

گزارش نهایی آنتن های دایپل

چاپی

نویسنده: نسرین کریمی

شماره دانشجویی: ۴۰۱۴۴۸۱۴۷

جناب آقای دکتر پیرهادی

آنتن ۲ - پاییز ۱۴۰۲

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ج	فهرست شکل‌ها
۱	فصل ۱- مقدمه
۱	-۱- مفهوم و تعریف آنتن
۲	فصل ۲- تئوری آنتن‌های دایپل
۲	-۲-۱ تاریخچه
۲	-۲-۲ اصول آنتن‌های دایپل
۳	-۲-۳ مکانیزم تشعشع دوقطبی
۵	-۲-۴ امپدانس تغذیه دایپل
۵	-۲-۴-۱ عوامل مؤثر بر امپدانس تغذیه دایپل
۶	-۲-۵ دایپل نیم موج
۹	-۲-۶ آنتن‌های مشتق شده از دایپل
۱۰	-۲-۶-۱ آنتن یاگی یودا
۱۰	-۲-۶-۲ آنتن log-periodic
۱۰	-۲-۶-۳ آنتن پارabolیک
۱۰	-۲-۶-۴ آنتن دایپل چاپ شده
۱۱	فصل ۳- آنتن‌های دایپل چاپ شده
۱۱	-۳-۱ معرفی
۱۱	-۳-۲ تغذیه دایپل
۱۲	-۳-۳ مزایای آنتن دایپل چاپی
۱۳	فصل ۴- بالون
۱۳	-۴-۱ مقدمه
۱۳	-۴-۲ اصول عملکرد
۱۵	-۴-۳ انواع بالون
۱۵	-۴-۳-۱ بالون جریان
۱۵	-۴-۳-۲ بالون ولتاژ
۱۵	-۴-۳-۳ تبدیل امپدانس
۱۵	-۴-۴ کاربردها
۱۷	فصل ۵- طراحی آنتن دایپل چاپی
۱۷	-۵-۱ معرفی

۱۷.....	مفاهیم طراحی.....	-۵-۲
۱۷.....	مشخصات طراحی.....	-۵-۳
۱۸.....	پروسه طراحی.....	-۵-۴
۱۹.....	طراحی در نرم افزار FEKO.....	فصل ۶-
۱۹.....	معرفی.....	-۶-۱
۱۹.....	نمای کلی FEKO.....	-۶-۲
۲۰.....	موتور تحلیل FEKO.....	6-3-
۲۰.....	روش MoM.....	-۶-۳-۱
۲۰.....	MLFMM.....	-۶-۳-۲
۲۰.....	تقریب متقابل تطبیقی (ACA).....	-۶-۳-۳
۲۰.....	نظریه یکنواخت پراش.....	-۶-۳-۴
۲۱.....	اپتیک هندسی (پرتاب پرتو).....	-۶-۳-۵
۲۱.....	اپتیک فیزیکی.....	-۶-۳-۶
۲۱.....	اپتیک فیزیکی عنصر بزرگ.....	-۶-۳-۷
۲۱.....	روش اجزای محدود.....	-۶-۳-۸
۲۲.....	شبکه های عمومی غیر تشعشعی.....	-۶-۳-۹
۲۲.....	مرزهای دوره ای.....	-۶-۳-۱۰
۲۲.....	اجزای FEKO.....	6-4-
۲۳.....	برنامه های کاربردی.....	-۶-۵
۲۵.....	نتایج شبیه سازی.....	فصل ۷-
۴۱.....	منابع.....	

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

۱	شکل ۱-۱ یک نمونه آنتن پج
۲	شکل ۲-۱ شماتیک آنتن‌های دایپل نصف طول موج
۳	شکل ۲-۲ بسیک دایپل نصف طول موج
۳	شکل ۲-۳ دایپل با سه دوم طول موج
۴	شکل ۲-۴ نمودار قطبی یک دوقطبی نیم موج در فضای آزاد
۴	شکل ۲-۵ توزیع میدان در صفحه E و H
۶	شکل ۲-۶ (الف) هندسه دوقطبی محدود (ب) آرایش هندسی برای تقریب میدان دور
۶	شکل ۲-۷ توزیع جریان برای دایپل نیم موج
۹	شکل ۲-۸ آنتن‌های برگرفته شده از دایپل
۱۱	شکل ۳-۱ دایپل چاپ شده مرسوم
۱۲	شکل ۳-۲ تغذیه دایپل
۱۳	شکل ۴-۱ شماتیک تبدیل نامتعادل به متعادل را با استفاده از balun نشان می‌دهد
۱۴	شکل ۴-۲ یک کابل کواکسیال نامتعادل متصل به آنتن دوقطبی.
۱۹	شکل ۶-۱ تصویری از تکنیک‌های تحلیل عددی در FEKO

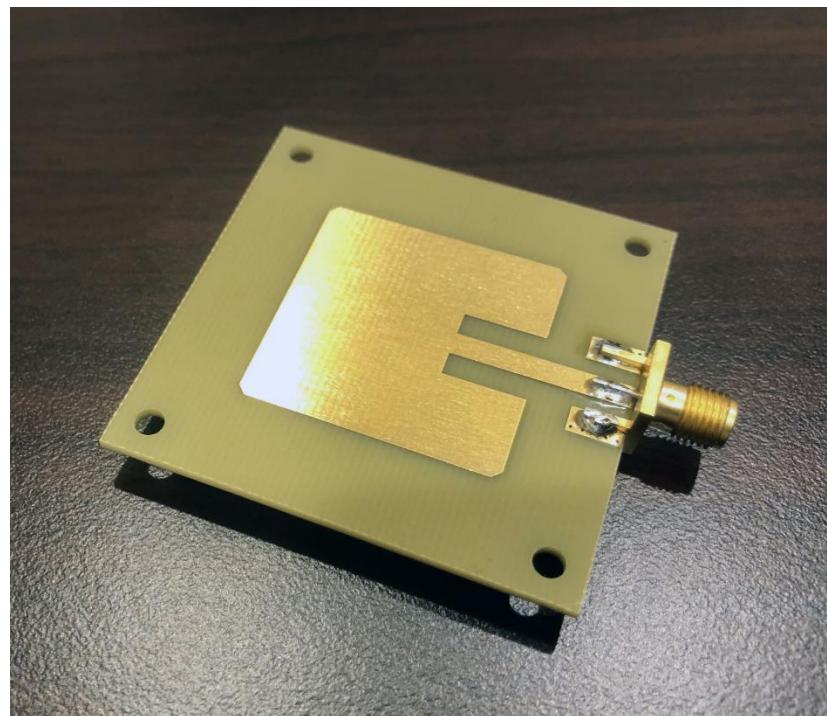
فصل ۱ - مقدمه

۱-۱- مفهوم و تعریف آنتن

آنتن رادیویی معمولاً به این صورت تعریف می شود: "آنتن یک وسیله انتقال یا مبدل است بین یک موج هدایت شده و یک موج فضای آزاد یا بالعکس". آنتن وسیله ای است که مدار و فضا را به هم متصل می کند.

در هنگام انتقال، یک آنتن انرژی الکترومغناطیسی را از یک خط انتقال (کابل کواکسیال یا موجبر) می پذیرد و آن را به فضا می تاباند و در هنگام دریافت، آنتن انرژی الکترومغناطیسی را از یک موج فرودی جمع آوری کرده و از طریق خط انتقال می فرستد.

طراحی خوب آنتن می تواند عملکرد کلی سیستم را بهبود بخشد و نیازهای سیستم را کاهش دهد. به منظور پاسخگویی به نیازهای سیستمی سیستم های ارتباطی امروزی و افزایش تقاضا برای عملکرد آنها، پیشرفت های زیادی در زمینه مهندسی آنتن در چند دهه اخیر رخ داده است. این تقاضای فزاينده توسط بهبودهای ساخت مدارهای دیجیتال و RF، یکپارچه سازی مدارهای جدید در مقیاس بزرگ و سایر فناوری های کوچک سازی ایجاد می شود که آنتن ها را کوچک تر، ارزان تر و قابل اعتماد تر می کند. در میان انواع مختلف آنتن ها، آنتن های چاپی به دلیل ساختار مسطح و سازگاری با تکنیک های ساخت مدار چاپی، کاندیدای ایده آل برای این کاربردها هستند.



شکل ۱-۱ یک نمونه آنتن پچ

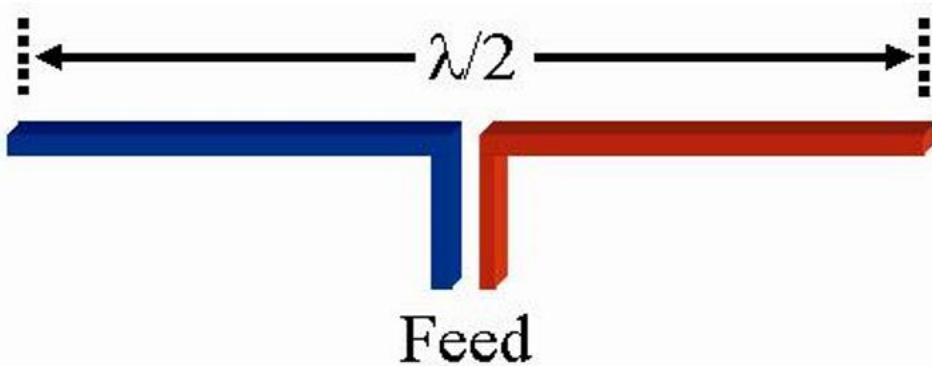
فصل ۲ - تئوری آنتن های دایپل

۲-۱ - قاریخچه

آنتن های دوقطبی توسط فیزیکدان آلمانی هاینریش هرتز در حدود سال ۱۸۸۶ در آزمایش های پیشگام خود با امواج رادیویی اختراع شد. آنتن دوقطبی که او طراحی کرد در باند UHF بود. از آن زمان تحقیقات گسترده و توسعه آنتن دوقطبی با بهره گیری از مزایای جدید مانند وزن سبک، حجم کم، هزینه کم و سازگاری با مدارهای مجتمع انجام شده است.

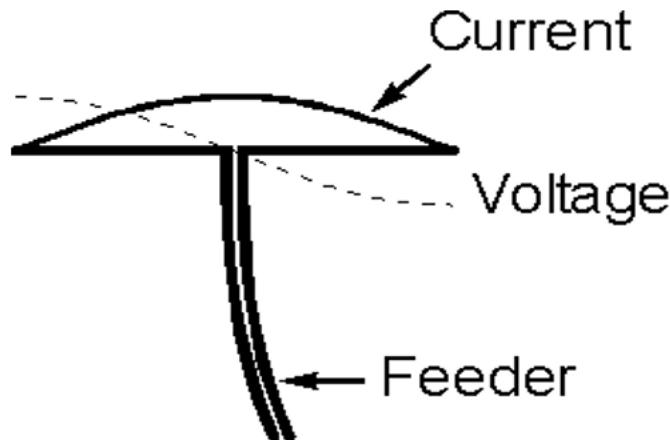
۲-۲ - اصول آنتن های دایپل

آنتن دوقطبی یک آنتن رادیویی است که می‌تواند از یک سیم ساده و با یک عنصر هدایت‌شده از مرکز ساخته شود. آنتن دوقطبی یک آنتن متعادل است و دارای دو قطب کاملاً متقاضن است که از سیم هایی ساخته شده است که در جهت مخالف از نقطه تغذیه مرکزی باز می‌شوند. از آنجایی که آنتن دوقطبی از دو پایانه یا "قطب" تشکیل شده است که جریان فرکانس رادیویی در آنها جریان می‌یابد، بنابراین آنتن دو قطبی نامیده می‌شود. انواع مختلفی از آنتن های دوقطبی وجود دارد، اما هر کدام عملکرد یکسانی در ارسال و دریافت سیگنال های رادیویی دارند. برای رزونانس، هادی عددی فرد از طول نیم طول موج است. در بیشتر موارد، از یک نیم طول موج استفاده می‌شود، اگرچه آنتن های سه، پنج، ... به یک اندازه معتبر هستند. دوقطبی‌های نیم‌موج یک نوع منحصر به فرد هستند که هر سیم دقیقاً یک چهارم طول موج الکترومغناطیسی را اندازه‌گیری می‌کند و در مجموع آن را یک نیم طول موج می‌سازد.



