

Curs 1

1. Noțiuni Introductive în Integrare de Sistem

1. Introducere în sisteme în inginerie electrică
2. Generare soluții și problematici generale
3. Conceptul -sistem la cheie-
4. Ciclul de dezvoltare al unui sistem

Disciplina *INTEGRARE DE SISTEM* adresată studenților din domeniul tehnic are rol de agregator a tuturor cunoștințelor acumulate în anii facultății, cunoștințe care până în acest moment au fost defalcate concret pe fiecare disciplină în parte. Un inginer are responsabilitatea de a fi capabil să ofere soluții complete ale oricărui sistem, pornind de la punctul de alimentare, parte de sisteme electronice și electromecanice, mentenanță și toate acestea desigur sub tutela costurilor cât mai mici. Această activitate se rezumă la cunoștințe de management al sistemelor, al etapelor care trebuie respectate pentru a oferi sisteme fiabile și sigure, respectiv la capacitatea de a înțelege tipologia de analiză atunci când este vorba despre implementarea unui nou sistem.

Această disciplină pune la îndemâna studentului uneltele de care are nevoie pentru a îndeplini toți pașii de care este nevoie atunci când se implementează sisteme respectiv, argumentează prin exemple doctrinele ingineriei sistemelor.

La momentul actual, firmele cele mai mari producătoare de echipamente electrice, electronice, software, real-time processing etc. utilizează cu mare atenție aceste cunoștințe, ajungând să își minimizeze cât mai mult costurile de producție, pe de o parte, dar pe de alta parte, pentru a obține produse fiabile și de înaltă performanță. Ca atare, un inginer care dobândește iar apoi stăpânește cunoștințe de această natură, nu doar că e mereu cu un pas în fața altor ingineri, dar privește mereu prin altă optică tot procesul de la o idee propusă la produs finit, bine realizat.

Tot ceea ce definește cunoștințele de *integrare de sistem* sunt metodologii bine puse la punct care se aplică general valabil în implementarea oricărui nou sistem de la etapa de dezbateri sau propunere până la cea finală când se livrează ca sistem funcțional mulat pe cerințele consumatorului.

1.1. Introducere în sisteme în inginerie electrică

Conceptul de *sistem* este utilizat foarte mult în limbajul de zi cu zi, atât în domeniul tehnic, cât și în domenii care sunt departe de orice tip de inginerie. Caracterizarea sau definirea cuvântului *sistem* este deosebit de dificilă, făcând apel la fiecare dată la contextul în care acesta este utilizat. Un sistem poate să fie format dintr-o piuliță și un șurub, sau un sistem poate să fie format din totalitatea centralelor de producere a energiei electrice dintr-o țară.

Pentru concentrarea mai mult a atenției înspre definirea sistemelor, cel puțin la nivelul ingineriei s-a dezvoltat un concept intitulat *ingineria sistemelor*. Conceptul definește o abordare interdisciplinară a ideii de *sistem* care permite concentrarea atenției *producătorului* asupra necesităților și cerințelor *clientului*. Este evident că discutăm aici despre relația producător-client din perspectivă tehnică mai mult, însă desigur decizii luate la nivel tehnic devin foarte influente la nivel financiar. Sistemul, ca un tot unitar, este văzut ca răspuns din partea dezvoltatorului de soluții la o problemă ridicată din partea clientului sau a consumatorului. Ca atare, din punct de vedere tehnic, un sistem poate fi caracterizat ca fiind rezolvare completă a unei probleme sau a unei cerințe. Dacă privim prin această prismă sistemul, putem să îl caracterizăm după următoarele elemente fundamentale:

-operațiile la care răspunde: se referă la răspunsul pe care sistemul nou dezvoltat poate să îl ofere, respectiv cât anume din cerințele clientului sau consumatorului pot să fie deservite de acest sistem;

-performanțele pe care le atinge: un sistem poate să răspundă cerințelor consumatorului, dar un element extrem de important îl reprezintă performanțele

acestui, caracterizate fiind de fiabilitatea sistemului, eficiența energetică, durata de viață, etc.;

-**răspunsul la teste**: atât în etapa de dezvoltare cât și în etapa de finalizare a implementării unui proiect-sistem, acesta este supus periodic testelor, la care el trebuie să răspundă într-o anumită plajă de erori;

-**manopera pe care o implică**: se referă la cantitatea de forță de muncă la care este necesară pentru dezvoltarea sistemului propus;

-**costurile și durata de producție**: caracterizează sumele de bani ;

-**educarea operatorilor și oferta de suport tehnic**: apelează la elaborarea unui plan de educare a utilizatorului în vederea operării corecte a noului sistem, respectiv un plan tarifar pentru suportul tehnic;

-**disponibilitatea dezvoltatorului**: se referă la posibilitatea și capacitatea unui dezvoltator de sisteme de a accepta ca responsabilități și ținte de viitor planurile mai sus enumerate.

Toate aceste etape reprezintă elemente cheie în ceea ce reprezintă cunoștințele despre integrarea unui sistem. În fond, integrarea de sistem este o agregare sarcinilor care revin distribuite unei echipe care conduce proiectul de la faza de concept la faza de implementare practică.

Conceptul de ingineria sistemelor consideră atât aspectele legate de partea financiară cât și cele legate de partea tehnică în drumul spre dezvoltarea unui sistem complet, funcțional, pus la dispoziția unui consumator sau utilizator. Cu alte cuvinte, ingineria de sistem respectiv cunoștințele privind integrarea de sistem formează răspunsul unui produs la cerințele consumatorului.

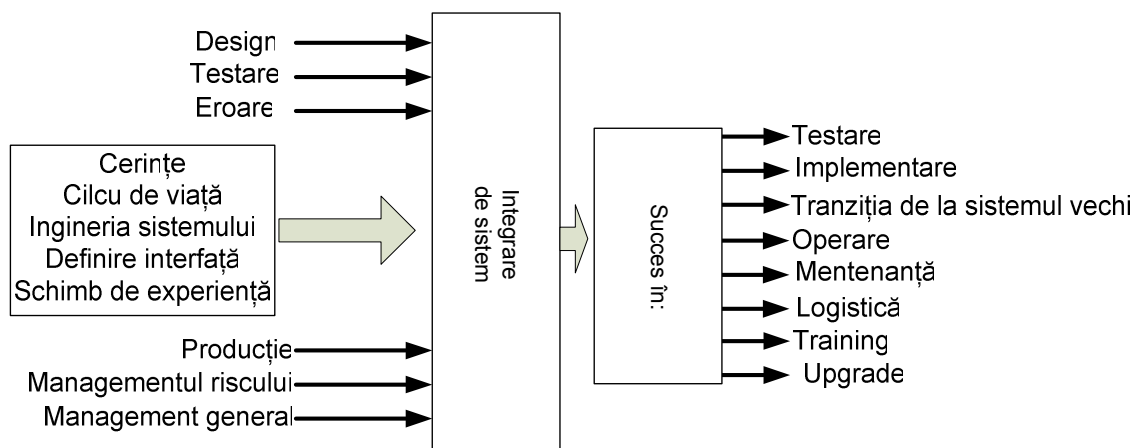


Fig.1.1 Intrările și ieșirile în conceptul integrării de sistem

Succesul procesului de integrare de sistem este rezultatul unei implementări corecte a activităților proiectului, care sunt descrise în partea stângă a figurii 1.1. Atunci când conceptul de ingineria sistemului este aplicată în vederea dezvoltării unui produs, principalul rezultat pozitiv este reușita în procesul care secondează ingineria sistemului, și anume, integrarea de sistem. Așadar, este limpede faptul că cele două concepte lucrează împreună și, pe de o parte își asigură reciproc succesul, dar pe de alta parte asigură reușita în atingerea scopului final al proiectului în care sunt implicate. În ingineria sistemului reperele de bază sunt reprezentate de definirea corectă a cerințelor sistemului, analiza funcționării lui în vederea determinării ciclului de viață, definirea interfeței dintre utilizator și viitorul sistem, acolo unde este necesar, apelul la schimburi de experiență (se aplică de obicei când anumite etape sau cerințe depășesc cunoștințele curente), etc. În paralel cu cele mai sus menționate este

important sa se aiba in vedere și materialele necesare producției, asumarea riscului eventualelor insuccese respectiv managementul general care trebuie implicat in realizarea proiectului; în urma testării și a stabilirii erorilor acceptabile se poate considera că toate componentele sistemului sunt pregătite procesului de integrare.

