

Obsluha programovacieho prostredia FEKO

Názov FEKO je skratka odvodená z nemeckého výrazu „*FE*ldberechnung bei *K*örpern mit beliebiger *O*berfläche“ (Výpočet elektromagnetického poľa objektov ľubovoľného tvaru.) Teda ako už názov napovedá, FEKO možno použiť pre rôzne typy analýzy elektromagnetického poľa objektov ľubovoľného tvaru.

FEKO je softvér, tvorený z 3 častí CAD FEKO, POST FEKO a EDIT FEKO, určený pre analýzu širokého spektra elektromagnetickej problematiky. Aplikácie zahrňujú modelovanie objektov (od jednoduchých antén až po zložité objekty ako sú automobily, alebo ľudské telo), túto úlohu vykonáva CAD FEKO a výsledky simulácie sú zobrazené v prostredí POST FEKO (intenzita poľa, ktorú tento objekt vyžaruje, vyžarovacie charakteristiky, zisk antény a pod.).

Poznámka: Nasledovne vykonáme analýzu niekoľkých typov antén v tomto prostredí (verzia 7.0). V jednotlivých krokoch si ukážeme postup pri vytvorení polovlnného dipólu. Pre vykonanie simulácie stačí sledovať takto označený text.

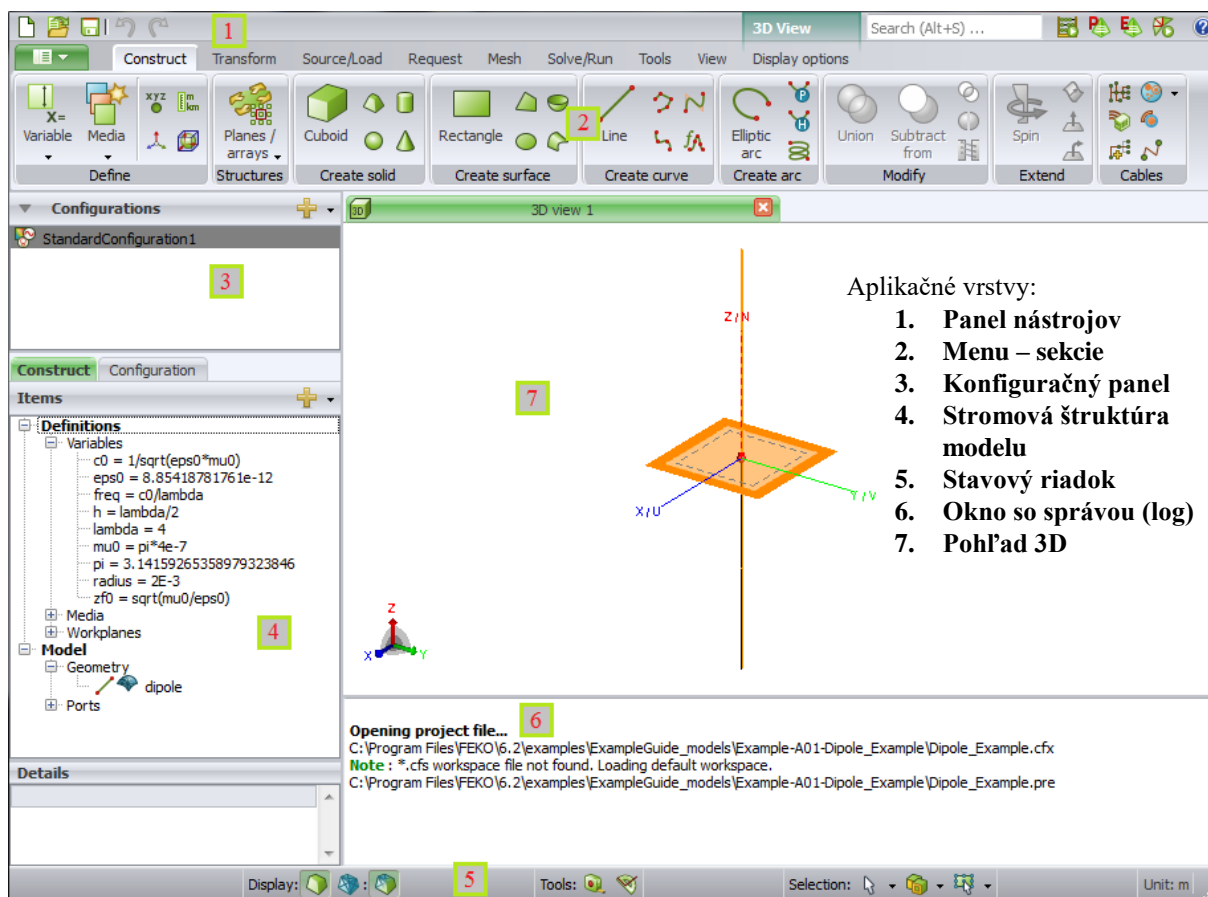
Polovlnný dipól

Spustíme program CAD FEKO, ktorého odkaz je na pracovnej ploche. Úvodná obrazovka nás vyzýva k vytvoreniu nového objektu, alebo otvoreniu existujúceho modelu.