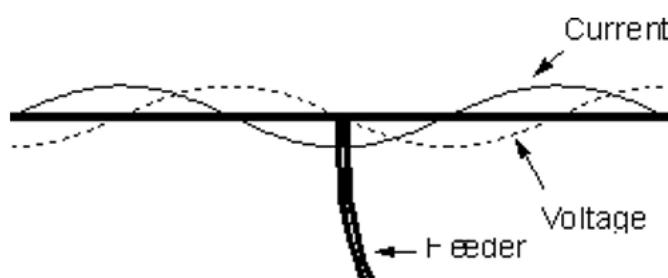
شکل ۲-۱ شماتیک آنتن های دایپل نصف طول موج

جریان و ولتاژ مربوطه باعث تابش سیگنال الکترومغناطیسی یا رادیویی می‌شود. دوقطبی معمولاً آنتنی است که از طول رسانایی تشدید کننده تشکیل شده است که برای اتصال آن به فیدر بریده شده است.



شکل ۲-۲ بسیک دایپل نصف طول موج

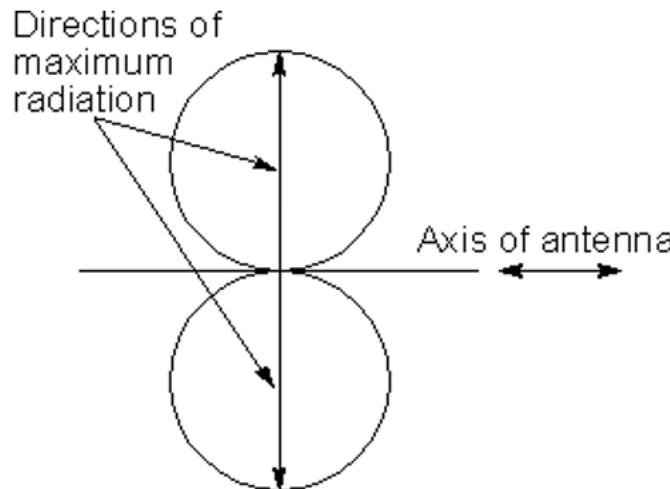
توزیع جریان در امتداد یک دوقطبی تقریباً سینوسی است. در پایان به صفر می‌رسد و در وسط حداکثر است. بر عکس، ولتاژ در وسط کم است و در انتهایا تا حداکثر افزایش می‌یابد. به طور کلی در مرکز، در نقطه‌ای که جریان در حداکثر و ولتاژ حداقل است، تغذیه می‌شود. این یک نقطه تغذیه امپدانس کم را فراهم می‌کند که رسیدگی به آن راحت است. نقاط تغذیه ولتاژ بالا بسیار راحت‌تر و استفاده از آنها دشوار‌تر است. هنگامی که از چند دوقطبی نیم طول موج استفاده می‌شود، آنها به طور معمول در مرکز تغذیه می‌شوند. در اینجا دوباره ولتاژ در حداقل و جریان در حداکثر است. از نظر تئوری می‌توان از هر یک از حداکثر گره‌های فعلی استفاده کرد.



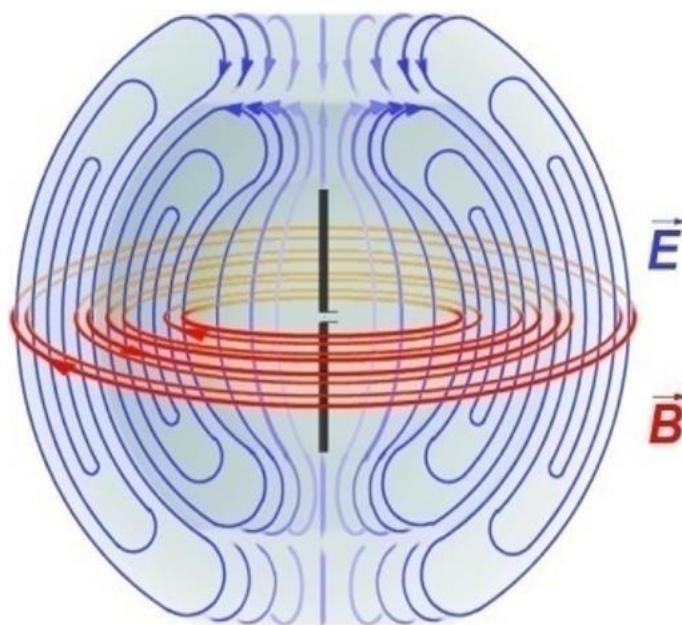
شکل ۲-۳ دایپل با سه دوم طول موج

۲-۳- مکانیزم تشعشع دوقطبی

نمودار قطبی یک آنتن دوقطبی نیم موج که جهت حداکثر حساسیت یا تابش در زاویه قائمه با محور آنتن RF است. همانطور که انتظار می‌رود تابش در امتداد محور آنتن RF به صفر می‌رسد.



شکل ۲-۴ نمودار قطبی یک دوقطبی نیم موج در فضای آزاد



شکل ۲-۵ توزیع میدان در صفحه E و H

اگر طول آنتن دوقطبی تغییر کند، الگوی تابش تغییر می کند. با افزایش طول آنتن، می توان دید که شکل آشنای هشت الگوی تغییر می کند تا لوب های اصلی و چند لوب جانبی به دست آید. لوب های اصلی با افزایش طول به تدریج به سمت محور آنتن حرکت می کنند.

آنتن دوقطبی شکل بسیار مهمی از آنتن RF است که به طور گسترده برای برنامه های ارسال و دریافت رادیو استفاده می شود. دوقطبی اغلب به تنها یی به عنوان یک آنتن RF استفاده می شود، اما همچنین عنصر اساسی در بسیاری از انواع دیگر آنتن های RF را تشکیل می دهد. به این ترتیب، احتمالاً مهمترین شکل آنتن RF است.

آنتن دو قطبی در انواع وسایل الکترونیکی روزمره استفاده می شود. آنتن دو قطبی در تلویزیون برای دریافت پخش استفاده می شود و همچنین آنتن های دو قطبی نیز به طور گسترده در ارتش استفاده می شود، جایی که آنها در تجهیزاتی مانند دستگاه های ناوبری و رادیو تعبیه می شوند.

۲-۴-۱ امپدانس تغذیه دایپل

امپدانس تغذیه یک دو قطبی با نسبت ولتاژ و جریان در نقطه تغذیه تعیین می شود. یک محاسبه ساده قانون اهم باعث می شود امپدانس تعیین شود.

اگر چه یک دو قطبی می تواند در هر نقطه ای تغذیه شود، معمولاً در نقطه حداکثر فعلی و نقطه حداقل ولتاژ تغذیه می شود. این امپدانس کم می دهد که معمولاً قابل کنترل تر است.

بیشتر دو قطبی ها مضرب طول موج نیمی از طول موج هستند. بنابراین می توان دو قطبی را در هر یک از این نقاط حداقل ولتاژ یا حداکثر جریان که در نقطه ای رخ می دهد، یعنی یک چهارم طول موج از انتهای و سپس در فواصل نیم موج، تغذیه کرد.

اکثربت قریب به اتفاق آنتن های دو قطبی نیم طول موج دارند. بنابراین آنها از مرکز تغذیه می شوند - نقطه حداقل ولتاژ و حداکثر جریان.

امپدانس تغذیه دو قطبی از دو جزء تشکیل شده است:

- مقاومت تلفاتی: مقاومت در برابر تلفات ناشی از تلفات مقاومتی یا اهمی در عنصر تابشی، یعنی دو قطبی است. در بسیاری از موارد، مقاومت از دست دادن دو قطبی نادیده گرفته می شود زیرا ممکن است کم باشد. برای اطمینان از کم بودن آن، باید از کابل یا لوله کشی با ضخامت کافی استفاده کرد و فلز باید مقاومت کمی داشته باشد. ممکن است لازم باشد اثرات پوستی نیز در نظر گرفته شود.

- مقاومت تشعشعی: مقاومت در برابر تشعشع عنصر امپدانس آنتن دو قطبی است که از اتلاف توان به صورت موج الکترومغناطیسی حاصل می شود. هدف هر آنتنی اتلاف هر چه بیشتر نیرو از این طریق است.

مانند هر آنتن RF، امپدانس تغذیه یک آنتن دو قطبی به عوامل مختلفی از جمله طول، موقعیت تغذیه و محیط بستگی دارد. یک آنتن دو قطبی با مرکز نیم موج در فضای آزاد دارای امپدانس 73.13Ω است که برای تغذیه با فیدر 75Ω اهم ایده آل است.

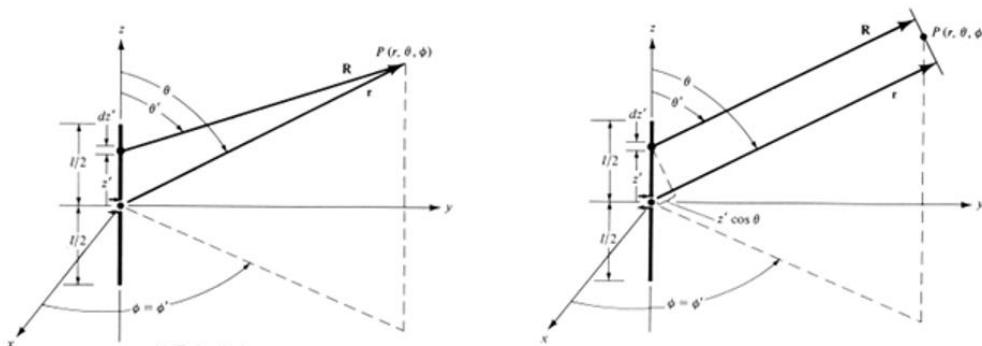
۲-۴-۲ عوامل مؤثر بر امپدانس تغذیه دایپل

امپدانس تغذیه یک دو قطبی را می توان با عوامل مختلفی تغییر داد - نزدیکی اجسام دیگر که تأثیر مشخصی دارند. زمین تأثیر عمده ای دارد. اگر آنتن دو قطبی عنصر تابشی را برای شکل پیچیده تری از آنتن RF تشکیل دهد، عناصر آنتن RF تأثیر خواهند داشت. غالباً تأثیر آن کاهش امپدانس است و هنگامی که

در برخی از آنتن ها استفاده می شود امپدانس تغذیه عنصر دوقطبی ممکن است به ده اهم یا کمتر کاهش یابد و باید از روش هایی برای اطمینان از تطابق خوب با فیدر استفاده شود.

۲-۵ داپل نیم موج

یکی از رایج ترین آنتن های مورد استفاده، دوقطبی نیم طول موج ($\lambda/2 = 1$) است. از آنجایی که مقاومت تشعشعی آن ۷۳ اهم است، که بسیار نزدیک به امپدانس های مشخصه ۵۰ یا ۷۵ اهم برخی از خطوط انتقال است، تطبیق آن با خط به ویژه در رزونانس ساده می شود.



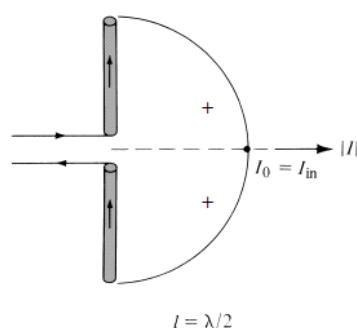
شکل ۲-۶ (الف) هندسه دوقطبی محدود (ب) آرایش هندسی برای تقریب میدان دور

هندسه یک دوقطبی محدود همراه با تقریب میدان دور در بالا نشان داده شده است. در اینجا در این مورد تقریب میدان دور با فاز انجام می شود و حاشیه دامنه به صورت $R \approx r - z' \cos \theta \approx r$ محاسبه می شود. این حاشیه برای فاز است.

