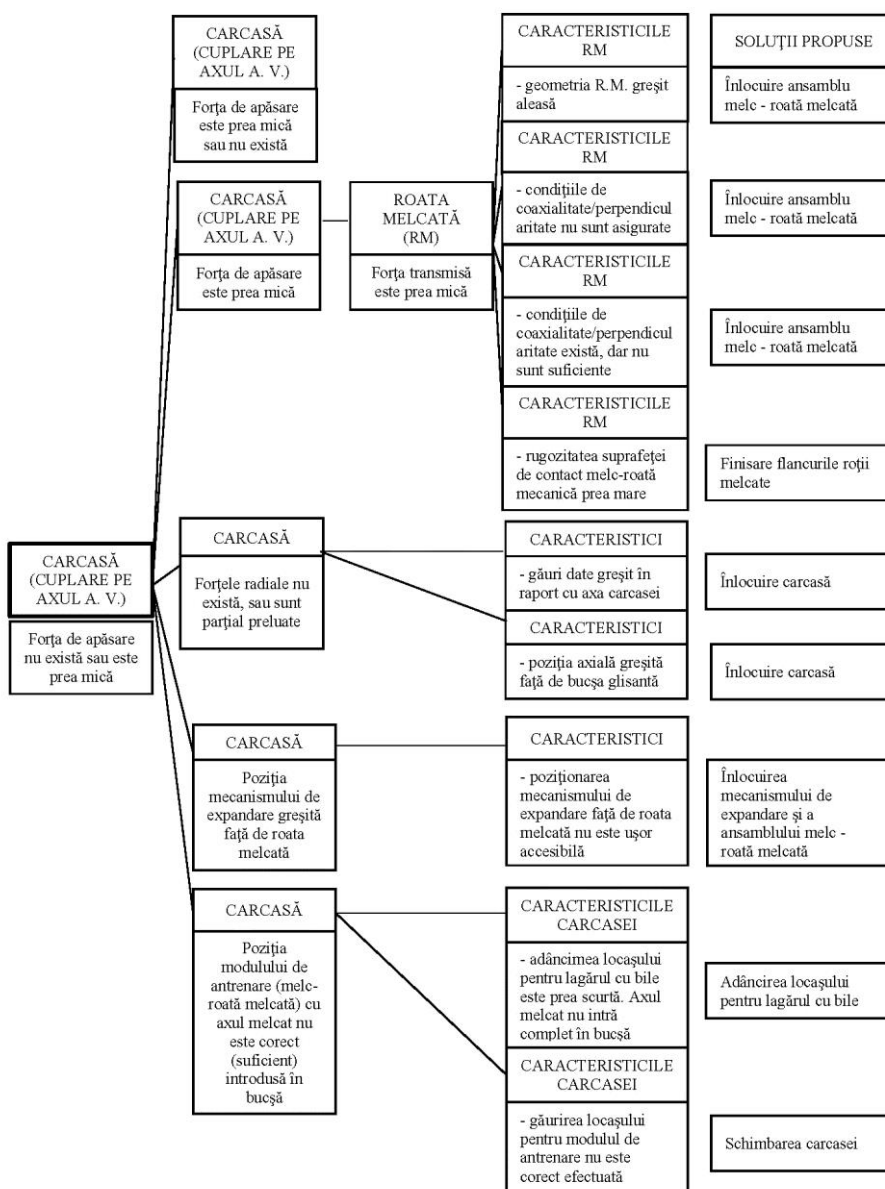


Fig. 4.18 Încercarea N.i.O. după remontare

c) Forța de tensionare dezvoltată este sub valorile limită minime admise; actuatorul este demontat și se determină cauzele nefuncționării lui, utilizând metoda arborelui de decizie. În figura 4.19 este redat un model de aplicare a Arborelui de Decizie pentru cazul unui actuator, în speță pentru a detecta defectele posibile să apară la montajul unei carcase actuator ce pot influența parametrii produsului; figura nr. 4.19.



(continuare figură)

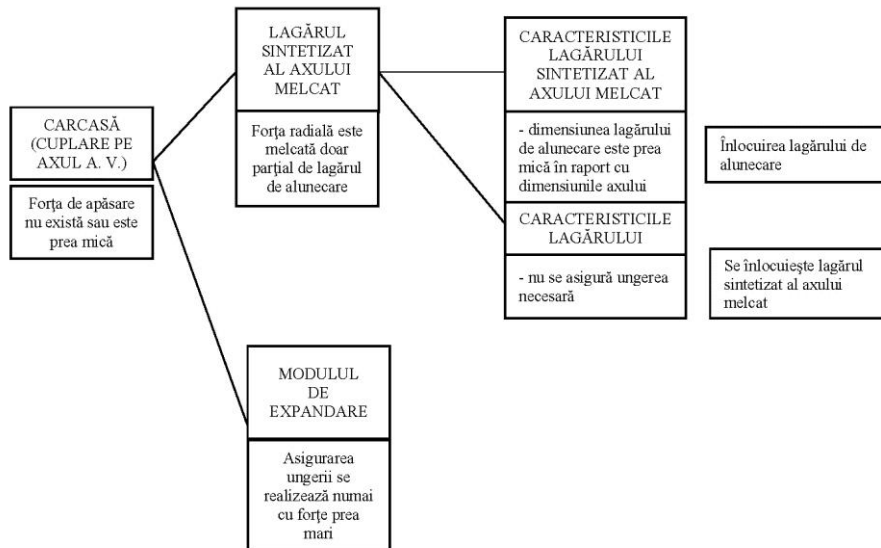


Fig. 4.19. Exemple de analiză a componentelor unui actuator; carcasa și elementele componente

Dacă după aceste încercări actuatoarele au un comportament stabil în funcționare, dar nu ating parametrii prevăzuți în documentație, se procedează la stabilirea cauzelor defecțiunii utilizând Metoda Arborelui de Posibilități. După efectuarea analizei, în funcție de răspunsul oferit de produsul analizat se prezintă și soluțiile posibile pentru recuperarea actuatorului. După înlocuirile efectuate și o primă încercare pe stand, dacă actuatorul corespunde parametrilor nominali el este trecut pe ștandul final de încercări.

În final apare o problemă de consum de timp, resurse umane și în final costuri suplimentare pentru asigurarea calității produsului final, datorită numeroaselor încercări repetate pe ștanduri. Pentru a reduce numărul încercărilor autorul a propus un algoritm rezultat din analiza statistică a datelor:

Având în vedere că capacitatea de producție a liniei de fabricare este la limită în raport cu cererile clienților pe piața automobilelor, și că ponderea verificărilor în raport cu totalul operațiilor de montaj este peste 12%, algoritmul de urmat în operațiunile de verificare este:

78% - 80% din actuatoarele testate ating la prima extensie valori ale forței de 8Kn, și sunt trecute la faza a doua de testare.

Restul actuatoarelor, care la prima testare ating valori ale forței de extensie în plaja de 7,5 - 7,8 KN, să nu fie considerate NiO, ci să se treacă la a doua testare, cu condiția suplimentară privitor la limita minimă de extensie de 5KN la un curent de 12v și 8A.

Aplicând acest algoritm se poate reduce numărul de încercări cu minim 2,2 %, ceea ce ținând seama de volumele de producție.

5. ASPECTE PRIVIND ANALIZA ERORILOR POSIBILE ÎN PRODUCȚIA EPB

5.1. Triunghiul calitate-cost-timp

Detectarea preventivă a erorilor datorate fabricației și totodată definirea măsurilor necesare de evitare a acestora pentru asigurarea succesului produsului la client este obiectivul fiecărui producător.

Un caz edificator din trecutul nu prea îndepărtat, din sectorul de automobile (Testul de dinamică pentru conducere pentru a verifica stabilitatea automobilului pe șosea) un exemplu relevant. În sectorul de automobile se discută de ani de zile despre calitatea showroom-ului, despre creșterea continuă a acțiunilor de chemare a automobilelor în service și despre insuficiența siguranței sistemelor electronice și mecatronice atașate automobilului și care odată intrate în posesia utilizatorilor, greu (sau aproape deloc) se mai poate renunța la ele.

Aproximativ 70-80% din toate greșelile unui produs pot fi cauzate/determinate de deficiențe în activitățile de planificare, din care cea mai mare responsabilitate o au sectoarele de concepție, de dezvoltare, și pregătirea de producție. Descoperirea și remedierea greșelilor se întâmplă de obicei în faza târzie de fabricație sau la client. Aceasta înseamnă că, cu cât descoperirea unor erori este mai târzie în procesul de dezvoltare a produsului, cu atât mai mari sunt costurile pentru remedierea acestor erori. Acest fenomen complex, care are în structura sa: **calitatea – costul- timpul** se poate vizualiza cu ajutorul așa numitului triunghi clasic, conform figurii nr. 5.1.

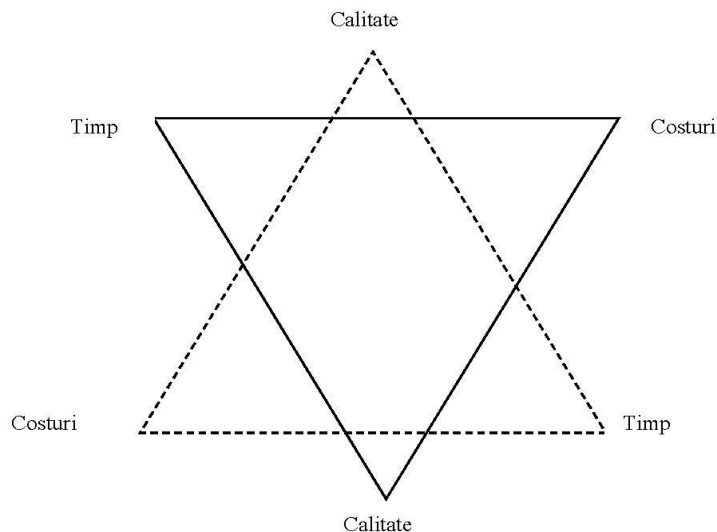


Fig. 5.1. Triunghiul calitate – cost – timp

În triunghi se poate observa că: dacă la începutul dezvoltării unui produs se adoptă o calitate mai redusă, atunci probabilitatea de a avea erori într-o fază timpurie a dezvoltării produsului este mai mare și reabilitarea erorii este mult mai scumpă decât dacă eroarea se va descoperi din timp.

În procesele de concepție, dezvoltare și fabricare a unui produs este necesară introducerea măsurilor pentru a asigura preventiv calitatea cerută de proiectul produsului.

O măsură de calitate introdusă din timp, permite respectarea datei planificate de introducere a produsului pe piață. (În special în sectorul automotive se întâlnește adesea termenul: întârzierea datei de livrare SOP).

Pentru a putea descoperi o eroare trebuie ca o eroare să fie remarcată/notabilă (să apară ca o abatere de la o valoare prescrisă/standardizată), și mai ales să poată fi determinată cauza apariției erorii. Prin eliminarea cauzei, se poate elimina eroarea.

Erorile pot fi cauzate de calitatea necorespunzătoare a materialelor din componența produsului, de procese de fabricare/asamblare necorespunzătoare și de programarea eronată/incorectă a agregatelor de lucru. Un exemplu din prima categorie îl constituie materialele care nu corespund cerințelor documentației de produs, sau materiale care sunt contaminate.

Erorile cauzate de către procese și agregate nu sunt întotdeauna ușor de separat; de exemplu în cazul în care o setare incorectă a unui agregat este neconformă cu documentația, ea poate realiza un proces generator de produse cu parametrii neconformi cu documentația.

Eroarea se poate observa îndeosebi la produs și mai puțin în timpul procesului. Erori la produse se observa mai ales în fazele finale de fabricare, sau în faza în care se crează o formă precursoare a produsului final, sau la produsul final propriu-zis.

În special în industria de automobile și mai ales în industria de furnizori, acești factori sunt la prima vedere, într-o relație conflictuală de obiective, se pare că realizarea de o înaltă calitate a componentelor, cu costuri mai mici la un moment dat este destul de greu de realizat.

