

SIMULAREA RĂCIRII SISTEMELOR DE TIP SERVER CU DOUĂ PROCESOARE

SCARLAT Cătălin¹

Conducător științific: Prof. dr. ing. Cristina PUPĂZĂ

REZUMAT: Lucrarea demonstrează conceptul de răcire convențională a unui sistem de tip server echipat cu două procesoare plasate pe o placă de bază, în format special dedicat sistemelor de calcul destinate lucrului în rețele locale sau pe o arie mai mare. Este utilizată Metoda Elementelor Finite pentru calcule de dinamica fluidelor, folosind modulul dedicat CFX din pragraul ANSYS Workbench R15.

CUVINTE CHEIE: analiză, simulare, mecanica fluidelor, transfer termic

1 INTRODUCERE

Sistemul de răcire reprezintă un element foarte important, indispensabil în sistemele de calcul, atât în cele convenționale, destinate utilizării obișnuite, cât și în cele industriale sau de utilizare intensă (de tip server), cum este cazul rețelelor de calculatoare locale în clădiri, sau la un nivel mai extins, de mai multe clădiri, sau chiar de orașe. Aceste sisteme de răcire pot fi convenționale - cu flux de aer generat de unul sau mai multe ventilatoare și radiatoare cu elemente din aluminiu, sau neconvenționale - ce au ca mediu de transfer al căldurii apa, care este purtată prin intermediul unor conducte către toate elementele generatoare de căldură, aceasta fiind răcită la rîndul ei de un sistem de schimb de căldură de tip radiator-ventilator. Un alt sistem neconvențional este răcirea cu un alt agent, azot lichid, care la temperatura de $\sim 195^\circ$ în stare lichidă este plasat în recipiente care se află în contact direct cu elementele generatoare de căldură. Mai există însă un alt mod de răcire neconvențională cu ajutorul modulelor Peltier, care funcționează prin efect termoelectric: prin aplicarea unei diferențe de potențial acesta generează o temperatură scăzută pe o față și o temperatură ridicată pe cealaltă față a modului.

2 STADIUL ACTUAL

Folosirea aplicațiilor de dinamica fluidelor asistată de calculator (CFD) pentru modelarea termică a componentelor electrice, electronice și mecanice oferă posibilitatea de a obține și evalua soluții de proiectare într-un timp scurt. Posibilitățile de simulare ale acestor fenomene sunt multiple și țin cont de zona de admisie și de evacuare a fluidului, zona de contur a ghidaajului de aer și de tipul și disponerea componentelor care interacționează

cu fluidul în zona de curgere. (ANSYS Inc., 1998)

Rezultatele care se obțin se referă la schimbul de căldură, presiunea exercitată de fluid asupra componentelor și linia de curgere printre componente.

Există multe aplicații comerciale și non-comerciale folosite în momentul actual pe piață pentru modelare CFD a componentelor electronice: THEBES, FLOTHERM, ANSYS Fluid Dynamics (FLUENT, CFX, CFD, CFG-Flo, Icepak, Polyflow, Vista TF), FLOWPHOENICS/HOTBOX sau STAR-CD. (Paul, 1997)

Sistemele de ecuații rezolvate de aceste programe exprimă echilibrul masei, momentului, energiei, fluidului sau a altor energii conservate (de exemplu sarcina electrică).

În literatura de specialitate sunt prezentate mai multe abordări, dintre care menționăm numai: Analiza transferului termic pentru determinarea distribuției de temperaturi de la suprafața componentelor electronice (Evelov V., ș.a., 2000); Identificarea concentratorilor termici și optimizarea liniei de curgere a aerului pentru calculatoare portabile utilizând ANSYS Fluent (Ilker T., ș.a., 2010); Studiul interacțiunilor fluid-solid pentru determinarea deformațiilor și tensiunilor apărute utilizând ABAQUS (Wei C.L., ș.a., 2013); Optimizarea sistemelor de răcire pe aer prin analiza căldurii cedate la nivelul acestora și capacitatea termică a tuburilor termice (numărul și modul de dispunere a acestora) (Jung, 2014); Analiza rezistenței termice pentru o serie de sisteme de răcire sub aceleași condiții de testare utilizând aplicația ANSYS CFX (Mohan & Govindarajan, 2011);

