

Prezentarea software-ului CST-Microwave Studio

CST MICROWAVE STUDIO (CST MWS) este un instrument (software) specializat pentru simularea cu precizie, în 3D, a problemelor de câmp electromagnetic de înaltă frecvență.

1. Avantajele simulării numerice pentru determinarea SAR

În general, metodele de simulare numerică a câmpului electromagnetic permit :

- determinarea distribuțiilor de câmp cu o rezoluție spațială foarte fină;
- eliminarea dificultăților practice legate de poziționarea probelor;
- eliminarea necesității existenței unui echipament complicat și costisitor;
- eliminarea necesității folosirii unor specialiști calificați pentru încercările de laborator;
- modelarea cu ușurință a structurilor neomogene din punct de vedere dielectric și determinarea SAR în fiecare componentă a mediului dielectric neomogen;
- construcția relativ ușoară a modelului structurilor complexe.

Alte avantajele specifice ale CST MWS pentru SAR

- importarea directă din CAD pentru diferite forme de studiat, parametrizarea datelor importate și modificarea (rafinarea) automată a rețelei de modelare, dacă acest lucru este necesar;
- aproximarea foarte bună a geometriei reale cu ajutorul metodelor PBA (Perfect Boundary Approximation) și TST (Thin Sheet Technique);
- posibilitatea izolării subrețelelor pentru detalierea nivelurilor înalte ale SAR;
- evaluarea SAR la frecvențe multiple, printr-o singură execuție a programului, prin definirea și utilizarea proprietăților de material dependente de frecvență;
- controlul total asupra surselor de excitație a modelului.

Dar cel mai important avantaj al simulării numerice este reducerea considerabilă a costurilor de determinare a SAR, mai ales când este necesar să se realizeze aceasta în diferite etape de proiectare sau de dezvoltare a produsului respectiv.

2. Construcția modelului

Construcția modelului este, poate, cea mai importantă etapă în determinarea SAR cu ajutorul modelării numerice. Este etapa în care componenta subiectivă a erorii accidentale poate lua valori nepermis de mari, ceea ce ar afecta decisiv acuratețea cu care se determină SAR în punctele (zonele) de interes.

Modelarea corpului uman pentru determinarea SAR se poate face prin elemente tridimensionale (3D) având dielectricul cu pierderi, cu o structura omogenă sau neomogenă.

Modelul creat poate fi modificat cu ajutorul mijloacelor specifice CAD, rezultând, în acest fel posibilitatea de a considera o multitudine de situații concrete.

Descrierea geometriei modelelor se realizează cu ajutorul așa numitelor “primitive” – elemente structurale foarte simple în care se descompun, de regulă, modelele complexe și care pot fi prelucrate și combinate ad-hoc cu ajutorul transformărilor geometrice elementare și al operațiilor booleene de transformare a acestora.

Primitive uzuale (în 3 D): curba (în 3 D), sfera, cilindrul, torul, conul, paralelipipedul (“cărămidă”), cilindrul eliptic, ș.a.

Transformări elementare utilizate în construcția modelelor în 3D:

- **translația:** deplasează unul sau mai multe corpuri selectate, pe direcția unui vector predefinit;
- **scalarea:** scalează forma selectată pe una sau mai multe direcții (paralele cu axele locale de coordonate), scalarea putând avea factori diferiți pe fiecare axă de scalare;
- **rotația:** realizează rotația corpului selectat în jurul unei axe de coordonate, cu un unghi stabilit;
- **simetria** în oglindă: construcția unui nou element 3D, simetric cu primul în raport cu un centru (axă, plan) de simetrie.

Un instrument deosebit de puternic al CST MWS pentru crearea structurilor complexe îl constituie combinarea “primitivelor” cu ajutorul operațiilor Booleene.

