

Un exemplu Ansoft HFSS 8:

Aperture-Coupled Patch Antenna

Acest exemplu presupune ca ați avut deja ocazia să rezolvați în HFSS unul sau doua exemple așa încât nu va mai descrie în detaliu locul în care se va da fiecare comandă. Totuși veți fi ghidați în detaliu în ceea ce privește comenzile ce trebuie introduse.

Modelul analizat este o antena patch cuplată prin apertură desenată în figura 1. Are un plan de masă prins între două straturi de dielectric. O linie de transmisie aduce semnalul dedesubt și un patch deasupra. Între linie și patch există o deschidere în planul de masă (apertură) care permite cuplajul electromagnetic. Structura astfel obținută este rezonantă: va radia numai într-o bandă îngustă de frecvență. În jurul structurii se află aer.

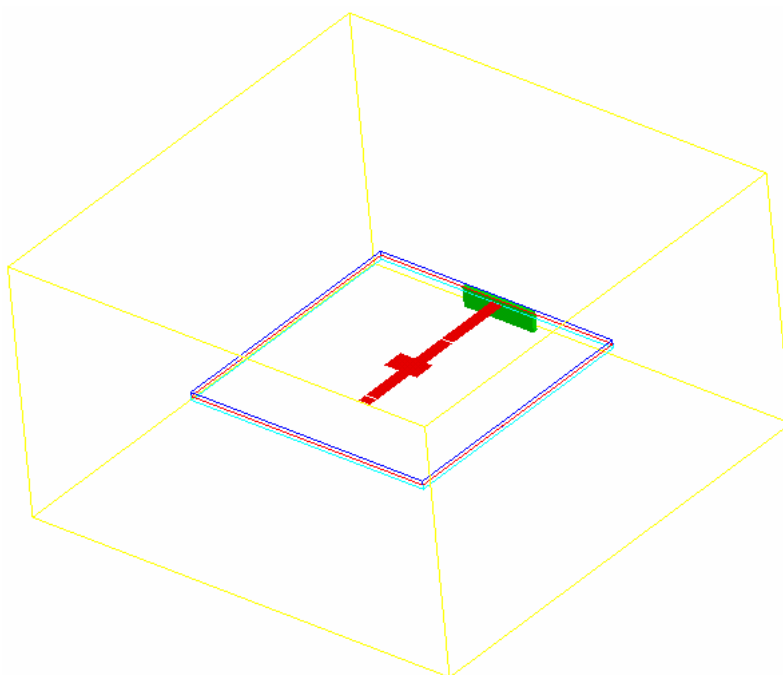


Fig. 1 Aperture-coupled patch antenna

Crearea Structurii (“Draw”)

Dați click pe icoana “Maxwell Control Panel” (în general se află pe desktop sau dacă nu în lista de programe) pentru a porni HFSS și va apărea bara de butoane Maxwell care oferă o interfață comună pentru mai multe programe Ansoft orientate spre analiză electromagnetică (HFSS, Ensemble, Maxwell 3D, etc.). În bară alegeți **Projects**. Această comandă deschide o nouă fereastră: Maxwell Control Panel (Manager de proiecte). Alegeți crearea unui nou proiect (“**New**”) în directorul dorit. Dacă există și alte programe Ansoft instalate asigurați-vă că tipul de proiect este HFSS.


Dacă în fereastra anterioară nu ați avut selectată opțiunea “**Open project upon creation**”, alegeți în Maxwell Control Panel comanda “**Open**” pentru a deschide noul proiect. O nouă fereastră se va deschide: fereastra de comenzi (“**Executive Commands**”) sau fereastra principală a proiectului. Apăsăți butonul “**Draw**” pentru a deschide programul de desenare a structurii (“**3D modeller**”)



Dacă la pornirea programului vă apare o fereastră în care să alegeți unitățile de măsură în care se măsoară dimensiunile fizice alegeți [cm]. Dacă această fereastră nu apare va trebui să impuneți centimetri ca unitate de măsură în meniul: “**Options**←**Preferences**”. Dacă aveți experiență în utilizarea programului de


desenare puteți crea modelul plecând de la lista de obiecte arătată mai jos. Dacă nu, respectați instrucțiunile care urmează după listă până la sfârșitul acestui capitol.

Pentru utilizarea listei trebuie să introduceți coordonatele punctelor inițiale (Min x,y,z) și finale (Max x,y,z). Puteți introduce (după alegerea tipului de obiect!!) coordonatele punctului (“vertex”) inițial respectiv final. Atenție: HFSS cere să introduceți dimensiunile (size) obiectelor, dar acestea vor fi completate automat dacă introduceți coordonatele punctului final. După terminarea listei puteți citi comentariile de la sfârșitul acestui capitol despre aer și despre linie.