Majoritatea acestor analize simplifică geometria complexă a componentelor electronice din modelul de calcul, menținând doar principalele dimensiuni

¹ Specializarea Robotică, Facultatea IMST;

E-mail: catalin_scarlat@yahoo.com;

SIMULAREA RĂCIRII SISTEMELOR DE TIP SERVER CU DOUĂ PROCESOARE

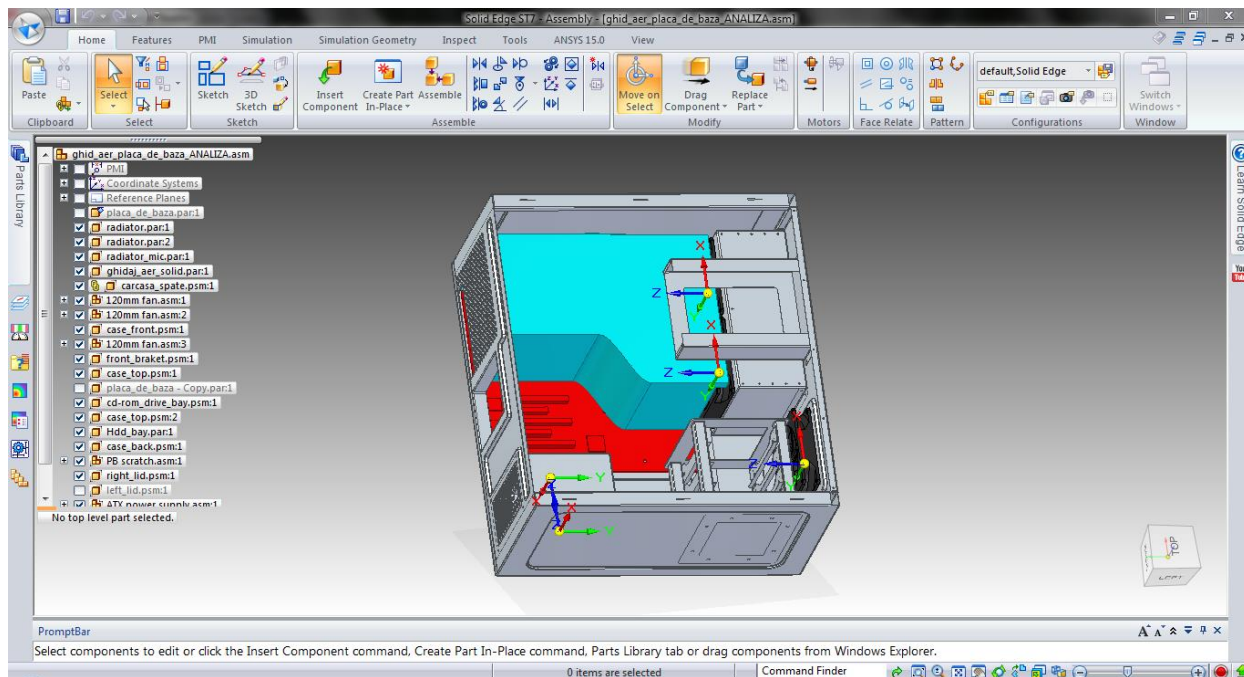


Fig. 1. Geometria pentru analiză în mediul CAD SolidEdge ST7

constructive ale acestora și caracteristicile de material. Se definesc condițiile la limită inițiale și finale (admisie, evacuare, condiții de simetrie, de presiune, ciclice).

Rezultatele obținute în urma simulărilor sunt prezentate sub formă de grafice pentru interpretare. Se poate determina în acest fel un optim pentru cazul studiat, sau se pot face propuneri pentru optimizarea sistemului.

