

AEF-T.3.1

GENERALITĂȚI DESPRE AEF

CUPRINS

AFF-T.3.1.1 INTRODUCERE

AFF-T.3.1.2 LOCUL ȘI ROLUL AEF ÎN PAC

AFF-T.3.1.3 AVANTAJELE ȘI DEZAVANTAJELE AEF

AFT-T.3.1.4 SISTEME DE UNITĂȚI DE MĂSURĂ

AFT-T.3.1.5 INGINER ANALIST FEA. CUNOȘTINȚE NECESARE

AFF-T.3.1.1 INTRODUCERE

Sistemul tehnic ca și concept general se poate considera ca un ansamblu de entități (mecanice, electrice, informatice etc.) integrate prin interacțiuni și interdependențe (fizice, chimice) cu funcții bine definite. Comportarea unui sistem se poate studia privind componentele și interacțiunile dintre acestea. Procesul de descompunere în componente se ierarhizează pe subsisteme și componente individuale. Pe de altă parte orice sistem poate fi la rândul său o entitate componentă a unui alt sistem. Din punct de vedere funcțional un sistem tehnic este un întreg în care se transmit și se transformă materie, energie și informație.

Din punct de vedere structural sistemul este o interacțiune dintre obiecte.

Modelarea unui sistem/proces este o reprezentare virtuală și logică a părților și proprietăților relevante importante ale acestuia. Modelul virtual este mai ușor și ieftin de realizat și folosit decât modelul real. Modelul trebuie să fie complet definit și să permită luarea de decizii cu privire la modelul real.

La elaborarea modelului virtual se impune urmărirea a trei aspecte: *structural* din punct de vedere al componentelor și legăturilor dintre acestea; *funcțional* exprimat prin funcțiile componentelor sistemului și stărilor acestuia; *comportamental* privind stările diferite prin care trece sistemul în timpul funcționării. Analiza modelului se poate face rulare pas cu pas sau nesupravegheată. La rularea pas cu pas utilizatorul poate introduce informații la orice pas și poate urmări efectele pe parcurs (toate opțiunile de sunt accesibile și rezultatele sunt vizibile după fiecare eveniment luat separat).

Simularea sistemelor și proceselor: se face interactiv prin 3 etape: descrierea modelului, analiza (dependente ieșiri-intrări) și interpretare. Variabilă de stare: caracterizează un atribut al sistemului; eveniment – întâmplare care poate schimba starea sistemului

AFT-3.1.2 LOCUL ȘI ROLUL AEF ÎN PAC

Proiectarea asistată de calculator a elementelor unui sistem mecanic presupune identificarea formei și a dimensiunilor acestora, utilizând programe performante de modelare a solidului, de analiză a fenomenelor fizice, de sinteză și/sau de optimizare.

Sistemul mecanic al unei mașini, instalații, utilaj, robot, aeronavă etc. poate fi divizat în ansamble care, la rândul lor, sunt compuse din subansamble și părți constitutive distincte, numite elemente sau organe de mașină. De asemenea, și subansamblele, la rândul lor, pot fi compuse din alte subansamble sau din alte elemente de mașină distincte. Subansamblele și ansamblele sistemului mecanic sunt entități independente, utile pentru studiul structurat al sistemului și pentru optimizarea tehnologică a montajului.

Elementele componente ale unui sistem (subsistem) mecanic sunt în interacțiune directă fixă, permanentă (nedemontabilă sau demontabilă) sau în interacțiune mobilă directă (fără ungere) sau indirectă (cu ungere). Tipurile acestor legături, din punct de vedere constructiv și în funcție de necesitățile funcționale și tehnologice, sunt diverse.

Practica proiectării și execuției de sisteme mecanice s-a dezvoltat continuu, incluzând în orice perioadă de timp toate realizările de performanță privind mijloacele, metodele, posibilitățile, materialele și tehnologiile.

Din punct de vedere funcțional, în diferite sisteme mecanice, se găsesc elemente de mașină și/sau subansamble specializate care au funcții identice sau cvasiidentice. Pentru aceste elemente sau subansamble, numite, de obicei, organe de mașină, cu timpul s-au dezvoltat algoritmi de proiectare consacrați și tehnologii specializate de execuție și montaj.