Testarea, în fapt, merge mână în mână cu procesul efectiv de integrare a sistemului pentru că prin teste repetate se poate stabili dacă subansamblele sistemului respectiv părțile componente ale acestora pot fi integrate într-un tot unitar. Testare și integrarea, fie secvențial fie în paralel reprezintă părți esențiale ale procesului de dezvoltare. Dacă se renunță la partea de testare în timpul dezvoltării, operarea sistemului rămâne o necunoscută până la finalizarea proiectului. Astfel șansa de funcționare la prima pornire a sistemului este foarte mică, pe de o parte, iar pe de alta parte, există posibilitatea ca întreaga dezvoltare să fi ocolit rezolvarea unor probleme care ar fi fost evidente dacă se proceda la testare pe traseu.

1.2. Generare de soluții și problematici generale

Ingineria sistemelor respectiv integrarea de sistem, reprezintă prin conlucrarea lor, răspunsul la cerința consumatorului pentru soluții de orice natura. Toate procesele care sunt înglobate în cele două concepte mai sus amintite, își regăsesc originea în faza de plan inițial. Deoarece integrarea de sistem este o consecință logică a ingineriei sistemelor și altor activități, planul de integrare este defapt rezultatul compunerii tuturor soluțiilor dezvoltate pe fiecare subplan, așa cum prezintă figura 1.2.

În cele amintite anterior s-a specificat importanța fazei de testare respectiv faptul că ea trebuie să fie implicată în fiecare etapă de dezvoltare premergătoare integrării, dar apoi și testare globală post integrării. Testarea modulelor sistemului în faza post-integratoare va scoate la iveală care din aceste module nu reușesc să opereze corect la nivel de sistem. Rezultatele testelor trebuie să se includă într-un anumit gradient de erori. Dacă acesta este depășit, modulele se consideră defecte sau defectuos funcționale, fiind trimise înapoi la faza pre-integratoare pentru verificare, soluționare a problemei respectiv refacere sau depanare, după caz. În acest fel, se va rezolva problema revenind la etapa de integrare a sistemului, testând din nou modulul sau modulele defecte operând la nivel de sistem. După reabilitarea modulelor defecte toate etapele de integrare și testare la nivel inferior respectivelor module, trebuie atent reluate, și doar după ce se confirmă că acestea funcționează corect respectând parametrii impuși, se va proceda la testare a altor module la nivel superior celor depanate. Acest tip de abordare se numește testare în proces regresiv și ajută la determinarea eventualelor noi erori apărute sau a erorilor care au trecut neobservate la primele verificări.

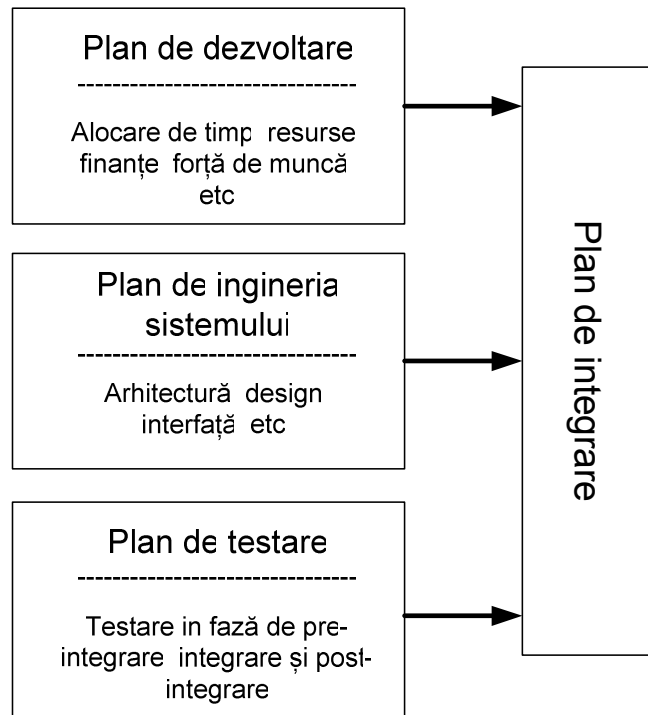


Fig.1.2 Planul de integrare

Integrarea este un proces iterativ și progresiv în care fiecare nivel este fixat și pleacă de la cel inferior integrării. Acest proces este descris în figura 1.3. Componentele sunt integrate în subansamble iar acestea sunt testate din punct de vedere funcțional. Dacă testele se finalizează cu rezultate pozitive, procesul este continuat prin integrarea subsistemelor, care la rândul lor sunt din nou testate. În figura 1.3 sunt prezentate doar trei nivele până se ajunge la procesul de integrare efectivă. În realitate, pot exista și alte nivele adiționale care sunt premergătoare procesului de integrare generală. Numărul acestor nivele, evident, depinde de complexitatea sistemului și de cerințele din punct de vedere funcționale ale acestuia.

Este absolut necesar ca în procesul de integrare să se stabilească foarte riguros tot ceea ce ține de partea de intrfațare a componentelor, ansamblelor și chiar a sistemelor care necesită conlucrare pentru îndeplinirea scopului lor. Interfațarea este defapt conceptul prin care, încă din etapa de dezvoltare, sistemele și toate subansamblele lor, sunt gândite pentru a putea opera împreună, pentru a permite interconectarea lor și funcționarea armonioasă. Aceste probleme sunt rezolvate prin adaptarea ieșirii oricărui sistem sau subansamblu la intrarea următorului. Pe de altă parte, acolo unde se utilizează transmisii de date este necesar să se respecte o serie de protocoale de comunicații și transfer. Toate acestea, la nivel mondial sunt agregate în ceea ce se numesc *standarde* și ele reprezintă referințele cheie după care se va realiza orice sistem pentru ca acesta să primească avizele de punere în funcțiune, pe de o parte, iar pe de alta parte, respectarea lor asigură posibilitatea de conlucrare cu alte sisteme sau echipamente.

1.3. Conceptul de –sistem la cheie–

Adesea în limbajul uzual folosim un termen care menționează că ne referim la ceva complet, ceva finalizat, ceva bun doar de folosit.

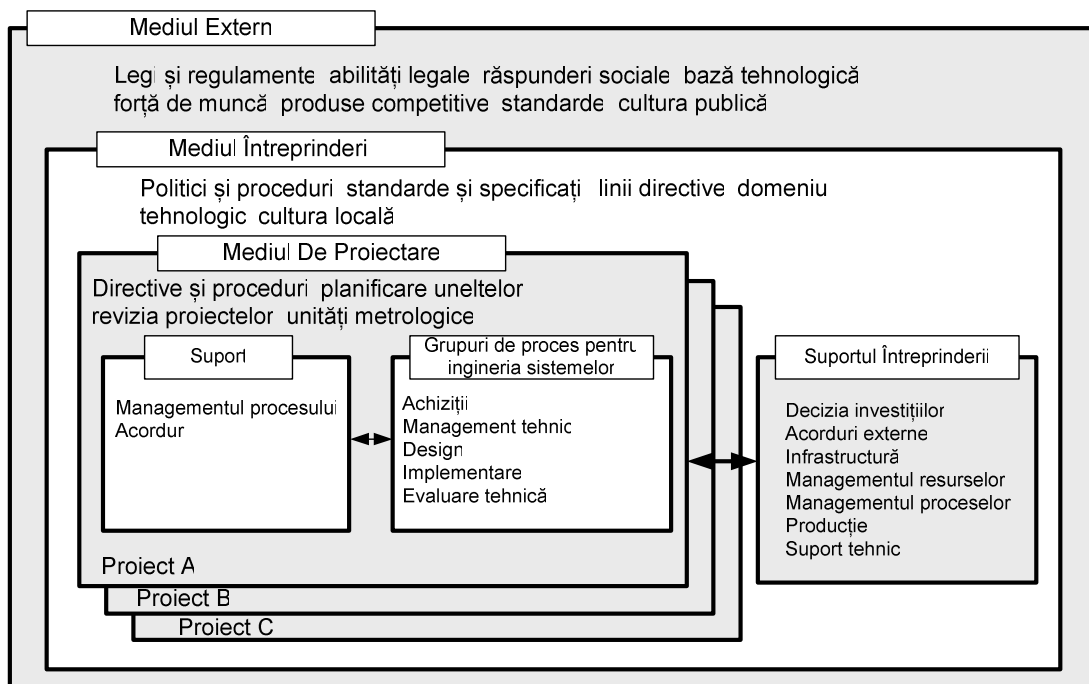


Fig.1.3 Etapele implementării sistemelor la cheie

Această expresie este „*la cheie*”, întâlnită cu precădere atunci când se face referire la bunuri imobiliare. În ingineria sistemelor, termenul are aceeași conotație, și anume faptul că sistemul este bine pus la punct, a trecut cu succes toate testele din faza de integrare și este suficient de flexibil încât să se muleze după cerințele unui consumator. Putem afirma că, un sistem la cheie, este un sistem care a trecut de faza de proiectare și integrare, ambele bine realizate.