حاشیه دامنه در زیر آورده شده است.

$$R \approx r$$

تا آنجایی که نمودار جریان این دوقطبی در نظر گرفته می شود، توزیع جریان تقریباً مشابه دوقطبی کوچک است که در ورودی صفر در $\pm 1/2$ بیشترین مقدار را دارد. هندسه های فوق برای سایر انواع دوقطبی به جز دوقطبی کوتاه معتبر است. در اینجا برای طول مورد مأدا $l = \lambda/2$ است. نمودار فعلی برای همان در زیر نشان داده شده است.



شکل ۲-۷ توزیع جریان برای داپل نیم موج

برای یک دوقطبی بسیار نازک (به طور ایده آل قطر صفر)، توزیع جریان را می توان با تقریبی خوب نوشت:

$$I_e(x' = 0, y' = 0, z') = \begin{cases} \widehat{a_z} I_0 \sin \left[k \left(\frac{l}{2} - z' \right) \right] & 0 \leq z \leq l/2 \\ \widehat{a_z} I_0 \sin \left[k \left(\frac{l}{2} + z' \right) \right] & -l/2 \leq z \leq 0 \end{cases} \quad \text{eqn 2.1}$$

این توزیع فرض می کند که آنتن از مرکز تغذیه می شود و جریان در نقاط پایانی ناپدید می شود.

(z = ±l/2). به طور تجربی تأیید شده است که جریان در یک آنتن سیمی با تغذیه مرکزی شکل سینوسی دارد که در نقاط انتهایی آن تهی است. در اینجا برای دوقطبی نیم طول موج $\lambda/2$.

آنتن دوقطبی محدود با طول دوقطبی $\lambda/2$ در شکل ۲.۶ به تعدادی دوقطبی بینهایت کوچک به طول Δz تقسیم شده است. با افزایش تعداد تقسیمات فرعی، هر دوقطبی بینهایت کوچک به طول Δz نزدیک می شود.

برای یک دوقطبی بینهایت کوچک به طول "dz" که در امتداد محور z در z قرار دارد، اجزای میدان الکتریکی و مغناطیسی در میدان دور در زیر آورده شده است:

$$dE_\theta = j \eta \frac{k I_e(x', y', z') e^{-jkR} \sin \theta dz'}{4\pi R} \quad \text{eqn 2.2}$$

$$dE_r = dE_\phi = dH_r = dH_\theta = 0 \quad \text{eqn 2.3}$$

$$dH_\phi = j \frac{k I_e(x', y', z') e^{-jkR} \sin \theta dz'}{4\pi R} \quad \text{eqn 2.4}$$

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + (z - z')^2} \quad \text{eqn 2.5}$$

در نهایت به فرمول بالا تقریب زده شد. با استفاده از تقریب میدان دور، به فرمول زیر کاهش می یابد:

$$dE_\theta = j \eta \frac{k I_e(x', y', z') e^{-jkr}}{4\pi r} \sin \theta e^{+jkz' \cos \theta} dz' \quad \text{eqn 2.6}$$

با جمع کردن همه عناصر بینهایت کوچک، جمع به حد انتگرال کاهش می یابد. در اینجا حد برای $1 \pm \lambda/2$ است.

$$E_\theta = \int_{-l/2}^{+l/2} dE_\theta = j \eta \frac{k e^{-jkr}}{4\pi r} \sin \theta \left[\int_{-l/2}^{+l/2} I_e(x', y', z') e^{+jkz' \cos \theta} dz' \right] \quad \text{eqn 2.7}$$

فاکتور خارج از برآکت ها به عنوان عامل عنصر و ضریب درون برآکت ها به عنوان ضریب فضا تعیین می شود. برای این آنتن، ضریب عنصر برابر است با میدان یک دوقطبی بینهایت کوچک طول واحد واقع در یک نقطه مرجع (مبدأ). به طور کلی، ضریب عنصر به نوع جریان و جهت جریان آن بستگی دارد در حالی که ضریب فضا تابعی از توزیع جریان در طول منبع است. فاکتور محاسبه:

$$\text{Total field} = \text{element factor} \times \text{space factor} \quad \text{eqn 2.8}$$

ضرب الگو برای منابع پیوسته مشابه ضرب الگوی آنتن های عنصر گسسته (آرایه) است. برای توزیع فعلی می توان به صورت زیر نوشت:

$$E_\theta = j \eta \frac{I_0 e^{-jkr}}{4\pi r} \sin \theta \left[\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} \sin \left[k \left(\frac{l}{2} + z' \right) \right] e^{+jkz' \cos \theta} dz' + \int_0^{+l/2} \sin \left[k \left(\frac{l}{2} - z' \right) \right] e^{+jkz' \cos \theta} dz' \right] \quad \text{eqn 2.9}$$

با قرار دادن $l=\lambda/2$ و از آنجایی که $k=2\pi/\lambda$ و حل بالای انتگرال، میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی در امتداد دوقطبی به دست می آید:

$$E_\theta = j \eta \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[\frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \right] \quad \text{eqn 2.10}$$

$$H_\phi = \frac{E_\theta}{\eta} = j \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[\frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \right] \quad \text{eqn 2.11}$$

و هم چنین بردار پوینتینگ خواهد بود:

$$W_{av} = \frac{1}{2} \operatorname{Re}[E \times H^*] \quad \text{eqn 2.12}$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{Re}[\widehat{a_\theta} E_\theta \times \widehat{a_\phi} H_\phi^*] \quad \text{eqn 2.13}$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left[\widehat{a_\theta} E_\theta \times \widehat{a_\phi} \frac{E_\theta}{\eta} \right] \quad \text{eqn 2.14}$$

$$W_{av} = \widehat{a_r} W_{av} = \widehat{a_r} \frac{\eta |I_0|^2}{8\pi^2 r^2} \left[\frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \right]^2 \quad \text{eqn 2.15}$$

$$W_{av} = \frac{\eta |I_0|^2}{8\pi^2 r^2} \left[\frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \right]^2 \simeq \frac{\eta |I_0|^2}{8\pi^2 r^2} \sin^3 \theta \quad \text{eqn 2.16}$$

$$U = r^2 W_{av} \quad \text{eqn 2.17}$$

$$= \frac{\eta |I_0|^2}{8\pi^2} \left[\frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \right]^2 \quad \text{eqn 2.18}$$

$$\simeq \frac{\eta |I_0|^2}{8\pi^2} \sin^3 \theta \quad \text{eqn 2.19}$$

$$P_{rad} = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi r^2 W_{av} \sin \theta d\theta d\phi \quad \text{eqn 2.20}$$

$$P_{rad} = \frac{\eta |I_0|^2}{4\pi} \int_0^\pi \frac{\cos^2(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} d\theta \quad \text{eqn 2.21}$$

$$P_{rad} = \frac{\eta |I_0|^2}{8\pi} \int_0^{2\pi} \left(\frac{1 - \cos y}{y} \right) dy \quad \text{eqn 2.22}$$

$$= \frac{\eta |I_0|^2}{8\pi} C_{in}(2\pi) \quad \text{eqn 2.23}$$

$$C_{in}(x) = \int_0^x \frac{1 - \cos y}{y} dy \quad \text{eqn 2.24}$$

$$C_{in}(x) = \ln y + \ln x - C_i(x) \quad \text{eqn 2.25}$$

$$\ln(\gamma) = .5722, C_i(x) = - \int_x^\infty \frac{\cos y}{y} dy = \int_\infty^x \frac{\cos y}{y} dy \quad \text{eqn 2.26}$$

$$C_{in}(2\pi) = .5722 + \ln 2\pi - C_i(2\pi) \quad \text{eqn 2.27}$$

$$C_i(2\pi) = -.02 \quad \text{eqn 2.28}$$

$$C_{in}(2\pi) = .5722 + 1.838 - (-.02) = 2.435 \quad \text{eqn 2.29}$$

$$\text{Directivity} = D_0 = 4\pi \frac{U_{max}}{P_{rad}} \quad \text{eqn 2.30}$$

$$= 4\pi \frac{U|_{\theta=\frac{\pi}{2}}}{P_{rad}} = \frac{4}{C_{in}(2\pi)} = \frac{4}{2.435} \simeq 1.643 \quad \text{eqn 2.31}$$

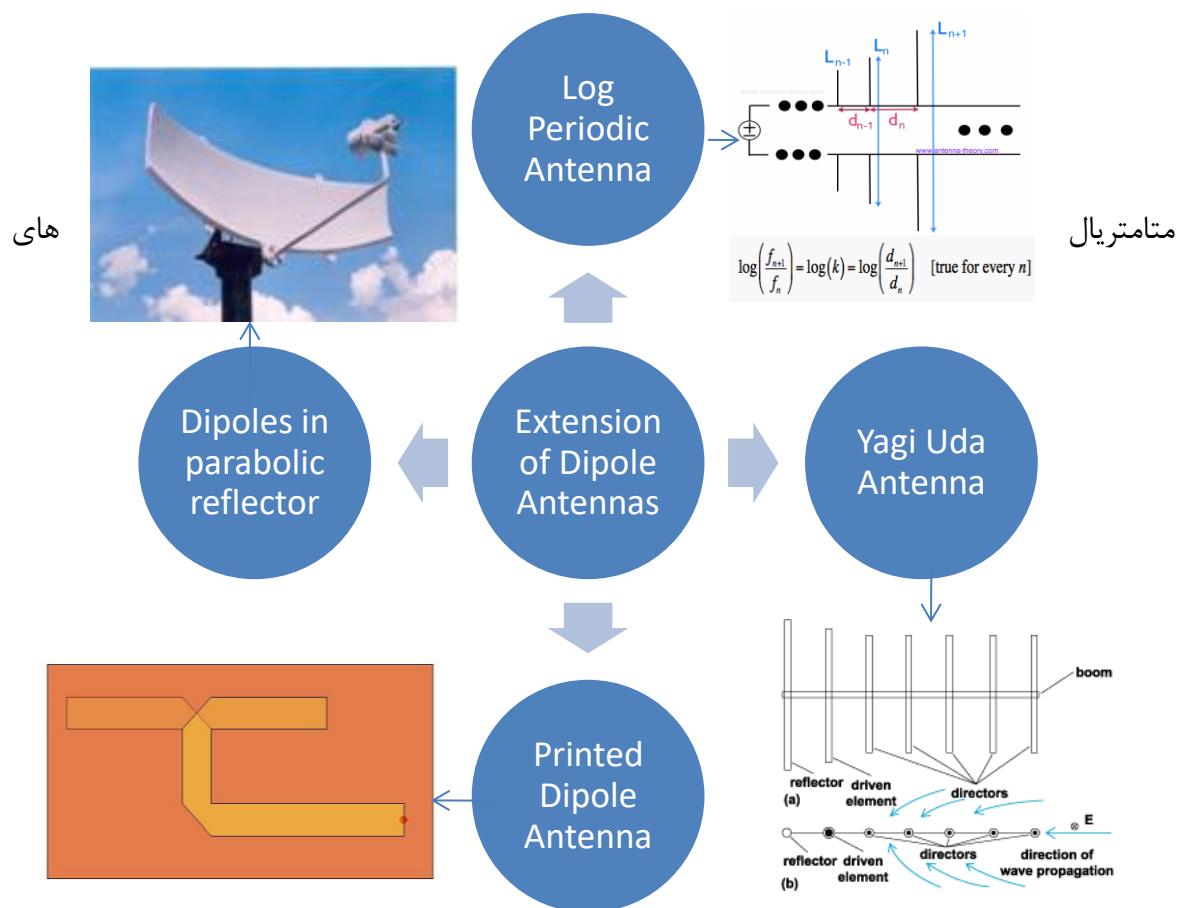
$$D_0(\text{dB}) = 20 \log 1.643 = 2.15 \text{ dBi} \quad \text{eqn 2.32}$$

$$A_{em} = \frac{\lambda^2}{4\pi} D_0 = \frac{\lambda^2}{4\pi} (1.643) \simeq .13 \lambda^2 \quad \text{eqn 2.33}$$

$$R_r = \frac{2P_{rad}}{|I_0|^2} = \frac{\eta}{4\pi} C_{in}(2\pi) = 30(2.435) \simeq 73 \Omega \quad \text{eqn 2.34}$$

مقاومت تشعشعی ارائه شده در بالا نیز مقاومت تابشی پایانه های ورودی است زیرا جریان برای یک دوقطبی $l=\lambda/2$ در پایانه های ورودی رخ می دهد. بخش راکتانس برای $l=\lambda/2$ است، بنابراین امپدانس ورودی $Z_{in} = 73+j42.5$ است. اگر طول دوقطبی λ باشد، بخش راکتانس تقریباً به صفر می رسد، بنابراین معمولاً این دو طول در نظر گرفته می شوند.