Object name	Object type	Min. x,y,z	Max. x,y,z	Size
<i>air</i>	solid, box	-9, -9, -4	9, 9, 6	18 x 18 x 10
<i>dielbot</i>	solid, box	-5, -5, -0.16	5, 5, 0	10 x 10 x 0.16
<i>dieltop</i>	solid, box	-5, -5, 0	5, 5, 0.16	10 x 10 x 0.16
<i>ground</i>	sheet, rectangle	-5, -5, 0	5, 5, 0	10 x 10
<i>trace</i>	sheet, rectangle	-5, -0.2475, -0.16	2, 0.2475, -0.16	7 x 0.495
<i>slot</i>	sheet, rectangle	-0.0775, -0.7, 0	0.0775, 0.7, 0	0.155 x 1.4
<i>patch</i>	sheet, rectangle	-2, -1.5, 0.16	2, 1.5, 0.16	4 x 3
<i>slab</i>	solid, box	-5.1, -1.5, -0.8	-5, 1.5, 0	0.1 x 3 x 0.8

Începem cu cele două straori de dielectric. Alegeți în meniu **Solids**⇐**Box** pentru a crea stratul inferior sau apăsați pe icoana  din bara de butoane a programului. Acest strat se întinde de la punctul de coordonate (x,y,z) = (-5, -5, -0.16) la (x,y,z) = (5,5,0). Deci dimensiunile sale sunt (10, 10, 0.16). Activați coordonatele din partea stângă ferestrei dacă este necesar alegând “check box”-urile de lângă ele. Denumiți noul obiect **dielbot**. După ce l-ați creat puteți folosi icoana “Unzoom” sau **View**⇐**Fit All** în meniu pentru a îmbunătăți vizibilitatea.

Puteți crea dielectricul superior prin duplicarea celui inferior. Mai întâi trebuie selectat acesta din urmă prin folosirea icoanei de selecție  apoi indicarea cu mouse-ul în una din ferestre (se observă schimbarea culorii obiectului selectat) și alegerea comenzii Ok. Alegeți din meniu **Edit**⇐**Duplicate**⇐**Along Line**. Introduceți vectorul (0, 0, 0.16) (“Enter”) și un număr total de obiecte egal cu 2 (“Enter”) (original +copie). HFSS crează un al doilea obiect distanțat față de primul cu 0.16 cm după direcția z, deci așezat exact deasupra primului. Trebuie schimbat numele acestui obiect. Alegeți **Edit**⇐**Attributes**⇐**By Clicking** sau apăsați icoana  și selectați obiectul nou creat. Apăsați “OK”, schimbați numele în **dieltop** și apăsați din nou “OK”. Apăsați “Cancel” pentru a părăsi modul de modificare a atributelor.

Se crează în continuare obiectele **ground**, **trace**, **slot**, și **patch**. Alegeți **Lines**⇐**Rectangle** pentru fiecare obiect. Pentru fiecare obiect introduceți primul punct în partea stângă a ferestrei (x,y,z), apăsați “Enter”, alocați fiecărui obiect o dimensiune, un nume și o culoare, sau ca mai sus, introduceți coordonatele punctului (“vertex”) final. Aveți grijă să fie selectat numai planul XY deoarece se dorește ca aceste dreptunghiuri să fie orizontale. Numele și coordonatele se obțin din tabelul de mai sus. Aveți grijă să aveți selectată opțiunea “covered” deoarece această simulare necesită obiecte tip suprafață și nu doar linii cu nimic între ele. Puteți determina tipul obiectelor (sheet, solid, polyline etc.) prin apăsarea icoanei  ca mai sus. Înafara modificării numelui unui obiect puteți controla vizibilitatea aceluși obiect, dacă va fi inclus în soluție sau nu, dacă este desenat ca obiect sau ca un cadru (rendered/wireframe).