Tipuri de operații booleene disponibile în CST MWS:

- **adăugarea** : se adaugă primitiva secundară la primitiva primară, cu păstrarea setărilor și a proprietăților de material ale componentei primare;
- **extragerea** : se extrage primitiva secundară din primitiva primară, cu păstrarea setărilor și a proprietăților de material ale componentei primare;
- **intersecția** : se intersectează cele două primitive, cu păstrarea setărilor și a proprietăților de material ale componentei primare;
- **inserarea** : se inserează primitiva secundară în cea primară, cu modificarea numai a componentei primare.

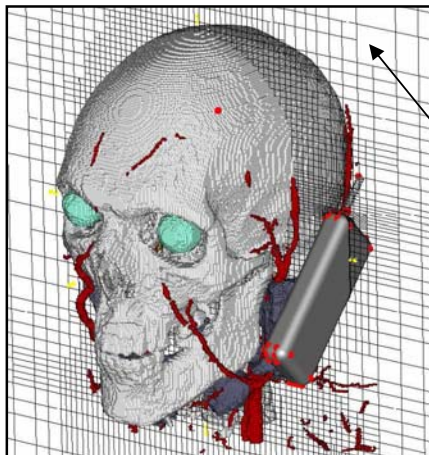
Utilizarea elementelor de modelare predefinite și a combinațiilor dintre acestea, rezultate prin aplicarea transformărilor geometrice și a operațiilor booleene asupra primitivelor, permite stabilirea componentelor “solide” ale modelului, cărora li se asociază proprietățile de material corespunzătoare.

Rețeaua de modelare

Asupra componentelor “solide” ale modelului și asupra mediului în care sunt plasate corpurile solide (spațiul de modelare) se aplică rețeaua tridimensională de modelare, realizată din corpuri tetraedrale sau hexaedrale, după natura problemei de analizat și tipul solverului utilizat.

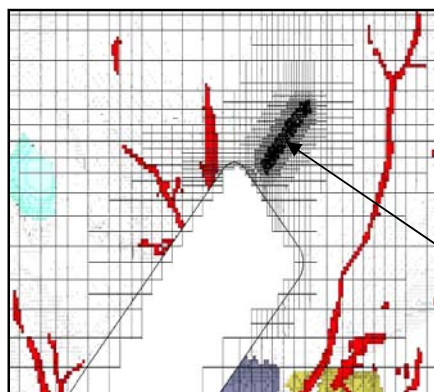
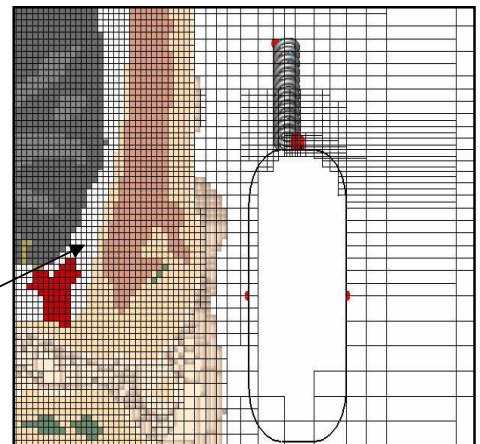
Rețeaua este în general neuniformă, dimensiunile caracteristice ale elementelor de rețea variind în funcție de zona de interes din interiorul modelului.

Mai jos este prezentat un exemplu de rețea neuniformă pentru studiul SAR în zona cap-ureche.