Cu toate acestea, poate fi demonstrat faptul că o îmbunătățire a ratei de eroare duce la o îmbunătățire a valorii nete a producției. O strategie de „zero defecte în fabricație”, crește competitivitatea unei companii prin creșterea capacității de fabricație, prin creșterea productivității muncii și respectarea termenelor de livrare [162] (adică exact componentele triunghiului clasic: calitate, cost, timp). Un exemplu în acest caz este al companiei Mercedes Benz care, a aplicat conceptul „zero defecte în fabricație”, pentru fabricarea în serie a capetelor de tragere de tip AKTROS. În prezent, compania este prima în topul fabricanților de capete de tragere, fiind singurul producător care asigură o perioadă de garanție de 20 de ani, pentru aceste produse; mai mult, clienții sunt formați, instruiți în vederea asigurării unui management logistic cât mai apropiat de cerințele echipamentului.

Costurile care trebuie suportate pentru a îndeplini cerințele de calitate se pot împărți în:

Costuri de conformitate: costuri care vizează direct creșterea nivelului de calitate al produsului (costurile de inspecție planificate, costurile de prevenire a defectelor prin activități de mentenanță specializate, costuri de formare-instruire a resursei umane, costuri cu reproiectarea componentelor din structura produsului, costuri cu achiziționarea de componente mai performante pentru producția viitoare);

Costurile de neconformitate: costurile suportate din cauza unei deviații a standardului de calitate (de exemplu, costurile de inspecție neplanificate, costurile

de eroare).

Creșterea nivelului de calitate poate genera costurile de conformitate suplimentare, dar reduce costurile de non-conformitate. Astfel că, în principal are loc reducerea costurilor neconforme a erorilor, multe dintre ele intrând în categoria costurilor ascunse de eroare [162], conform figurii nr. 5.2. Așa cum reiese din figură, costurile generate de fabricarea unui produs se distribuie similar cu structura unui munte de gheață:

- 25% sunt constituite din costuri evidente pentru înlăturarea erorilor; aici se includ costurile suplimentare generate de necesitatea asigurării unei garanții extinse la clienți, costuri generate de necesitatea executării unor lucrări suplimentare, costuri generate de apariția unor rebuturi, întreruperi în proces generate de cauze obiective, efectuarea unor controale suplimentare, cerute de clienți sau furnizori;
- 75% costuri pentru înlăturarea erorilor ascunse. Aici sunt incluse: capital financiar blocat, pierderea unor segmente de piață, pierderea clienților din diverse cauze, depozitarea excesivă a produselor sau a componentelor, efectuarea unor transporturi suplimentare generate de considerente/cerințe specifice, tehnici de livrare defectuoase, acțiuni ineficiente ale factorilor de producție.

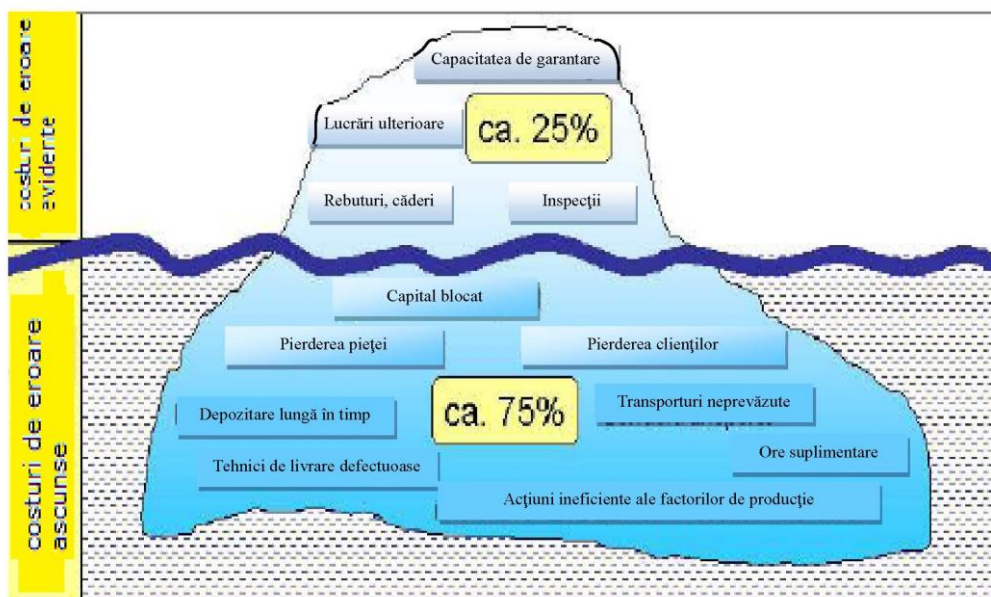


Fig. 5.2. Aisbergul costurilor suplimentare utilizate pentru înlăturarea erorilor.

Relația între costurile specifice calității, nivelul calității (exprimat prin numărul de piese defecte) pentru diverse valori ale lui sigma, sunt prezentate în tabelul nr. 5.1 [121].

Tabelul 5.1

Relația între costurile calității și nivelul calității, în funcție de nivelul sigma

Eroare (DPMO)	Cost de Calitate	Nivelul – σ
308.537	Nu este acceptat	2
66.807	25-40% din cifra de afaceri	3
6.210	15-25% din cifra de afaceri	4
233	5-15% din cifra de afaceri	5
3	<1 % din cifra de afaceri	6

Sursa: [121]

Aprofundând efectele aplicării conceptului Six Sigma se poate observa că, pe măsură ce nivelele Sigma cresc, costurile ocazionate de asigurarea calității se diminuează.

Din tabel rezultă că în cazul unei producții de 1 milion de produse finite realizate în condițiile producției de serie mare, acceptând nivelul six sigma costurile datorate calității se diminuează sub 1% din cifra de afaceri, numărul maxim de piese rebut admise este de trei bucăți.

5.2. Utilizarea conceptului Six Sigma în procesul de evaluare a calității produselor

Six Sigma (6σ) este o metodă de prelucrare statistică a datelor și informațiilor legate de proces, în vederea îmbunătățirii managementului calității procesului în timp.

Conceptul se bazează pe capabilitatea companiei de a realiza componente și produse conforme cu caracteristicile proiectului, ținând seama de impactul calității asupra caracteristicilor financiare, dar și de necesitățile clienților.

Six Sigma a fost introdus și aplicat în anii 1970, în domeniul construcțiilor navale japoneze și mai târziu în industria electronică, urmată și de industria bunurilor de larg consum din Japonia. Metoda a fost dezvoltată în Statele Unite în anul 1987 și a fost pentru prima dată aplicată de către Motorola, apoi de către General Electric (GE)

Succesele companiei (GE) sunt puternic asociate cu numele lui Jack Welch, care a introdus Six Sigma în anul 1996 și căruia i s-a acordat Premiul "Leader ISSSP Premier" în anul 2002 de către Societatea Internațională de Six Sigma Professional (ISSSP) în timpul celei de a doua Conferințe de Leadership ISSSP-profesional.

În prezent, metoda Six Sigma și-a lărgit aria de aplicabilitate, fiind utilizată de către unele companii, nu numai în industrie, ci și în servicii. În domeniul de dezvoltare software există o versiune a Six Sigma.

În jurul anului 2000, Six Sigma a fost folosit în aplicații cum ar fi Lean Six Sigma sau Lean Six Sigma Plus. Prezentăm în continuare procesul de echivalență între dinamica evoluției lui σ , și dinamica numărului de piese defecte la un milion de produse identice fabricate (defecte la un milion de oportunități-DPMO), conform tabelului nr. 5.2.

Tabelul 5.2

Echivalența dintre valorile lui σ și DPMO

Sigma	DPMO	SIGMA	DPMO	SIGMA	DPMO	SIGMA	DPMO
0,00	933.193	1,50	500.000	3,00	66.807	4,50	1.350
0,05	926.471	1,55	480.061	3,05	60.571	4,55	1.144
0,10	919.243	1,60	460.172	3,10	54.799	4,60	968
0,15	911.492	1,65	440.382	3,15	49.471	4,65	816
0,20	903.199	1,70	420.740	3,20	44.565	4,70	687
0,25	894.350	1,75	401.294	3,25	40.059	4,75	577
0,30	884.930	1,80	382.088	3,30	35.930	4,80	483
0,35	874.928	1,85	363.169	3,35	32.157	4,85	404
0,40	864.334	1,90	344.578	3,40	28.717	4,90	337
0,45	853.141	1,95	326.355	3,45	25.588	4,95	280
0,50	841.345	2,00	308.537	3,50	22.750	5,00	233
0,55	828.944	2,05	291.160	3,55	20.182	5,05	193
0,60	815.940	2,10	274.253	3,60	17.865	5,10	159
0,65	802.338	2,15	257.846	3,65	15.778	5,15	131
0,70	788.145	2,20	241.964	3,70	13.904	5,20	108
0,75	773.173	2,25	226.627	3,75	12.225	5,25	89
0,80	758.036	2,30	211.856	3,80	10.724	5,30	72
0,85	742.154	2,35	197.663	3,85	9.387	5,35	59
0,90	725.747	2,40	184.060	3,90	8.198	5,40	48
0,95	708.840	2,45	171.056	3,95	7.143	5,45	39
1,00	691.462	2,50	158.655	4,00	6.210	5,50	32
1,05	673.645	2,55	146.859	4,05	5.386	5,55	26
1,10	655.422	2,60	135.666	4,10	4.661	5,60	21
1,15	636.831	2,65	125.072	4,15	4.024	5,65	17
1,20	617.911	2,70	115.070	4,20	3.467	5,70	13
1,25	598.706	2,75	105.650	4,25	2.980	5,75	11
1,30	579.260	2,80	96.800	4,30	2.555	5,80	9
1,35	559.618	2,85	88.508	4,35	2.186	5,85	7
1,40	539.828	2,90	80.757	4,40	1.735	5,90	5
1,45	519.939	2,95	72.747	4,45	1.589	5,95	4
						6,00	3

Din tabel se observă că între cei doi parametri există o relație de proporționalitate inversă. Astfel spus pentru un număr de un milion de piese fabricate, aplicând controlul statistic este admis un număr maxim de 3.4 piese rebutate

Aplicarea conceptului Six Sigma, din punctul de vedere al managementului calității proceselor de producție la nivelul companiei, înseamnă că la 10 milioane de produse/operații, pot fi rebutate 34/35 de produse/operații. Un astfel de nivel de calitate necesită un efort deosebit, nu întotdeauna justificat financiar, economic sau chiar social. Nu multe companii ating acest deziderat; un exemplu îl poate constitui

compania Mercedes, pentru fabricarea de capete de tragere din familia AKTROS, care utilizând metoda de control final – Zero defecte – asigură o perioadă de garanție de 20 de ani pentru un cap de tragere nou livrat. Media nivelului de calitate oferit pe piața europeană a capetelor de tragere, a este de trei până la patru sigma

Introducerea conceptului Six Sigma este însoțită de o schimbare fundamentală a valorilor în afaceri a companiei. Pornind de la mottoul: **să fii pro-activ, în loc doar de a reacționa**, în timp ce în cadrul unei companii se încearcă eliminarea problemelor în vederea asigurării nivelului de calitate cerut de documentație, cu ajutorul Six Sigma se încearcă evitarea apariției defectelor. Dacă în perspectiva clasică acțiunile se concentrează doar pe îmbunătățirea calității produsului, perspectiva Six Sigma este orientată spre proces.