După ce s-au introdus toate cele patru obiecte de tip suprafață (“sheet”), se crează un paralelipiped (“solid box”) în jurul acestora, pentru a permite structurii să radieze. Cât de mare trebuie să fie această cutie? Ceea ce trebuie avut în vedere este că în momentul în care se introduc condițiile la limită, marginile absorbante sau de radiație care vor apărea pe suprafețele exterioare ale paralelipipedului să nu fie prea apropiate de obiectele care radiază câmpul electromagnetic. Regula de bază este că marginea trebuie să fie distanțată cu un sfert din lungimea de undă dacă dorim o analiză precisă a radiației antenei. Antena este concepută să radieze la 2GHz deci fețele paralelipipedului **air** va trebui să fie la 4cm depărtare de obiectele radiante. Se poate măsura această distanță pornind de la marginile planului de masă sau numai de

la marginile antenei patch. Alegerea depinde de importanța pe care o va avea radiația de la marginea planului de masă, relativ la radiația antenei patch. Pentru plane de masă de dimensiuni mari, aerul se poate plasa deasupra planului de masă în loc să îl inconjore. În cazul de față se aplică metoda prudentă de a plasa marginile radiante la cel puțin 4cm de marginile planului de masă în toate direcțiile, mai mult chiar decât atât deasupra antenei, ca fiind locul banuit al direcției de radiație a antenei. Se folosește comanda din meniu **Solids**←**Box** pentru a crea paralelipipedul umplut cu aer. Primul punct este $(x,y,z)=(-9, -9, -4)$ iar dimensiunile (18, 18, 10). Numiți acest obiect *air*.

Ultimul obiect necesar a fi definit este un solid pe care îl vom numi *slab*. Acesta va fi un obiect plasat la începutul liniei de alimentare a antenei (*trace*) pentru a permite definirea unui port intern structurii (în interiorul suprafeței de radiație). Fața acestui obiect care atinge linia va fi definită mai târziu ca un “port” prin care excitația electromagnetică intră în sistem. Cât de mare trebuie să fie acest port? HFSS calculează câmpuri și deci acest port va trebui să fie suficient de mare pentru a găzdui modelul de câmp electromagnetic caracteristic modului TEM în liniile microstrip. Ansoft recomandă ca acest port să fie mai lat de 5 până la 10 ori decât lățimea liniei și de 5 ori mai înalt decât grosimea dielectricului. În acest caz linia are o lățime de aproape 0.5 cm deci portul va avea o lățime de 6 cm. Dielectricul are o înălțime de 0.16 cm așa că portul va avea 0.8 cm înălțime. În plus o margine a portului ar trebui să coincidă cu planul de masă (deoarece liniile de câmp generate de linie se opresc la planul de masă și nu trec prin el).

Un port este bidimensional și deoarece trebuie să indicăm programului din ce direcție provine excitația inițială atunci când portul este intern structurii, trebuie să prevedem portul cu posibilitatea anulării radiației care ar avea direcția greșită, deci în spatele portului trebuie să apară o regiune metalică perfect conductoare. Această regiune nu va scurtcircuita portul deoarece în acest mod a fost realizat HFSS pentru lucrul cu porturi interne structurii. Acesta este motivul pentru care obiectul *slab* este tridimensional.

Pentru crearea acestui port tridimensional vom crea paralelipipedul prin deplasarea unui dreptunghi. Folosiți comanda **Lines**←**Rectangle** pentru a crea un dreptunghi (ca suprafață – “covered”) care are primul punct de coordonate (-5, -1.5, -0.8), paralel cu planul YZ, cu o dimensiune de 3 cm pe direcția y și 0.8 pe direcția z. Numiți dreptunghiul *slab*. Apoi se crează corpul tridimensional (“solid”) deplasând dreptunghiul pe o distanță de -0.1cm în direcția x (distanța este arbitrară, atât cât să paralelipipedul să nu fie extrem de subțire). Alegeți din meniu **Solids**←**Sweep**←**Along Vector**. Selectați dreptunghiul și alegeți vectorul de deplasare (-0.1, 0, 0).

În acest moment desenarea structurii este completă. Vă puteți întoarce la fereastra de comenzi alegând **File** ← **Exit**

Alegerea materialelor (“Setup Materials”)

Alegeți **Setup Materials** în fereastra principală și se va deschide o nouă fereastră pentru alegerea materialelor. Se poate observa că numai obiectele tridimensionale apar în listă. La obiectele bidimensionale impunerea tipului de material se face prin alegerea condițiilor la limită corespunzătoare (altfel spus suprafețele metalice nu vor fi caracterizate de un material metalic ci de o condiție la limită tip conductivitate mare.)

Alegeți materialele pentru aer și pentru port alegând în listă obiectele *air* și *slab* apoi selectând aer și conductor perfect ca material corespunzător, și cu comanda “Assign”.


Pentru dielectric vom adăuga un nou material pe listă. Alegeți **Material**←**Add**. În partea dreaptă se alege un nume pentru material (de ex. *eps254*) și o permitivitate electrică relativă de 2.54. După ce apăsați pe comanda “Enter” noul material este inclus în lista cu materiale și poate fi folosit. Cu ajutorul tastelor Ctrl sau Shift selectați ultimele două obiecte *dialbot* și *dialtop* și alocați-le la amândouă noul material (“Assign”).