۲-۶ آتن های مشتق شده از دایپل



شکل ۲-۸ آتن های برگرفته شده از دایپل

-۲-۶-۱ آنتن یاگی یودا

آنتن Yagi-Uda یا Yagi Antenna یکی از درخشنان ترین طراحی های آنتن است. ساخت آن ساده است و بهره بالایی دارد، معمولاً بیشتر از ۱۰ دسی بل. آنتن های Yagi-Uda معمولاً در باندهای HF تا UHF (حدود ۳ مگاهرتز تا ۳ گیگاهرتز) کار می کنند، اگرچه پهنهای باند آنها معمولاً کوچک است و در حدود چند درصد فرکانس مرکزی است. ما با این آنتن آشنا هستیم، زیرا آنها در بالای پشت بام ها همه جا می نشینند.

آنتن Yagi در ژاپن اختراع شد و نتایج آن برای اولین بار در سال ۱۹۲۶ منتشر شد. این کار در اصل توسط Shintaro Uda انجام شد.

-۲-۶-۲ آنتن log-periodic

آنتن های Log-Periodic آنتن ها برای هدف خاصی طراحی شده اند که پهنهای باند بسیار وسیعی داشته باشند. پهنهای باند قابل دستیابی از نظر تنوری بی نهایت است. پهنهای باند واقعی به دست آمده بستگی به بزرگی ساختار (برای تعیین حد فرکانس پایین) و دقیق بودن ویژگی های ضریف (کوچکتر) روی آنتن دارد (که حد فرکانس بالایی را تعیین می کند).

از نظر ریاضی، با توجه به خواص لگاریتم، اگر همه عناصر با یک مضرب ثابت رشد کنند، نسبت های لگاریتم ثابت خواهد بود.

-۲-۶-۳ آنتن پارabolیک

در آنتن سهموی می توان از آنتن دوقطبی در کانون آنتن سهموی استفاده کرد. قدرت تشعشع دریافتی توسط دیش به سمت دوقطبی در مرکز منعکس می شود که می تواند این توان را برای استفاده خود جمع آوری کند یا برعکس.

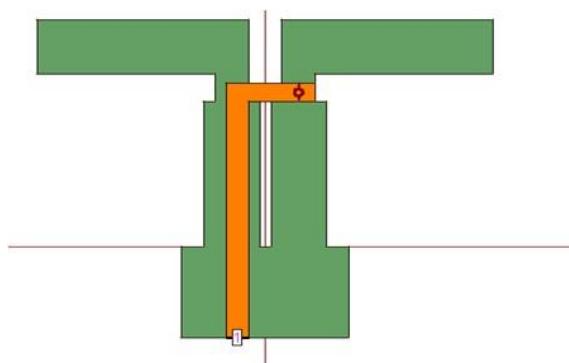
-۲-۶-۴ آنتن دایپل چاپ شده

این آنتن ها اساساً در جایی طراحی می شوند که نیاز به آنتن کوچک و جمع و جور باشد. این یک آنتن دوقطبی است که روی PCB چاپ شده است. در فصل بعدی به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است.

فصل ۳ - آنتن های دایپل چاپ شده

۳-۱ - معرفی

آنتن دوقطبی چاپی آنتن هایی هستند که روی برد مدار چاپی (PCB) چاپ می شوند. اساساً، آنها نسخه چاپ شده دوقطبی استوانه ای فضای آزاد هستند. آنتنی با نوار مستطیلی باریک (معمولاً عرض نوار کمتر از 80.05 mm) دوقطبی میکرو نوار نامیده می شود. آنتن های دوقطبی چاپی تمرکز اصلی این پروژه است. هندسه طراحی مرسوم در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۳-۱ دایپل چاپ شده مرسوم

این آنتن ها زمانی مورد استفاده قرار می گیرند که یک دستگاه الکترونیکی که بر روی PCB پیاده سازی می شود، نیاز به یک آنتن ارزان و فشرده داشته باشد.

برخلاف آنتن های دوقطبی سیم مستقیم، عناصر تابشی (یعنی بازو های دوقطبی) آنتن های دوقطبی چاپی روی یک بستر دی الکتریک قرار دارند. بنابراین، انتخاب مواد بستر بر عملکرد آنتن ها تأثیر می گذارد. با این حال طراحی آنتن ها را انعطاف پذیرتر می کند.

اکثر آنتن های دوقطبی چاپی موجود بر اساس طرح محبوب دوقطبی چاپی هستند که برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ پیشنهاد شد. برخلاف آنتن های دوقطبی سنتی، این آنتن دوقطبی چاپی دارای یک بالون یکپارچه است و می تواند توسط یک خط میکرو نواری تک سر 50Ω تغذیه شود.

۳-۲ - تغذیه دایپل

در طرح گنجانده شده، دوقطبی ها بر روی سطوح مخالف ورق دی الکتریک چاپ می شوند. برای تغذیه چنین پیکربندی، یک ساختار تغذیه سازگار، نسخه چاپی خط نوار موازی است، همانطور که در زیر نشان داده شده است.



شکل ۳-۲ تغذیه دایپل

در طرح فوق به همراه سازه بالون به این امر توجه شده است.

۳-۳- مزایای آنتن دایپل چاپی

۱. پوشش تابشی همه جهت را در صفحه آزمیوثر فراهم می کند.
۲. آسان برای ساخت و هزینه ساخت کم.
۳. اندازه کوچک و جمع و جور، وزن کمتر که ادغام آن در سیستم را آسان می کند.
۴. سازگار با فناوری های یکپارچه مایکروویو.
۵. پارامترهای عملکرد را می توان به راحتی کنترل کرد، از این رو تغییرات در طراحی آسان است.
۶. در مقایسه با آنتن های پچ، این ها اندازه کوچک تری دارند و از این رو آرایه ها منطقه کمتری را در زیرلایه اشغال می کنند.
۷. جزء قطبی متقطع کمتر است زیرا مولفه جریان عرضی روی نوار با کاهش نسبت عرض به طول کاهش می یابد.
۸. دوقطبی ها به ویژه برای فرکانس های موج میلی متری مناسب هستند، جایی که بستر می تواند از نظر الکتریکی ضخیم باشد و بنابراین پهنهای باند می تواند قابل توجه باشد.

فصل ۴ - بالون

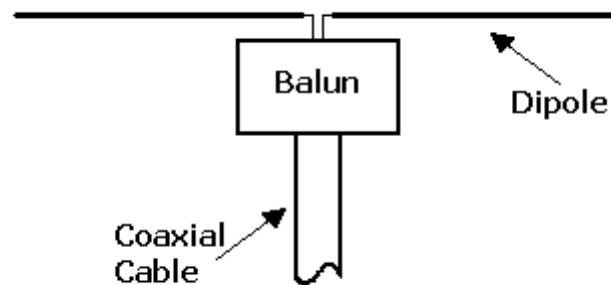
۴-۱ مقدمه

اصطلاح بالون مخفف عبارت متعادل است. این وسیله‌ای است که برای اتصال یک خط متعادل (به عنوان مثال دوقطبی) به یک خط کواکسیال نامتعادل استفاده می‌شود. بالون معمولاً مشکلات ناشی از عدم تعادل را حل می‌کند.

هنگامی که آنتن‌های تغذیه مرکزی را مانند دوقطبی به هم وصل می‌کنیم، مگر اینکه دقت شود، پایان دادن به تشعشعات فیدر دشوار نیست. نه تنها از دست دادن توان بسیار قابل توجه است، بلکه ویژگی‌های تشعشع سیستم آنتن نیز به طور جدی به خطر می‌افتد. به زبان عامیانه، آن چیزی که از الگوی آنتن خود انتظار دارید نخواهد بود. در یک دوقطبی ساده، balun اطمینان می‌دهد که دوقطبی، و نه خط تغذیه، تابش را انجام می‌دهد.

در کابل کواکسیال، جریان روی هادی داخلی و داخل شیلد برابر و مخالف است. این به این دلیل است که میدان‌های دو جریان به یک فضا محدود می‌شوند. با وجود اثر پوستی، جریان متفاوتی در قسمت بیرونی سپر نسبت به داخل آن جریان دارد. برخلاف خط متعادل، خط نامتعادل دارای مقدار جریان یا ولتاژ نابرابر در هر هادی خط کواکسیال است.

در آنتن‌های انتقال، جریانی که در خارج از کابل کواکسیال جریان دارد، با ارائه امپدانس (مقاومت) بالا به جریان‌های RF که در خارج از محافظ کواکسیال جریان دارند، حذف می‌شود. این باعث می‌شود که جریان در هر طرف عناصر رانده برابر شود.



شکل ۴-۱ شماتیک تبدیل نامتعادل به متعادل را با استفاده از balun نشان می‌دهد

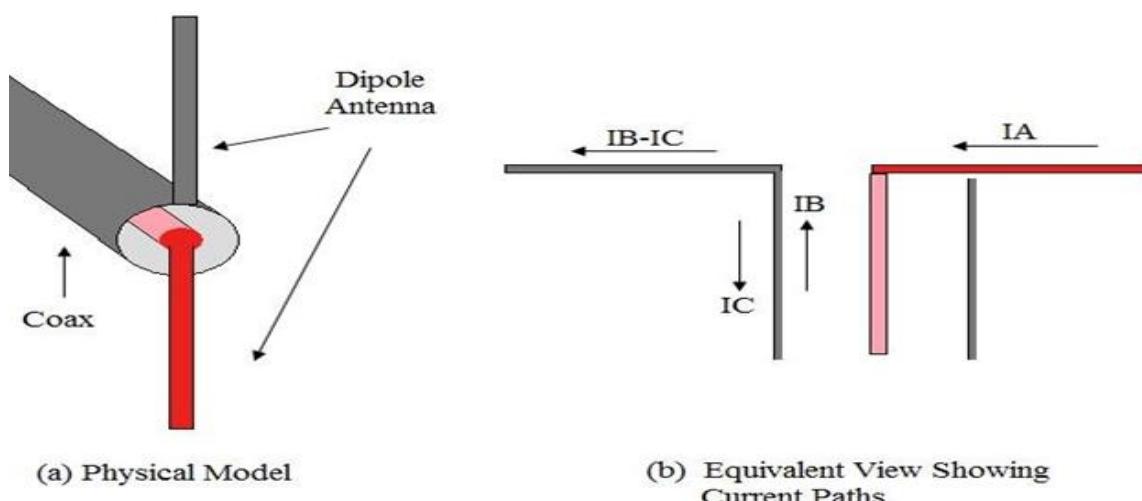
۴-۲ اصول عملکرد

در شکل زیر، یک کابل کواکسیال به یک آنتن دوقطبی متصل شده است. برای اینکه یک آنتن دوقطبی به درستی کار کند، جریان روی هر دو بازوی دوقطبی باید از نظر بزرگی برابر باشد. هنگامی که یک کابل

کواکسیال مستقیماً به یک آنتن دوقطبی متصل می شود، جریان ها لزوماً برابر نیستند. برای مشاهده این موضوع، توجه داشته باشید که جریان در امتداد یک خط انتقال، همانطور که معمولاً اتفاق می افتد، بر روی هادی های داخلی و خارجی باید به اندازه یکسان باشد. مشاهده کنید که وقتی کواکس به دوقطبی وصل می شود چه اتفاقی می افتد. جریان روی هادی مرکزی (هسته مرکزی قرمز/صورتی) کواکس با برچسب IA) جای دیگری برای عبور ندارد، بنابراین باید در امتداد بازوی دوقطبی که به آن متصل است جریان یابد. با این حال، جریانی که در امتداد سمت داخلی هادی خارجی (IB) حرکت می کند دو گزینه دارد: می تواند به سمت پایین آنتن دوقطبی حرکت کند، یا از سمت معکوس (خارجی) هادی خارجی کابل کواکسیال (با برچسب IC در شکل) پایین بیاید.).