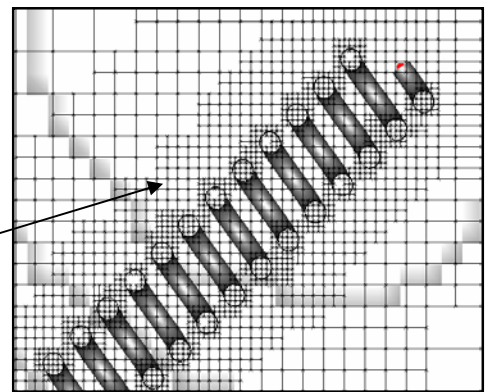


30mm lângă
frontiera
deschisă

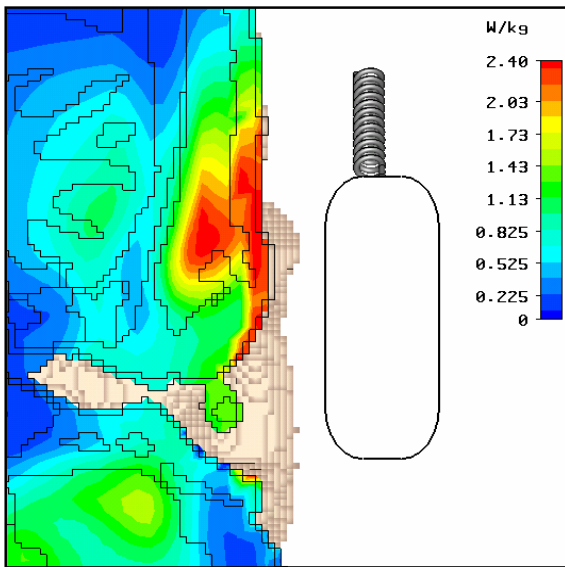
1mm lângă
ureche



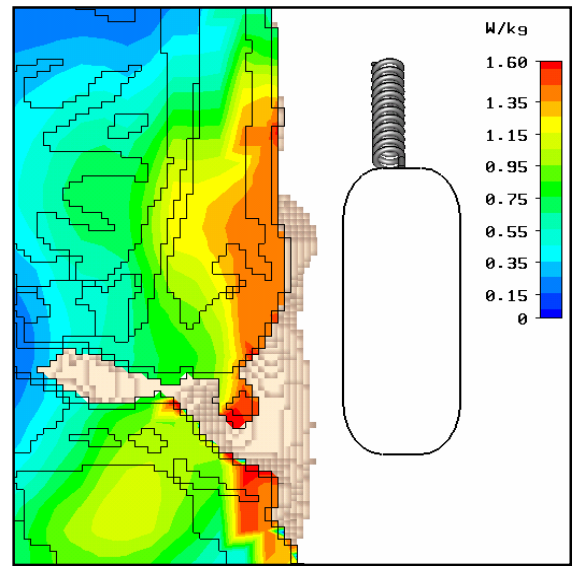
0.3 mm în
zona antenei



Utilizarea subrețelelor superior rafinate în zonele de interes, permite creșterea acurateții de determinare a valorilor maxime ale câmpului.



SAR 1 g [W/kg]



SAR 10 g [W/kg]

Prin alegerea opțiunilor corespunzătoare din meniul de modelare, CST MWS permite realizarea unei rețele adaptive care se rafinează automat în regiunile în care, în timpul calculelor, se detectează valori critice ale câmpului.

3. Solvere disponibile în CST MWS pentru calculul distribuției SAR

CST MWS dispune de un set de solvere și anume: transient solver, frequency domain solver, integral equation solver și eigenmode solver.

Dintre acestea, doar primele două solvere (transient solver și frequency domain solver) sunt utile pentru determinarea distribuției SAR, transient solver fiind foarte eficient în cele mai multe aplicații de simulare a unor procese la înaltă frecvență.

Cel mai flexibil dintre acestea este **transient solver** cu ajutorul căruia se poate studia comportarea modelului simulat doar printr-o singură execuție a programului pentru întreaga bandă de frecvență.

Celălalt solver amintit mai sus (Frequency domain solver) permite și el realizarea calculului distribuției SAR însă numai pentru modele realizate cu rețele hexaedrale.