- Klikneme na „Open an existing model“.

Zvolíme cestu k modelu (Dipole_Example.cfx), ktorý je potrebné stiahnuť z [FTP servera](#) predmetu. (.../EVaA/materialy/Cvicenia/Cv03/...):

- X:\..\path..\Dipole_Example.cfx



Pre vytvorenie tohto modelu bolo nutnosťou definovať konštanty Definitions - Variables v sekcii 4 (Stromová štruktúra modelu). Ukážeme si vytvorenie jednej z nich.

Klikneme pravým tlačidlom na Variables a zvolíme add Variable. Otvorí sa nové okno, v ktorom je možné vytvárať tieto premenné (alebo aj rovnice). Vyplníme toto okno podľa hodnôt na obrázku (vľavo) a klikneme na Evaluate kde prebehne výpočet rovnice. Ďalej klikneme na tlačidlo add výsledkom bude rovnica zapísaná v tvare $\lambda=4$. Podobným spôsobom boli vytvorené aj ostatné premenné nevyhnutné pre

výpočet ostatných parametrov (aj parametrov antény ukázané v ďalšom kroku), ako rýchlosť svetla - c_0 , frekvencia - $f_{req}=c_0/\lambda$, dĺžka dipólu - $h=\lambda/2$, atď. (viď obrázok hore, aplikačná vrstva 4). Každú z týchto rovníc (premených) je možné editovať.

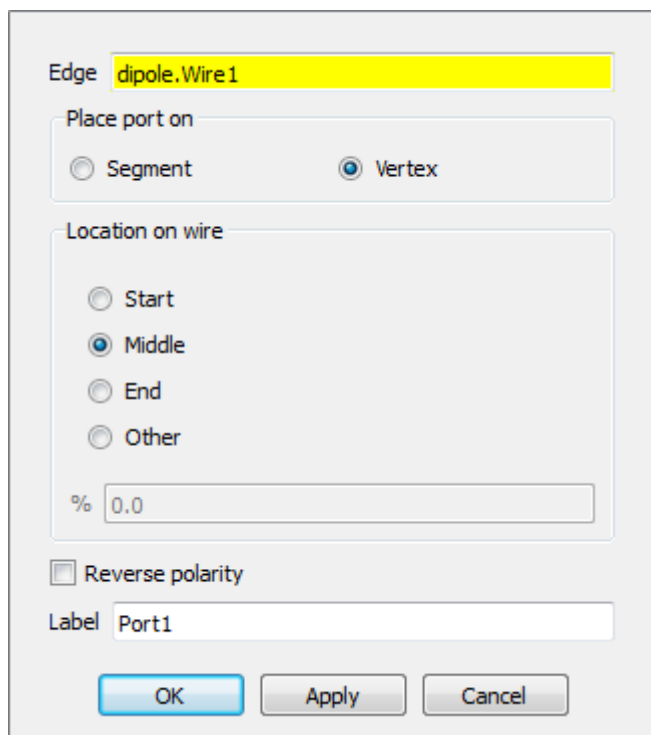
Ďalším krokom bolo vytvorenie objektu (modelovanie). Ukážeme si teda, ako bol vytvorený tento polovlnný dipól.

V panely nástrojov Construct a v sekcii 2 Create curve klikneme na Line následkom čoho sa nám otvorí nové okno create line (vľavo). Okno sa skladá z dvoch záložiek Geometry a Workplane. Do polí tohto okna sa definujú hodnoty pre vytvorenie čiary (objektu), ktorá je určená dvoma bodmi v záložke Geometry a pozíciou v záložke Workplane. Každý model je tvorený niekoľkými objektmi a každý z týchto objektov má vlastnú pracovnú rovinu (workplane). Workplane si možno predstaviť ako stred súradnicového systému daného objektu. V našom prípade sa dipól ako model bude skladať len z jedného objektu a preto nebude nutné určovať pozíciu tohto objektu. Ostávame teda v záložke Geometry a vytvoríme dva body Start point a End point, ktoré budú tvoriť začiatok a koniec čiary (nášho dipólu). Tieto body sú určené hodnotami U, V, a N (X, Y a Z) súradnicového systému (ako je na obrázku vľavo). Chceme, aby tento dipól prechádzal stredom súradnicovej sústavy a rovnobežne s rovinou N. Preto hodnoty U a V oboch bodov budú rovné nule a hodnoty N budú $-h/2$ a $h/2$. Tu vidíme využitie premennej h, ktorá bola vytvorená v predošlom kroku. Absolútna vzdialenosť týchto bodov je teda $2 * h/2 = h$.