Cele mai multe sisteme sunt compuse în zilele noastre din parte hardware și parte software. Acestea în general sunt inseparabile și conlucrează, fiind privite în general ca un singur modul al sistemului. Cu toate că ele fac parte din același sistem și conlucrează pentru un singur scop ordonarea pe nivele a acestora se face pornind de la partea hardware, care este fixata pe un nivel inferior, fiind prima etapă a implementării. După ce aceasta a fost suficient de bine pusă la punct, urmează dezvoltarea unui nivel software pentru punerea în funcțiune a celui hardware și facilitarea operării acestuia.

Pentru a atinge performanțele unui sistem “la cheie” trebuie să se respecte strict o serie de etape care duc la dezvoltarea lui, de la primul pas, anume ideea sau necesitatea unei soluții, până la momentul livrării lui la client, suport tehnic, training și mentenanță.

În figura 1.3 aceste etape sunt prezentate. Dacă analizăm această figură este limpede că pentru a atinge scopul final este necesar ca fluxul de informație să fie bidirecțional din toate punctele de vedere. Luarea oricărei decizii este analizată din punct de vedere al mediilor care înconjoară întreprinderea. Mediul extern ține de tot ce înseamnă baza legală, reglementările, răspunderile sociale, forța de muncă etc. care toate trebuie atent analizate atunci când se pune în aplicare o nouă direcție de dezvoltare. Este foarte important să se analizeze punerea implementarea unei noi idei, din punct de vedere a existenței brevetelor și a utilizării lor, din punct de vedere a concurenței cu alte produse existente, respectiv analiza atentă a respectării standardelor impuse pentru aplicația dată. Un alt aspect important îl reprezintă cecetarea viitorului răspuns al consumatorilor la un nou produs, având în vedere clasa

socială la care acesta se adresează. Dacă produsul nu este acceptat de acesta, succesul financiar al acestuia va fi drastic diminuat. Este vorba aici de a oferi produse și servicii care depășesc cele existente în segmentul de piață, sau a oferi cel puțin aceleași competențe dar la prețuri inferioare.

Mediul intern al întreprinderii, influențează prin politicile interne și direcțiile de interes. Întreprinderea trebuie să aibă un anumit trecut în domeniul în care încearcă o nouă dezvoltare, cu cel puțin o minimă experiență și cultură. Dacă propunerea de proiect este tangentă tuturor subiectelor mai sus enumerate, se poate considera la pornirea procesului de implementare.

Așadar, managementul proiectului nou este primul pas care trebuie avut în considerare la deschiderea acestuia. El se referă la distribuția obligațiilor, sarcinilor, diviziunea muncii, materialele necesare, cunoștințele și competențele necesare respectiv suportul financiar necesar pentru dezvoltarea lui. Este foarte important ca acolo unde exista lacune cunoscute în ceea ce privește anumite competențe, să se considere colaborări materializate prin acorduri cu factori externi, care oferă servicii și/sau cunoștințe ce depășesc arealul întreprinderii dezvoltatoare.

1.4. Ciclul de dezvoltare al unui sistem

Ciclul de dezvoltare a unui sistem în conceptul ingineriei sistemelor, reprezintă procesul de creare sau dezvoltare de modele și metodologii care pot să fie și sunt utilizate ca unelte în procesele de implementare de noi sisteme. În domeniul ingineriei electrice, ciclul de dezvoltare întreține o sumedenie de metodologii utilizate atât pentru conceperea cât și pentru implementarea unui sistem.

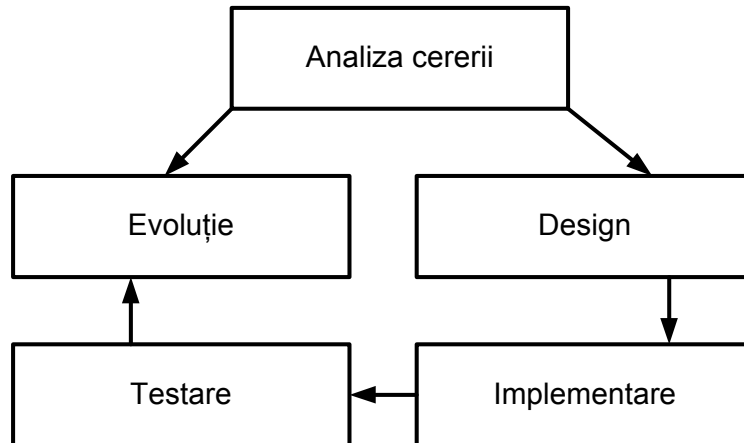


Fig.1.4 Ciclul de dezvoltare a unui sistem

Ciclul de dezvoltare al unui sistem este un proces utilizat de către analiști pentru a contura metodologiile de implementare în maniera în care, calitatea de nivel înalt să întâlnească sau chiar să depășească pretențiile consumatorilor, sistemul să atingă praful de finalizare în timpul și suma de bani alocate în planurile inițiale, funcționează eficient, mentenanța este ieftină iar costurile de training pentru pregătirea operatorilor să fie cât mai reduse posibil.

Având în vedere că niciun sistem nu funcționează de sine stătător, și sisteme existente trebuie să interacționeze și să conlucreze cu sistemele noi dezvoltate, dacă se respectă strict metodologiile de implementare, realizarea legăturii dintre ele, respectiv, conlucrarea lor va fi un succes. Practic, într-un fel sau altul se formează o serie de standarde care facilitează interconectarea sistemelor în condiții de exploatare sigure.

Cu alte cuvinte ciclul de dezvoltare al unui sistem, este materializat într-o secvență de faze care conturează etape pentru munca celor care se ocupă de designul și implementarea sistemului. Fazele sunt legate unele de altele în ideea în care rezultatul uneia va reprezenta valorile de intrare pentru imediat următoarea. Acest ciclu, adera la realizarea celor mai importante faze ale implementării, cum ar fi planificarea, analiza, designul și implementarea în sine ei. Ciclul include centralizarea informațiilor privind viitorul sistem, studii de fezabilitate respectiv aprobările legale, necesare implementării lui.

Stadiile de dezvoltare ale unui sistem sunt:

Analiza preliminară caracterizează primul pas și implică propunerea de soluții alternative, descrie calculul de costuri implicate și venituri, respectiv conturează o serie de recomandări care trebuie luate în vedere în timpul procesului de implementare. Cu alte cuvinte, caracterizează obiectivele care trebuie atinse, deci implicit natura scopului și metodologia de organizare în studiul și dezvoltarea soluției. Propunerea de soluții alternative reiese din obiectivele și specificul problemei care trebuie rezolvată. Există posibilitatea ca, analizând organizarea procesului, să existe deja în structura sistemului soluții la mici părți din procesul de implementare. Idei și propuneri de soluții la cele inexistente, se pot găsi conducând interviuri cu angajații, distribuitorii și/sau consultanții companiei. Adesea, soluții se pot găsi și în portofoliul concurenței, evident analizând atent eventualele monopoluri și/sau brevete de invenție ale soluțiilor.

Analiza sistemului respectiv descrierea concretă a cerințelor se referă la definirea corectă și coerentă a obiectivelor sub forma aplicațiilor și funcțiilor pe care noul sistem trebuie să le deservească. Totodată, trebuie realizată și o caracterizare a informațiilor care trebuie să ajungă la cel care va exploata sistemul, adică la consumator.