در حالت ایده آل، آی سی فعلی باید صفر باشد. در آن صورت، جریان در امتداد بازوی دوقطبی متصل به هادی خارجی کواکسن برابر با جریان بازوی دوقطبی دیگر خواهد بود - یک مشخصه آنتن مطلوب. از آنجا که دوقطبی جریان های مساوی یا متعادل را در امتداد بازو های خود می خواهد، بخش متعادل است. با این حال، کابل کواکسیال لزوماً این را نمی دهد - مقداری از جریان ممکن است به سمت بیرون کواکس خارجی حرکت کند و منجر به عملکرد نامتعادل شود - این بخش نامتعادل است.

راه حل این مشکل، هر طور که به ذهنتان برسد، یک بالون است. یک بالون یک خط انتقال نامتعادل را مجبور می کند تا یک جزء متعادل را به درستی تغذیه کند. این کار با مجبور کردن آی سی به صفر انجام می شود.



شکل ۴-۲ یک کابل کواکسیال نامتعادل متصل به آنتن دوقطبی.

۴-۳-۱- انواع بالون

۴-۳-۱-۱ بالون جریان

یک بالون جریان ایده آل جریان هایی را ارائه می دهد که از نظر بزرگی برابر و در فاز مخالف هستند. یک بالون جریان خوب به شرایط ایده آل نزدیک می شود. بدون در نظر گرفتن امپدانس بار (از جمله تقارن) جریان تقریباً مساوی با فاز تقریباً مخالف را ارائه می دهد. جریان حالت معمول کم خواهد بود.

اگر امپدانس بار متقارن نباشد، ولتاژ در هر پایانه خروجی از نظر بزرگی برابر و در فاز مخالف نخواهد بود. پارامتری که اغلب برای تعیین کمیت اثر یک بالون استفاده می شود امپدانس حالت معمول یا امپدانس خفه کننده آن است. یک بالون جریان ایده آل دارای امپدانس حالت مشترک بی نهایت است. یک بالون جریان خوب دارای امپدانس حالت مشترک بسیار بالایی است (معمولًا هزاران اهم برای یک بالون با هدف عمومی موثر در یک سیستم آتن).

۴-۳-۱-۲ بالون ولتاژ

یک بالون ولتاژ ایده آل ولتاژهایی را ارائه می دهد که از نظر بزرگی برابر و در فاز مخالف هستند. یک بالون ولتاژ خوب به شرایط ایده آل نزدیک می شود. بدون در نظر گرفتن امپدانس بار (از جمله تقارن) ولتاژهای تقریباً مساوی (با توجه به زمین ورودی) با فاز تقریباً مخالف ارائه می دهد. ولتاژ حالت معمول کوچک خواهد بود.

اگر امپدانس بار متقارن نباشد، جریان های جاری در هر پایانه خروجی از نظر بزرگی برابر و در فاز مخالف نخواهد بود. یک بالون ولتاژ ایده آل امپدانس حالت مشترک صفر دارد. یک بالون ولتاژ خوب دارای امپدانس حالت مشترک بسیار پایین (اهم) است.

۴-۳-۱-۳ تبدیل امپدانس

یک بالون ایدهآل یک تبدیل امپدانس ایدهآل را انجام می دهد، معمولاً $1:1$ مگر اینکه خلاف آن مشخص شده باشد. بالون های عملی از حالت ایدهآل خارج می شوند و خروج اغلب به عنوان Insertion VSWR مشخص می شود.

طراحی یک بالون نه تنها برای تسهیل انتقال نامتعادل به متعادل، بلکه برای انجام تبدیل امپدانس اسمی (مثلاً $4:1$ رایج است) امکان پذیر است.

بالون های ولتاژ و بالون های جریان هر دو قابلیت تبدیل امپدانس غیر از اسمی $1:1$ را دارند.

۴-۴- کاربردها

اگر برنامه کاربردی است که در آن تعادل جریان مهم است، یک balun فعلی انتخاب بهتری است. مثلاً:

- کاہش تشعشعات از یک خط تغذیه آتنن با اطمینان از اینکه جریان ها در هر هادی خط تغذیه تقریباً برابر اما در فاز مخالف هستند.

اگر برنامہ کاربردی است که در آن تعادل ولتاژ مهم است، بالون ولتاژ انتخاب بهتری است. مثلا:

- برخی از برنامہ های صوتی که در آنها رد ولتاژ گره مشترک تزریق شده به منع مهم است.

فصل ۵ - طراحی آنتن دایپل چاپی

۵-۱ معرفی

عنصر اصلی آنتن دوقطبی دو بازوی تابشی به طول "Ld" و عرض "W" است که روی یک بستر دی الکتریک ثابت دی الکتریک "Er" و ضخامت "h" است. طول بالون مایکروستریپ برابر با طول بازوی دوقطبی است که تقریباً یک چهارم طول موج ($\lambda/4$) است.

۵-۲ مفاهیم طراحی

آنتن دوقطبی چاپ شده با استفاده از یک خط تغذیه هم محور در نقطه تغذیه ۱ تغذیه می شود که شبیه به تعادل نامتعادل - به - متعادل و یک بالون میکرو نواری بین دو نوار دوقطبی چاپ شده عمل می کند. بالون میکرواستریپ از دو نوار همسطح در لایه زیرین و یک خط تغذیه ریز نوار در لایه بالایی تشکیل شده است که بازوهای دوقطبی در لایه پایینی تابش می کنند. هم طول نوار دوقطبی و هم ریز نوار بالون تقریباً یک چهارم طول موج ($\lambda/4$) است. سطوح پایه خط میکرواستریپ و نوارهای آنتن دوقطبی در یک صفحه قرار دارند. شکل کوتاه فلزی، خط میکرو نوار را در لایه بالایی به بازوی دوقطبی سمت راست در لایه پایین متصل می کند. بازوی دوقطبی اکنون همان فاز خط میکرواستریپ را خواهد داشت. نوارهای همسطح به عنوان صفحه زمین برای خط میکرواستریپ عمل می کنند. اختلاف فاز بین نوارهای همسطح و خط میکرواستریپ ۱۸۰ درجه است. از آنجایی که بازوی دوقطبی چپ به نوارهای همسطح متصل است، اختلاف فاز بین دو بازوی دوقطبی نیز ۱۸۰ خواهد بود.

۵-۳ مشخصات طراحی

سه پارامتر ضروری برای طراحی آنتن دوقطبی عبارتند از:

فرکانس کار (f₀): فرکانس تشدید آنتن باید به طور مناسب انتخاب شود. در این پژوهش آنتن دوقطبی در فرکانس یک گیگ طراحی شده است.

ثابت دی الکتریک زیر لایه (Er): زیر لایه ای با ثابت دی الکتریک بالا، ابعاد آنتن را کاهش می دهد.

ارتفاع زیر لایه دی الکتریک (h): برای استفاده از آنتن پچ میکرو استریپ در کاربردهای خاص (مانند تلفن های همرا) ضروری است که حجیم نباشد و برای اطمینان از این امر ارتفاع بستر دی الکتریک نمی تواند بیش از چند میلی متر باشد.

با شبیه سازی چندین بار طراحی، تاثیر تمامی ۳ عامل فوق و موقعیت نقطه تغذیه بر عملکرد آنتن مورد بررسی قرار می گیرد.

۵.۴ - پروسه طراحی

گام ۱:

طول بازوهای دوقطبی و بالون یک چهارم طول موج است. برای محاسبه طول موج از فرمول زیر استفاده می شود.

$$\lambda = c/f_o$$

λ: طول موج بر حسب متر

ج: سرعت نور = $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

مقدار محاسبه شده λ = 0.3 متر

گام ۲:

طول بازوهای میکرواستریپ و خط بالون میکرواستریپ برابر است و با فرمول زیر نشان داده شده است

$$Ld = \lambda/4 = 75 \text{ میلی متر}$$

$$Lb = \lambda/2 = 150 \text{ میلی متر}$$

مرحله ۳:

عرض معمولی نوارهایی که قرار است در هر دو طرف برای تشكیل دوقطبی چاپ شوند، برای یک آتن دوقطبی چاپ شده برای سهولت ساخت، عرض $\geq 10\lambda$ در نظر گرفته می شود، ما آن را به عنوان عرض $\geq 20\lambda$ در نظر گرفته ایم که تقریباً ۱۵ میلی متر است.

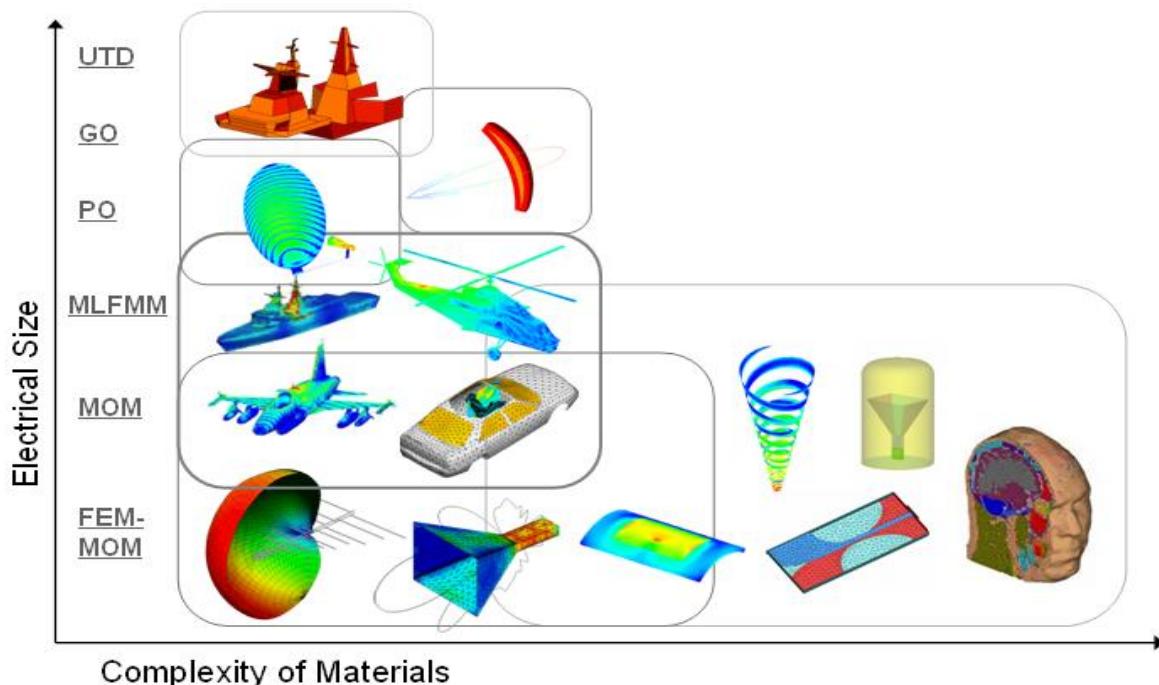
فصل ۶ - طراحی در نرم افزار FEKO

۶-۱ معرفی

نام FEKO اختصاری است که از عبارت آلمانی FEldberechnung bei Körpern mit beliebiger Oberfläche (محاسبات میدانی شامل اجسام با شکل دلخواه) گرفته شده است. همانطور که از نام آن پیداست، FEKO می تواند برای انواع مختلفی از تجزیه و تحلیل میدان الکترومغناطیسی که شامل اشیاء با اشکال دلخواه است استفاده شود.