Klikneme na tlačidlo Create.

Poznámka: počas niektorých krokoch nás program môže vyzývať k uloženiu modelu, nakoľko mohlo dôjsť k jeho zmenám, alebo ešte nebol vytvorený zdroj súboru.

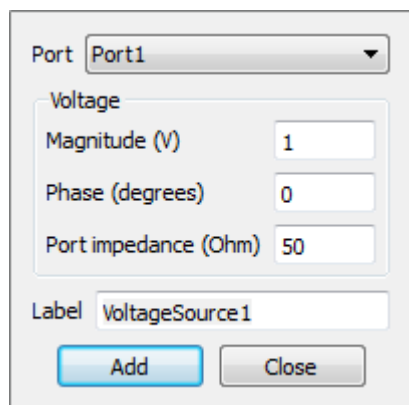
Máme vytvorený model antény, teraz je nutné uviesť pozíciu bodu, v ktorom bude anténa zaťažená. Tento bod sa nazýva port.



V panely nástrojov Source/Load a v sekcii 2 Geometry ports klikneme na Wire port. Otvorí sa okno, kde v poli Edge bude názov objektu ktorý chceme zaťažiť a v Location on wire zvolíme jeho pozíciu v tomto objekte. Pre náš prípad bude naša anténa (dipól) zaťažena v strede. Zvolíme teda Middle (obrázok vľavo).

Klikneme na tlačidlo OK.

Poznámka: na pozíciu portu sa vzťahujú ďalšie parametre ako: S-parameter, zdroj napätia amplitúda, frekvencia, atď.



Voltage source (zdroj napätia) nájdeme v sekcii Sources on ports. Predstavuje náhradný napät'ový zdroj, ktorého parametre (Magnitude (V), Phase (degrees) a Port impedance (Ohm)) sa vzťahujú na Port1 (obrázok vpravo), ktorý sme vytvorili už pred tým (bez pridania napät'ového zdroja nemá port zmysel).

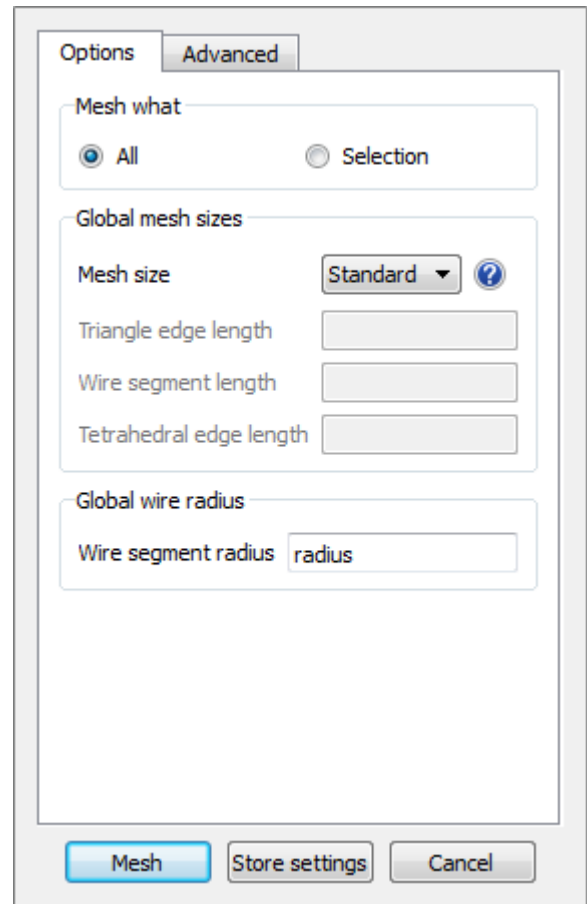
Klikneme na tlačidlo add.

Zatiaľ pracujeme len s modelom antény. Po ukončení modelovania a pred simuláciou (Solve/Run) je potrebné tento model previesť do štruktúry elementárnych objektov (trojuholníkov – triangles). Pre každý trojuholník prebehne výpočet charakteristík počas simulácie samostatne. Túto štruktúru a výsledky simulácie bude počítač prezentovať v oblasti POST FEKO. Rýchlosť kompilácie bude závisieť od veľkosti plochy týchto trojuholníkov. Pri zvolení menšieho obsahu trojuholníka narastie ich počet a teda aj čas trvania simulácie, čo na úkor toho zvýši presnosť výsledkov.