Vă puteți întoarce la fereastra principală.

Alegerea condițiilor la limită și a surselor (“Setup Boundaries/Sources”)

În fereastra principală alegeți **Setup Boundaries/Sources** Se deschide fereastra programului de alegere a condițiilor la limită și de impunere a surselor.


Mai întâi atribuiți condiții de conductivitate perfectă obiectelor bidimensionale care nu au primit încă condiții de material. Alegeți în meniu **Edit←Select←By Name** În fereastra care apare asigurați-vă că opțiunea “Object” este selectată. Doriți să selectați obiectele 2D nu și fețele 2D ale obiectelor tridimensionale. Cu ajutorul tastei Ctrl, selectați simultan obiectele *ground*, *patch* și *trace*. Veți observa că ele își modifică culoarea în figură. Sub figură dați noii condiții la limită numele *metals* și asigurați-vă că este selectată opțiunea “boundary” și nu “source”. Tipul de condiție la limită este “Perfect E” (perete electric ideal). Aceasta înseamnă că metalele sunt considerate conductoare perfecte. Se poate desigur atribui condiția la limită pe rând celor trei obiecte.

În continuare veți desemna fața corespunzătoare a paralelipipedului metalic *slab* pentru a funcționa ca port. Aceasta este fața paralelipipedului orientată spre linia microstrip. Folosiți funcția de zoom pentru a vedea în detaliu paralelipipedul. Alegeți **Edit←Select←By Name**. În fereastra care apare alegeți opțiunea “Face”. Selectați obiectul *slab* și selectați pe rând fețele până ajunge să fie selectată fața care va fi portul. Alegeți “Done”. Sub figură selectați “Source” în loc de “Boundary”. Tipul de sursă fixați-l să fie “Port”. Fără a face alte modificări apăsați butonul “Assign”. Altă metodă de a selecta o anumită față constă în afectarea vizibilității celorlalte obiecte folosind icoana  pentru a lăsa numai paralelipipedul vizibil sau prin încercări prin nimerirea uneia din fețele paralelipipedului. și folosirea tastei N pentru trecerea ciclică prin toate fețele care pot fi selectate. În cele din urmă și fața anterioară a obiectului *slab* va fi selectată.

În acest moment numai două limite mai trebuie să fie definite. HFSS nu știe încă faptul că există o deschidere (*slot* – apertură) în planul de masă și nu știe că antena va radia în spațiul liber. Dacă ați ieși acum HFSS ar umple tot planul de masă cu o suprafață perfect conductoare iar în jurul aerului ar apărea o cutie metalică perfect conductoare.

Pentru apertură alegeți din meniu **Edit←Select←By Name**, aveți grijă ca opțiunea “Object” să fie aleasă și selectați obiectul *slot*. Sub figură dați condiției la limită numele *aperture*, aveți grijă să fie selectată opțiunea “Boundary” și alegeți tipul “Perfect H / Natural”. Natural indică o interfață naturală între două medii. Această condiție la limită face să apară deschiderea în planul de masă. Apăsați butonul “Assign”. Citiți avertismentul care apare pe ecran relativ la suprapunerea în aceeași zonă a două condiții la limită diferite. În acest caz este exact ceea ce ne interesează pentru că am afectat mai întâi condiția “Perfect E” planului de masă și apoi condiția “Natural” pentru apertură. Dacă ordinea introducerii condițiilor ar fi fost invers, condiția “Perfect E” ar fi înlocuit condiția “Natural” de la nivelul deschiderii.

În sfârșit alegeți obiectul *air* și afectați-i o condiție de tip condiții la limită cu radiații, și dați-i numele *abc*.

Întotdeauna este important să verificați porturile și condițiile la limită înainte de a trece mai departe. Alegeți din meniu **Model←Display Boundaries** sau alegeți icoana . Verificați condițiile la limită una câte una. Observați că numai paralelipipedul *slab* apare pentru selectarea condiției “s_metal”. Acest lucru este corect pentru că “s_metal” indică numai suprafața obiectelor tridimensionale metalice. Dacă efectuați dublu click pe un nume de condiție la limită se va schimba vizibilitatea obiectelor care dețin respectiva condiție la limită. După ce ați verificat toate condițiile vă puteți întoarce la fereastra principală închizând ferestrele de afișare și selecție a condițiilor la limită.

Alegerea Soluției și Analiza (“Setup Solution Parameters” și “Solve”)

Neglijiați comanda “Setup Executive Parameters” și apăsați butonul “Setup Solution”.