Designul sistemului ține cont de caracteristicile funcționale și operaționale, în detaliu, ale sistemului care trebuie implementat, incluzând aici imaginea per ansamblu, reglementări de business, diagrame de proces respectiv documentații tehnice.

Dezvoltarea sistemului face apel la procesele de implementare, care defapt, realizează agregarea fazelor de mai sus și duce la realizarea fizică, sub formă de module, a soluției pentru noul sistem.

Integrarea și testarea realizează concatenarea modulelor realizate în etapa de dezvoltare a sistemului. Cu alte cuvinte, modulele separat implementate ajung la această fază, și ele sunt cuplate pentru conlucrare sincronă. Testarea pe module iar apoi pe sisteme cuplate, are ca rezultat un set de erori care se analizează și acestea reprezintă o reacție pentru faza de depanare și re-testare.

Acceptarea, instalarea și punerea în funcțiune este etapa finală, în care noul produs sau sistem ajunge la consumator și devine parte productivă din afacerea acestuia.

Mentenanța se referă la toate etapele care se petrec în timpul exploatării sistemului: modificări, adăugări, schimbări de locație, reparații și verificări periodice, inspecții etc. De obicei, această etapă este cea mai lungă dintre toate. Adesea, mentenanța se realizează contractual, fiind oferită contra cost, pe o perioadă definită, contractată contra unei anumite sume de bani.

Nu toate proiectele au neapărat nevoie de toate aceste faze, respectiv nu e neapărat necesar ca să se respecte exact ordinea de mai sus. După natura proiectului și complexitatea lui, o parte din faze pot fi eliminate sau concatenate cu altele.

Făcând apel la figura 1.4, o parte din elementele ei au fost deja explicitate în paragrafele anterioare.

Privind global, analiza unui sistem, respectiv designul lui sunt orientate pe utilizarea uneltelor de tip hardware și software, prelucrare de date, utilizarea personalului în dotare pentru a atinge obiectivele de dezvoltare ale companiei. Aceste etape pot fi considerate ca și activități de meta-dezvoltare care ajută la fixarea nivelului companiei și îngrădesc concret probleme la care compania găsește soluții. Arhitectura companiei producătoare are un impact major asupra metodologiilor de dezvoltare, cum ar fi distribuția forței de muncă și obligațiile angajaților, toate conlucrând la creșterea nivelului companiei respectiv a cifrei ei de afaceri.

Un concept care este important în dezvoltarea sistemelor este analiza orientată pe obiecte a sistemelor. Acest concept permite ca să se realizeze o analiză a unei anume sarcini și să se dezvolte un model de implementare conceptuală care să rezolve sau să soluționeze acea sarcină. În acest fel, practic, implementarea se realizează divizată în foarte multe segmente, acordând atenție maximă fiecăruia. Astfel, fiabilitatea rezultatului final crește, însă, crește și timpul de implementare și implicit costurile ei.

1.5 Integrarea fizică și funcțională la nivelul lui SEM

Un SEM (sistem electromecanic) complex poate fi divizat în blocuri/module interconectate atât fizic cât și funcțional. Modularizarea SEM reprezintă un avantaj atât din punct de vedere al dezvoltării acestuia, cât și din punct de vedere al exploatării și mentenanței și este strânsă interdependența cu gradul de integrare la nivelul acestuia.

Astfel, la nivelul unui SEM putem discuta de două căi de integrare: fizică (a componentelor) și funcțională (a procesării informației), după cum se poate observa în Figura 1.5.

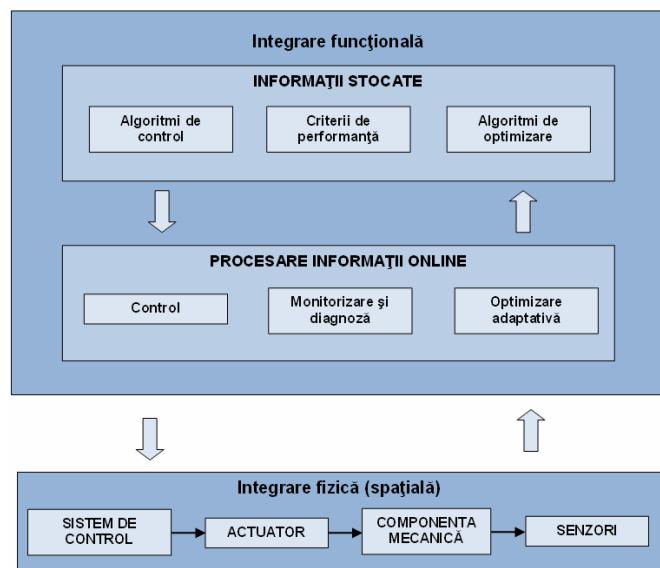


Fig. 1.5. Integrare fizică și funcțională la nivelul unui SEM.

Integrarea fizică sau spațială rezultă din abordarea SEM ca un sistem complex în care componentele electronice, electrice, mecanice corespunzătoare unui același modul împart același spațiu. Un astfel de exemplu este sistemul de direcție asistat electric al unui vehicul (Figura 1.6). Se poate observa cum senzorul de deplasare

unghiulară este integrat în structura volanului, iar cel de cuplu la nivelul coloanei de direcție. Motorul electric de acționare și unitatea sa de control sunt integrate, pentru acest model de sistem de direcție asistat electric, la nivelul cremalierii.

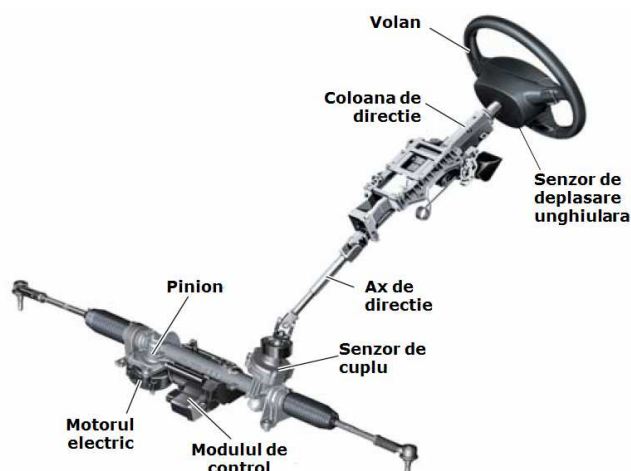


Fig. 1.6. Exemplificarea integrării fizice la nivelul unui sistem de direcție asistat electric.

Integrarea funcțională presupune ca, pe lângă funcțiile de control de bază ale conversiei de energie, componentele software să includă și funcții de monitorizare și diagnoză, achiziții, transfer și procesare date în timp real, optimizare adaptativă a procesului/funcției pe care le îndeplinește SEM, etc. În SEM complexe putem discuta de diferite nivele de integrare funcțională, aflate de cele mai multe ori într-o relație ierarhică unele față de altele. Astfel se pot defini 5 nivele de integrare funcțională, corespunzător figurii 1.7.

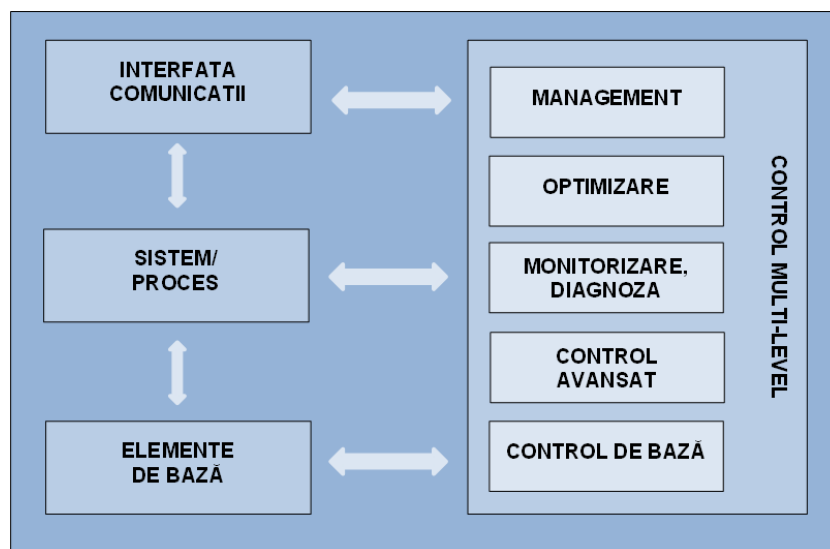


Fig. 1.7. Integrare funcțională la nivelul unui SEM

Sistemul de direcție asistat electric prezentat mai sus are în structura sa o unitate de control a motorului de acționare. Aceasta stabilește nivelul cuplului necesar a fi dezvoltat de motor pe baza semnalelor primite de la senzorii de poziție unghiulară, respectiv de cuplu, coroborate cu informații asupra vitezei vehiculului. În structura sistemului există de asemenea senzori (de curent, tensiune, vibrații, etc) care

monitorizază starea de funcționare a acestuia, furnizând informații modulului de monitorizare și diagnoză. Acesta transmite mai departe informația la nivelul modulelor de optimizare și management care, intervin, prin semnale de avertizare, izolarea componentei defecte sau asigurarea unei funcționări în stare de urgență, până la oprirea vehiculului și rezolvarea problemei.