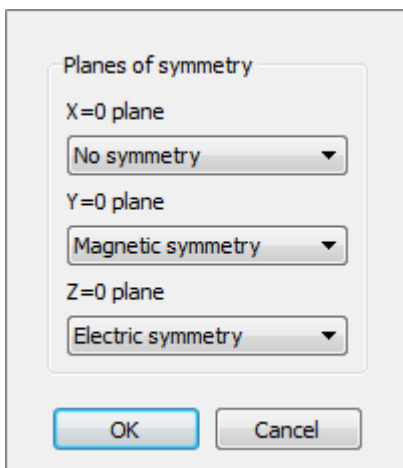
Náš dipól je tvorený iba dĺžkou h a, nemá žiadne iné rozmery. Je potrebné aplikovať funkciu mesh.

V panely nástrojov klikneme na mesh a v sekcii meshing na Create mesh. Mesh sa dá nastaviť na jednotlivé objekty (Selection) osobitne tie, ktoré boli vyselektované, alebo na všetky hromadne (All) (obrázok vpravo). V prípade dipólu sa len nastavuje nastavuje parameter Wire segment radius. Ktorý nám hovorí, aký priemer bude mať drôt (dipól) a ten bude následne zobrazený v simulačnej oblasti POST FEKO už nie ako línia, ale ako valec s veľmi úzkym priemerom (podľa toho akú hodnotu sme priradili poľu Wire segment radius).

Poznámka: hodnota radius bola definovaná vo Variables (radius=2E-3).



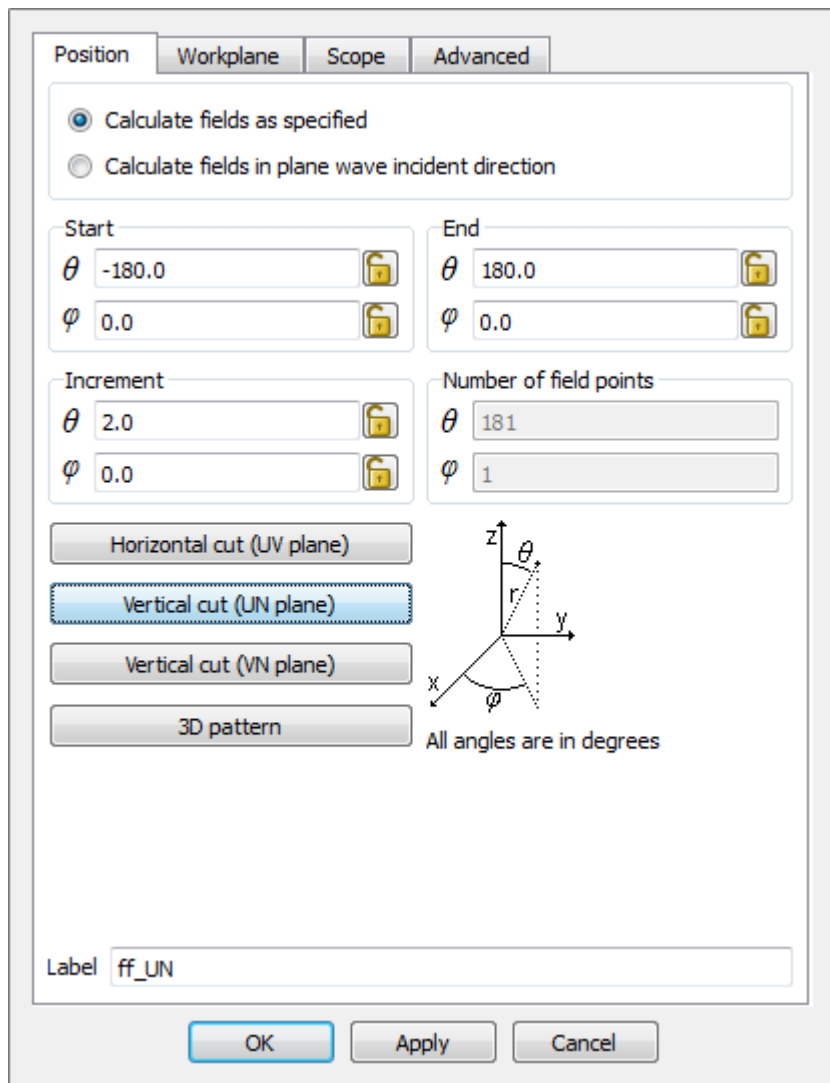
Posledným nastavením pred uvedením antény do simulácie je správne nastavenie symetrie: Magnetic symmetry a Electric symmetry. Tieto symetrie sú na seba kolmé a vo svojej rovine v ktorej sú definované, zaberajú celú oblasť modelu.