După anul 2005, Six-Sigma este utilizat ca suport pentru evaluarea calității metodologiilor de realizare de proiecte complexe, deoarece prin aplicarea ei proiectele se pot îmbunătăți în mod continuu, în vederea asigurării sustenabilității în timp a lor. O metodă frecvent folosită în acest scop este Cercul de control (cunoscut și sub denumirea de Cercul lui Deming). Acesta este constituit din succesiunea în timp a proceselor din structura funcției de management, așa cum rezultă din figura nr. 5.3:

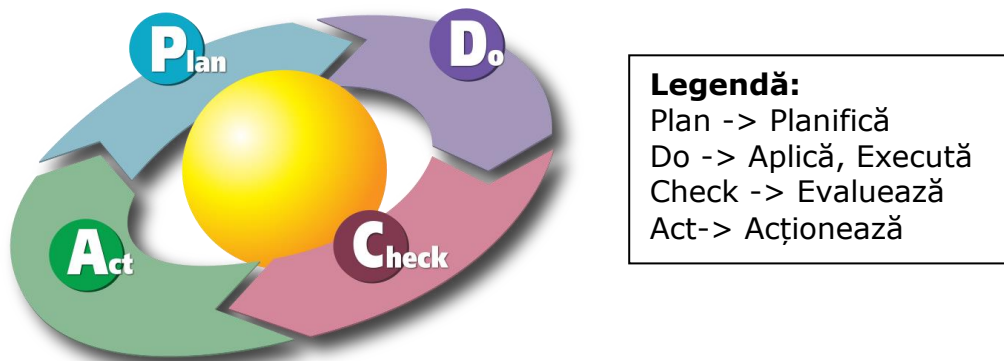


Fig. 5.3. Cercul Deming

Principalele etape ale Cercului DEMING pentru asigurarea unui anumit nivel al calității, și implicit a sustenabilității unui proces, includ:

- **Planificare a calității (Plan)**- Pornind de la o stare reală, care determină și stabilește cadrul managerial care condiționează calitatea produsului, sunt planificate conceptele și procesele prin care se asigură un anumit nivel al calității cerute de documentația asociată produsului;

- **Controlul calitatii (Do)**- Aplicând metode specifice pentru controlul calității (FMEA, JIDOKA) se obțin rezultate care urmează să fie puse în aplicare în diagrama de fază, a realizării produsului;

- **Evaluarea calității (Check)**- Evaluarea calității în funcție cantitatea de informații care vizează atât aspectele tehnice specifice calității, cât și aspectele corelației dintre calitate și factorii care o generează (analiza cost-beneficiu, validarea ipotezelor);

- **Îmbunătățirea calității (ACT)**- Informațiile obținute în urma evaluării vor fi utilizate pentru îmbunătățiri structurale și de optimizare a procesului, în vederea creșterii nivelului de calitate al produselor.

Metoda Six Sigma pleacă de la ideea, că fiecare proces are o un anumit scop și că rezultatul final în realitate variază. Variația rezultatului final se poate măsura și optimiza utilizând deviația standard Sigma (σ). Scopul este de a ajunge la zero erori prin reducerea deviațiilor/variațiilor.

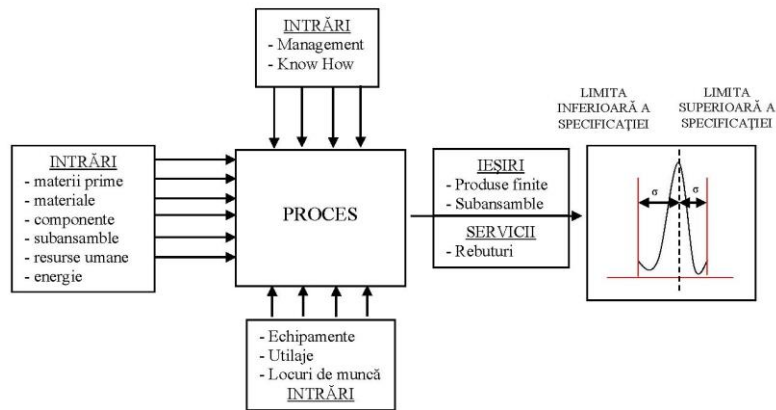


Fig. 5.4. Controlul procesului conform Six Sigma

Se poate observa că regula ideală de bază a deviației procesului este ca acesta să se afle între limita inferioară și limita superioară a cerințelor din specificație. Există câteva situații în care aplicația Six Sigma se poate aplica:

1. Apar abateri / erori pe parcursul procesului de fabricare.
2. Apar abateri la produsul final, în raport cu documentația.
3. Crește numărul deșeurilor la operația finală.

5.3. Calculul statistic pentru un milion de piese fabricate

Aplicând principiile cercului de control pe linia de fabricare al EPB, se observă că valorile defectelor rezultate în urma măsurătorilor urmează o distribuție specifică curbei lui Gauss sau a curbei de distribuție normală, conform figurii nr. 5.5.

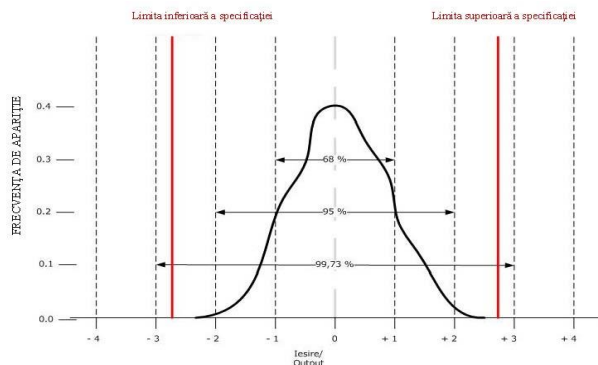


Fig. 5.5. Distribuția frecvenței de apariție a defectelor

Valorile caracteristice trebuie să se încadreze între limita minimă și limita maximă a specificațiilor, cerute de documentație. Mai mult, capabilitatea unui proces poate fi caracterizată prin parametri de locație: valoarea medie μ și prin variație (împrăștierea) cu ajutorul deviației standard σ .

În figura 5.6 se vizualizează valoarea medie μ și variația (împrăștierea) pentru cazul a trei deviații standard cerute de specificațiile clientului, printre alte condiții impuse prin contract.

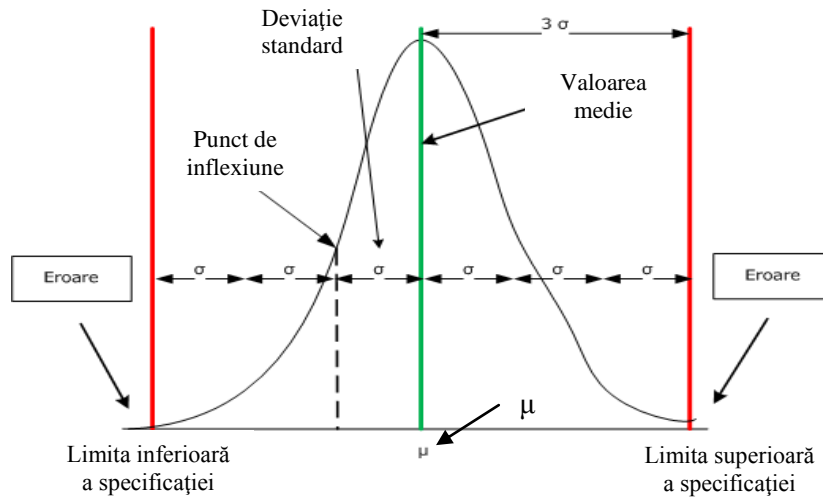


Fig. 5.6. Valoarea medie și specificația pentru deviația standard 3σ

În figura nr. 5.7 se prezintă valoarea medie și specificațiile clientului pentru 6 deviații standard.

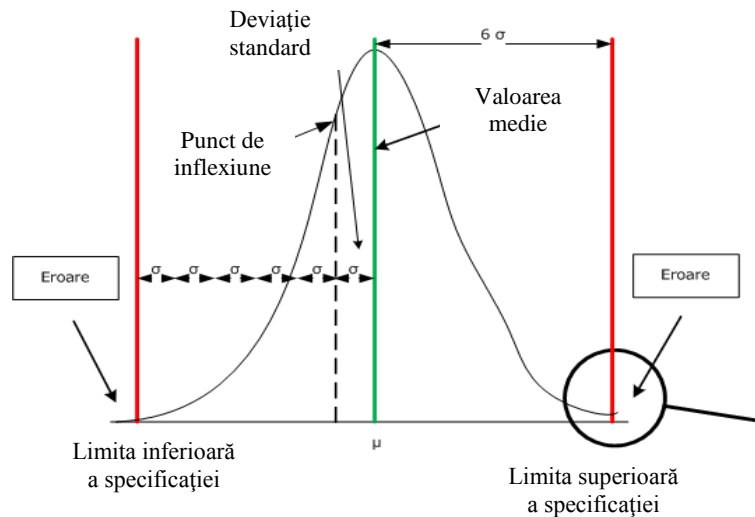


Fig. 5.7. Valoarea medie și specificațiile clientului pentru deviația standard 6σ

Din comparația celor două figuri se observă că pentru deviația standard 6σ frecvența apariției defectelor este mult diminuată, procentul pieselor acceptate putând ajunge chiar la 99,73% din totalul producției; deci indicele de capabilitate a procesului (C_p) este mult crescut. El se poate calcula numai în cazul în care în documentație/specificație sunt definite atât limita superioară precum și cea inferioară.

Calculul indicelui C_p se face prin raportarea mărimii intervalului (rezultat ca diferență între cele două limite) și deviația standard admisă, pentru cazul în care procesul este centrat pe valoarea medie μ (5.1.)

$$C_p = \frac{\text{mărimia intervalului}}{\text{deviația standard a procesului}} = \frac{LSS-LIS}{6\sigma} \quad (5.1.)$$

Dacă se notează:

- pentru indicele capabilității procesului pentru 3σ : $C_{p3\sigma}$ și
- pentru indicele capabilității procesului pentru 6σ : $C_{p6\sigma}$

Pentru cei doi indici se aplicând formula (5.1). obținem:

$$C_{p3\sigma} = \frac{3 - (-3)}{6} = 1 \quad \text{precum și} \quad C_{p6\sigma} = \frac{6 - (-6)}{6} = 2 \quad (5.2.)$$

În figura nr. 5.8.este vizualizată diferența între cele două variante ale indicelui C_p .

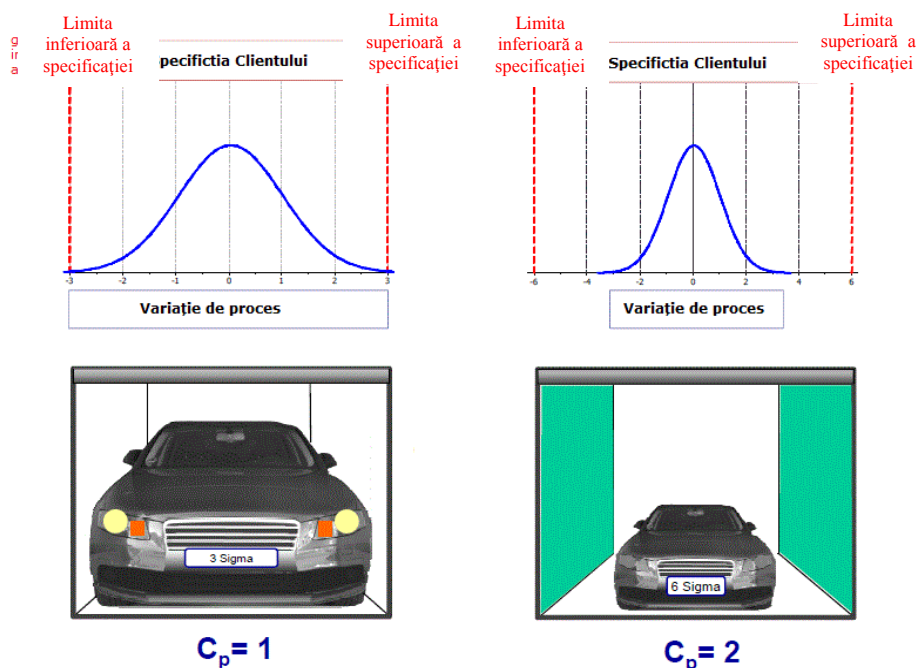


Fig. 5.8. Valorile $C_{p3\sigma}$ și $C_{p6\sigma}$ pentru capabilitatea unui proces centrat

Din analiza directă a celor două situații se observă că frecvența apariției defectelor pentru cazul 6σ este mult diminuată, față de cazul 3σ ; având în vedere că C_p indică raportul existent între limitele de toleranță cerute de documentația/clienti

și variația reală admisă a proceselor de fabricare, abordarea unei strategii specifice 6σ aduce beneficii producătorului.