4. Exemplu de determinare și de reprezentare a SAR cu ajutorul CST MWS

Cu ajutorul unor ferestre succesive, cum sunt cele prezentate mai jos, se stabilesc condițiile de calcul și se fac setările necesare pentru execuția programului de modelare și post-procesare. Condiții înaintea începerii simulării:

- Definirea domeniului de pierderi la frecvențele alese
- Toate materialele folosite vor avea aceeași densitatea de masă

Definire problemei

Definirea problemei

Alegerea pierderilor impuse

Definirea masei de referință (de mediere a rezultatelor) sau a punctului de calcul al SAR

Setări speciale pentru în CST MWS

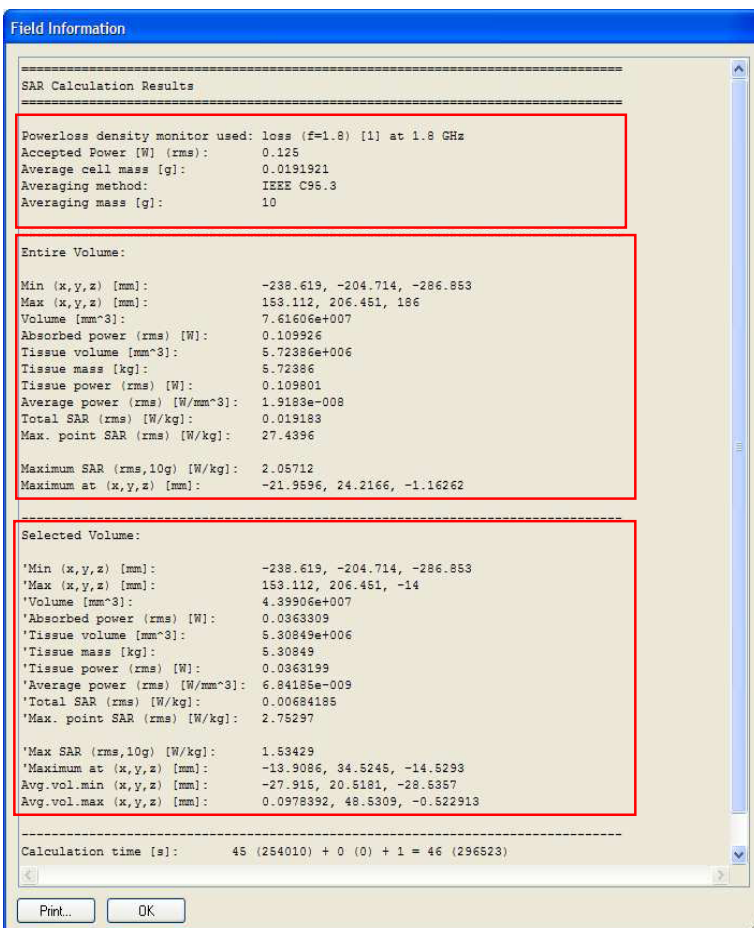
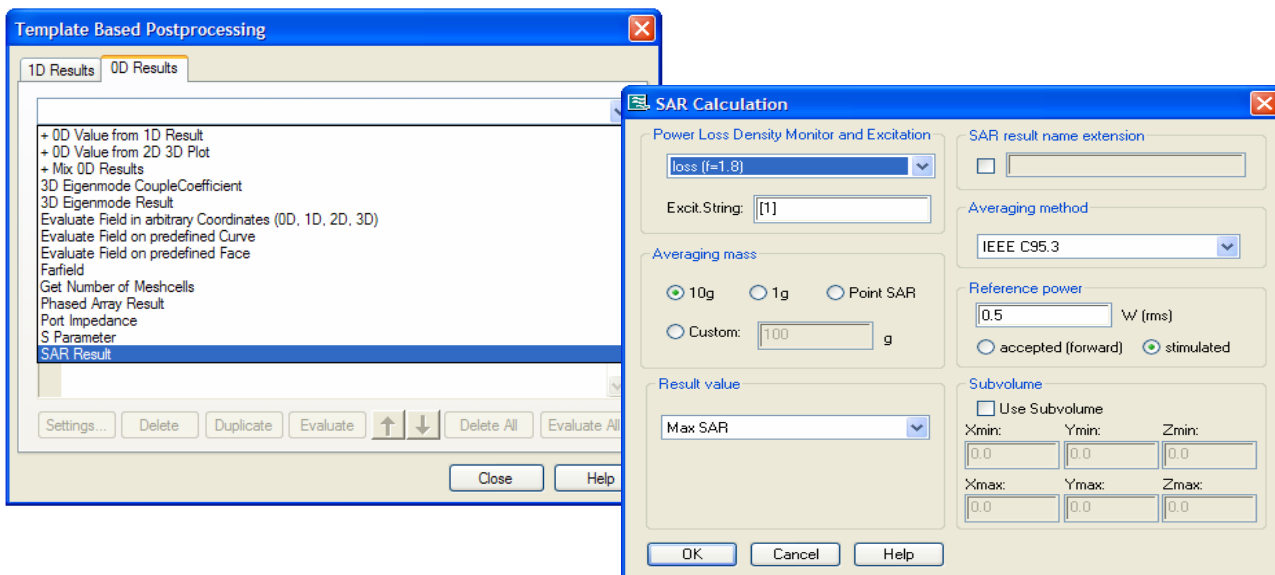
Definirea puterii de referință