Abordarea prezentată în lucrare folosește aplicația ANSYS CFX pentru a determina influența fluxului de aer asupra capacității de răcire a componentelor dedicate sistemelor de calcul de tip Server. În primă fază, se ține cont de volumul care definește interiorul ghidajului de aer, temperatura mediului ambiant, presiunea atmosferică, viteza fluxul de aer, turburențele produse de fluxul de aer, fluxul de temperatură specific componentelor care cedează căldură, radiația termică a acestora, precum și temperatura din starea de echilibru de la care se produce schimbul de căldură. Valorile obținute sunt valori preliminare, calitative și pot fi folosite ca instrumente pentru validarea ulterioară pentru orice fel de componentă sau ansambluri de componente electronice.

3 PREPROCESARE PENTRU ANALIZA CFD

În acest capitol sunt prezentate pe scurt etapele premergătoare analizelor CFD, de la importul geometriei, crearea traseului de fluid și aplicarea condițiilor la limită inițiale și finale.

3.1 Transferul modelelor între sistemele CAD-FEM

În prezent transferul între sistemele CAD-FEM se realizează prin formate native, formate grafice neutre sau conexiuni între programe de tip plug-in. Pentru a comunica, fiecare pereche de sisteme necesită două translaatoare: unul de export și altul de import. Geometria pentru analiză a fost importată din programul Siemens Solid Edge ST7 (vezi figura 1) în format neutru STEP, pentru a se realiza discretizarea pentru analiza CFD utilizând aplicația ANSYS CFX.

3.2 Rolul preprocesoarelor

Programul de procesare preia geometria în formatul modelului ce urmează a fi analizat și produce rețeaua de discretizare, adică o colecție de noduri și elemente ca fișier de intrare pentru analiza CFD. Tot aici se definesc materialele, cu caracteristicile necesare analizei CFD, se aplică restricțiile și solicitările.

Tehnica de discretizare folosită pentru acest model (vezi figura 2) a fost o discretizare liberă cu tetraedre, care sunt generate automat de către preprocesor, fără intervenția utilizatorului. Nu a fost necesară divizarea volumului ghidajului de aer. Dezavantajul folosirii acestei tehnici îl constituie faptul că este deficilă descrierea anumitor regiuni topologice, fapt ce poate influența precizia rezultatelor. (Pupăză, 2011)

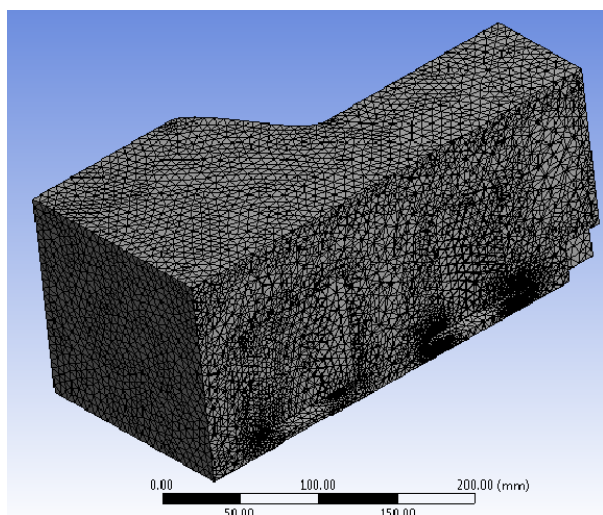


Fig. 2. Discretizarea liberă cu tetraedre pentru analiza CFD

3.3 Aplicarea condițiilor limită

Pentru definirea condițiilor inițiale și finale se au în vedere următoarele date de intrare:

Tabelul 1. Date de intrare

| | |
|---------------------|--|
| T_a | 25 |
| P_a | 1.01325 |
| Admisie/evacuare | din partea frontală a carcasei, prin intermediul ghidajului de aer spre partea din spate a carcasei (evacuare) |
| Limita ghidajului | zona de delimitare a ghidajului de aer |
| H_f | 500 |
| Integrarea timpului | da |
| N_t | 15 |

4 REZULTATE OBTINUTE ÎN URMA ANALIZEI

Rezultatele simulării în regim tranzitoriu sunt: distribuția de presiuni, distribuția de temperaturi, fluxul total de căldură, viteza fluxului de aer, și vizualizarea turbulențelor.