Aici apare o discuție pe tema coincidenței liniei care indică mijlocul intervalului de toleranță și media rezultată din măsurătorile efectuate în procesul de control final (CpK). Teoretic se pleacă de la ideea că cele două valori coincid (CpK=Cp); în realitate, de cele mai multe ori, ele diferă (CpK < Cp); formula lui CpK, pentru un proces necentrat este :

$$C_{pk} = \frac{\min(-\text{limita inferioară a specificației}-\mu; \text{limita superioară a specificației}-\mu)}{3\sigma} \quad (5.3.)$$

Capabilitatea pentru procesul necentrat se poate defini ca un echivalent al rezultatului împărțirii dintre Cpk și Ppk:

$$Cpk / Cp = \text{Capabilitatea pentru procesul necentrat} \quad (5.4.)$$

În timp ce indicele Cp arată numai raportul dintre toleranța precizată de documentație și variația de proces, indicele CPK include și poziția față de valoarea medie din centrul de toleranță specificat.

În cel mai bun caz înseamnă că valoarea medie este exact în mijlocul intervalului de toleranță CPK = Cp; în situații reale însă, CPK < Cp.

În figura nr. 5.9 este vizualizată capabilitatea unui proces necentrat.

Aplicând formula 5.1 pentru procesul necentrat, pentru indicele Cp, rezultă pentru Cp4,5σ = 1,33 precum și pentru Cp2,5σ = 1,33:

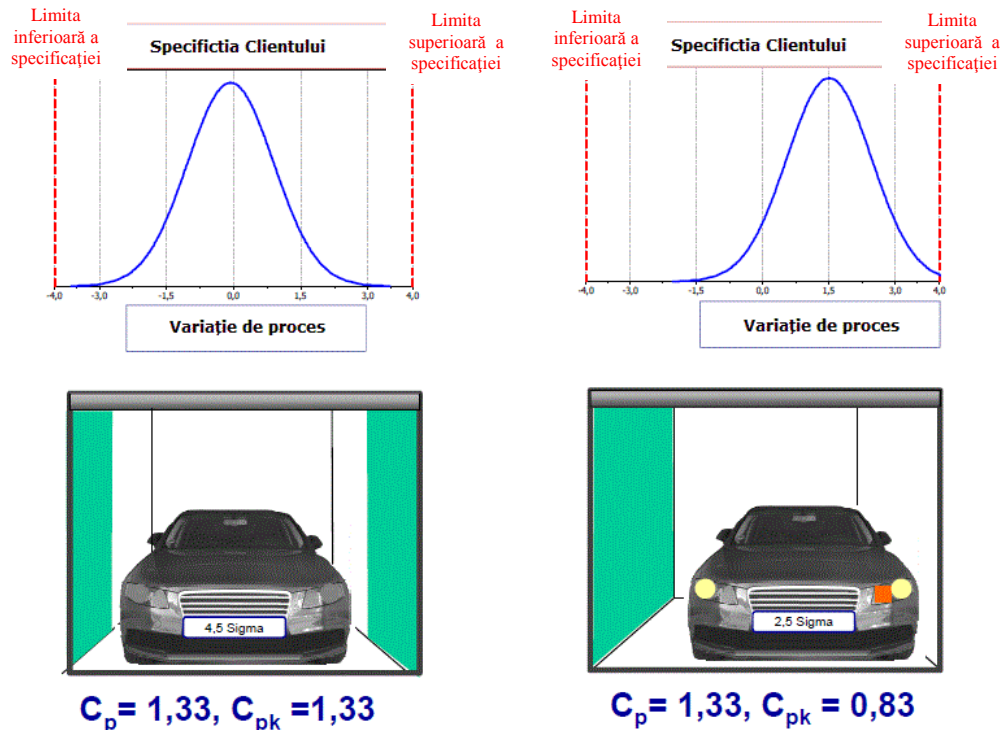
$$C_{p4,5\sigma} = \frac{4 - (-4)}{6} = 1,33 \quad \text{precum și} \quad C_{p2,5\sigma} = \frac{4 - (-4)}{6} = 1,33 \quad (5.5.)$$

Apoi aplicând formula (5.3) indicelui CpK rezultă pentru Cpk4,5σ = 1,33, precum și pentru Cpk 2,5σ = 0,83:

$$C_{pk4,5\sigma} = \frac{\min(0 - (-4); 4 - 0)}{3} = \frac{4}{3} = 1,33 \quad (5.6.)$$

precum și

$$C_{pk2,5\sigma} = \frac{\min(1,5 - (-4); 4 - 1,5)}{3} = 2, \frac{5}{3} = 0,83 \quad (5.7.)$$

Fig. 5.9. Valorile $C_{p3\sigma}$ și $C_{pk3\sigma}$ pentru capabilitatea unui proces necentrat

La începutul oricărui proces de fabricare se consideră în mod normal, suficient dacă valoarea C_{pK} este de cel puțin 1,00 (adică, distanța de la cea mai apropiată limita de toleranță $C_{pK} = 1,33$ și $C_p = 1,33$). Pe măsură ce volumul producției se amplifică, și producția devine stabilă se poate trece către valori ale lui $C_p = 2,00$ și valori ale lui C_{pK} să tindă spre 1,5 (adică distanța de la cea mai apropiată limita de toleranță a valorii medii a procesului sa fie de cel puțin 4,5 deviații standard)

5.4. Evaluarea calității fabricației EPB utilizând conceptul Six Sigma

Din analiza contractelor cu beneficiarii companiei a rezultat:

- un program de producție de 565.700 buc EPB, diferențiat pe trei clase de automobile;
- se apreciază că necesarul mediu lunar de EPB este de circa 51.429 buc/lună, în condițiile în care o lună pe an este destinată proceselor de mentenanță și remodelare a liniei de fabricare;
- din documentația aferentă procesului de fabricare din anul 2014, a rezultat că, după efectuarea încercărilor finale a rezultat un număr de 483 de piese NiO.

Numărul de piese defecte/ erori (DPU - Defect per Unit) este determinat prin raportarea numărului de piese defecte la numărul de piesele fabricate:

$$DPU = \frac{\text{Număr de piese defecte/erori}}{\text{Număr total de piese fabricate}} \quad (5.8.)$$

98 Aspecte privind analiza erorilor posibile în producția EPB - 5

Pentru cazul nostru: DPU = 0,0093915
 Pentru un lot de 100 de piese fabricate, rata erorilor(R), exprimată procentual este: R(%)=0,93915%
 Calculul numărului erorilor pe un milion de posibilități (DPMO): 9392 piese defecte/ 1000000 produse.
 Pentru DPMO=9392 piese defecte corespunde pe scara valorilor $\sigma \rightarrow 3,85 \sigma$
 În tabelul 5.3 se prezintă corelația dintre PPM /CPK și Sigma:

Tabelul 5.3

Corelația dintre DPMO, CPK și Sigma

C_{pk}	DPMO	Sigma
0,50	133614	
0,67	44431	
0,75	24448	
0,90	6933	
1,00	2699	3 σ
1,30	96	
1,33	66	4 σ
1,40	26	
1,50	6	
1,60	1	
1,67	0	
2,00		

Având în vedere și strategia din finalul capitolului nr. 4, s-a propus ca strategie pe termen scurt, diminuarea numărului de defecte, astfel încât atingerea **4 Sigma** să fie posibilă; aceasta ținând seama și de solicitările clienților, care ar putea duce la modificarea programelor de producție. În cazul în care rebuturile se vor reduce cu circa 30%, prin măsuri care vizează în special operațiile finale de control și revizie a EPB; admitând un număr de 320 de erori, DPMU = 6210, ceea ce corespunde cu atingerea lui 4 Sigma.

Problema care se pune în continuare, din punctul de vedere al menținerii calității este aceea dacă procesul, prin trecerea la 4 Sigma rămâne centrat. Se calculează capabilitatea procesului $C_{p_{3,85}}$, comparativ cu C_{p_4} :

$$C_{p_{3,85}} = \frac{3,85 - (-3,85)}{8} = 0,96 \quad (5.9)$$

$$C_{pu} \frac{4 - (-4)}{8} = 1 \quad (5.10)$$

Din figura nr. 5.5, se observă că pe măsură ce în cadrul procesului are loc o diminuare a rebuturilor, statistic vorbind procesul tinde să fie centrat

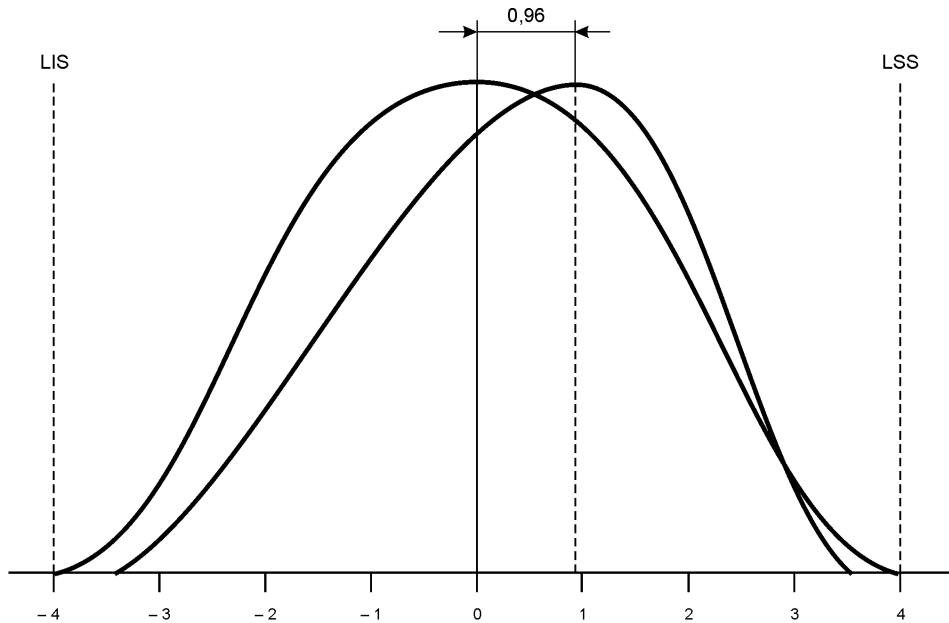


Fig. 5.10. Evoluția capacității procesului de la $3,8\sigma$ la 4σ

Desigur, autorul nu elimină posibilitatea elaborării unei strategii pe termen lung privind îmbunătățirea calității componentelor; apar însă o serie de elemente care, prin prezența lor, duc la ineficacitatea abordării strategiei pe termen lung:

Solicitările clienților sunt tot mai diverse în timp, cu efecte directe asupra familiei EPB. Elementele de noutate trebuie introduse în piață cât mai rapid, pentru că ele sunt purtătoare de beneficii pentru producători.

Produsele din familia EPB fac parte din clasa produselor care au un nivel deosebit de ridicat al securității, al fiabilității lor în timp. Ca urmare activitățile de verificare sunt obligatorii, ele vizând siguranța atât a autovehiculului cât și a pasagerilor.

Asigurarea unui nivel al calității pe linia de montaj este un deziderat de primă poziție. Orice eroare, anomalie sau abatere de la procesul de montaj trebuie imediat sesizată și remediată; orice întrerupere a procesului de fabricare poate genera în final diminuarea volumului de producție, pe de o parte, și diminuarea nivelului calității produselor.

6. CALCULUL EFICIENȚEI ECONOMICE

6.1. Considerente generale

Orice proces de fabricare este orientat spre profit. Analiza cost-beneficiu a unui proces are drept scop furnizarea informațiilor necesare pentru a aprecia viabilitatea procesului, în vederea finanțării lui. Deci, pentru un investitor, analiza cost-beneficiu este cea care va furniza informații privind viitorul evoluției procesului vizat, astfel încât investiția să asigure o sursă de venit pe viitor, care să depășească costul de substituire al capitalului, utilizând gradul de valorificare al celei ai bune alternative, sau cel puțin să-l egaleze pe acesta.

Obiectivele analizei financiare urmăresc:

- determinarea celei mai atrăgătoare variante, după evaluarea tuturor variantelor potențiale privind configurația procesului și stabilirea direcției corespunzătoare de acțiune;
- întocmirea unui plan de finanțare realist pentru acoperirea cheltuielilor pe timpul fiecărei etape de execuție a procesului;
- prezentarea resurselor financiare disponibile, care să acopere necesitățile în timpul desfășurării operațiunilor, să asigure o disponibilitate a mărfurilor și serviciilor conforme cu programele de producție și satisfacerea tuturor obligațiilor financiare (serviciul datoriei, în special);
- verificarea nivelurilor corespunzătoare de profit și recompensare a investitorilor pentru riscul asumat pe durata desfășurării activității.