V panely nástrojov klikneme na Solve/Run a v sekcii Solution settings na Symmetry. Otvorí sa okno, vid' obrázok vľavo. Aby simulácia vôbec mohla začať, je nutné správne priradiť symetriu k rovine. Pre náš prípad sa bude voliť symetria Magnetic symmetry v rovine Y a Electric symmetry v rovine Z.

Klikneme na tlačidlo OK.

Ďalším **klúčovým nastavením** je určiť body opisujúce kružnicu okolo antény, v ktorých sa počas simulácie budú merať parametre (intenzita elektromagnetického poľa a jeho dosah, zisk, atď). Toto umožňuje funkcia Far fields.



V panely nástrojov klikneme na Request a v sekcii Solution requests na Far fields. Klikneme na Vertical cut (UN plane) a všetky hodnoty sa automaticky priradia, čím vznikne kružnica, ktorá bude zaplnená bodmi, do ktorých budú uložené hodnoty na základe simulácie. Inými slovami v týchto bodoch sa budú merať parametre ako intenzita poľa, zisk antény a jej dosah počas simulácie. Ďalej si všimnime položku Increment. Tá udáva po koľko stupňoch bude pridaný rád bodov v horizontálnom a vertikálnom smere. Napr. pre horizont platí $360^\circ/2 = 180$ bodov (ako môžeme vidieť na obrázku vľavo).

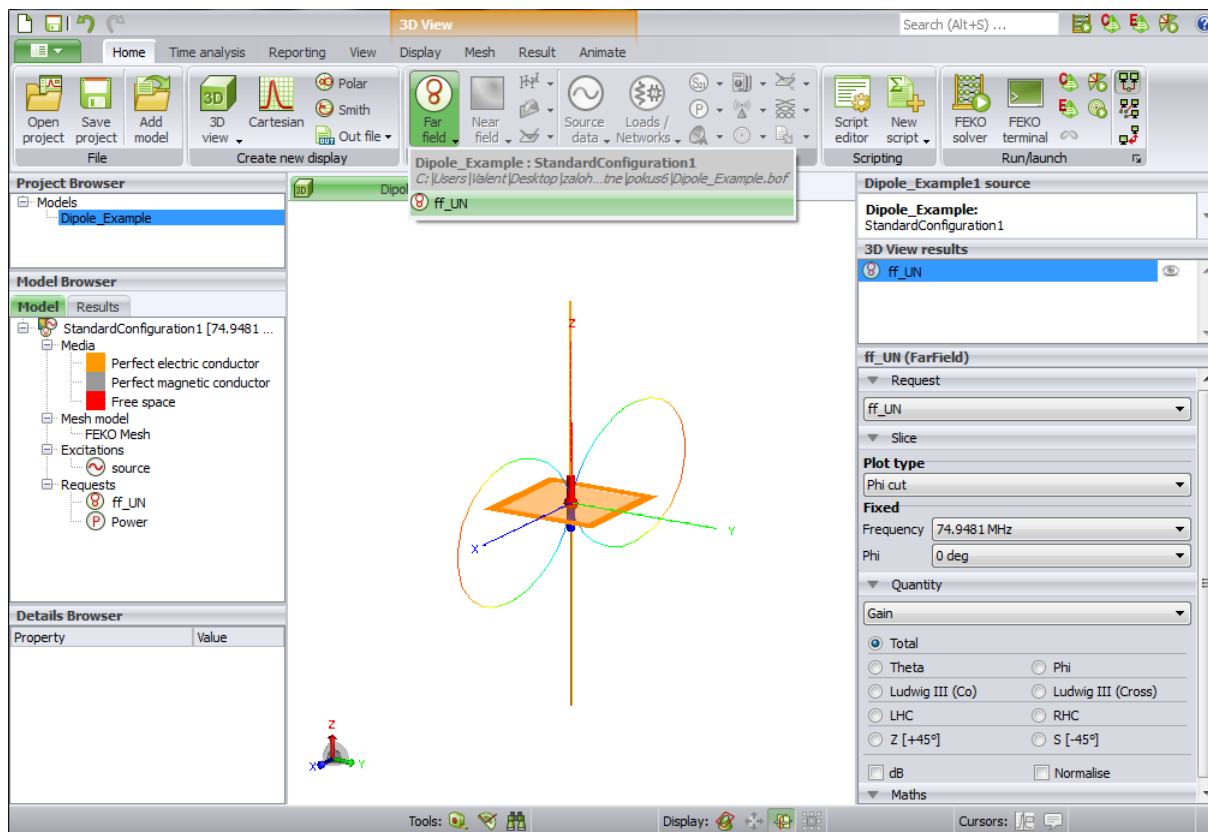
Poznámka: čím menší bude inkrement, tým bude pole zreteľnejšie pre rýchle zmeny elektromagnetického poľa, meranie teda bude presnejšie. Kliknutím na

3D pattern sa vytvorí guľa zaplnená týmito bodmi a inkrementom zadávame hustotu bodov v horizontálnom a vertikálnom smere tejto guľovej plochy. Tu už ide vlastne o charakteristiky v priestore a nie v rovine, ako to bolo pri Vertical cut!