În urma analizei s-au stabilit următoarele rezultate care pot fi postprocesate pentru evaluarea performanțelor sistemului de răcire:

Tabelul 2. Valoarea rezultatelor obținute

| Rezultat | Valoare | Observații |
|----------|--------------------|--|
| D_p | $1.013 \cdot 10^5$ | Valoarea presiunii crește la contactul cu componentele care au proeminențe |

| | | |
|--------------|------------------|---|
| ΔT | 25-216 | Valoarea determinată necesită revizuirea discretizării |
| ΔV_a | 0,7-1,02 | Viteza crește la proximitatea zonelor unde fluxul de aer este deviat |
| t | 0,2 | Turbulențele sunt accentuate de prezența solidelor din calea fluxului |
| I_r | $1,4 \cdot 10^3$ | - |

Relațiile dintre temperatură-timp (figura 3), timp-presiune (figura 4), viteză-presiune (figura 5) pot fi folosite pentru a determina parametrii de interes și îmbunătăți răcirea sistemului. Se observă că:

- Temperatura crește liniar până la un anumit prag, după care crește brusc ajungând în final la o valoare limită;
- presiunea pornește de la o valoare de echilibru, crește brusc până la valoarea maximă, după care tinde să scadă aproximativ liniar până când se echilibrează presiunea;

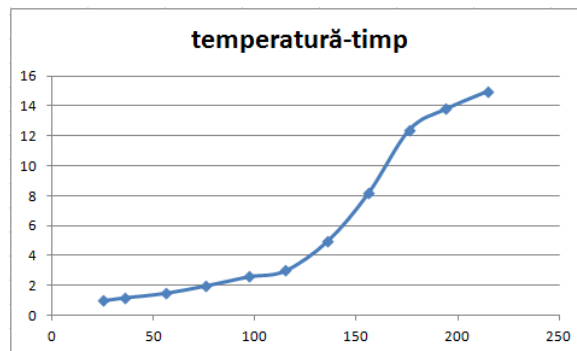
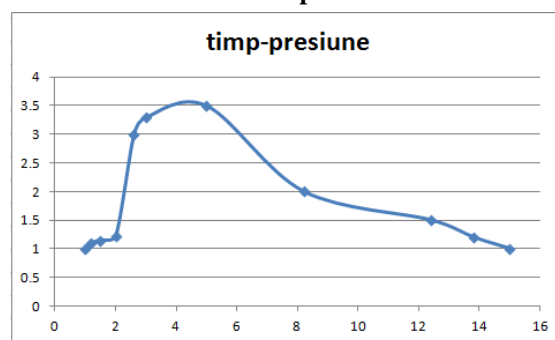