Creșterea gradului de integrare fizică și funcțională a permis extinderea aplicațiilor SEM în domenii precum aeronautică, automobile, medicină, transport, mecanică fină, industria prelucrătoare, industria lemnului, industria ușoară, etc prin extinderea spectrului de funcții pe care acesta le poate îndeplini. Astfel, putem aminti aici SEM care:

- asigură controlul independent al mișcării în sisteme multi-axe (mașini-unelte, roboți industriali);
- asigură liniaritatea comportării sistemelor din care fac parte (vehicule, sisteme hidraulice, etc);
- permit îmbunătățirea eficienței, confortului și siguranței în funcționare (aplicații auto precum sisteme de direcție asistată, frâne electromecanice, ABS, EPS, etc);
- sporesc precizia sistemului din care fac parte (echipamente de mecanica fină, de prelucrare industrială, etc);
- permit controlul adaptativ pentru o gamă largă de operații (în sisteme hidraulice, motoare termice, vehicule, aplicații aeronautice, etc)
- îndeplinesc funcții monitorizare și diagnoză;
- asigură toleranță la defect, etc.

Specific SEM moderne este și modul de abordare al integrării fizice și funcționale în toate etapele ciclului de viață ale unui SEM (Figura 1.8).

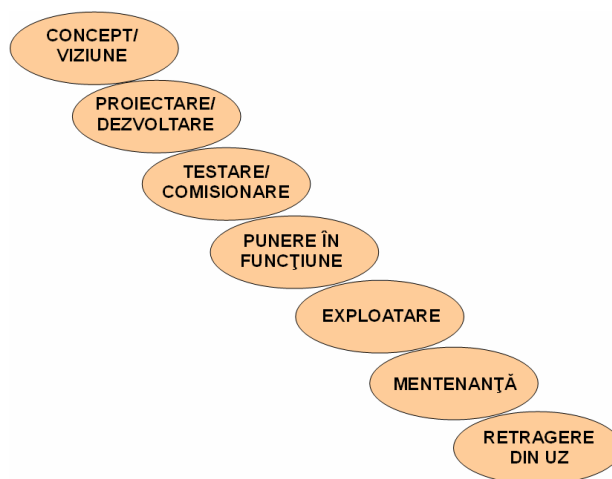


Fig. 1.8. Ciclul de viață al unui SEM.

Prima fază a ciclului de viață a unui SEM corespunde procesului inițial de pre-dezvoltare, de generare a ideilor și de apariție a SEM. După definirea cerințelor asupra performanțelor și diferitelor constrângeri (mecanice, electrice, de gabarit, de cost, etc) se poate trece la faza a doua, de proiectare/dezvoltare.

Proiectarea/dezvoltarea unui SEM complex reprezintă un demers sistematic și necesită utilizarea metodelor și tehnicilor moderne, în special a celor de tip CAD (computer-aided design), CAM (computer-aided manufacturing), respectiv CAE (computer-aided engineering). Mai mult decât atât, sistemul nu mai poate fi considerat o sumă de componente independente din punct de vedere fizic și

funcțional. Integrarea fizică și funcțională necesită o nouă abordare pentru gestionarea complexității sistemului.

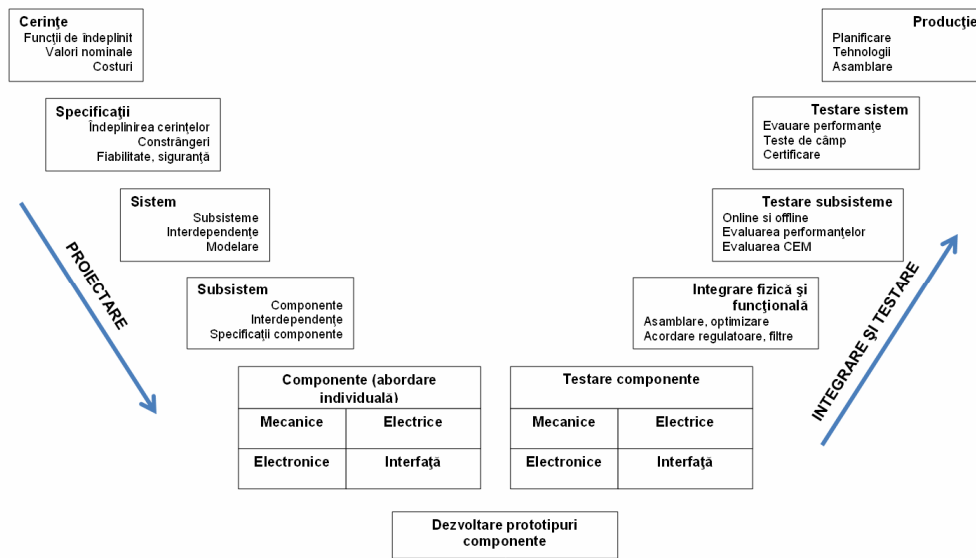


Fig. 1.9. Ciclul V în proiectarea și dezvoltarea unui SEM complex.

Această nouă abordare poate fi ușor explicată utilizând reprezentarea fazei de proiectare/dezvoltare printr-un ciclu V, conform figurii 1.9.

Astfel, pornind de la cerințele formulate de client se stabilesc specificațiile pentru SEM-ul a fi dezvoltat. Aceste specificații pot cuprinde:

- mărimi care să definească natura și tipul surselor de alimentare (hidraulice, pneumatice, electrice de c.c. sau c.a., valoarea tensiunii de alimentare nominale, etc);
- mărimi care definesc performanțele, consumul de energie, nivele de siguranță;
- respectarea standardelor;
- constrângeri de natură tehnologică, din punct de vedere al materialelor, etc.

Pe baza acestora se dezvoltă structura sistemului, se stabilesc subsistemele și interdependențele fizice și funcționale ale acestora. Analiza coboară apoi la nivelul fiecărui subsistem în parte, identificând componentele necesare, definind specificațiile individuale și gradul de integrare fizică și funcțională al fiecăruia. Pe baza acestor date se poate trece la analiza, proiectarea, dezvoltarea prototipului pentru fiecare componentă în parte.

Un element important în dezvoltarea SEM, a subsistemelor, respectiv a componentelor acestora, este proiectarea asistată. Proiectarea asistată, susținută de utilizarea metodelor și tehnicilor de modelare și simulare permite reducerea timpului de dezvoltare per ansamblu. De cele mai multe ori, înainte de realizarea prototipului se apelează la așa numitele tehnici de testare offline și/sau online pentru a verifica performanțele componente/subsistemului și modul în care acesta influențează funcționarea subsistemului/sistemului. Avantajul utilizării acestora constă în principal în faptul că permit o evaluare a performanțelor, respectiv a efectului integrării componente/subsistemului la nivelul imediat superior fără a avea neapărat prototipul realizat. De cele mai multe ori acest proces este unul iterativ, care implică utilizarea și interconectarea mai multor pachete de programe care permit modelarea 1D/2D/3D, respectiv implementarea unor algoritmi de optimizare. Datorită complexității procesului de proiectare a SEM, acesta va fi tratat mai pe larg într-un capitol de sine-stătător în cadrul lucrării de față.