- Dacă nu aveți timp sau vi se pare acest exercițiu dificil alegeți următorii parametri pentru analiză: Frecvența de test (“single frequency”) va fi de 2.1 GHz, numărul de treceri adaptive – 5 (“Adaptive” – selectat, “Requested passes” – 5) Alegeți și “Fast Frequency Sweep” între 1.8 GHz și 2.4 GHz cu 999 pași. Apăsăți “OK” și apoi “Solve” pentru a calcula soluția. Calculul durează 5-10 minute, memoria necesară este de 60Mo. Puteți trece la următorul capitol.
- Dacă sunteți curioși cu privire la posibilitățile programului alegeți în felul următor: Frecvența de test de 2.1 GHz, numărul de treceri adaptive – 2 și Delta S – 0.05. Două treceri adaptive nu sunt aproape niciodată suficiente, dar după acești doi pași vom putea accelera convergența. Aveți grijă ca “Fast Frequency Sweep” să nu fie selectată și apăsăți “OK” și apoi “Solve” pentru a calcula soluția.

HFSS crează o rețea de tetraedre inițială grosieră, bazată numai pe geometrie și apoi o finisează astfel încât nici un tetraedru să fie mai mare decât un sfert din lungimea de undă corespunzătoare frecvenței introduse. Calculează o primă soluție, determină unde soluția este mai imprecisă, realizează în acel loc o rețea mai fină și calculează o a doua soluție. Când analiza se termină, apăsați pe butonul “Matrix” din fereastra corespunzătoare proiectului. Pe ecran va apărea o listă a soluțiilor, soluțiile care încep cu A_ sunt rezultatele trecerilor adaptive pentru frecvența afișată în stânga: A_1 pentru prima trecere, A_2 pentru a doua etc. Soluțiile care încep cu S_ sunt soluțiile baleierii frecvențelor și în a doua coloană poate fi aleasă în acest caz frecvența pentru care se doresc detalii. Mărimea afișată este impusă de a treia coloană “Modal View” sunt câteva mărimi ce pot fi afișate, dar în acest caz suntem interesați doar de parametrii S. Parametrii pot afișați în dB, ca modul, fază, etc.

În această simulare cu două treceri adaptive se poate observa că apare reflexie aproape totală. Acest lucru este de așteptat deoarece avem de a face cu o structură rezonantă și este foarte posibil să ne situăm lângă rezonanță cu o eroare chiar mică. Această situație nu este avantajoasă deoarece HFSS va face finisarea rețelei mai ales în zona liniei microstrip unde câmpul are valori considerabile și nu în aer (unde la reflexie totală vom avea câmpuri neglijabile). Vom forța manual ca rețeaua să se apropie de cea pe care o considerăm mai potrivită pentru structura analizată.

Alegeți din nou “**Setup Solution**”. Mai cereți încă doi pași adaptivi și o baleiere de frecvență între 1.8 și 2 GHz cu 999 pași. În plus, vom controla manual rețeaua. Alegeți **Mesh Options** ← **Manual Mesh** ← **Define Manual Mesh**, selectați ca punct de plecare rețeaua curentă (“current”). Va apărea o nouă fereastră numită Mesh3d pentru definirea rețelei.

Se poate vedea rețeaua curentă creată în obiecte selectând un obiect și alegând din meniu **Mesh** ← **Show Mesh**. Dacă selectăm paralelipipedul corespunzător aerului și arătăm rețeaua vom observa o rețea aproximativ egal distribuită în interiorul obiectului. Putem alege finisarea rețelei, în același mod în care are loc acest lucru în timpul proceselor adaptive. Alegeți **Refine**←**Object**←**By Length**. O nouă fereastră apare și vi se spune câte tetraedre sunt în interiorul obiectului, care este lungimea maximă, minimă și efectivă (RMS) a acestora. Vi se cere să introduceți dimensiunea maximă a tetraedrelor și numărul de tetraedre care pot fi adăugate pentru a nu apărea o creștere excesivă a acestora. Faceți să apară o lungime maximă egală cu 2cm și un număr suplimentar de tetraedre egal cu 1000. Apăsăți “Ok” și puteți observa o rețea mai densă în volumul de aer.