Fig.3. Variația temperaturii în raport cu norma de timp



SIMULAREA RĂCIRII SISTEMELOR DE TIP SERVER CU DOUĂ PROCESOARE

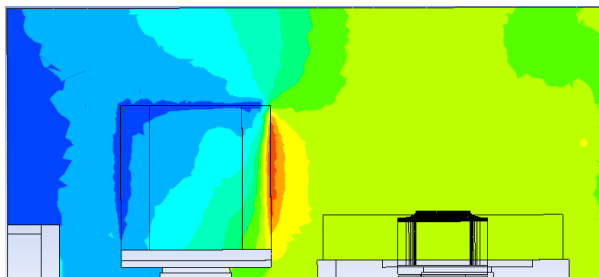


Fig. 4. Variația presiunii în raport cu timpul

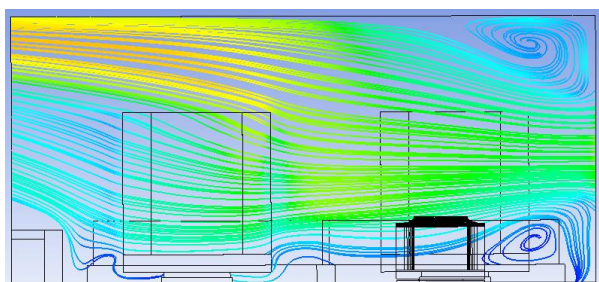
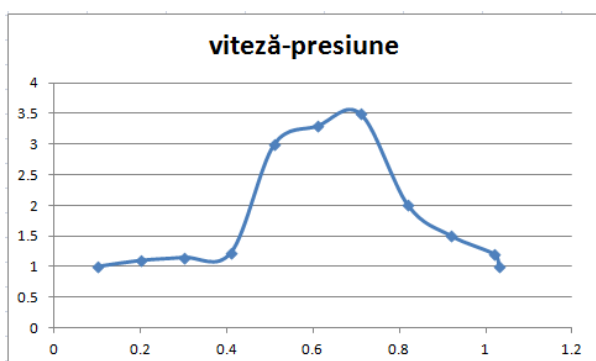


Fig. 5. Variația vitezei în raport cu presiunea

- presiunea se poate aproxima ca fiind uniform distribuită între valorile unde viteza este minimă, respectiv maximă;

5 CONCLUZII

Lucrarea prezintă o metodologie ce poate fi aplicată oricărui tip de componentă electronică pentru a evalua performanțele unor sisteme de răcire active sau pasive. Optimizarea unor astfel de sisteme de răcire se poate face determinând relațiile dintre parametrii de ieșire. În funcție de influența acestor valori se pot scrie funcțiile obiectiv a căror minimizare conduce la optimizarea sistemului. Această simulare va fi urmată de o validare experimentală și analitică.

6 MULȚUMIRI

Mulțumim colectivului specializării de Robotică, din cadrul Departamentului MSP, pentru sprijinul și încurajarea permanentă acordate în derularea cercetărilor prezentate.

7 NOTAȚII

T_a = temperatura mediului ambiant [$^{\circ}\text{C}$];

P_a = presiunea atmosferică [bar];

H_f = fluxul de caldură [W/m^2];

N_t = norma de timp [s];

D_p = distribuția de presiuni [Pa];

ΔT = variația temperaturii [$^{\circ}\text{C}$];

ΔV_a = variația presiunilor [Pa];

t = turbulențe [m^2/s^2];

I_f = intensitatea fluxului [$\text{W} \cdot \text{m}^2/\text{sr}$];

8 BIBLIOGRAFIE

[1]. ANSYS, Inc, Canonsburg USA, (1998), "CF.X."

[2]. Chiat L.W., Zulkifly A.M., Yee K.C., și Ramdan D., (2013), "Study on the fluid-structure interaction of flexible printed circuit board motherboard in personal computer casings", *Microelectronics International*, 30(3), 138-150, ISSN 1356-5362

[3]. Eveloy V., Lohan J., și Rodgers P., (2000), "A benchmark study of computational fluid dynamics predictive accuracy for component-printed circuit board heat transfer.", *Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on* (23.3), 568-577

[4]. Mohan R., și Govindarajan P., (2011), "Experimental and CFD analysis of heat sinks with base plate for CPU cooling" *Journal of mechanical science and technology*, (25.8), 2003-2012, ISSN 1976-3824

[5]. Pupăză C. (2013), *Modelare CAD-FEM*. Editura Politehnica Press, București, ISBN 978-606-515-519-0

[6]. Tari I., și Yalcin, F. S. (2010), "CFD analyses of a notebook computer thermal management system and a proposed passive cooling alternative". *Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on*, (33.2), 443-452.

[7]. Tucker P.G. (1997), "CFD applied to electronic systems: a review" *Components, Packaging, and Manufacturing Technology, Part A, IEEE Transactions on*, (20.4), 518-529

[8]. Wang, J.C. (2014). „COMPUTER AIDED-THERMAL MODULE DESIGN”, *International Journal of Computer Research*, (21.1), 99-132, ISSN 1535-6698