După verificarea îndeplinirii tuturor cerințelor la nivel de componente și realizarea prototipurilor acestora se poate trece la etapa de integrare fizică, respectiv funcțională a componentelor în subsisteme, respectiv a subsistemelor în sistemul final. Pe măsura integrării se va apela din nou la tehnicile de testare, online, de astă dată, pentru verificarea și acordarea componentelor/subsistemelor, în vederea atingerii performanțelor cerute la nivel de sistem.

După realizarea efectivă a sistemului se poate trece la testarea acestuia, atât din punct de vedere al performanțelor, cât și din punct de vedere al respectării normelor și standardelor în vigoare. Tipurile de teste general aplicabile la SEM, câteva pachete de teste specifice, precum și noțiuni de mentenanță vor fi prezentate într-un capitol dedicat testării, monitorizării și diagnozei în SEM.

2. Soluții moderne de proiectare și dezvoltare pentru sisteme integrate

2.1. Premisele unui proiect de VHE

2.1.1 Arhitectura tipică a unui VE

2.1.2 Design-ul unui VE modern

Atunci când se discută despre implementarea unui sistem nou, a unui concept sau a unei idei inovative, de la faza de idee până la faza de produs scos pe piață, trebuie să se îndeplinească un set de pași, bine definiți care să asigure o cotă cât mai mare a succesului cu privire la cifrele de vânzări ale produsului. Ideile inovative sau noile concepte apar ca și răspuns al companiilor producătoare de bunuri la cererea consumatorilor. Relația dintre consumator și producător este materializată prin intermediul unor sondaje pe segmente de consumatori, pe de o parte, sau reies din reglementari naționale sau internaționale, propuse de organizațiile în vigoare. Acestea au ca scop îmbunătățirea factorului de impact al consumatorului asupra mediului ambiant, sau doresc să ducă la creșterea factorului de confort al consumatorului la utilizarea produselor existente pe piață.

Producătorul de bunuri va răspunde fie la sondaje fie la reglementări prin intermediul unui amplu proces de dezvoltare de noi produse, cosmetizate după cerințele anterior stabilite. Preliminar, se va răspunde la noile cerințe cu o tabelă de soluții din care se va alege aceea sau acelea care se conturează cel mai bine în jurul amendamentelor impuse.

Ideile propuse, devin subiectul de cercetare al unui plan sau proiect, al cărui etape le vom discuta în cele ce urmează. O dată trecut prin toate fazele proiectului, se ajunge la o soluție finală, considerată *prototip*, acesta având la bază atât o serie de impuneri inițiale care urmează apoi o etapă de testare și validare în conformitate cu toate normele în vigoare.

În faza următoare urmează să se realizeze partea de marketing respectiv lansarea pe piața comercială a produsului, analizând din nou reacția consumatorilor după testarea noului produs.

Asemenea celor menționate mai sus, este extrem de important ca producătorul de bunuri consumabile să cunoască foarte bine ce și care sunt pretențiile clientului. Știind ce vrea acesta este factorul-cheie pentru succesul în orice tip de afacere. Cel mai simplu mod de a găsi această informație este de a realiza un studiu. Primul pas în orice sondaj este de a decide ce se dorește a se afla prin această acțiune. Obiectivele proiectului determina cine va fi sondat și ceea ce li se va cere prin sondaj. Dacă obiectivele sunt neclare, rezultatele vor fi, foarte probabil, neclare și ele. Unele obiective tipice ale unui sondaj includ:

- Potentialul de piață pentru un produs sau serviciu nou

- Poziția pe piață a produselor sau servicii curente existente

- Nivelul de satisfacție al consumatorilor

- Opinia asociaților cu privire la noile produse ce urmează a fi lansate

- Factorul de impact asupra imaginii companiei producătoare

Metodologiile de aplicare a acestor sondaje sunt variate. Există sondaje realizate telefonic sau prin intermediul unor agenții autorizate cu personal cu pregătire în acest domeniu. Aceste sondaje sunt utilizate preponderent atunci când este vorba de implementarea unor noi servicii. Pentru produse noi se aplică frecvent strategii de observare a evoluției tehnologice și de încercare de depășire a condițiilor existente, cu scop în satisfacerea noilor cerințe sau impuneri.

În cele ce urmează se va face apel la strategia de integrare în cadrul automobilelor clasice, a noilor concepte de exploatare a cunoștințelor de mașini electrice, electronică, control și cunoștințele de electrochimie pentru a electrifica actualele vehicule în vederea obținerii unor structuri cu randament ridicat și fiabilitate mărită.

2.1. Premisele unui proiect de VHE

În cadrul capitolelor ce urmează se va detalia dezvoltarea unui proiect integral de la pasul de concept la cel de lansare bazat direct pe un exemplu foarte la modă în zilele noastre. Acesta se referă la dezvoltarea unui vehicul hibrid electric, denumit în continuare VHE. Se va discuta în cele ce urmează despre stadiul actual al cercetării în domeniu, care evident subliniază porțiunile unde se poate interveni și implementa procesul de hibridizare a vehiculelor cu motoare de combustie.

Privind la nivel istoric, datele arată faptul că din 1960, numărul de tipuri de vehicule a crescut de la 4 la 15. Vehicule electrice (VE) au fost disponibile pe piață din ultimii 110 ani. În timpul primului stadiu al dezvoltării vehiculelor au existat doar doi concurenți, cu motoare cu combustie internă (MCI) și VE. VE au fost clasate înaintea MCI până în 1930; după această dată panorama s-a schimbat datorită creșterii calității carburantului și producția în masă a modelului Ford T, de înaltă performanță și preț de achiziție și întreținere redus. Cele mai sus menționate, la care se adaugă slaba infrastructură a rețelelor de alimentare și încărcare a bateriilor vehiculelor electrice au dus la dispariția interesului față de VE [1].

Interesul față de vehiculele electrice a reapărut în anii 70, o dată cu dezvoltarea serioasă a componentelor semiconductoare, a noilor unități de stocare a energiei electrice, a materialelor, a tehnicilor de analiză prin modelare și simulare avansate, implementarea în sisteme de analiză în timp real a strategiilor de control respectiv maturizarea electronicii de putere. Fiind cea de a doua serioasă tentativă de dezvoltare a VE, s-a realizat o integrare interdisciplinară implicând științe ca fizica, matematica, mecanica, tehnologia informației, s-a apelat la specialiști în electronică și electricitate, iar toate îmbinate au dat naștere la primele modele de EV cu randament și fiabilitate ridicată [2].

Azi, termenul de VE include vehicule hibride cu sisteme de reîncărcare, vehicule electrice speciale și vehicule electrice de mare putere [3]. Un mare pas înainte pentru producția în masă a VE a fost introducerea pe piață a conceputului de vehicule electrice hibride (VEH). Producția de VEH a fost lansată în 1997 de Toyota, cu modelul Hybrid-Prius, o configurație paralel integrată cu o unitate Toyota Hybrid System (THS). Modelul THS-C a fost implementat mai târziu pe modelul Estima Hybrid, care este un THS combinat cu o transmisie continuu variabilă. În 2004, a fost dezvoltat modelul THS II care a fost instalat pe noul Prius, care avea acum tensiunea de alimentare a motorului de tracțiune consistent ridicată. Acest nou sistem de tracțiune electrică includea un convertor curent continuu/curent continuu (CC/CC) care ridică tensiunea de la nivelul bateriei (276-288V) la 500V sau chiar mai mult, asta pentru a folosi o unitate de stocare a energiei electrice cât mai mică și pentru a comanda motoare electrice de putere mai mare, comparativ cu versiunile anterioare. Numele sistemului a fost schimbat în Hybrid Synergy Drive (HSD), renunțând la numele Toyota, pentru ca acest sistem să poată fi instalat pe orice marcă de automobil. Trebuie totodată subliniat faptul că, Toyota nu este singura firmă care produce vehicule hibride. Acestea mai sunt produse de Ford, GM, Honda, Nissan, etc.

Azi, aproximativ 12 miliarde de \$ au fost alocate în SUA departamentului de cercetări în domeniul energiei (Department of Energy, DOE). Astfel s-a deschis o a treia etapă a cercetărilor în domeniul VE. Se cunoaște că tot ce ține acum de costuri ridicate, performanțe sisteme de siguranță etc. care sunt încă nedezvoltate suficient, vor fi maturizate în viitorul foarte apropiat, fiind aplicate multe programe de cercetare în acest domeniu, nu doar în SUA ci și pe restul continentelor, în marile centre universitare. Aceste programe au ca scop dezvoltarea bateriilor, a componentelor, a

sistemelor mecanice respectiv vor impune modificările necesare a celor existente pentru a pune pe șosele milioane de vehicule electrice până în 2015.