Analiza cost-beneficiu la nivelul liniei de producție a evidențiat că prin implementarea strategiei Six Sigma, la nivelul producătorului de EPB, a fost posibilă atingerea a trei obiective:

1. Creșterea satisfacției clienților.
2. Diminuarea/reducerea numărului defecțiunilor.
3. Îmbunătățirea ciclului de viață al produselor/serviciilor

Aceste obiective au avut în vedere condițiile modificării solicitărilor (care sunt într-o continuă schimbare) impuse de clienți, a cerințelor impuse pieții și a cerințelor impuse de progresul tehnologic, precum și obținerea de beneficii pentru toți factorii angajați.

6.2. Eficiența economică datorată implementării Six Sigma

Pentru evaluarea eficienței economice a activităților în cadrul liniei de fabricare autorul a efectuat analiza cost-beneficiu; analiza a evidențiat faptul că situația prezentă are următorii parametri:

- Din valorificarea unei bucăți EPB se obține un beneficiu de 150 euro/buc.
- Beneficiul anual obținut este de $567.700 \times 150 = 85.155.000$ euro/an
- Investiția efectuată pentru realizarea acestei linii este de : 172.000 euro.
- Durata de recuperare a investiției $D=1,9$ ani.

În urma analizei cost-beneficiu efectuate a rezultat că factorii care pot genera costuri sub forma investițiilor, prin aplicarea metodei Six Sigma, sunt:

- Reducerea costurilor ca urmare a omisiunii unor operații/activități sau automatizarea acestora. Având în vedere necesitatea efectuării integrale a operațiilor (fiind vorba de produse cu riscuri de persoane), s-a mers pe ideea introducerii unui program de automatizare a operațiilor de montaj și monitorizarea acestora cu ajutorul unui program special conceput. Investiția necesară pentru acest program este evaluată la **50.300 euro**.
- Creșterea productivității muncii prin utilizarea de piese care sunt refozite, prin diminuarea timpului de selecție a furnizorilor, prin paralelizarea activităților consumatoare de timp, prin utilizarea unor procese și componente standardizate. Investiția necesară pentru un asemenea program este evaluată de autor la 230.900 euro.
- Reducerea riscurilor la montaj, prin atribuirea directă a componentelor din structura actuatorului către fiecare tip de actuator în parte și prin acces la un set de date de control al acestuia. Investiția pentru acest factor este evaluată la 30.000 euro.

Analiza a evidențiat și faptul că prin implementarea metodei Six Sigma pot fi evidențiate și factori care aduc beneficii. Din multitudinea de factori autorul a selectat pe cei mai relevanți pentru sporirea beneficiilor în urma implementării metodei Six Sigma:

1. Hardware și Software pentru managementul Sistemului de Operare al utilizatorului.
2. Procurare de licență de operare pentru soft și interfața cu alte subsisteme
3. Instalarea hardului sistemului
4. Instruirea și școlarizarea salariaților în vederea utilizării aplicației.
5. Integrarea proceselor din întregul sistem de operare.
6. Punerea în funcțiune a sistemului și asigurarea sustenabilității lui.

Pentru a efectua o selecție a acestor factori s-a întocmit matricea determinării ordinii de importanță pentru producător, utilizându-se următorul punctaj:

Factor puțin important pentru decident	0
Factor de importanță normală pentru decident	1
Factor de importanță deosebită pentru decident	2

Rezultatele analizei sunt prezentate în figura nr. 6.1.

		Hardware și software pentru sistemul de operare	Licența pentru soft și interfață	Instalarea hardului sistemului	Instruirea/formarea personalului	Instalarea aplicațiilor în sistem	Punerea în funcțiune a sistemelor și asigurarea sistemelor acestora	TOTAL PUNCTAJ	PROCENTE	Ordinea de importanță
Nr. crt.		1	2	3	4	5	6	-	-	
1.	Hardware și software pentru sistemul de operare		0	1	0	0	1	2	5,9	VI
2.	Licențe pentru soft și interfața	1		0	2	0	2	5	14,7	V/IV
3.	Instalarea hardului sistemului	2	1		1	0	2	6	17,6	III
4.	Instruirea/formarea personalului	2	2	1		0	2	7	20,6	II
5.	Instalarea aplicațiilor în sistem	0	1	1	1		2	5	14,7	IV/V
6.	Punerea în funcțiune a sistemului și asigurarea sistemului	2	2	2	1	2		9	26,5	I
								34	100	-

Fig. 6.1. Matricea determinării ordinii de importanță a factorilor generatori de beneficii

Din figură se observă că punerea în funcțiune a liniei de montaj și asigurarea sustenabilității acesteia în timp este factorul cel mai important generator de beneficii; în paralel trebuie investit și în formarea personalului de specialitate și în implementarea aplicațiilor la nivelul întregului sistem, pentru ca obiectivul final să poată fi atins cât mai rapid.

Rezultatul grafic al analizei cost-beneficiu se prezintă în diagrama din figura nr. 6.2.

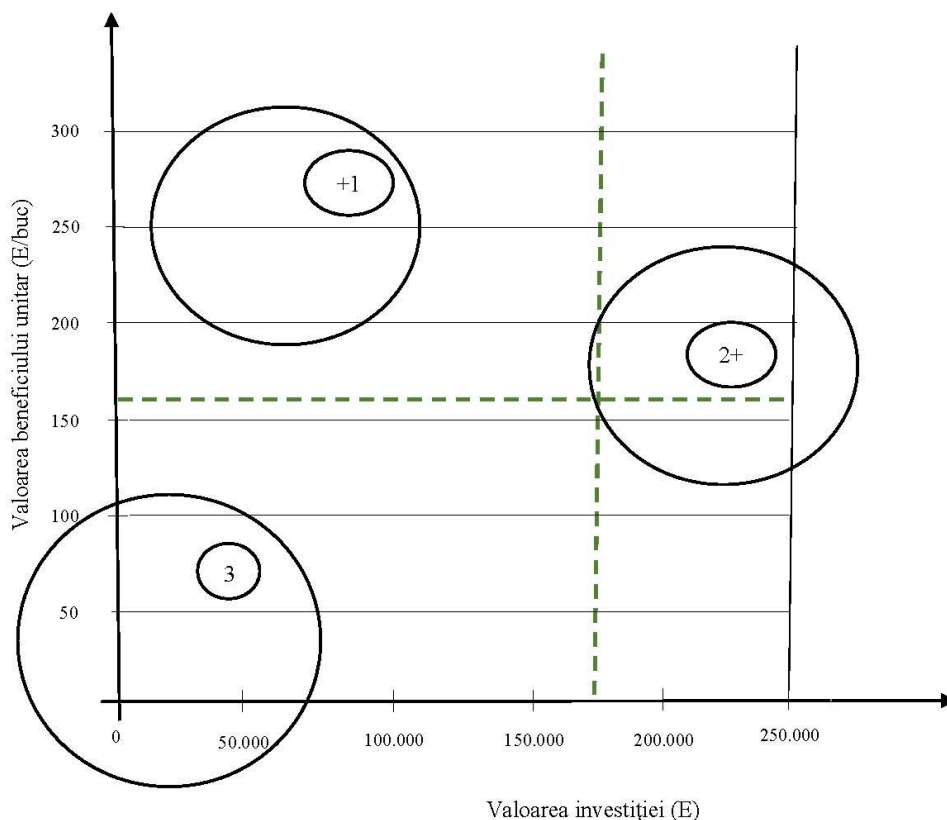


Fig. 6.2. Rezultatul grafic al analizei cost - beneficiu

Din diagramă rezultă următoarele:

Înainte de aplicarea metodei Six Sigma produsul finit EPB se livrează pe piață într-un volum de producție $Q_{an} = 567.700$ buc/an.

Pentru realizarea liniei de montaj investiția a fost de $I = 170.000$ euro.

Beneficiul unitar realizat din vânzarea EPB a fost $B_u = 152$ euro/buc.

Beneficiul anual rezultat $B_{an} = 85.155.000$ euro/an.

După aplicarea metodei Six Sigma diagrama evidențiază două variante distincte:

1. Pe termen scurt, prin implementarea programului de automatizare monitorizare, beneficiul unitar obținut din vânzarea unui EPB, în condițiile unui volum de producție neschimbat, este:

$B_u = 280$ euro/ buc. Beneficiul anual rezultat este de $158.956.000$ euro/an, adică o creștere cu 86% față de situația inițială. Investiția necesară este de 50.300 euro.

2. Pe termen mediu, diagrama evidențiază situația corespunzătoare creșterii productivității muncii prin metode specifice, care permit în final obținerea unui beneficiu de 180 euro/buc din vânzarea unei bucăți EPB. Beneficiul anual suplimentar obținut în acest caz este apreciat la $17.155.000$ euro/an, adică o creștere de 20% față de situația inițială. Dar pentru a se asigura această variantă, valoarea investiției este de 230.900 euro, și vizează un complex de factori, cu grad

de diversificare ridicat, care trebuie luați în considerare (Piese refolosite rezultate în urma dezmembrării produselor NiO, paralelizarea unor activități/operații, utilizarea unor componente standardizate, selecția mai rapidă a furnizorilor).

3. Diagrama evidențiază și o zonă cu potențial minimal pentru care valorile investiției sunt reduse; aici se pot înregistra îmbunătățiri ale calității componentelor EPB, dar ele nu sunt relevante pentru clienți, și prin urmare pot diminua beneficiul unitar.

4. Trebuie avut în vedere și următorul aspect: În procesul de îmbunătățire al calității contează foarte mult relația cu clienții; aceștia pot verifica nivelul calității proceselor de fabricare și, de asemenea, pot negocia obținerea unei părți din beneficiile suplimentare rezultate din activitățile de îmbunătățirea calității componentelor, realizate de producător, prin programul Reduction Program, ale cărui valori se stabilesc înainte de definitivarea programului de vânzări; valoarea beneficiilor suplimentare și modul lor de distribuire sunt condiții introduse în contractul dintre producător și clienți.

7. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PROPRII

7.1. Concluzii finale

Tema lucrării este de actualitate, având în vedere cel puțin trei considerente:

1. Cerințele clienților sunt în continuă diversificare în domeniul industriei automotiv.
2. Deși diversitatea este elementul care asigură noutatea produselor pe piață, marii producători sunt cei care susțin această diversitate, tocmai pentru a face față concurenței pe piață.
3. Furnizorii de componente sunt confrunțați cu două aspecte contradictorii.
 - a. asimilarea rapidă a componentelor de noutate, care sunt tot mai complexe;
 - b. asigurarea unui nivel de protecție și securitate conform cerințelor proiectului, pe un interval de timp echivalent cu durata de viață a automobilului. Acest aspect atrage după sine două observații importante pentru producător:
 1. Fiabilitatea actuatorului este comparabilă cu fiabilitatea autovehicolului, cu specificația că va trebui asigurat un program de mentenanță al actuatorului;
 2. Fiabilitatea componentelor actuatorului va trebui să aibă aproximativ aceeași valoare, în special pentru componentele înseriate, în structura sa.

Lucrarea, ca de altfel întregul program de cercetare realizat, a avut la bază obiectivele prezentate în cadrul capitolului 1.

Primul obiectiv propus, - *Analiza tendințelor actuale privind îmbunătățirea calității produselor pentru industria orizontală specifică automotivă*, a pus accentul pe problematica specifică asigurării unui nivel de calitate ridicat, pentru fiecare componentă din structura produsului finit. Analizând tendințele actuale privind îmbunătățirea nivelului calității, se arată că acest proces are, pe de o parte, o continuitate istorică, dar la care se mai adaugă o abordare structurală, absolut necesară pentru ca produsele să atingă un nivel al calității constant în timp. Plecând de la abordarea economică, conform căreia sursele de profit ale oricărei companii sunt generate de câștiguri din vânzări dar și din costurile de fabricație cât mai reduse, s-a ajuns la concluzia că pentru a le utiliza, din punct de vedere managerial, este necesară introducerea procedurilor specifice TQM. Analizând procesele de planificare în vederea demarării fabricației de produse din familia EPB, a fost evidențiat faptul că elementele de planificare sunt puternic legate de planul de afaceri al companiei; mai mult s-au stabilit cele trei condiții inițiale care definesc componentele procesului de planificare:

1. Necesitatea ca procedurile/metodele care vizează relațiile de producție la nivelul companiei să fie în corelație cu obiectivele companiei.
2. Resursa umană disponibilă pentru derularea proceselor de fabricare să fie instruită și motivată, în același timp, în raport cu sarcinile de realizat.
3. Echipamentele, locurile de muncă din cadrul structurilor de producție inclusiv documentația/softul aferent, trebuie să asigure, la rândul lor condițiile specifice unei calități conforme cu cerințele clienților. Numai prin combinarea celor trei condiții se poate asigura un CMMI performant.