- Posledným krokom je spustenie simulácie. V panely nástrojov klikneme na Solve/Run a v sekcii Run/launch klikneme na FEKO solver. Spustí sa okno runfeko a priebeh simulácie zložený zo záložiek: Output, Notices, Warnings a Errors, ktoré indikujú priebežný stav simulácie. Ak simulácia prebehne úspešne, klikneme na tlačidlo OK a zobrazíme si jej výsledky kliknutím na POST FEKO v tej istej sekcii.

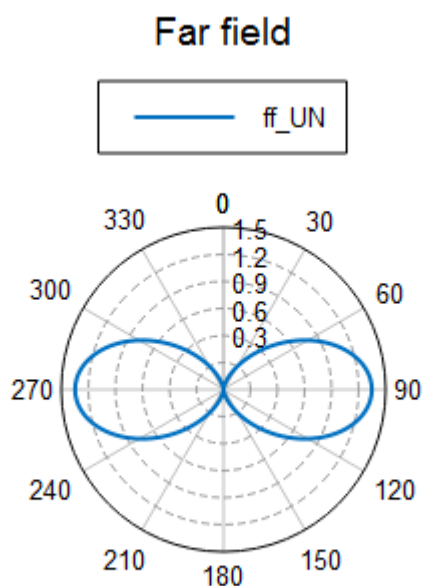
Spustili sme program POST FEKO, kde vidíme náš model antény ako štruktúru (mesh) a kde si môžeme pozrieť výsledky simulácie.

V panely nástrojov klikneme na Home a v sekcii Add results na Far field. Zroľuje sa nám ponuka, ktoré polia chceme zobraziť. V predošlých krokoch (CAD FEKO) sme zadefinovali iba jedno pole, s názvom ff_UN. Klikneme naň. V pohľade 3D nám k anténe pridruží vyžarovaciu charakteristiku, resp. zisk polovlnného dipólu ako môžeme vidieť na obrázku dole. Pohľad môžeme jednoducho meniť kliknutím na plochu a posuvom myši do strán. Zobrazená charakteristika je zisk antény Gain v lineárnych mierkach (obrázok dole, vpravo dole položka Quantity). Na prepočet do decibelovej mierky stačí kliknúť na zaškrtačacie políčko dB.



Zobrazenie charakteristík v polárnej súradnicovej sústave:

V panely nástrojov Home klikneme na Polar v sekcii Create new display. Teraz nás prepne z 3D módu do polárneho súradnicového systému (medzi týmito dvoma zobrazeniami sa dá jednoducho prepínať $\text{ctrl}+\text{tab}$). Pre zobrazenie charakteristík, opäť v panely nástrojov klikneme na Home a v sekcii Add results na Far field. Zobrazí sa obrázok dole a opäť sa môžeme prepínať medzi lineárnou a decibelovou mierkou kliknutím na zaškrťavacie políčko dB (v položke Quantity).



Total Gain (Frequency = 74.9481 MHz; Phi = 0 deg) - Dipole_Example

Yagi anténa

Anténa Yagi-Uda, je smerová anténa pozostávajúca z jedného napájacieho prvku (obvykle tvorený zložením polovlnných dipólov) a niekoľkými parazitnými prvkami (obvykle jeden reflektor a dva až niekoľko desiatok direktorov).

Otvoríme si teda model antény Yagi v programe CAD FEKO a odsimulujeme jej parametre (zisk). Postupujeme presne tak isto, ako v prípade modelu polovlnný dipól.