În momentul de față dezvoltarea EV, fără echivoc, joacă un rol foarte important pentru societate, și este previzibilă creșterea acestui rol în domeniile economice și industriale, motivate în speță de factorul de mediu care este defapt factorul fundamental. Trebuie menționat și faptul că, există segmente de cercetători care resping ideea unei noi generații de autovehicule care să devină complet electrice, renunțând la propulsia pe motoare de combustie. Motivele acestui segment sunt fie greșit înțelese fie se bazează pe lipsa de experiență, viziune și expertiză.

2.1.1 Arhitectura tipică a unui VE

Acum, VE sau VE hibride (VEH), sunt compuse din partea de tracțiune la care se atașează cel puțin o unitate de stocare a energiei, un sistem de control electronic respectiv o unitate care livrează putere de vârf pentru termen scurt. Prin managementul corect al puterii într-un vehicul se atinge o creștere a eficienței globale, se reduce consumul de carburant și implicit emisiile de noxe [4]. În speță, avantajele structurilor electrice sau hibride sunt marcate de eficiență energetică ridicată, frânare recuperativă, și deci costuri de întreținere reduse, comparativ cu variantele cu motor de combustie. Trebuie menționat faptul că randamentul motorului cu combustie este foarte mic comparativ cu cel electric. De aici apare diferența serioasă între cele două variante. Mai mult, există deja structuri de VE care sunt capabile să producă energie electrică și să o stocheze în baterii fără a necesita sisteme de alimentare externe vehiculului [5].

În momentul de față există deja foarte multe de VE sau VEH implementate în tot felul de structuri, cum ar fi: vehicul conectat la rețeaua publică, vehicul conectat la sarcină locală, vehicul conectat la rețea tip rețea inteligentă, etc. Rostul principal al acestor tipuri de configurații este de a optimiza la maxim fluxul de energie înspre și dinspre vehicul pentru a servi cât mai multe aplicații. În contrast cu VEH, sistemul de tracțiune al VE este mult mai simplu unitatea de stocare sau alimentare putând fi compusă doar din baterii, pile de combustie sau celule solare. Aceste unități pot să fie interconectate între ele, sau pot să fie asistate și de supercondensatori. Cele mai des întâlnite structuri de VE și VEH sunt prezentate în figura 1.

Azi, în toate VE sunt două surse generale de alimentare, baterii sau/și pile de combustie, care au următoarele caracteristici:

- livrează curent electric doar când se cere de către sarcină;
- ating randament energetic ridicat, 40-60% dependent de sarcină;
- nu produc deloc sau foarte puțină poluare fonică
- bateriile de Li-ion și pilele de combustie tip PEM reprezintă cei mai buni candidați pentru aplicații auto datorită densității mari de putere, volumului mic și temperaturilor scăzute.

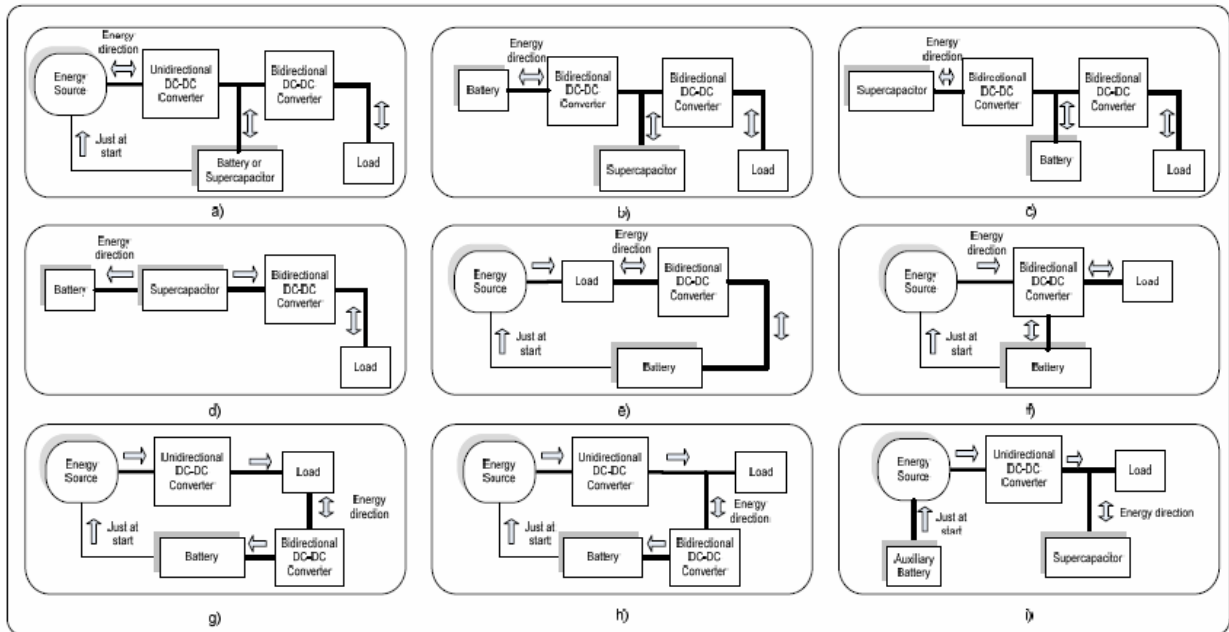


Figura 1. Structuri de interconexiune a elementelor VE și VEH

În opoziție cu VE alimentate din baterii, cele care operează pe pile de combustie au multe elemente de intoleranță în ceea ce privește incapacitatea de acceptare a fânării regenerative, intoleranța la ripluri mari de curent, răspuns lent la sarcină etc. Toate acestea demonstrează că utilizarea pililor de combustie ca sursă singulară de energie în VE nu este o soluție viabilă. Pentru această problemă, soluția este de a conecta pe lângă pila de combustie și un set de supercondensatori. Conlucrarea celor două unități energetice este valabilă și oferă următoarele facilități:

- permite utilizarea unui singur convertor electronic
- supercondensatorii se pot utiliza ca element tampon pentru vârful de putere pe perioada de accelerare a VE.
- supercondensatorii pot accepta curent foarte mare de încărcare în cazul frânării regenerative.
- există o delimitare clară între puterea de vârf și cea medie a VE, convertorul electronic tratând doar puterea medie. Astfel este limpede că partea de putere a acestuia va fi mult mai puțin voluminoasă.
- permite implementarea unui control inteligent pentru tratarea corectă a managementului puterii pentru optimizarea eficienței energetice globale.

În literatura de specialitate există foarte multe variante de convertoare electronice de putere propuse VE sau VEH. Dintre acestea cele mai des utilizate sunt cele care coboară tensiunea (buck), coboară/ridică (buck/boost), ridică (boost), semipunte H, punte H completă, punte completă cu comutație la trecere prin 0 a tensiunii și/sau a curentului, etc [6]. Principalele diferențe dintre aceste structuri sunt reprezentate de rata de conversie, riplurile de curent, direcția uni/bi direcțională de curgere a puterii, randamentul și izolația lor [7].

Din punct de vedere constructiv, VE mai au un avantaj major față de cele cu combustie internă. Aici, dacă motorul cu combustie internă este înlocuit cu unul electric, sistemul mecanic care realizează distribuția puterii spre roțile de tracțiune, numit diferențial, poate să fie folosit sau nu. În figura 2a acesta este folosit. Dezavantajul este că el introduce pierderi mecanice consistente, ceea ce reduce performanțele globale ale VE. Dacă, diferențialul este suprimat, el practic poate fi

înlocuit cu două motoare electrice, conectate direct la roată, eliminând astfel toate pierderi mecanice, pe de o parte, iar pe de altă parte, puterea acestor motoare va fi jumătate din puterea primului motor care trebuia să servească ambele roți. Se observă astfel, în figura 2b că sistemul diferențial a fost suprimat, iar distribuția diferențiată a puterii celor două motoare electrice se face acum cu un sistem electronic, inteligent și realizat în așa manieră încât să distribuie corect producția de cuplu pe cele două roți ale VE.