Asigurarea unui proces de îmbunătățire continuă a calității proceselor pentru producția de serie, din punct de vedere managerial, impune implementarea TQM ca și un concept integrator, începând cu aspectele de cercetare/dezvoltare, continuând cu cele de fabricare/control, și continuând cu cele de aprovizionare, logistică și desfacere.

De altfel problemele vizând îmbunătățirea continuă a calității produselor dar și a proceselor de fabricare au fost abordate, în mod direct sau indirect prin metode specifice în toate cele cinci capitole ale tezei; sub acest impact am abordat tematica specifică fiecărui capitol.

Al doilea obiectiv al tezei a avut în vedere *necesitatea realizării unui program de control deosebit de detaliat al procesului de montaj al EPB* în vederea menținerii sub control a procesului de montaj; fapt pentru care s-a apelat la utilizarea, sub forma unei aplicații derulată pe patru nivele, a metodei FMEA. Echipa de lucru, pe baza informațiilor culese din documentația tehnică, în urma discuțiilor cu potențialii clienți, și în urma studierii funcțiilor de top pentru produsele din familia EPB, au împărțit funcțiile de top pe patru nivele. Realizarea fiecărei funcțiuni este condiționată de interconexiunea componentelor aparținătoare. Pentru fiecare nivel s-a întocmit câte un set de Fișe de analiză FMEA, în care s-au marcat distinct atât funcțiile de top cât și posibilele defecțiuni ce pot fi semnalate pe parcursul efectuării testărilor inter operaționale sau a testărilor finale; pentru fiecare tip de eroare posibilă s-a atașat câte un indice de reting, cu valori de la 1 la 10; cu ajutorul acestor valori s-a determinat valoarea Numărului de Risc Prioritar (RPN). Astfel că pentru fiecare produs realizat, pe baza RPN se poate determina ACCEPTUL (i.O.) sau REFUZUL (NiO) produsului; mai mult se pot determina cauzele care generează una din cele două stări, făcându-se o analiză pe cele patru nivele.

Al treilea obiectiv al tezei *Aspecte specifice privind dimensionarea structurilor de fabricare* a apărut ca o necesitate datorită creșterii numărului de comenzi, din partea clienților. Răspunsul producătorului EPB a avut în vedere menținerea nivelului calității produsului, concomitent cu alegerea unei soluții care viza reducerea timpului de fabricare prin măsuri organizatorice, dar și prin introducerea proceselor de automatizare și chiar de robotizare.

În același timp s-a promovat ideea reducerii numărului de actuatori defecte prin măsuri specifice tehnice dar și organizatorice; astfel:

- S-a promovat re folosirea componentelor de calitate din structura actuatorilor defecte; acestea au fost demontate, controlate și remontate în structura unor actuatori noi; după care actuatorii sunt introduse în programul de control final;
- A fost definitivat un program de control final compus din două faze: verificare statică și verificare dinamică; numai după parcurgerea celor

două verificări, dacă produsul se încadrează în valorile impuse de control el poate fi declarat i.O;

- Copii ale diagramelor rezultate din încercări sunt atașate fiecărui produs în parte, urmând ca matrița de bază să rămână la producător;
- În urma unei analize a proceselor de încercare consumatoare de timp, și ținând seama și de experiența câștigată de operatorii care efectuau controlul, s-a stabilit un algoritm pentru reducerea timpilor de încercare, fără să impietăm asupra calității produsului finit.

Prin aceste măsuri care vizau îmbunătățirea calității, s-au creat și premisele realizării celui de-**al patrulea obiectiv** al lucrării *elaborarea unui program de control final al produsului care să prezinte informații privind comportarea statică / dinamică a EPB.*

Având în vedere necesitățile în diversificare a produselor din familia EPB, precum și necesitatea derulării unui proces stabil în timp, sub aspectul nivelului de calitate, s-a făcut o analiză evoluției în timp nivelului de calitate a procesului de montaj, utilizând metode Six Sigma. În urma aplicării metodei s-a ajuns la concluzia că procesul de montaj este un proces centrat, derulat în vecinătatea 3,8σ; pe termen scurt există posibilitatea de a stabiliza procesul de montaj în vecinătatea lui 4σ. Prin această aplicație s-a răspuns și celui de-**al cincilea obiectiv** al tezei de doctorat.

Prin realizarea acestei lucrări, a fost sintetizat un volum de informații relevante în domeniul ingineriei industriale, prin care s-au pus bazele procesului de fabricare a unui produs complex cu structură mecanică/electrică; manopera înglobată în produs este deosebit de complexă, solicitând lucrări specifice domeniului mecanicii fine și mecatronicii; în același timp, volumele de producție solicitate, a făcut necesară abordarea unui management operațional riguros, în condițiile respectării unor cutume specifice unui nivel de calitate peste cel normal. Procedurile aplicate în vederea creșterii productivității muncii liniei de montaj, au avut întotdeauna în vedere necesitatea imperativă a menținerii nivelului de calitate al produsului finit, având în vedere că în final acesta va fi încadrat într-un alt produs complex, dar cu un grad de siguranță sporit.

7.2. Contribuții proprii

În urma proceselor de documentare, cercetare și punere în aplicare, în condițiile unui proces de fabricație de serie, a unui produs complex cum este considerată familia de EPB, s-au detașat următoarele contribuții originale:

1. **Contribuții proprii rezultate din cercetările teoretice și aplicative efectuate asupra managementului calității** au vizat abordarea sistemică a conceptului de calitate; pentru motivarea abordării istorice se efectuează o sinteză a evoluției conceptului în timp, completându-se evaluarea cu activitățile specifice fiecărei perioade și cu reprezentanții de valoare care au susținut conceptul în perioadele respective. Abordarea istorică este completată de o abordare structurală prin care se

completează sistemul de control al calității pe întreg arealul specific duratei de viață a unui produs, începând cu activitățile de cercetare proiectare și terminând cu activitățile de desfacere/vânzare către clienți.

2. ***O contribuție de semnalat este cea care are în vedere selectarea, din mulțimea standardelor existente*** în sistemul proiectare/concepție – execuție – desfacere automobile, a celor mai semnificative standarde la nivel european; la această selecție s-a mai adăugat o sinteză a standardelor corespondente domeniului din România.
3. ***Cercetarea realizată în vederea trecerii de la managementul calității la conceptul TQM***, evidențiază un algoritm care conține în structură trei grupe de instrumente prin care se poate asigura implementarea: 1. *Instrumente utilizate pentru generare de idei.* 2. *Instrumente utilizate pentru asigurarea unei baze de date.* 3. *Instrumente utilizate pentru identificarea/clasificarea defectelor sau a abaterilor din proces;* pentru fiecare tip de instrument utilizat se prezintă în teză câte o aplicație derivată din procesul de fabricare a EPB. Selectarea instrumentelor s-a făcut în funcție de specificul activităților din linia de montaj, cu un accent deosebit pe activitățile de control inter - operațional și de control final.
4. ***Utilizarea FMEA ca instrument pentru asigurarea controlului stabilității proceselor în timp***, a avut la bază un studiu de documentare și selecție etapelor necesare de urmat, pentru dezvoltarea aplicației concrete, din multitudinea soluțiilor existente în prezent în literatura de specialitate.
5. După ce s-au selectat etapele de urmat s-a trecut la ***aplicația practică ce viza implementarea metodologiei FMEA în vederea îmbunătățirii performanțelor, prin evitarea erorilor, la locurile de muncă din linia de montaj EPB;*** pe baza informațiilor culese din linia de montaj, procedura aplicării FMEA a avut în vedere patru nivele distincte, care au sintetizat în structura lor funcțiunile de top ale EPB, precum și interconționările nivelelor; după întocmirea fișelor de analiză FMEA; pentru fiecare nivel s-au stabilit valorile RPN; în finalul algoritmului s-a stabilit o rețea a defecțiunilor posibile în activitatea locurilor de muncă din linia de montaj. Rețeaua cuprinde ansamblul de erori evitabile pe parcursul montajului EPB; pe baza informațiilor furnizate de rețeaua stabilită s-a trecut la instruirea/formarea resursei umane disponibile, în vederea derulării, fără erori, proceselor de muncă. S-a creat prin aceasta un cadru de conștientizare a operatorilor în vederea derulării operațiilor fără erori.
6. Capitoul destinat descrierii activităților pe linia de montaj, este ***prefațat de o sinteză detaliată a produselor din familia EPB, realizată cu scopul de a informa cât mai în detaliu despre utilitatea acestor produse, dar și despre modul în care se montează ele;*** se prezintă detaliat și aspectele de logistică internă ale liniei de montaj, cu echipamentele de transfer tehnologic existente (roboți, linii de transfer); având în vedere

programul de producție al anilor 2016/ 2017, analizele efectuate au evidențiat necesitatea unei creșteri a volumelor de producție. Pe termen scurt s-a considerat că o modificare a formei liniei de montaj asigură creșterea de volume de producție datorită unor avantaje prezentate în cadrul capitolului.

7. **Ca și contribuție proprie/ aplicație concretă**, pot fi considerate și procesele de raționalizare a activităților de control final descrise în detaliu la subcapitolul 4.3.
La capitolul destinat analizei stabilității proceselor de montaj și control în timp, se utilizează în acest scop, metoda Six Sigma.
8. **Se consideră o contribuție teoretică selecția**, din multitudinea de date existente în prezent cu privire la derularea proceselor de analiză utilizând metoda Six Sigma, a procedurilor care se adaptează cel mai bine situației concrete existente pe linia de montaj; procedura de selecție, în faza teoretică, a datelor s-a făcut pe baza unor analize la nivelul echipei de lucru, ținându-se seama de situațiile similare ce ar putea să apară în cadrul aplicației.
9. **Aplicația concretă a avut în vedere condițiile specifice în care se derulează procesele de fabricare; mai mult, luând în considerare și limitele impuse de clienți**, aplicând metoda Six Sigma s-a stabilit că nivelul calității activităților în linia de montaj este de 3,86 și că se pot realiza condiții favorabile pe termen scurt pentru a se atinge nivelul calitativ de 4 σ.

Diseminarea rezultatelor obținute pe parcursul tezei a fost realizată prin:

1. Prezentarea celor două referate cuprinse în programul de cercetare propus.
 - **Referatul științific nr.1**: Aplicație a metodei Six Sigma: Optimizarea procesului de asamblare folosind metode statistice pentru produsul EPB.
 - **Referatul științific nr.2**: Aplicație a metodei Six Sigma: Analiza erorilor folosind metoda Design for Six Sigma, și calculul eficienței economice, pentru noile soluții/strategii.
2. Prin prezentarea de lucrări științifice susținute în cadrul unor manifestări științifice.
3. Rezultatele concrete obținute pe parcursul perioadei de derulare a tezei, privind îmbunătățirea calității proceselor de asamblare a produselor din familia EPB, au fost aplicate în cadrul unei companii renumite pe piața livratore de sisteme automotiv.