۶-۲ نمای کلی FEKO

یک مجموعه نرم افزاری است که برای تجزیه و تحلیل طیف گسترده ای از مشکلات الکترومغناطیسی در نظر گرفته شده است. کاربردها شامل آنالیز EMC، طراحی آنتن، آنتن ها و مدارهای میکرواستریپ، رسانه دی الکتریک، تجزیه و تحلیل پراکندگی و بسیاری موارد دیگر می باشد. هسته مجموعه ای جامع از روش های محاسباتی قدرتمند را ارائه می دهد و برای تجزیه و تحلیل ورق های دی الکتریک نازک، اجسام دی الکتریک چندگانه همگن و رسانه های طبقه بندی شده مسطح توسعه یافته است. شکل زیر برخی از تکنیک های تحلیل عددی موجود در FEKO و انواع مسائلی که برای آنها در نظر گرفته شده را نشان می دهد.



شکل ۶-۱ تصویری از تکنیک های تحلیل عددی در FEKO

۶-۳- موقور تحلیل FEKO

تکنیک MoM (Method of Moments) اساس حل کننده FEKO را تشکیل می دهد. تکنیک های دیگری مانند روش چندقطبی سریع چندسطحی (MLFMM)، روش اجزای محدود (FEM)، تئوری یکنواخت شکست (UTD)، اپتیک هندسی (پرتاب پرتو) و اپتیک فیزیکی (PO) برای حل مسائل الکتریکی بزرگ اجرا شده اند. مشکلات و اجسام دی الکتریک ناهمگن با شکل دلخواه. تقریب های ویژه و تکنیک های شتاب برای مسائل از انواع خاص موجود است.

۶-۳-۱ روشن MoM

هسته اصلی برنامه FEKO بر اساس روش لحظه ها (MoM) است. MoM یک جواب موج کامل از معادلات انتگرال ماکسول در حوزه فرکانس است. مزیت MoM این است که یک "روشن منبع" است به این معنی که فقط ساختار مورد نظر گسسته است، نه فضای آزاد مانند "روش های میدان". لازم نیست شرایط مرزی تنظیم شود و نیازهای حافظه متناسب با هندسه مورد نظر و فرکانس حل مورد نیاز مقیاس شوند.

۶-۳-۲ MLFMM

MLFMM یک فرمول جایگزین از فناوری پشت MoM است و برای سازه های بسیار بزرگتر از MoM قابل استفاده است و راه حل های مبتنی بر جریان تمام موج سازه های الکتریکی بزرگ را امکان پذیر می کند. این واقعیت نشان می دهد که می توان آن را برای اکثر مدل های بزرگی که قبلًا با MoM درمان شده اند، بدون نیاز به تغییر مش اعمال کرد.

۶-۳-۳ تقریب متقابل تطبیقی (ACA)

ACA یک روش سریع شبیه به MLFMM است، اما برای مشکلات فرکانس پایین یا هنگام استفاده از تابع سبز خاص نیز قابل استفاده است. این ماتریس امپدانس را با ساخت یک ماتریس H پراکنده تقریب می کند (تنها چند عنصر انتخاب شده محاسبه می شوند).

۶-۳-۴ نظریه یکنواخت پراش

FEKO MoM دقیق مبتنی بر جریان را با UTD به معنای واقعی کلمه با جفت شدن بین MoM و UTD در تحلیل حفظ می کند، یعنی اصلاح ماتریس تعامل و اطمینان از دقت. فرکانس بر منابع حافظه مورد نیاز برای درمان UTD یک سازه تأثیر نمی گذارد زیرا تنها نقاط بازتاب از سطوح و پراش از لبه ها یا

گوشہ ها بدون مش بندی ساختار در نظر گرفته می شوند. بینش در مورد انتشار پرتوها در POSTFEKO در طول پردازش پس از آن ارائه می شود.

۶-۳-۵ - اپتیک هندسی (پرتاب پرتو)

اپتیک هندسی (پرتاب اشعه) یک روش مبتنی بر پرتو است که برای در نظر گرفتن ساختارهای دی الکتریک بزرگ و رسانای الکتریکی کامل در کاربردهایی مانند آنالیز آتنن های عدسی در نظر گرفته شده است. روش MoM GO با روشی مشابه UTD همیرید شده است. روش GO در FEKO از تئوری پرتاب پرتو و انتقال، بازتاب و شکست برای مدل سازی تعامل بین ناحیه دی الکتریک و MoM استفاده می کند.

۶-۳-۶ - اپتیک فیزیکی

PO برای استفاده در مواردی که سازه های الکتریکی بسیار بزرگ مدل می شوند، فرموله شده است. PO یک روش عددی مجانبی فرکانس بالا با ماهیت مشابه UTD است. کاربران معمولاً ابتدا یک راه حل را با MoM امتحان می کنند و وقتی متوجه می شوند که ساختار از نظر الکتریکی برای حل با منابع موجود خود (حافظه پلت فرم، زمان) بسیار بزرگ است، به یکی از تکنیک های فرکانس بالا مجانبی روی می آورند.

۶-۳-۷ - اپتیک فیزیکی عنصر بزرگ

عنصر بزرگ PO برای استفاده در مواردی که سازه های صاف الکتریکی بسیار بزرگ مدل می شوند، فرموله شده است. این روش فقط زمانی استفاده می شود که هیچ ناپیوستگی در فیلد حادثه وجود نداشته باشد (مثلاً اگر فیلد حادثه دقیقاً یک منبع نقطه ای را نشان دهد). عنصر بزرگ PO شبیه به PO است زیرا یک روش عددی با فرکانس بالا مجانبی از همان ماهیت UTD است.

۶-۳-۸ - روش اجزای محدود

FEM برای مدل سازی اجسام دی الکتریکی بزرگ یا ناهمگن، که به طور کارآمد با پسوندهای FEM به MoM قابل حل نیستند، قابل استفاده است. FEM یک تکنیک مش بندی حجمی است که از چهار وجهی برای مش بندی دقیق حجم هایی با شکل دلخواه استفاده می کند که در آن خواص دی الکتریک ممکن است بین چهار وجهی همسایه متفاوت باشد. مدل سازی FEM در این موارد مزیت هایی دارد زیرا ماتریس های راه حل FEM پراکنده هستند، جایی که ماتریس های MoM پر جمعیت هستند، و ماتریس های FEM را با افزایش فرکانس به طور قابل توجهی مقیاس پذیرتر می کند.

شبکه های عمومی غیر تشعشعی - ۶-۳-۹

شبکه های عمومی (تعریف شده با استفاده از ماتریس های پارامتر شبکه) و همچنین خطوط انتقال ایده آل بدون تشعشع ممکن است در شبیه سازی FEKO استفاده شوند. این شبکه های غیر تشعشعی ممکن است به هم متصل شوند (آبشاری) و تحریک شده یا مستقیماً در پورت ها بارگذاری شوند. ولتاژها و جریانها در پورت های این نمایش های ایده آل شبکه ها ممکن است با جریانها و ولتاژها بخش هایی از مدل که با استفاده از روش های دیگر حل شده اند، تعامل داشته باشند، اگرچه هیچ جفت مبتنی بر تشعشع در نظر گرفته نمی شود.

مرزهای دوره ای - ۶-۳-۱۰

ساختارهای تناوبی بزرگ و با فاصله مساوی ممکن است در FEKO با استفاده از رویکرد مرز تناوبی بی نهایت شبیه سازی شوند. این رویکرد ممکن است برای ارائه یک راه حل دقیق شتاب یافته برای بسیاری از کاربردها مانند تحلیل سطح انتخابی فرکانس و تحلیل آرایه بزرگ استفاده شود.

اجزای FEKO - ۶-۴

رابط کاربری گرافیکی شامل اجزای زیر است:

- CADFEKO برای ایجاد و مش بندی هندسه و تعیین تنظیمات حل و الزامات محاسباتی در یک محیط گرافیکی استفاده می شود.
- EDITFEKO برای ساخت مدل های پیشرفته (هم هندسه و هم نیازهای حل) با استفاده از یک زبان برنامه نویسی سطح بالا که شامل حلقه های FOR تکراری و دستورات IF-ELSE شرطی است، استفاده می شود.
- POSTFEKO نتایج فایل های خروجی باینری (*.bof) را می خواند و می تواند نتایج را بر روی نمودارهای دو بعدی یا در ترکیب با هندسه در نمایهای سه بعدی نمایش دهد. POSTFEKO همچنین برای تجسم نتایج بهینه سازی در حین و پس از بهینه سازی، و همچنین هندسه شبک مدل FEKO، با تحریکات، نقاط درخواست میدان و غیره قبل از اجرای واقعی FEKO استفاده می شود.
- QUEUEFEKO ایجاد بسته هایی را تسهیل می کند که می توانند به ماشین های خوشه راه دور منتقل شوند، جایی که بسته در یک صفحه اجرا (مانند PBS) قرار می گیرد.
- FEKO_UPDATE یک ابزار خط فرمان است که می تواند برای بررسی اینکه آیا به روزرسانی ها از یک مخزن اصلی (اینترنت) یا محلی در دسترس هستند یا خیر، استفاده می شود. SECFEKO_GUI تصویری از مدیر مجوز FEKO است.

سایر اجزایی که بخشی از مجموعه FEKO را تشکیل می دهند، رابط گرافیکی ارائه نمی دهند. اینها

هستند:

- FEKO مدل را پردازش می کند و فایل ورودی (fek.*.out) را برای هسته راه حل PREFEKO آماده می کند.

- FEKO کد حل کننده واقعی است. فایل های خروجی (*.out) و باینری (bof.*.out) تولید شده توسط FEKO حاوی تمام اطلاعات راه حل هستند.

- OPTFEKO ابزاری است که برای بهینه سازی مدل FEKO با توجه به نیازهای خاص استفاده می شود. OPTFEKO حل کننده FEKO را همانطور که در طول بهینه سازی لازم است فراخوانی می کند.

- TIMEFEKO مکانیزم تجزیه و تحلیل دامنه زمانی مبتنی بر تبدیل فوریه را برای FEKO فراهم می کند. TIMEFEKO حل کننده FEKO را همانطور که در طول فرآیند حل مورد نیاز است فراخوانی می کند.

- ADAPTFEKO در تولید نتایج نمونه گیری تطبیقی پیوسته استفاده می شود. ADAPTFEKO همانطور که توسط هسته FEKO مورد نیاز است، زمانی که نتایج نمونه گیری مداوم مورد نیاز است، فراخوانی می شود.

- CADFEKO_BATCH یک ابزار خط فرمان است که می تواند برای تغییر مقادیر متغیر در فایل مدل CADFEKO از یک رابط خط فرمان بدون راه اندازی CADFEKO GUI استفاده شود.

- SECFEKO مدیر مجوز FEKO است و تمام مجوزهای موجود در پرونده مجوز مشخص شده را برای مجوزهای قفل شده گره نشان می دهد یا به سوررهای مجوز شناور متصل می شود و اطلاعات مجوز را بازیابی می کند.