2.1.2 Design-ul unui VE modern

Primele variante de vehicule electrice au fost obținute prin înlocuirea motorului cu combustie internă cu motorul electric, iar în locul rezervorului de carburant s-a montat bateria electrică. În acest tip de conversie, restul componentelor rămâneau active, iar astfel randamentul întregului sistem era relativ scăzut. Din punct de vedere mecanic, operațiile pe care orice vehicul trebuie să le respecte, țin de viteza de demaraj, de cea de oprire, de cea de croazieră respectiv de unghiul de viraj.

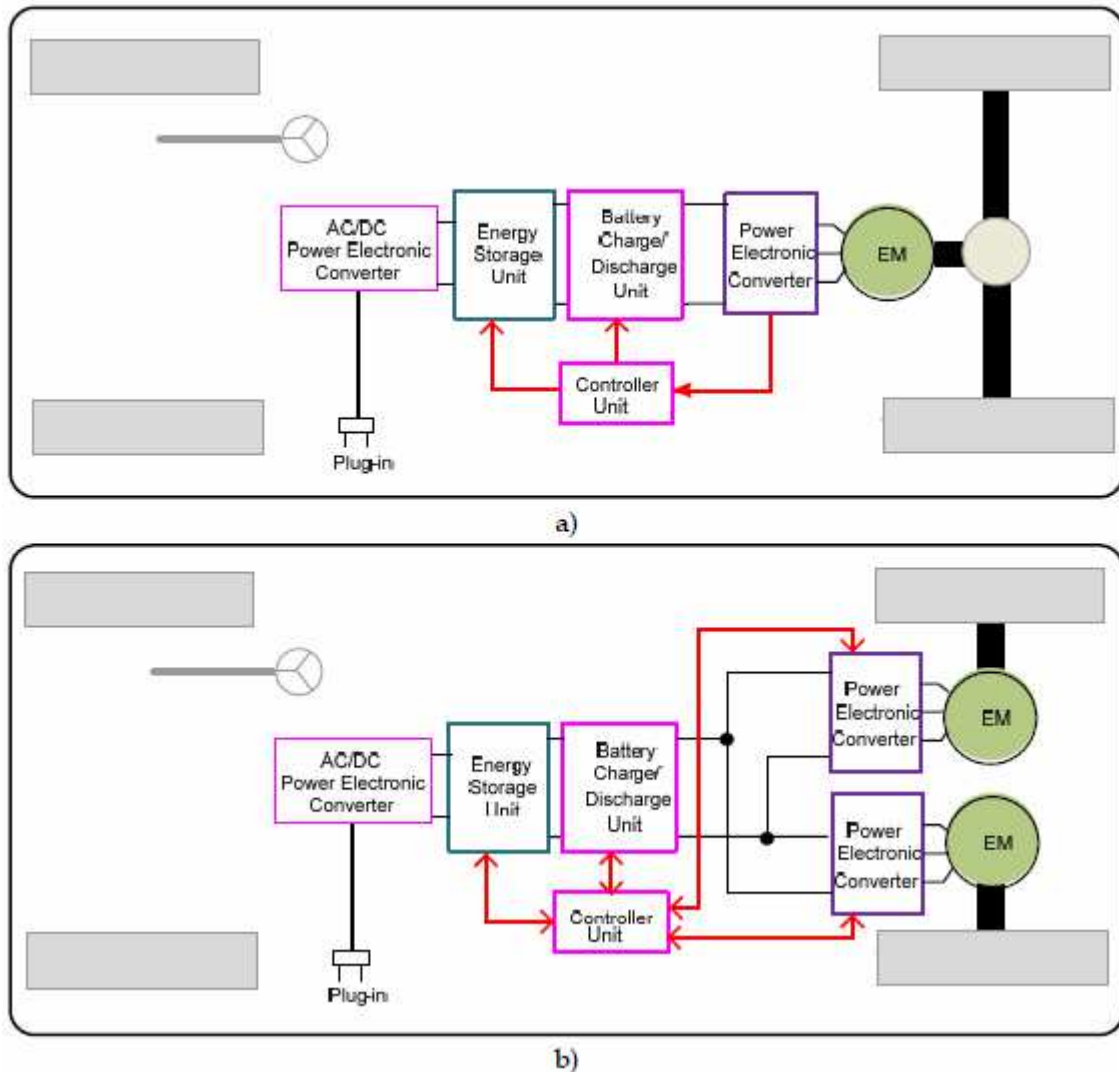


Figura 2. Structuri de VE, cu diferențial mecanic (a) și cu diferențial electric (b)

Acestea reprezintă caracteristici statice ale vehiculului. Caracteristicile dinamice ale acestuia se referă la rezistența aerodinamică, rezistența la rulaj respectiv forța de tracțiune pe care o dezvoltă.

Azi, VE moderne implică cunoștințe din toate domeniile, anume chimie, mecanica, fizică, electronică, automatizări respectiv foarte mult marketing. Cu alte cuvinte, un VE a evoluat de la un simplu sistem mecatronic, care îl caracteriza acum mulți ani, la un sistem foarte complex care implică marea majoritate a cunoștințelor din domeniul științelor aplicate.

De-alungul timpului s-a făcut foarte multă cercetare pentru dezvoltarea unui procedeu, sau al unui mers de proiectare și design pentru VE. Există în literatura mii de materiale pe acest subiect, discutând aici despre cărți și despre articole publicate în volume de conferință.

Totuși, caracteristicile fundamentale urmărite mereu au vizat cu precădere:

- greutatea cât mai mică;
- eficiență cât mai mare;
- capacitate de dezvoltare de cuplu;
- performanțe de accelerare ridicate (viteză de accelerare și distanța necesară);
- viteză maximă de croazieră.

Primul pas în proiectarea unui VE este determinarea relației dintre cuplul mecanic și puterea sistemului electric și electronic al vehiculului. Există multe metode distincte pentru determinarea puterii maxime pe care trebuie să o dezvolte etajul electric din vehicul. Toate acestea determină puterea mecanică pe care motorul electric controlat de electronica de putere trebuie să o dezvolte.

Al doilea pas este reprezentat de determinarea puterii electrice maxime pe care vehiculul trebuie să o poată dezvolta prin intermediul motoarelor sale de propulsie. Aici se va considera și decide, ce tip de motor se va utiliza respectiv care sunt pierderile lui electrice. Motorul de obicei se alege funcție de viteza nominală, puterea mecanică maximă, pierderi și strategia de control a lui.

Al treilea pas, foarte important, este stabilirea nivelului de tensiune continuă din vehicul pentru partea de putere. Aici există actualmente foarte multe configurații cu multe nivele de tensiune respectiv unități de stocare a energiei. Principala motivație care definește elementele acestui pas de proiectare este conturată în jurul punctului de vânzare al produsului final. Astfel automat se definește prețul produsului finit, respectiv performanțele acestuia.

Bibliografie:

- [1] Chan C.C., & Chau K.T. (2001). *Modern Electric Vehicle Technology*, Oxford Science Publications, ISBN 0198504160, Oxford UK
- [2] Chan C.C., & Chau K.T. (2001). *Modern Electric Vehicle Technology*, Oxford Science Publications, ISBN 0198504160, Oxford UK
- [3] Department of Energy, United States of America (2011). One Million Vehicles by 2015, February 2011 Status report. 07.06.2011, Available from www.energy.gov/media/1_Million_Electric_Vehicle_Report_Final.pdf
- [4] Kessels J.T.B.A., Koot M.W.T., Van den Bosch P.P.J., & Kok D.B. (2008). Online energy management for hybrid electric vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 57, No. 6, pp.3428-3440, Nov. 2008.
- [5] Emadi A., & Ehsani M. (2001). Chapter 21 More electric vehicles, *Handbook of Power Electronics*, CRC Press, Nov. 2001.
- [6] Profumo F., & Tenconi A. (2004). Fuel cells for electric power generation: Peculiarities and Dedicated solutions for power electronic conditioning systems. *IEE Proceedings of European Power Electronics- Power Electronics and Motion Control, Riga, Latvia, 2004*.
- [7] Blaabjerg F., Chen Z., & Kjaer S. B. (2004). Power electronics as efficient interface in Dispersed Power Generation Systems, *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 19, pp. 1187-1194 Blackboard (June 2011). 07.06.2011, Available from: <http://www.blackboard.com/>