BIBLIOGRAFIE

Cărți

- [1] Abrudan Ioan, Cândea Dan, Manual de inginerie economică. Ingineria și managementul sistemelor de producție, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2002;
- [2] Abrudan Ioan, Economia proiectării sistemelor flexibile de fabricație;
- [3] Abrudan Ioan, Sisteme flexibile de fabricație – Concepte de proiectare și management, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1996;
- [4] Anderson John C., Rungtusanatham Manus, Schroeder Roger G. –A Theory of Quality Management Underlying the Deming Management Method- Academy of Management Review 19, no.3 (1994), p 472 – 509;
- [5] Andrei, N., Sisteme și pachete de programe pentru programarea matematică. Editura Tehnică, București, 2002;
- [6] Andrei, N., Modele, Probleme de Test și Aplicații de Programare Matematică. Editura Tehnică, București, 2003;
- [7] Arnold, R., Bauer, C.-O., Qualität in Entwicklung und Konstruktion. 3. Auflage. Wuppertal, Köln: TÜV Rheinland, P. 135-147, 1992;
- [8] Badea Florica, Băgu C., Deac V., Managementul producției industriale. Studii de caz și aplicații practice complexe, Editura All Beck, 1999;
- [9] Bărbulescu Constantin, Managementul producției industriale, Vol. 1, Editura Sylvi București, 2000;
- [10] Bărbulescu Constantin, Managementul producției industriale, Vol. 2, Editura Sylvi București, 2000;
- [11] Bărbulescu Constantin, Managementul producției industriale, Vol. 3, Editura Sylvi București, 2000;
- [12] Bărbulescu Constantin, Pilotajul performant al întreprinderii. Proiectare și funcționare, Editura Economică, București, 2000;
- [13] Bărbulescu Constantin, Sisteme strategice ale întreprinderii, Editura Economică, București, 1999;
- [14] Bășanu Gh., Pricop M., Managementul aprovizionării și desfacerii, Editura Economică, București, Ediția a doua revizuită, 2001;
- [15] Blăjină Ovidiu Aurelian, Produse software aplicate în programarea matematică și teoria jocurilor, , Editura Albastră, Cluj-Napoca, 2006;
- [16] Blăjină Ovidiu Aurelian, Decizii optime în management cu WinQSB 2.0, Vol.1, Editura Albastră, Cluj-Napoca, 2011;
- [17] Brăgaru A., Picoș C., Ivan N., Optimizarea proceselor și echipamentelor tehnologice, Editura Didactică și pedagogică, București, 1996;
- [18] Boldur-Lățescu G.; Logica decizională și conducerea sistemelor, Editura Academiei Române, București, 1992;
- [19] Bondrea, I., Avrigean, E., Optimizarea produselor și proceselor tehnologice de prelucrare, Editura Universității Lucian Blaga, ISBN 973-651/363/7, Sibiu, 2002;
- [20] Cavory G., La simulation; curs - IUT Bethune, France, 2004;
- [21] Charpentier P., Deroy X., Uzan O., Marciniak R., Luong S., Benoist Du Sablon G., Organizarea și gestiunea întreprinderii, Ediția în limba română coordonată de: Maria Niculescu, Alain Burlaud, Traducere: Gh. Căprărescu, Editura

- Economică, Colecția ROMEXCO, București, 2002;
- [22] Charpentier Pascal, Organisation et gestion de l'entreprise, Editura Nathan, Paris, 2004;
- [23] Claver J.F., Gélinier J., Pitt D.; Gestion de flux en entreprise; Editions Hermes, 1997;
- [24] Cocan Moise, Modele, algoritmi și produse software în cercetarea operațională, Editura Albastră, Cluj - Napoca, 2004;
- [25] Constantinescu Dumitru, Managementul operațional al producției, Editura Sitech, Craiova, 2003;
- [26] Courtois A., M. Pillet, C. Martin, "Gestion de Production" Editions d'organisation, 2^{eme} édition, 1995;
- [27] Deac V., Badea F., Dobrin C., Organizarea, flexibilitatea și mentenanța sistemelor de producție; Editura ASE București, Colecția Management, 2010;
- [28] Dietzsch, M.; Althaus, K.; Brandner, T., Fehler früh erkennen. QZ 44 (1999) 11, P. 1394 – 1398 Carl Hanser Verlag;
- [29] Drăghici G., Brînzei N., Filipaș I.; La modélisation et la simulation en vue de la conduite des systèmes de production, Les Cahiers des Enseignements Francophones en Roumanie, Bucarest, 1998;
- [30] Dobre I., Mustață-Horpos F., Simularea proceselor economice, ASE București, Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică;
- [31] Dumitrescu Dan Constantin, Pugna Adrian, Militaru Cornel; Calitatea, fiabilitatea, mentenanța sistemelor complexe, Editura Politehnica Timișoara, Colecția Management, 2008;
- [32] Dumitrescu Dan Constantin; Ingineria și managementul calității produselor și serviciilor, Editura Politehnica Timișoara, Colecția Management, 2012;
- [33] Dumitrescu Dan Constantin; Managementul resurselor umane, Fundația Ateneul Român – Ed. U.E. Deva, ISBN 973-9201-01-6, pg.37, 1995;
- [34] Dumitrescu Mihail; Introducere în management și management general; Editura Eurounion SRL Oradea, 1995;
- [35] Duval Pascal, Gestion des stocks et approvisionnements; IUT Bethune, Departament QLIO, 2002;
- [36] Ealey Lance – *Taguchi Basics . Quality*-,p.30-32, ed. Addison-Wesley, November 1988;
- [37] Giard Vincent, Gestion de la production et de flux, 3e edition, ed. Economica, Collection Gestion, Paris, 2005;
- [38] Gillich G-R., Dinamica mașinilor. Modelarea sistemelor tehnice, Editura AGIR, București, 2003;
- [39] Heizer J., Render B., *Operations Management*, p.170;
- [40] Hssain Addi Ait, Optimisation des flux de production. Methodes et outils pour la performance de votre supply chain, 2^e edition, Ed. Dunod, Paris, 2005;
- [41] Jaba Octavian, Gestiunea producției și operațiunilor. Metode și tehnici ale managementului operațional al producției, Editura Economică, București, 2002;
- [42] Jaba Octavian, Managementul producției și operațiunilor, Editura Sedcom Libris, Iași, 2007;
- [43] Jay Heizer, ș.a., Operations Management, Prentice Hall, New Jersey, 2001, ISBN 0-13-018604-X;
- [44] Karl-Heinz Dietsche, Thomas Jäger, Robert Bosch GmbH: *Kraftfahrtechnisches Taschenbuch*. 25. Auflage, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2003, ISBN 3-528-23876-3;

- [45] Kamiske, F., Brauer, J.-P., Qualitätsmanagement von A bis Z: Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagements. München, Wien: C. Hanser Verlag, P.213-276, 2003;
- [46] Kersten, G., Steuerung und Unterstützung von Produkt- und Prozessentwicklung durch Methoden der präventiven Qualitätssicherung. P. 20-23, 1991;
- [47] Marinescu R.D., Marinescu N.I., Managementul tehnologiilor neconvenționale, Vol.1., Editura Economică, 1995;
- [48] Marinescu R.D., Marinescu N.I., Managementul tehnologiilor neconvenționale, Vol.2., Editura Economică, 1999;
- [49] Masing, W.: Handbuch Qualitätsmanagement. Hrsg. Tilo Pfeifer und Robert Schmitt. 5. Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2007;
- [50] Merx, O., Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). In: Merx, O. (Hrsg.) Qualitätssicherung bei Multimedia-Projekten. Berlin et al., P.66-73, 1999;
- [51] Mihalca R., Fabian C., Utilizarea produselor software : Word, Excel, PMT, WinQSB, Systat, Editura ASE București, 2003;
- [52] Militaru Gh., Managementul producției și al operațiunilor; Editura ALL, 2008;
- [53] Munteanu Valentin, Metode și modele în managementul operațional al producției, Editura Universității de Vest, Timișoara, 2009;
- [54] Neagu C., Nițu E., Melnic L., Catană M., Ingineria și managementul producției. Bazele teoretice; Editura Didactică și Pedagogică București, 2006;
- [55] Nedelcu D., Microsoft Excel. Concepte teoretice și aplicații; Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2003;
- [56] Olariu M., Managementul calității, Ed. Economică, București, 1999.
- [57] Păun Mihai, Hartulari Carmen, Bădescu A.; Analiza, diagnoza și evaluarea sistemelor din economie, Editura ASE, 2001;
- [58] Pfeifer, T.; Dahmen, J.; Gaida, W., Qualitätsmanagement in der Produktionstechnik – Handlungsschwerpunkte und Perspektiven, in:Werkstatttechnik 88, Nr.5, P. 201-207, 1998;
- [59] Pfeifer, T.; Lesmeister, F.: Einsatz präventiver QM-Methoden, in: Thomann, H. J. : Der Qualitätsmanagement-Berater – Prozessorientiertes Qualitätsmanagement in der betrieblichen Praxis, P. 7-9, Grundwerk 2000;
- [60] Pfeifer, T., Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken. 2. Auflage. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 2001;
- [61] Radu I., Vlădeanu D., Ursăcescu M., ș.a., Simulări manageriale. Teorie și practică., Editura Universitară, București, 2005;
- [62] Rațiu – Suciuc Camelia; Modelarea & simularea proceselor economice. Teorie și practică; Ediția a treia, Editura Economică, București, 2003;
- [63] Rațiu – Suciuc Camelia, Modelarea & Simularea proceselor economice. Teorie și practică. Ediția a II-a. Editura Economică, București, 2002;
- [64] Rațiu – Suciuc Camelia, Luban Florica ș.a.; Modelarea și simularea proceselor economice, Biblioteca digitală ASE București;
- [65] Rațiu – Suciuc Camelia, Luban Florica ș.a.; Modelare economică. Ediția a doua. Editura ASE București, 2009;
- [66] Rațiu – Suciuc Camelia, Luban Florica ș.a.; Modelare economică aplicată. 50 Studii de caz. 525 Teste. Editura Economică, București, 2002;
- [67] Rațiu–Suciuc Camelia, Luban Florica, Hincu Daniela, Ene Carmen; Modelarea și simularea proceselor economice - Sinteză, Biblioteca digitală ASE București;
- [68] Robu Nicolae, Tehnici de modelare și metode de ordonanțare în fabricația integrată prin calculator, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1997;
- [69] Ruskin John - The King of theGolden River,1841;

- [70] Rușitoru Gh.; Optimizarea producției de serie prin metode de cercetare operațională; Editura Didactică și Pedagogică, București;
- [71] Schmitt, R., Krippner, D., Betzold, M.: Geringere Fehlerkosten –höhere Zuverlässigkeit. Qualität und Zuverlässigkeit. Qualität und Zuverlässigkeit. Aachen: Carl Hanser Verlag, München, Jahrgang 51,6/2006;
- [72] Specht, G., Schmelzer, H. J., Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung, Stuttgart, C. E. Poeschel, p. 16 – 21, 1991;
- [73] Stăncioiu I., Cercetări operaționale pentru optimizarea deciziilor economice, Editura Economică, București, 2004;
- [74] Șerban, S.; Modelare și simulare, Ed. Printech Rom, București, 2007;
- [75] Theden, P.; Colman, H.: Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) in: Qualitätstechniken – Werkzeuge zur Problemlösung und ständigen Verbesserung (Pocket Power). 3. Auflage, Verlag Hanser, P. 66-89, 2002;
- [76] Juțurea Moise, Manual de inginerie economică. Planificarea și organizarea facilităților, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2000.