De asemenea regiunea cea mai apropiată de patch trebuie să aibă o împărțire suficient de fină. Deselectați obiectul *air* și faceți să devină invizibil. Vom face finisarea rețelei într-o zonă care nu este limitată de un anume obiect. Alegeți **Refine**←**Box**←**By Length**. În stânga definiți punctul de plecare în poziția (-2.5, -2, -0.5) și dimensiunea (5, 4, 1). Alegeți o dimensiune maximă de 1.2 și numărul maxim de elemente ce trebuie adăugate 1000. Alegeți “Ok”, **File**←**Save** și **File**←**Exit** pentru a vă întoarce la fereastra de alegere a soluției. Asigurați-vă că rețeaua de plecare este fixată pe poziția “Manual” după care porniți din nou analiza.

Este important să evidențiem faptul că motivul principal pentru care am introdus rețeaua modificată manual este doar exercițiul. Rafinarea adaptivă oferă în acest caz un rezultat rezonabil fără toate aceste modificări. Rețeaua manuală permite utilizatorilor experimentați să ajute programul în găsirea unei convergențe mai rapide. Există totuși pericolul supraîncărcării. Puteți alege prea multe tetraedre și soluția să devină prea lentă. Comparați rezultatele cu cele obținute anterior. Dacă rezultatele sunt diferite, probabil cimele sunt mai precise. Trebuie în funcție de problema de rezolvat să decideți dacă precizia mai bună justifică resursele suplimentare folosite (ca exemplu timpul crește de la 5 la 15 minute, memoria necesară de la 60Mo la 220Mo).

Post Procesare; Date (Post Process \Leftarrow Matrix Data)

Alegeți **Post Process \Leftarrow Matrix Data** din meniul principal. Acest meniu vă oferă posibilitatea să realizați următoarele procesări:

1. decapsulare (“de-embed”) adică adunarea sau scăderea unei secțiuni de linie de transmisie.
2. renormalizarea impedanței portului la o anumită valoare.
3. calcularea matricii impedanță.
4. exportarea datelor din matrice pentru a fi utilizate într-un alt program (simulator de circuit de exemplu).

Decapsularea va fi făcută la început. În acest moment planul de referință este planul în care se găsește portul. Acesta ar putea să nu fie același plan de referință întâlnit în alte situații, în măsurători experimentale de exemplu. Să presupunem că la măsurare rezultatele se obțin în raport cu planul $x=2$, în timp ce la simulare portul se găsește în planul $x=5$. Pentru o comparare corectă, trebuie să facem corecția pentru acest lucru. Acest proces se numește decapsulare.

În meniul din programul Matrix Data alegeți **Compute \Leftarrow De-embed** în timp ce S_1 este selectat (variația (“sweep”) 1). Programul de decapsulare apare. În partea stângă a meniului alegeți o distanță de 3cm (introduceți 3 în caseta de editare apoi apăsați butonul “Set Distance” și va apărea o săgeată). Asigurați-vă că săgeata arată în direcția corectă, înspre structură. Opțiunile “Into Object” și “Out from object” se referă la obiectul pe care este definit portul. Când apăsați OK ajungeți din nou în programul Matrix Data. Aici veți putea vedea o nouă mărime în listă: D_1 care este matricea S decapsulată. Când veți compara vectorii S_1 și D_1 veți vedea că singura diferență este faza schimbată a parametrului S corespunzătoare diferenței de drum egale cu dublul lungimii liniei de transmisie. Am definit linia de transmisie ca fiind ideală deci numai faza se modifică.

După această corecție relativă la locul în care se găsește planul de referință, se poate face renormalizarea impedanței liniei de transmisie. În programul Matrix Data selectați D_1 din lista de soluții. La dreapta alegeți opțiunea “Port Zo”. Puteți vedea că impedanța portului este aproape de 50 ohmi dar totuși există o eroare de câțiva ohmi. Să presupunem că veți ști că în practică, atunci când se va realiza antena, va fi conectată la o linie de transmisie de exact 50 ohmi care va începe în planul $x=2$ pe care tocmai l-am definit. Meniul de renormalizare vă permite să adaptați rezultatele din HFSS în așa fel încât să puteți prevedea ce se va întâmpla când veți construi această structură și o veți conecta la o linie cu impedanța de 50ohmi. Alegeți **Compute \Leftarrow Renormalize** acceptați valorile implicite în următoarea fereastră care apare, (normalizarea o facem la 50 de ohmi), și apăsați OK. În fereastra Matrix Data veți avea o soluție suplimentară R_1 care este soluția D_1 renormalizată. Comparați parametrii S pentru soluțiile R_1 și D_1 . Diferă puțin și ca modul și ca fază. Reflexia este puțin mai mare datorită discontinuității pe care am introdus-o. (47-50ohmi).