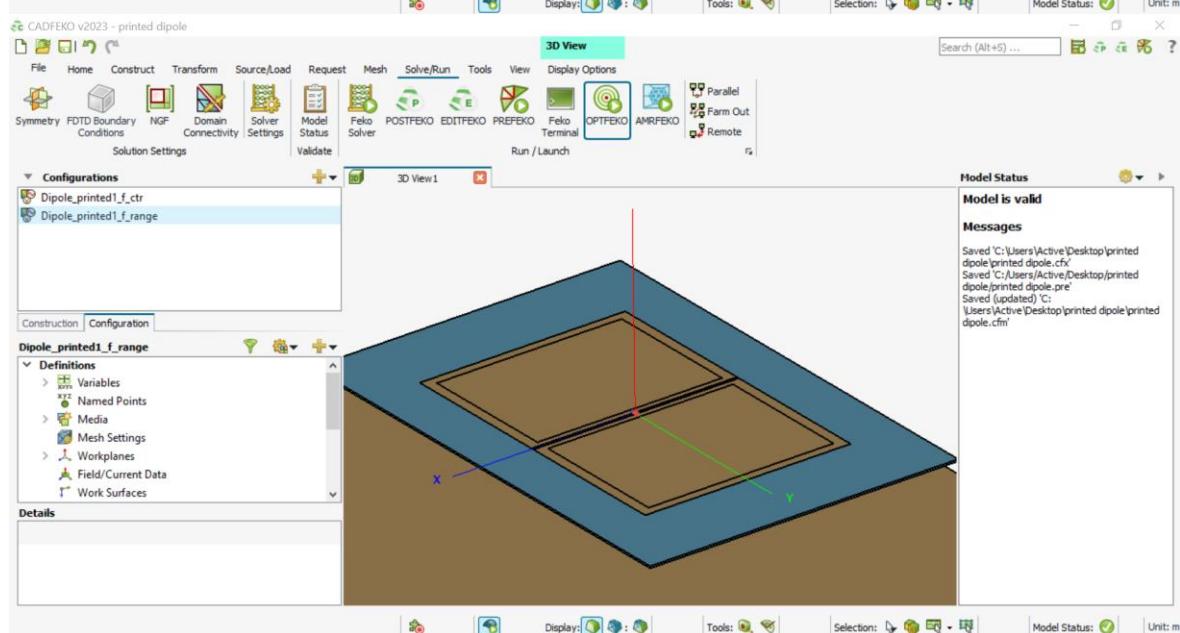
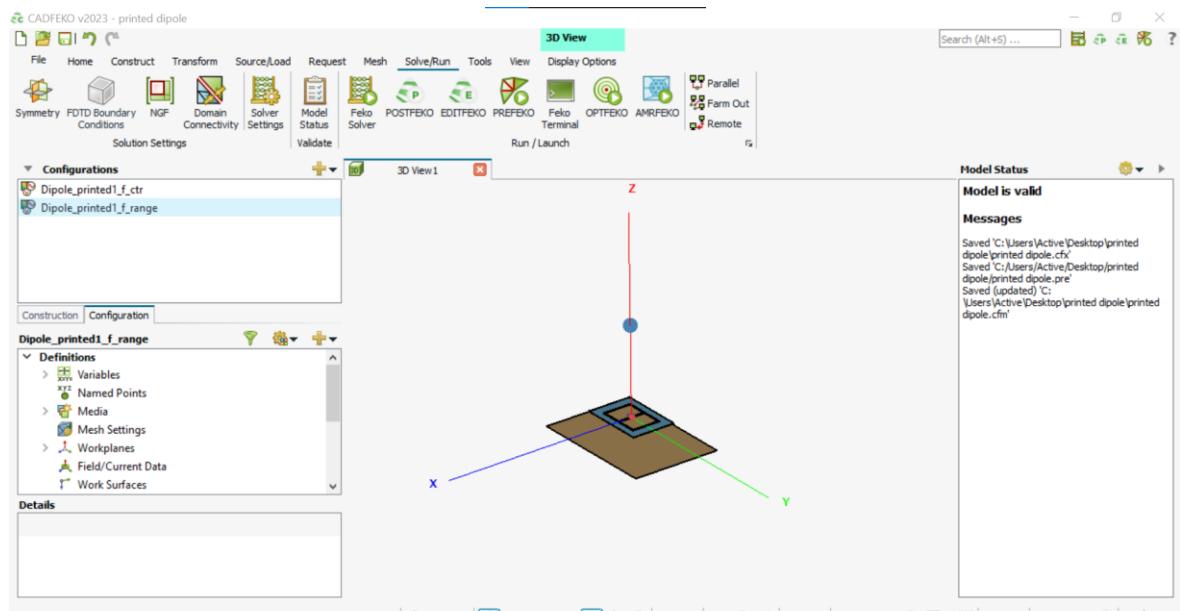
۶-۵- برنامه های کاربردی

- آنتن ها: تجزیه و تحلیل بوق ها، وصلة های میکرواستریپ، آنتن های سیمی، آنتن های بازتابنده، آنتن های منسجم، آنتن های پهن باند، آرایه ها
- قرار دادن آنتن: تجزیه و تحلیل الگوهای تابش آنتن، مناطق خطر تشعشع، و غیره با یک آنتن قرار داده شده بر روی یک سازه بزرگ به عنوان مثال هواپیما، کشتی

- EMC: تجزیه و تحلیل مشکلات مختلف EMC از جمله اثربخشی محافظه یک محفظه، تجزیه و تحلیل جفت کابل در محیط های پیچیده، به عنوان مثال سیم کشی در خودرو، تجزیه و تحلیل خطر تشعشع
- SAR: تجزیه و تحلیل اجسام همگن یا غیر همگن، استخراج Bio-Electromagnetics
- اجزای RF: تجزیه و تحلیل ساختارهای موجبر، به عنوان مثال فیلتر، آنتن های شکاف دار، جفت های جهت دار
- مدارهای ۳ بعدی EM: تجزیه و تحلیل فیلترهای میکرواستریپ، کوپلرها، سلف ها و غیره.
- Radomes: تجزیه و تحلیل لایه های دی الکتریک متعدد در یک ساختار بزرگ
- مشکلات پراکندگی: تجزیه و تحلیل RCS سازه های بزرگ و کوچک

فصل ۷ - نتایج شبیه سازی

علت وجود دو علت از هر گین، دایرکریویتیو ... نشان دادن بصورت نرم افزاری و دسی بلی است.



Dipole_printed1_f_range

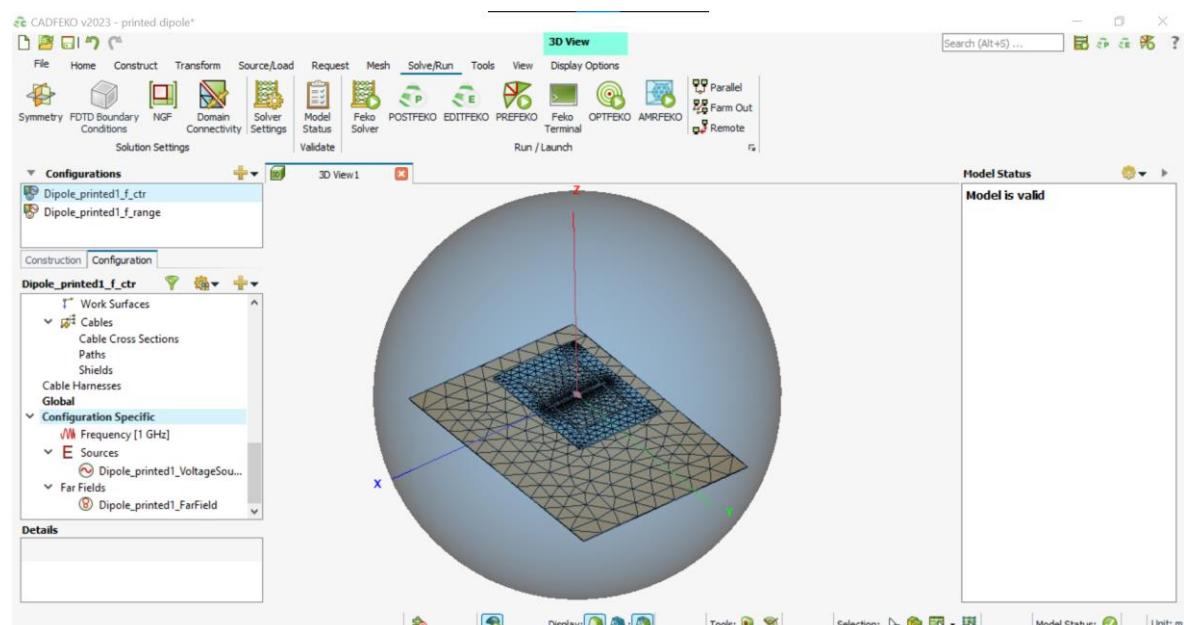
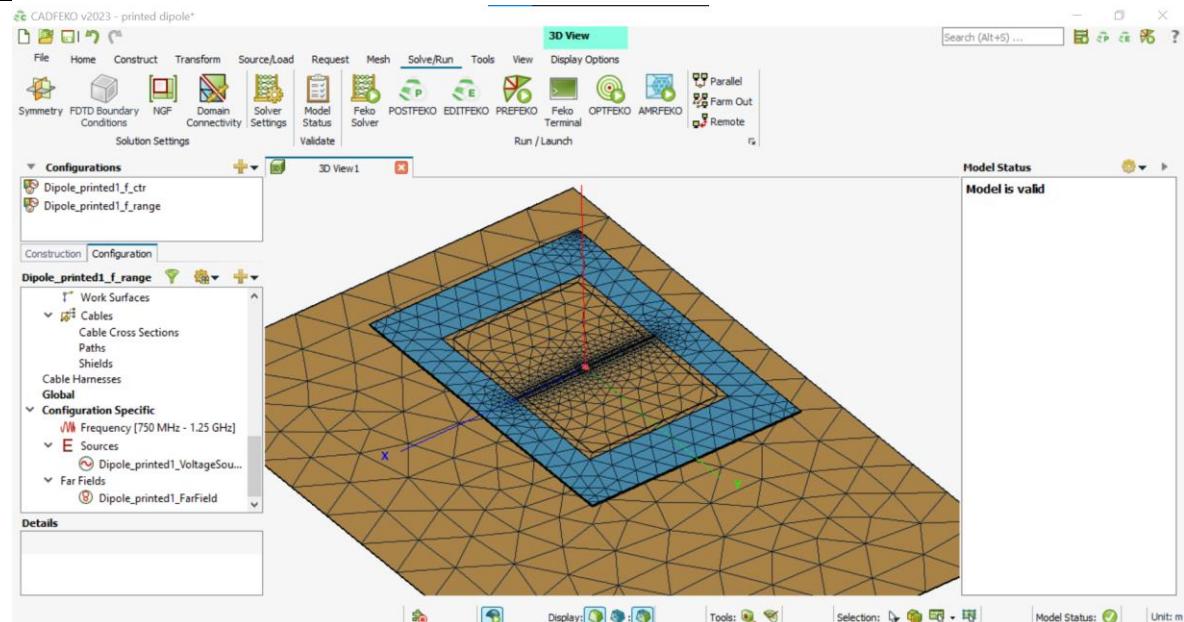
- Definitions
 - Variables
 - c0 = 1/sqrt(eps0*mu0)
 - Dipole_printed1_epsr = 2.351
 - Dipole_printed1_f_ctr = 1000000000
 - Dipole_printed1_gap = Dipole_printed1_lambda/300
 - Dipole_printed1_lambda = c0/Dipole_printed1_f_ctr/1
 - Dipole_printed1_length = 0.84913*Dipole_printed1_lambda/2
 - Dipole_printed1_mesh = Dipole_printed1_lambda/40
 - Dipole_printed1_radius = Dipole_printed1_lambda/1000
 - Dipole_printed1_spacer_height = 0.8*Dipole_printed1_lambda/4
 - Dipole_printed1_t = Dipole_printed1_lambda/375