- Stlačíme klávesovú skratku **ctrl+o**

Zvolíme cestu k otvoreniu modelu (antény YAGI), ktorý sme si stiahli z FTP servera predmetu:

- **X:*path*\Yagi_Pattern_Optimisation.cfx**

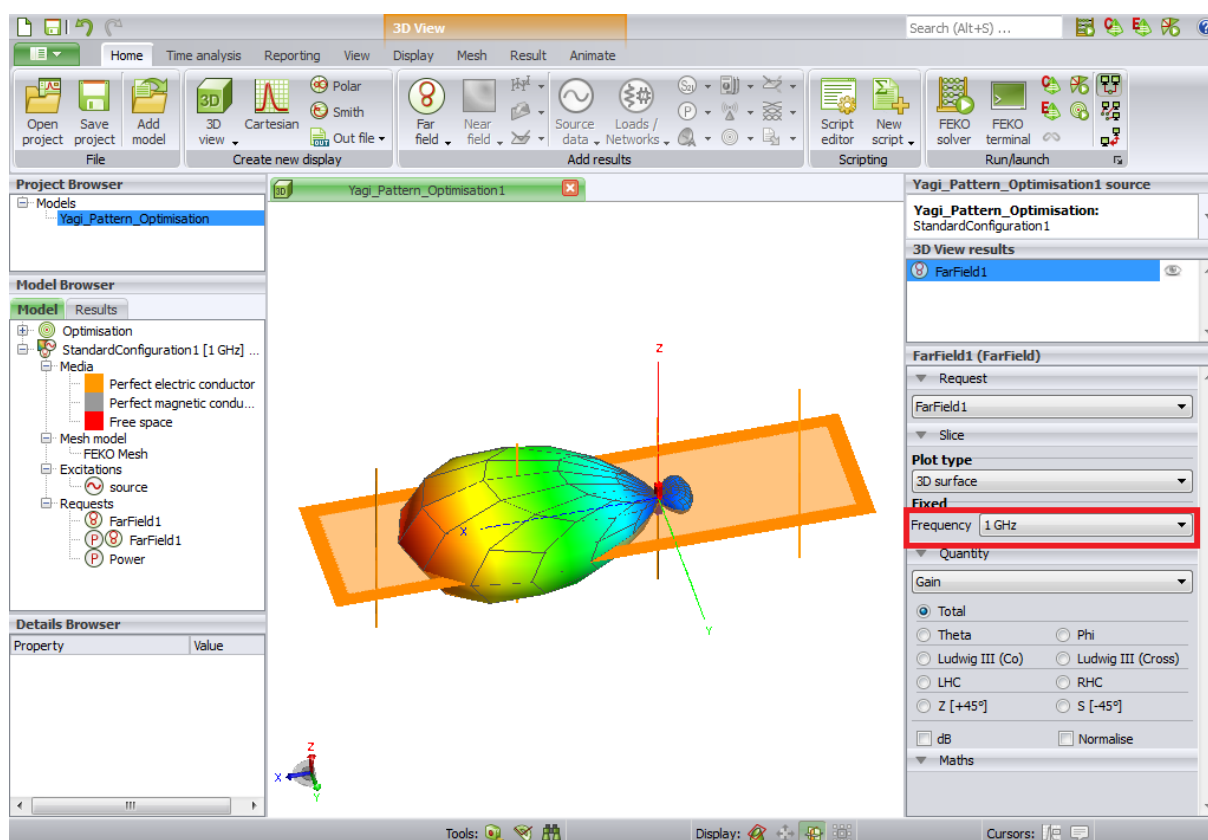
- V panely nástrojov klikneme na **Solve/Run** a v sekcii **Run/lauch** klikneme na **FEKO solver**.

- Po ukončení simulácie spustíme **POST FEKO**.

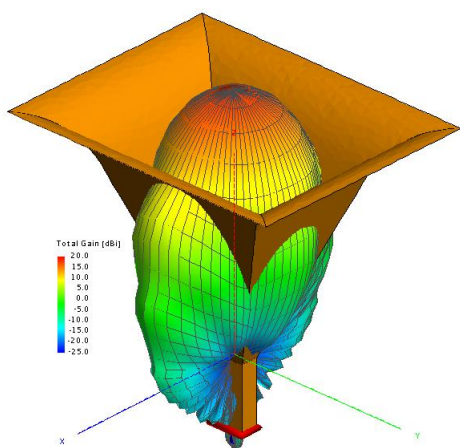
Výsledky je možné prezerat', ako to bolo v prípade dipólu.

- V panely nástrojov klikneme na **Home** a v sekcii **Add results** na **Far field** a zvolíme položku **FarField1**.

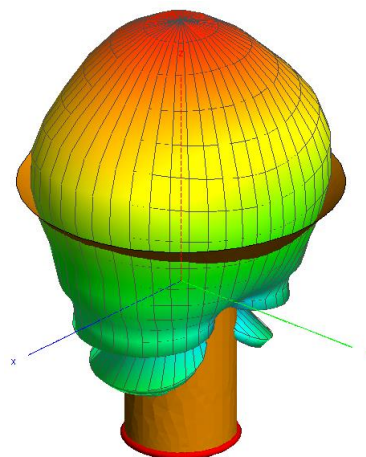
Tu môžeme vidieť charakteristiky antény nie v rovine, ako to bolo nastavené v prípade polovlnného dipólu, ale v priestore vďaka možnosti **3D pattern** (vo funkcii **Far field**) (obrázok dole). Podobne si môžeme porovnávať výsledky v rôznych iných zobrazeniach dostupné v tomto programe.