Acum trebuie calculată impedanța de intrare a antenei. Această operație putea fi făcută și fără decapsulare sau renormalizare. Așa ar fi trebuit făcut dacă planul de referință ar fi rămas la locul în care s-a definit portul și dacă liniile de transmisie ar fi fost aceeași de o parte și de alta a portului. Totuși trebuie să rețineți că impedanța de intrare este foarte sensibilă la locul în care se găsește planul de referință. Alegeți R_1 în lista cu soluții. În programul Matrix Data alegeți din meniu **Compute \Leftarrow Z Matrix**. Veți observa


că acum putem vedea matricea Z (opțiune care anterior nu putea fi selectată) Matricea Z are doar un element (matrice 1x1) ceea ce este normal din moment ce este o structură cu un singur port.

Alegeți **File** ⇐ **Exit** pentru a vă întoarce la fereastra principală.

Post Procesare; Afișarea parametrilor (Post Process ⇐ Matrix Plot)

Primele rezultate care ne interesează sunt parametrii S ca funcție de frecvență. Aceștia au o legătură directă cu mărimile ca pierderi prin reflexie, pierderi prin neadaptare, și factorul de undă staționară VSWR. În meniul principal alegeți **Post Process** ⇐ **Matrix Plot**. Va apărea programul de afișare a datelor.

În acea fereastră alegeți din meniu **Plot** ⇐ **New Plot**. Urmăriți valorile implicite ca să fiți siguri că le puteți accepta (asigurați-vă mai ales că S₁₁ este selectat) și când ați terminat apăsați OK. Un grafic cu variația lui S₁₁ în funcție de frecvență apare. Schimbați scala și diviziunile dacă doriți făcând dublu click oriunde pe grafic și efectuând modificări în fereastra care apare. Veți vedea că S₁₁ este destul de mic la frecvența de rezonanță: mai puțin de 10% din putere este reflectată. Deasemenea puteți vedea că antena nu este o antenă de bandă largă. Banda poate fi ușor determinată dacă se face graficul în dB. Selectați

Plot ⇐ **New Plot** și cereți graficul în dB. Alegeți în meniu **View** ⇐ **Show Coordinates**  ceea ce vă poate ajuta să determinați banda.

Un alt mod interesant de a afișa datele este diagrama Smith. Alegeți în meniu din nou **Plot** ⇐ **New Plot** și cereți S₁₁ ca o variație pe diagrama Smith. Diagrama Smith este complicată dar nu reprezintă decât o reprezentare polară a unui coeficient de reflexie polar. Punctele de lângă marginea cercului indică o adaptare slabă cu linia de transmisie de intrare (reflexie aproape egală cu 1), în timp ce punctele de lângă centru indică o adaptare bună (reflexie apropiată de 0). Rețineți că direcția în care se trasează punctele pe diagrama Smith este întotdeauna în sens orar direct la creșterea frecvenței. Diagrama Smith este utilă mai ales în proiectarea rețelelor de adaptare.

Alegeți **Window** ⇐ **Close All** pentru a închide toate ferestrele.

În sfârșit alegeți **Plot** ⇐ **New** din nou pentru a reprezenta impedanța de intrare. Pentru aceasta va trebui să selectați R₁ din lista cu soluții și matricea Z în lista cu parametrii calculați. Deasemenea alegeți modulul pentru a fi reprezentat (“magnitude”). După ce apare graficul faceți dublu click oriunde și alegeți pentru axa verticală ceva mai potrivit (0-400 ohm cu 9 diviziuni) Antena este slab adaptată cu linia de intrare la frecvențe unde are o impedanță de intrare care este fie mult mai mare fie mult mai mică decât 50 de ohmi. Antena este **posibil** să fie bine adaptată cu linia de intrare unde impedanța de intrare este apropiată de valoarea de 50 ohmi. Puteți observa că graficul traversează linia de 50 de ohmi de trei ori. Aceasta nu înseamnă că antena este adaptată perfect cu linia la aceste 3 frecvențe. Graficul parametrilor S a arătat în mod clar o singură rezonanță și nu 3. Nu trebuie pierdut din vedere că impedanța este de fapt complexă. Pentru a avea adaptare este necesar ca și faza impedanței să corespundă celei a linie de intrare. Alegeți **Plot** ⇐ **Add to Plot**, și adăugați și faza impedanței antenei la grafic. Frecvența la care antena rezonază și unde puterea reflectată are un minim este cea unde impedanța complexă este cea mai apropiată de valoarea (50 ohm, 0 grade)

Parăsiți programul alegând din meniu **File** ⇐ **Exit**. Nu este nevoie să salvați nimic în acest punct.