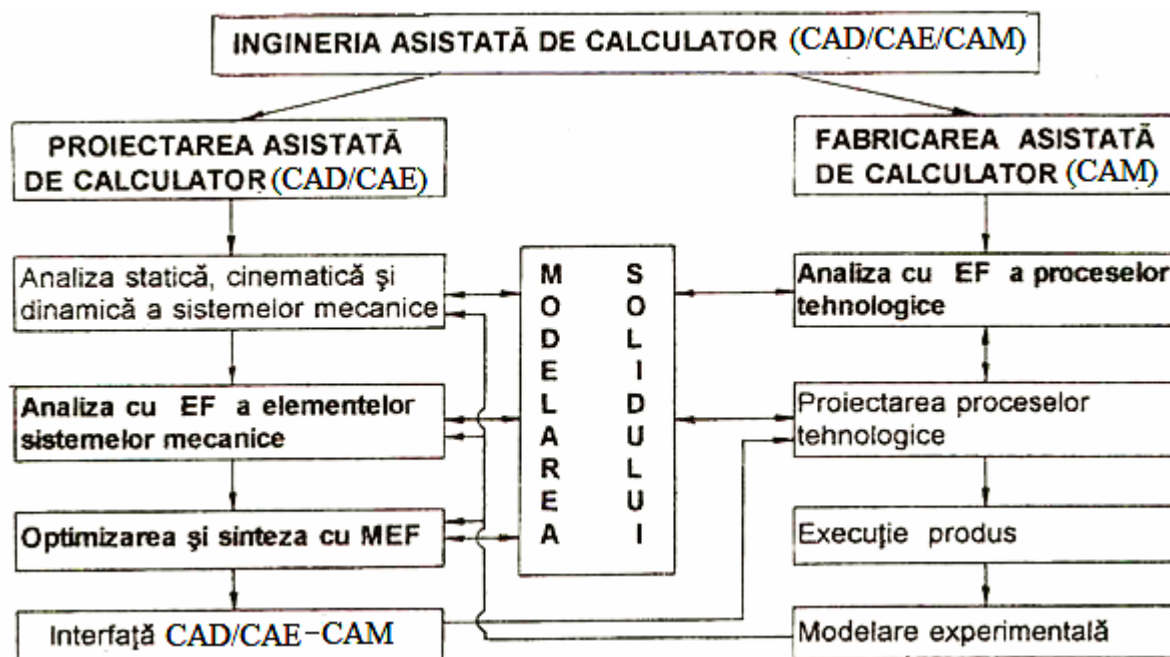


Fig. 1

Apariția și dezvoltarea explozivă a performanțelor calculatoarelor numerice în ultimii zeci de ani a permis obținerea de programe performante care implică noi posibilități de modelare, de analiză și de sinteză a subansamblelor, a elementelor și/sau a organelor de mașină. Majoritatea acestor programe performante au la bază metode numerice, dintre care în practica analizei fenomenelor fizice s-a consacrat **Metoda Elementelor Finite**.

În fig. 1 se prezintă o schemă generală a principalelor activități pentru proiectarea și execuția de produse materiale mecanice, urmărind, în mod special, identificarea locului programelor care au la bază AEF.

Modelarea solidului este ansamblul de activități care urmăresc descrierea geometrică și fizică a corpurilor sau a domeniilor spațiale în vederea reprezentării acestora prin intermediul calculatorului numeric. Formele geometrice ale elementelor sistemelor de studiat se pot modela cu diferite grade de idealizare în funcție de etapa de proiectare curentă. În fazele de început a proiectării sistemelor mecanice complexe gradul de idealizare la modelarea elementelor acestora este mărit, urmărindu-se cu precădere analiza și sinteza la nivel principal (funcțional), spre deosebire de fazele finale, când modelarea se realizează cu abateri cât mai mici de la forma și dimensiunile nominale, urmărindu-se, în acest caz, aspectele de detaliu constructiv.