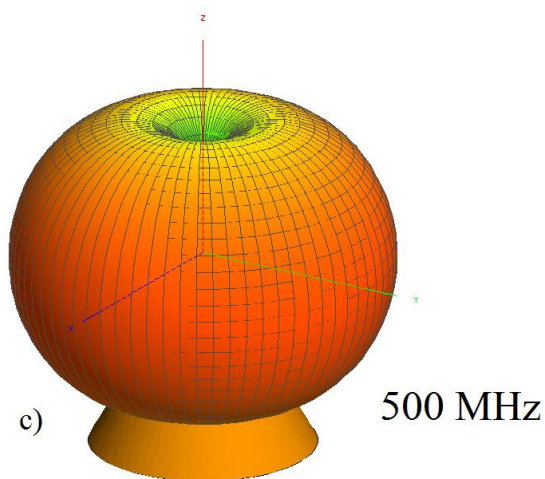
Pre analýzu ďalších typov antén vo FEKO (obrázok dole), ktoré sú tiež dostupné na FTP servery predmetu, postupujeme rovnako. Je potrebné poznamenať, že simulácia modelu antény „Discone antenna“ (obr. c) je vykonaná na niekoľkých frekvenciách, ktoré boli vopred zadefinované. V programe POSTFEKO si vyžarovaciu charakteristiku pre jednotlivé frekvencie vieme zobrazit' v položke slice, pole frequency (časť označená červenou farbou, obrázok hore).



a) „Pyramid horn antenna“

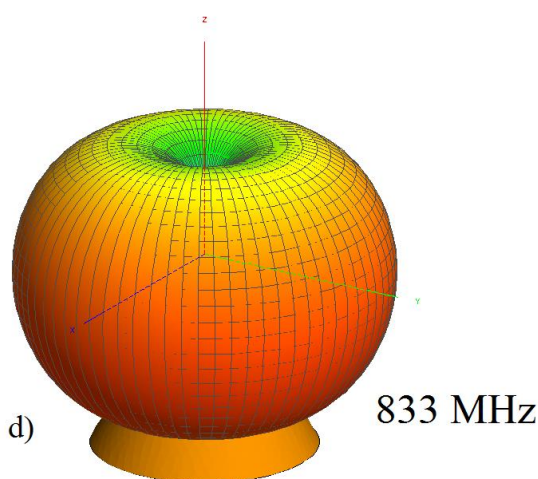


b) „Horn antenna“



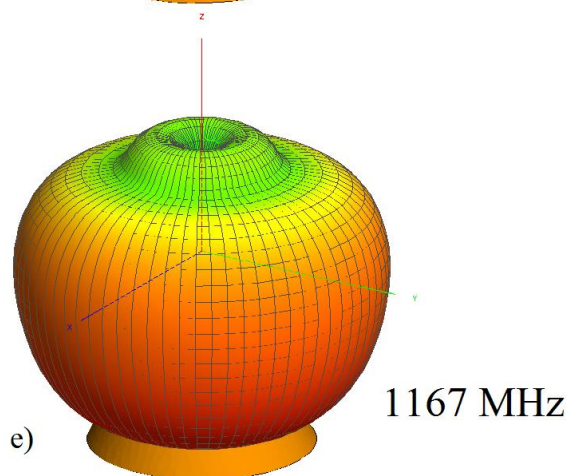
c)

500 MHz



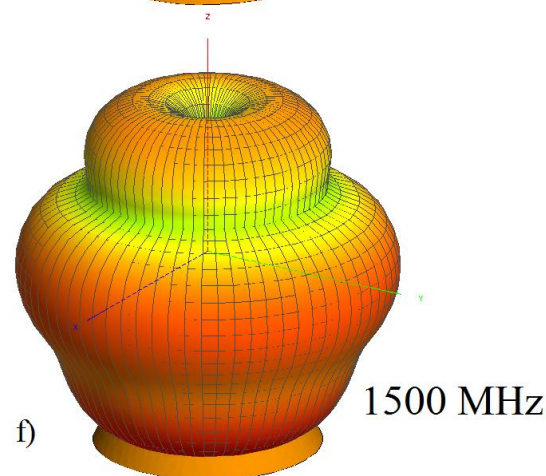
d)

833 MHz



e)

1167 MHz



f)

1500 MHz

c,d,e,f) „Discone antenna“ s odstupom frekvencie $\frac{f_{max}+f_{min}}{3} \cong 333 \text{ MHz}$