Lucrări științifice consultate

- [77] Anderson, P. H., Beveridge, D.A., Scott, T.W., Threshold Entrepreneur. A New Business Simulation. Solo Version. Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2000;
- [78] Anu Maria; Introduction to modeling and simulation, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference ed. S. Andradóttir, K. J. Healy, D. H. Withers, and B. L. Nelson;
- [79] Balci O., Principles of simulation model validation, verification, and testing, Transactions of the Society for Computer Simulation International, Vol. 14, 1997, pp. 3-12.;
- [80] Banks, J., Carson, J., Nelson, B., Nicol, D., Discrete-event system simulation. 3rd ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2000;
- [81] Banks, Carson, Nelson & Nicol, Discrete-Event System Simulation;
- [82] Banks Jerry et al.; Discrete-Event System Simulation, Ed. Prentice-Hall, 2001;
- [83] Beddoe Gareth, Introduction to Legin, Automated Scheduling, School of Computer Science and IT, University of Nottingham;
- [84] Baptiste P., Le Pape C., Nuijten W.; Constraint Based Scheduling: Applying Constraint Programming to Scheduling Problems, Kluwer Academic Publishers, 2003;
- [85] Barbu Gh., Miroiu M.; Tehnici de simulare - în cadrul Proiectului POSDRU/56/1.2/S/32768 - Formarea cadrelor didactice universitare și a studenților în domeniul utilizării unor instrumente moderne de predare-învățare-evaluare pentru disciplinele matematice, în vederea creării de competențe performante și practice pentru piața muncii, 2012;
- [86] Berchet Claire; These du doctorat - Modélisation pour la simulation d'un système d'aide au pilotage industriel; Institut National Polytechnique de Grenoble, 2000;
- [87] Brînzei N., Drăghici G., Ferney M. , Zerhouni N.; Modelarea și conducerea sistemelor de fabricație cu ajutorul rețelelor Petri orientate obiect stocastice generalizate;
- [88] Boimond Jean-Louis; Cours Simulation. Systèmes de production. Réseaux de Petri. SIMAN-ARENA;
- [89] Castanga Pierre, Contribution à la modélisation, la simulation et la commande de systèmes de production et de transitive, Rapport HDR - Habilitation à

- Diriger des Recherches, Université de Nantes Ecole Doctorale, Sciences et Technologies de l'Information et des Matériaux;
- [90] Chaabane Amin; Système manufacturier: Technologies de groupe Aménagement cellulaire, Cours, Université du Québec, Ecole de technologie supérieure;
- [91] Cheikhrouhou Naoufel, Simulation des systèmes de production, Laboratoire de Gestion et Procédés de Production, MOSISP 2007;
- [92] Chee Ailing; Facility Layout Improvement Using Systematic Layout Planning (SLP) and Arena; Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, 2009;
- [93] Clark, A. R., (2003), Optimization Approximations for Capacity Constrained Material Requirements Planning, International Journal of Production Economics, Vol. 84, No 2, pp 115-131, ISSN: 0925-5273;
- [94] Clementz Christian; These de doctorant - Modélisation des systèmes de production de compétences: Apports à l'ingénierie pédagogique, Université de Metz, 2000;
- [95] Constantinescu N.D.; Contribuții privind managementul lanțului logistic în industria de tricotaje-confecții, teză de doctorat, Sibiu, 2011;
- [96] Cucu Ștefan, Eficiența economică a introducerii claustratoarelor de proces în conducerea automată a mașinilor-unelte, teză de doctorat, ASE București, 2004;
- [97] Dabu Cristina - Maria., Istoria utilizării modelării și simulării asistate de calculator în știință, vol XI, 2012;
- [98] Dabu Cristina - Maria, M. D. Nicu, Calculatoare în Biotehnici - Note de curs pentru uzul studenților, Universitatea „Politehnica” București, 1997;
- [99] Danzig G.B.; Origins of the simplex method, An history of scientific computing, S.G. Nash, 1990, pg.141-151;
- [100] DQ-Band 13-11: FMEA - Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH, 2. veränderte Auflage, 2001;
- [101] Dileepan, P. & Ahmadi, M.; Scheduling Rules for a Small Dynamic Job-Shop: a Simulation Approach, International Journal of Simulation Modelling, pg. 173-183, DOI:10.2507/IJSIMM09(4)1.165;
- [102] Drăghici G.; Concepția de noi produse, metode și mijloace; 2001;
- [103] Emo Abu-Taieh, AAR El Sheikh; Commercial simulation packages: a comparative study; International Journal of Simulation 8 (2), 66-76, 2007;
- [104] Essaid Mohand, These de doctorat - Modelisation et simulation de la connectivite des flux logistiques dans les reseaux manufacturiers, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2008;
- [105] Eskandari Hamidreza, Ehsan Mahmoodi, Hamed Fallah, Christopher D. Geiger, Performance Analysis of Commercial Simulation-Based Optimization Packages: Optiques and Witness Optimizer, Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, S. Jain, R.R. Creasey, J. Himmelspach, K.P. White, and M. Fu, eds.;
- [106] Feet Else Helene, Introduction to Simulation and Modelling, Forsvarets Forskningsinstitut;
- [107] Ferreira Paulo; Gestion de projets, HEC Montreal, 2003,
- [108] Finel Brigitte, These de doctorat - Structuration de lignes d'usinage: méthodes exactes et heuristiques, Université de Metz, 2004;
- [109] Fontanili Franck; These de doctorat - Intégration d'outils de simulation et d'optimisation pour le pilotage d'une ligne d'assemblage multiproduit à transfert asynchrone; Université PARIS 13, 2007;

- [110] Fowler John W., Rose Oliver, Grand Challenges in Modeling and Simulation of Complex Manufacturing Systems, SIMULATION, Vol. 80, Issue 9, September 2004, 469-476, The Society for Modeling and Simulation International;
- [111] Fu, M. 2002. Optimization for Simulation: Theory and Practice, INFORMS Journal on Computing 14(3): 192-215;
- [112] Gheorghiuță M., Modelare în economia mediului, Editura ASE, Bucuresti, 2003;
- [113] Gheorghiuță M.; Modelarea și simularea proceselor economice; Curs în format digital; ASE București;
- [114] Granger Louis; Simulation par evenements discret, Ecole Polytechnique Montreal;
- [115] Gogg, T.J., Mott, J.R., , Improve Quality & Productivity with Simulation. 3rd ed. JMI Consulting Group: Palos Verdes, CA, 1996;
- [116] Gu Lija, Modèles Déterministe, Stochastique et Multicritère pour l'Équilibrage de Lignes d'Assemblage, These de doctorat, l'Université Paul Verlaine, Metz, 2008;
- [117] Göbbert, M.: Untersuchung zur Wirksamkeit präventiver qualitätssichernder Maßnahmen in der Fahrzeugindustrie. Berlin(TU): Dissertation, P. 15-41, 2003;
- [118] Habchi Georges, Conceptualisation & Modelisation pour la Simulation des systemes de Production, l'habilitation a diriger des recherches, Université de Savoie, 2004;
- [119] Hachicha Wafik; Nouvelles approches pour la formation des cellules de production dans le cadre d'une démarche de conceptio, These de Doctorat, L'École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, République Tunisienne, 2009;
- [120] Hamadeh Ayman; Teză de doctorat - Bocal ou la boîte comme paradigme programmatique : Application a la simulation de systemes productifs; 1993, Université Joseph Fourier - Grenoble 1;
- [121] Harry; Schröder/ Six Sigma 7 P. 17;
- [122] Homoș T., Organizarea și conducerea întreprinderilor constructoare de mașini, Lito IP București, 1982;
- [123] Howe Chiat Cheng, David Yin Kai Chan; Simulation optimization of part input sequence in a flexible manufacturing system, Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2011 Winter, pg. 2369 – 2377, ISSN : 0891-7736, DOI: 10.1109/WSC.2011.6147947;
- [124] Ichoua Soumia, Ruiz-Bartolomé Angel, Opérations et logistique, - Aménagement des installations (chapitre 8), cours Université Laval, 2004;
- [125] Jullien B., Grimaud F.; Modelisation et simulation, Ecole des Mines de Saint-Etienne;
- [126] Kaban, A. K., Othman, Z., Rohmah, D. S., Comparison of Dispatching Rules in Job-Shop Scheduling Problem Using Simulation: a Case Study, International Journal of Simulation Modelling, vol.3, sept.2012, pg.129-140;
- [127] Krahl David - Imagine That Inc; THE EXTEND SIMULATION ENVIRONMENT, Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference E. Yücesan, C.-H. Chen, J. L. Snowdon, and J. M. Charnes, eds.;
- [128] Krahl David - Imagine That Inc; EXTEND: AN INTERACTIVE SIMULATION TOOL; Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference S. Chick, P. J. Sánchez, D. Ferrin, and D. J. Morrice, eds.;
- [129] Köhler, C.; Träger, G.; Czenkusch C.: Vom Risiko zum Restrisiko. QZ Jrg. 51, Carl Hanser Verlag, München: 10/2006;
- [130] Law A.M., Kelton W.D.; Simulation Modelling and Analysis; Editions McGraw-Hill, 2nd edition, 1991;

- [131] Law A.M., Kelton W.D.; Simulation Modeling and Analysis, 3rd edition, McGraw-Hill, New York, 2000;
- [132] Law, A.M. 2007. Simulation Modeling and Analysis. 4rd Edition. McGraw-Hill, New York;
- [133] Lecomte C.; These de doctorat: Un systeme a base de regles d'aide a l'ordonnancement d'un atelier travaillant a la comande, Ecole Centrale de Paris, 1993;
- [134] LinB/Qualitätsmanagement für Ingenieure / P. 468 ff;
- [135] Luban Florica, Simulări în afaceri , ASE București, biblioteca digitală;
- [135] Moore, J.H., Weatherford, L.R., Decision Modeling with Microsoft Excel, 6th ed., Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, 2001;
- [136] Mirdamadi Samieh, These de doctorat - Modélisation du processus de pilotage d'un atelier en temps réel a l'aide de la simulation en ligne couplée a l'exécution, L'université de Toulouse, 2009;
- [137] Neculai A., Modele de Optimizare versus Modele de Simulare și Econometrice, Institutul de Cercetări în Informatică, Centrul de Modelare și Optimizare Avansată, 2004;
- [138] Nica Vasile, Capitele Speciale ale Cercetării Operaționale, Academia de Studii Economice din București, Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică, 2001 <http://www.asecib.ase.ro/Nica/CO/Cuprins.htm>;
- [139] Oanță E., Teză de doctorat cu titlul „Metode și modele numerice aplicate în economie”, ASE București, Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică, 2007;
- [140] Olafson Siggi, Operations Research & Data Mining, 20th European Conference on Operational Research, Rhodes, Greece, july 5-8 2004;
- [141] Onete B., Colibaba D., Modelarea deciziei manageriale, Editura Economică, București, 1998;
- [142] Onete B. Sisteme informatice - Elemente fundamentale, ASE București;
- [143] Pegden, C., Shannon, R. and Sadowski, R., Introduction to simulation using SIMAN. Second Edition. McGraw-Hill, Singapore, 1996;
- [144] Pinedo I. Michael, Chao, Xiuli, LEKIN® — Flexible Job-Shop Scheduling System, Stern School of Business, 9th August 1999;
- [145] Pinedo I. Michael. Planning and Scheduling in Manufacturing and Services. 506 pages, Springer, Series in Operations Research, New York, USA, 2005;
- [146] Pinedo I. Michael, Chao, Xiuli, Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services, Irwin/McGraw-Hill, 1998;
- [147] Pinedo I. Michael. Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems, Prentice Hall, 1995;
- [148] Popescu Gh., Sisteme flexibile de fabricație, Editura Academică Brâncuși, Târgu Jiu, 2007;
- [149] Pritsker, A., Alan, B., Introduction to simulation and SLAM II, 4th ed. John Wiley, New York, 1995;
- [150] Proth J.M., A. Dolgui, Les systemes de production modernes, Lavoisier, Paris, 2006;
- [151] Quality Trough Design, The key to succesful product delivery, Jon Fox, McGraw-Hill Book Company, London,, 1993, ISBN 0-07-707781-4;
- [152] Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung. Beuth-Verlag, Berlin 1994;
- [153] Ruth, M., Hamon, B., Modelling Dynamics, Economic Systems. Springer-Verlag, New York, 1997;
- [154] Saifallah Benjafaar, Sunderesh S. Heragu and Shahrukh A. Irani, Next Generation Factory Layouts: Research Challenges and Recent Progress,

- December, 2000;
- [155] Stevenson J William, Production/Operations Management, Irwin/McGraw-Hill, 2001;
- [156] Stoica Spahiu Cosmin, Mihai Dorobanțu, Modelarea și simularea sistemelor de calcul;
- [157] Theden, P., Analyse der Rentabilität von Qualitätstechniken – Eine empirische Studie in produzierenden Unternehmen, Berlin: Technische Universität (Dissertation), 1997
- [158] Trandafir Romică, Modele și algoritmi de optimizare; Editura AGIR, Seria "Matematică", București, 2004;
- [159] Tucker W.V., Stuckey L., The roles of modeling and simulation at Boeing, Transactions of The SCSI, Vol. 15, No. 1, March 1998, pp. 3-9.
- [160] VDA Comp. – Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie – Sicherung der Qualität während der Produktrealisierung Methoden und Verfahren, System-FMEA, 2. Auflage, 2003;
- [161] VDA Comp. – Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie. System-FMEA. Band 4, 2006;
- [162] Westenkämper Company/ Null-fehler- Produktion in Prozessketten / P. 1, p. 5;
- [163]http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektrische_Feststellbremse&oldid=96845591.