Analiza structurală, statică, cinematică și dinamică a sistemelor mecanice presupune studiul continuu al corespondențelor dintre parametrii și caracteristicile efective și cele impuse sistemului mecanic, considerând pentru elementele componente modele cu grad mărit de idealizare. Pentru realizarea caracteristicilor impuse se pot efectua modificări adecvate urmate de reanalizări sau se pot întocmi modele de sinteza și/sau de optimizare. În urma acestor operații rezultă principalii parametri dimensionali și fizici ai elementelor și subansamblelor sistemului mecanic.

Analiza cu elemente finite a elementelor sau a subansamblelor simple ale unui sistem mecanic, folosind rezultatele obținute la etapa precedentă, presupune remodelarea geometrică cu precizarea formei la nivel de detaliu și modelarea cu elemente finite, de asemenea, cu acuratețe mărită. Unele programe performante care au la baza MEF au module speciale de optimizare și sinteza a formei. Cu ajutorul acestor programe se generează forme geometrice care respectă condiții de egala rezistență, volum minim sau masă minimă. În plus, în ultimul timp analiza cu elemente finite se folosește uzual și pentru studiul dinamic al sistemelor mecanice cu elementele deformabile elastic.

Modulul de interfață CAD/CAE-CAM (fig. 1) realizează legătura cu programele de proiectare tehnologică și modificări ale formei și dimensiunilor, în vederea adaptării la procedeele tehnologice disponibile. Studiul proceselor tehnologice (deformare, turnare, difuzie etc.) cu ajutorul analizelor cu elemente finite permite determinarea parametrilor de formă și dimensionali necesari pentru proiectarea dispozitivelor precum și pentru stabilirea regimurilor tehnologice optime.

Obținerea rapid a produselor materiale mecanice cu performanțe ridicate este posibilă prin introducerea masivă a calculatoarelor numerice cu programe performante, atât pentru sinteza dimensională, cât și pentru

execuția acestora. Etapele proiectării și fabricării asistate de calculator a sistemelor tehnice se modifică și se completează continuu în concordanță cu realizările în domeniile modelării, analizei și sintezei acestora precum și cu evoluția performanțelor tehnice ale sistemelor de calcul.

Design Analysis (DA) este procesul de investigare a proprietăților fizice ale elementelor, ansamblurilor, structurilor produselor materiale. Analizele de proiectare se aplică modelelor teoretice asociate modelelor reale. Rezolvarea modelelor de analiză pentru proiectare se face cu pachete software performante de calcul numeric cu EF [Kurowski, 2004].

AEF este metoda de bază pentru analizele de proiectare (DA) cu pachete performante bazate pe MEF. **AEF** se este un instrument CAE bazat pe CAD. Trebuie remarcat faptul că în succesiunea CAD – CAE – CAM este un proces *iterativ* de proiectare – analiză - execuție. În acest proces se realizează succesiv operații de sinteză și de analiză ale prototipului și ale modelului pentru analiză cu elemente finite. La fiecare iterație a procesului se aduc îmbunătățiri ale prototipului sau ale modelului de analiză, până când se ating performanțele dorite.

În prezent analiza cu elemente finite este o tehnică aproape generalizată în proiectarea asistată de calculator și are aplicabilitate masivă în ingineria mecanică (mecanica solidului, mecanica fluidelor), electrică, biomecanică etc.