Alegerea metodei de calcul (mediere)

Restricții asupra volumului:
- obținerea maximumului de căutări
- reducerea efortului de calcul

Post – procesarea rezultatelor

Ferestre recurente pentru definirea condițiilor de post – procesare a rezultatelor.



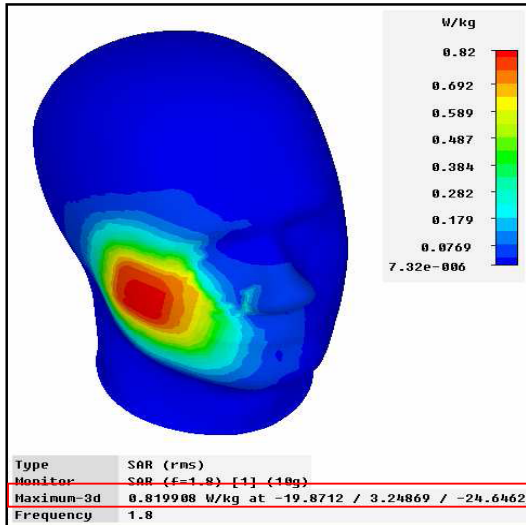
Informatii generale

Rezultate statistice pentru întregul domeniu (ex. cap + mână)

Rezultate statistice pentru un domeniu (ex. numai cap)

Vizualizarea rezultatelor SAR

CST MWS permite reprezentarea curentă în 3D a informațiilor privind poziția maximă a SAR și vizualizarea cubului cu SAR maxim.



Vizualizarea cubului cu SAR maxim

Open VBA Macro Editor
Make VBA Macro...
Import VBA Macro...
Edit / Move / Delete VBA Macro...
Set Global Library Paths...

Calculate
Construct
EMC
Farfield
File
Filter Analysis
Graphics
MAFIA
Report
Results
Solver
Time Signal Processing
Touchstone + SPICE
Wizard

ASCI-Export of 2D-3D-Results
Calculate Delivered Power (1-sqrS11)
Combine 1D Results
Export All OD Tables to ASCII
Get Min Max Value of OD Table
Line-Integration of Electric Fields (incl. Transit Time Factor)
Measure Resonances and Q-values from frq-data
Plot Averaging Volume for maximum SAR value
Plot Surface Loss Density for recent Loss+Q calculation
Recalculate S-Parameter with new Frq-Sampling
Single-Ended S-Parameter
T-model extraction

Mark averaging volume

Select SAR Result
SAR (f=1.8) [1] (10g)

Mark volume Exit

Întocmit: ing. Gh. Călin