Post Procesare; Afișarea câmpurilor (Post Process ⇐ Fields)

La sfârșit vom privi mai degrabă câmpul electromagnetic generat decât parametrii S și Z: veți genera caracteristica de directivitate a antenei și veți putea vedea câmpurile din interiorul structurii. Înainte de a

intra în procesorul de câmpuri apăsați pe butonul Matrix în fereastra principală și verificați care este frecvența de rezonanță a structurii. Procesarea se va face la această frecvență.

Alegeți **Post Process** \Leftarrow **Fields** din meniul principal. Se deschide procesorul 3D. Apoi alegeți din meniu **Data** \Leftarrow **Edit Sources**. Acesta este un meniu important cu toate că este uitat deseori. Într-un sistem multiport și/sau multimod, puteți selecta sau deselecta porturile și modurile respective și să le excitați cu orice amplitudine și fază. Într-o problemă de reflexie se poate alege între câmpurile totale și cele reflectate. Deasemenea, după o variație a frecvenței puteți alege frecvența la care doriți să vedeți câmpul, acest caz fiind cel care ne interesează în acest moment. Specificați frecvența de rezonanță și apăsați OK pentru a încărca câmpurile corespunzătoare acestei frecvențe.

Vom produce o diagramă de directivitate. Alegeți **Compute** \Leftarrow **Far Field**. Următoarea fereastră vă cere să specificați unghiurile. Vom încerca să vedem ce înseamnă aceste unghiuri. Cele două diagrame pe care le veți construi vor fi în planul x,z respectiv y,z . HFSS lucrează cu unghiurile theta și phi în coordonate sferice. Theta este unghiul de la axa z până la punct, phi este unghiul de la axa x până la punct. Deci o caracteristică a antenei în planul x,z va avea phi=0 și o diagramă în planul y,z va avea phi=90 grade. În casetele de editare pentru phi introduceți start=0, stop=90, steps=1. Ambele diagrame vor fi trasate pentru theta în toată gama de variație deci alegem pentru theta start=0, stop=360, sttpe=72.

Următoarea fereastră folosiți-o pentru a cere o diagramă de directivitate pentru phi=0 și phi=90 într-o diagramă 2D polară. Diagramele de directivitate sunt proporționale cu puterea și sunt relative la puterea care ar fi radiată de un radiator izotropic (o sursă care radiază în toate direcțiile în mod egal)

Pentru a produce diagrama de câștig a antenei alegeți **Plot** \Leftarrow **Far Field** și alegeți să vi se reprezinte această mărime, elegând eventual o diagramă polară 3D. În acest caz va arăta ca diagrama de directivitate. Ar fi arătat în mod diferit dacă antena ar fi avut pierderi interne deoarece diagrama de câștig are în vedere tocmai acest lucru. Explorați în continuare câteva din facilitățile programului cum ar fi **Window** \Leftarrow **Tile**, **Window** \Leftarrow **Cascade**, **Plot** \Leftarrow **Modify**, **Plot** \Leftarrow **Delete** și **Window** \Leftarrow **Close**.

Pentru a sfârși exercițiul vom reprezenta câmpul în planul x,z . Mai întâi trebuie să realiză o secțiune care să coincidă cu planul x,z . Alegeți **Geometry** \Leftarrow **Create** \Leftarrow **Cutplane**. Apoi, în partea stângă a ferestrei alegeți $(x,y,z)=(0,0,0)$ Numiți planul **sectxz**. Apăsați butonul “Set” sub eticheta “Origine”. Apoi faceți $(x,y,z)=(0,1,0)$ și apăsați butonul “Set” de sub eticheta Normal. Apăsați OK.

Acum când secțiunea e definită alegeți **Plot** \Leftarrow **Field**. În fereastra care apare alegeți “Mag. E” și “Surface sectxz”. Notați noua secțiune definită apare în listă împreună cu planele și suprafețele obiectelor pe care vom putea reprezenta câmpul. Alegeți OK pentru a închide această fereastră și de asemenea în fereastra următoare. Probabil că nu veți observa mare lucru. Aceasta se întâmplă deoarece culorile sunt raportate la valoarea maximă a câmpului și cum în linia de transmisie câmpurile sun cu un ordin de mărime mai mari decât în aer, figura apare foarte plată. Faceți dublu click pe scală și în fereastra care apare schimbați valoarea maximă sa fie de 20-30 de ori mai mică din cea care este iar minimul la 0 daca este necesar. Alegeți “OK”

Se poate face și o variație a fazei (film). Alegeți **Plot** \Leftarrow **Field** din nou și selectați căsuța “Phase animation”. Uurmați pașii și veți vedea un film care arată variația în timp a câmpului electric în jurul antenei.

Sfârșit