AFT-3.1.3 AVANTAJELE ȘI DEZAVANTAJELE AEF

Tab.1

<i>Avantajele AEF</i>	<i>Dezavantajele AEF</i>
- <u>Generalitate</u>: metodă generală bazată pe MEF; se aplică pentru rezolvarea majorității problemelor de inginerie (statice și dinamice; liniare și neliniare; programe performante - <u>Simplitate</u>: folosire de concepte de bază intuitive (nod, element finit, discretizare, structură etc.) - <u>Integrabilitate</u> în programe de PAC (CAD/CAE/CAM) - <u>Flexibilitate mărită</u> pentru modelare (se pot elabora mai multe analize ale aceluiași proces) - <u>Facilități</u> evolute de pre și postprocesare (discretizare automată, vizualizări grafice avansate, animații, grafice, tabele, liste etc.) - Se pot face <u>optimizări prin încercări pas cu pas</u> sau <u>automate</u> cu module dedicate care satisfac funcții obiectiv (de ex. volum minim)	- <u>Modelele pentru analiză</u> sunt subiective și arbitrare fiind dependente de <u>cunoștințele (de inginerie și CAD/CAE) și experiența</u> utilizatorilor; inexistența unor algoritmi (reguli) de concepție a modelelor pentru analiză și de interpretarea rezultatelor - <u>Rezultatele sunt aproximative</u> și se impun studii a erorilor și de convergență - <u>Automatizare greoaie</u> a proceselor de modelare și procesare - <u>Performanțe ridicate</u> ale sistemelor de calcul - <u>Prețuri mărite</u> ale pachetelor performante de AEF - <u>Ineficiență</u> pentru rezolvarea unor probleme de frontieră sau locale datorită lipsei unor elemente finite performante care să le descrie - Se pot face <u>numai analize de verificare</u> (nu se pot genera ca rezultate parametrii geometrici de sinteză).

AFF-T.3.1.4 SISTEME DE UNITĂȚI DE MĂSURĂ

Având în vedere că problemele de FEA implică procesarea de date asociate cu diverși parametri (dimensiuni, forțe, tensiuni, deformații, presiuni, viteze, accelerații, timp etc.), pentru obținerea de rezultate riguroase și comparabile cu altele obținute pe alte căi, se impune considerarea de sisteme de unități de măsură coerente. În ingineria mecanică în zona europeană, și nu numai, se folosesc frecvent sistemele de unități de măsură din tab. 2 Alegerea sistemului de unități de măsură se face de către utilizator în funcție de valorile parametrilor, cerințele beneficiarilor și de adaptabilitatea la aria geografică (europeană, americană, britanică, asiatică).

Programele FEA permit adoptarea unităților de măsură individual pentru fiecare parametru în parte cu respectarea unui sistem de unități preliminar ales, sau, în cazul programelor cu performanțe mărite, adoptarea unui sistem de unități de măsură coerent separat pentru datele de intrare și rezultate sau același pentru ambele. În România se folosesc, de regulă, sistemele SI (MKS) și MPa. Sistemele μ MKS se folosesc cu precădere în cazul analizelor sistemelor mirco-electro-mecanice (MEMS).

Tab. 2

Mărimea mecanică	SI (MKS) [m, kg, s, °C]	MPa [mm, Mg, s, °C]	μMKS [μm, kg, s, °C]
Lungime	m	mm	μm
Unghi	rad	rad	rad
Masă	kg	Mg = t (tonă)	kg
Timp	s	s	s
Forța	N	N	μN
Presiune (tensiune)	Pa	MPa	MPa
Viteză	m/s	mm/s	μm/s
Viteză unghiulară	rad/s	rad/s	rad/s
Accelerație	m/s ²	mm/s ²	μm/s ²
Accelerație unghiulară	rad/s ²	rad/s ²	rad/s ²
Frecvență	Hz	Hz	Hz
Putere	W	mW	pW
Densitate	kg/m ³	t/mm ³	kg/μm ³
Temperatura	°C	°C	°C

AEF-T.3.1.5 INGINER ANALIST FEA. CUNOȘTINȚE NECESARE

Cu programele performante de AEF se rezolvă un model de analiză care se impune să fie cât mai apropiat de modelul real. Nivelul de “apropiere” a valorilor parametrilor obținute de cele reale depinde de nivelul de simplificare adoptat la elaborat modelul de analiză. Modelarea ca activitate complexă ce presupune simplificări la nivel geometric (corpurile spațiale se reduc la structuri 3D, 2D sau 1D) la nivel fizic (funcțiile reale se reduc la funcții liniare, parabolice) nu se face după rețete sau șabloane predefinite. Astfel, având în vedere multitudinea situațiilor posibile în practică activitatea de modelare implică experiență.

Inginerul analist FEA trebuie să cunoască foarte bine, pe de-o parte bazele teoretice ale fenomenelor și proceselor fizice de analizat, și pe de altă parte, să aibă experiență în modelarea și analiza elemente finite cu programe performante actuale.