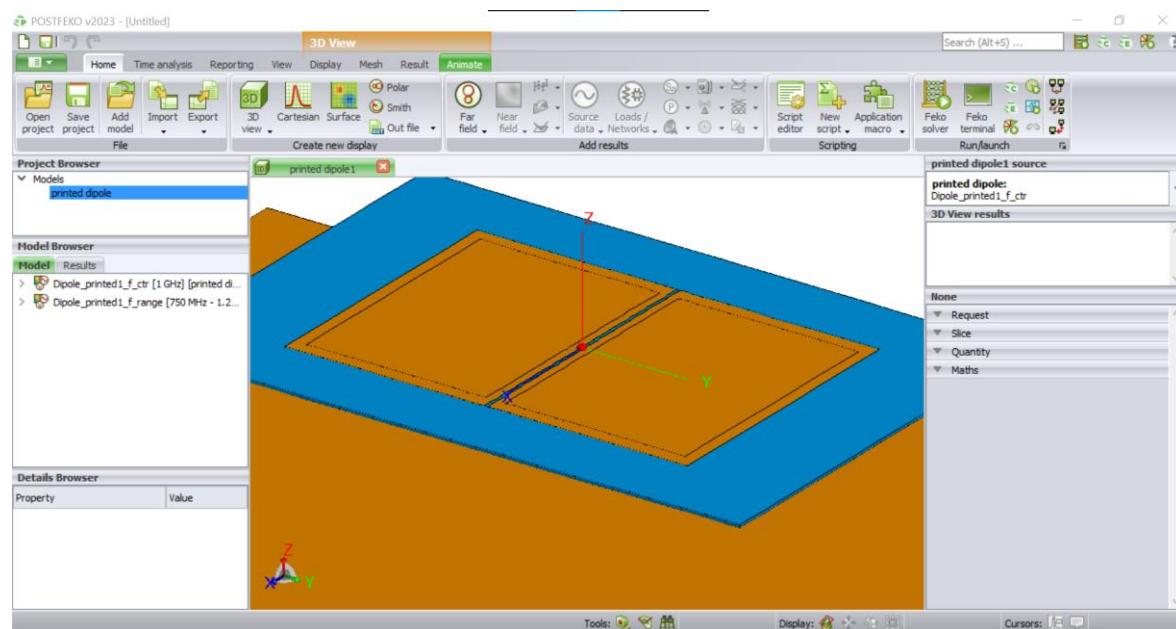
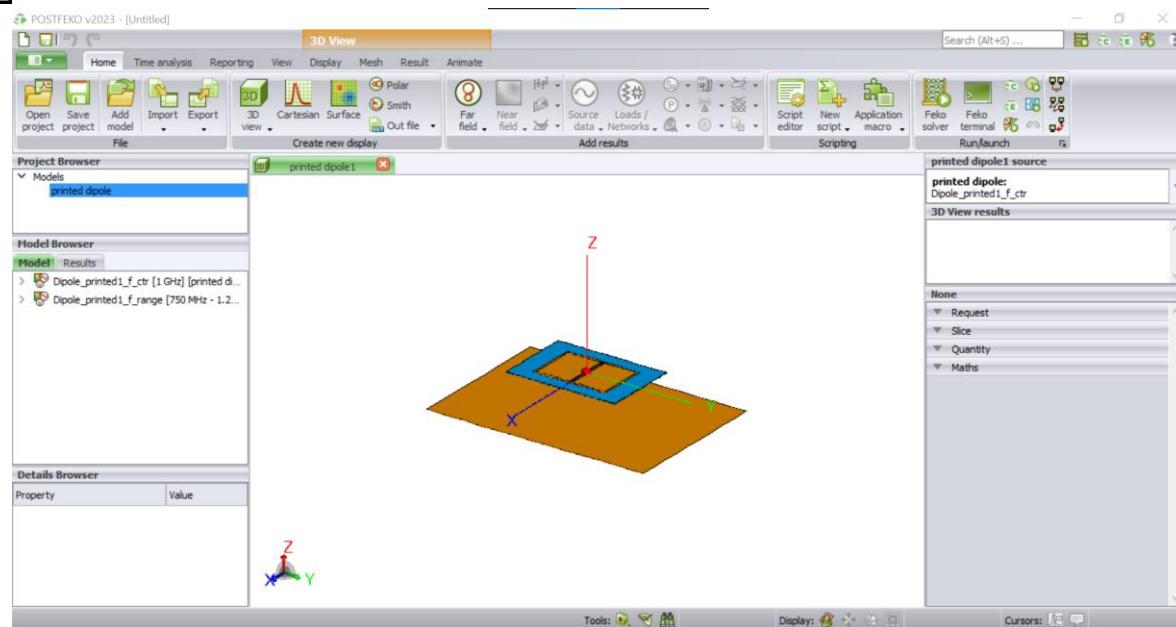
Dipole_printed1_f_range

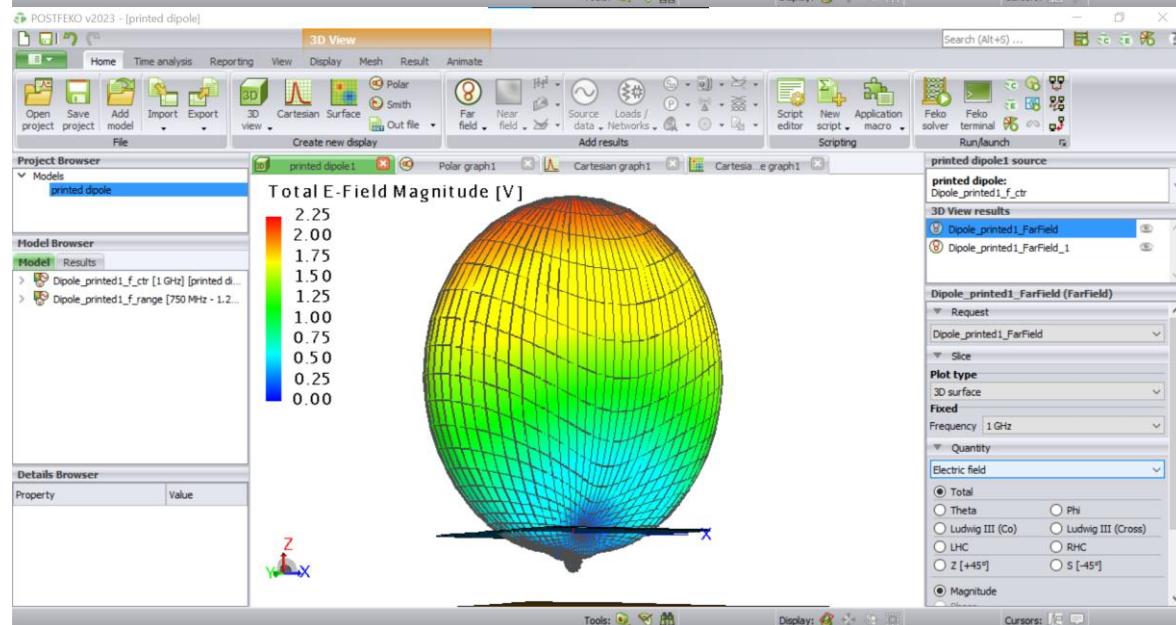
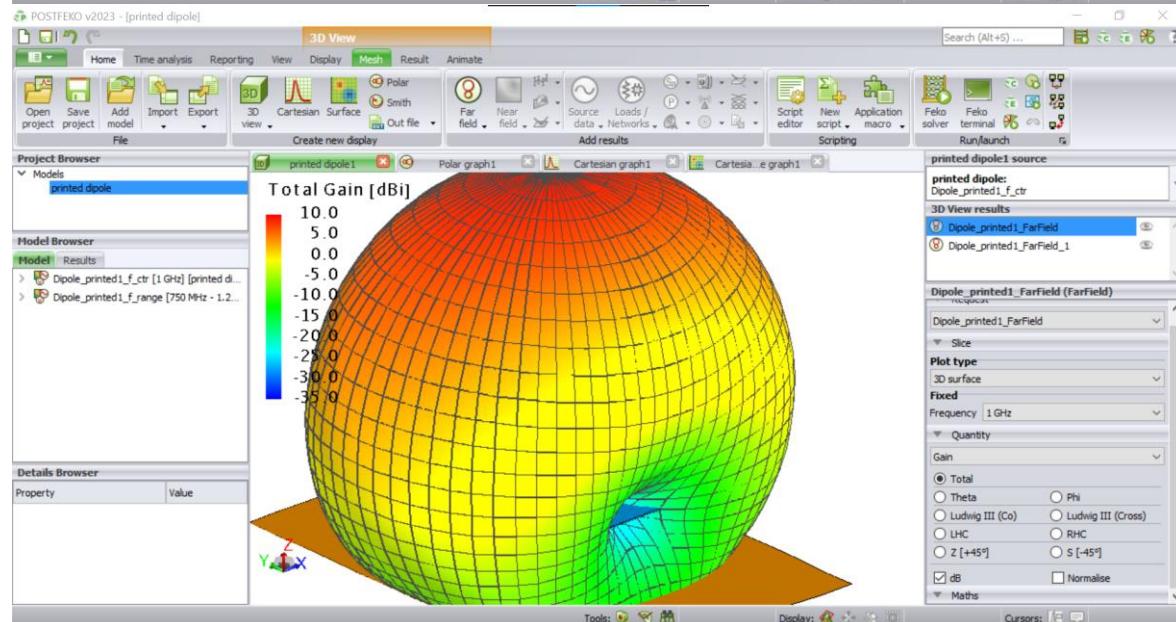
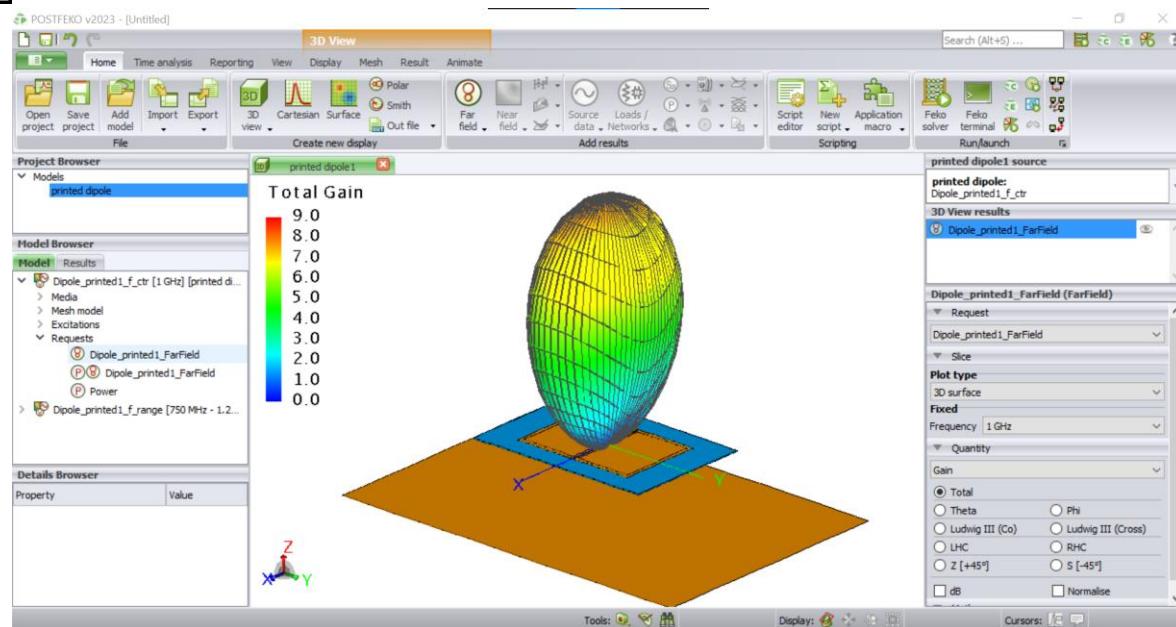
- Dipole_printed1_t = Dipole_printed1_lambda/375
- Dipole_printed1_width = 0.57981*Dipole_printed1_lambda/2
- Dipole_printed1_wire_radius = Dipole_printed1_lambda/3000
- eps0 = 8.85418781761e-12
- mu0 = pi*4e-7
- pi = 3.14159265358979323846
- zf0 = sqrt(mu0/eps0)
- Named Points
- Media
 - Perfect electric conductor
 - Perfect magnetic conductor
 - Free space

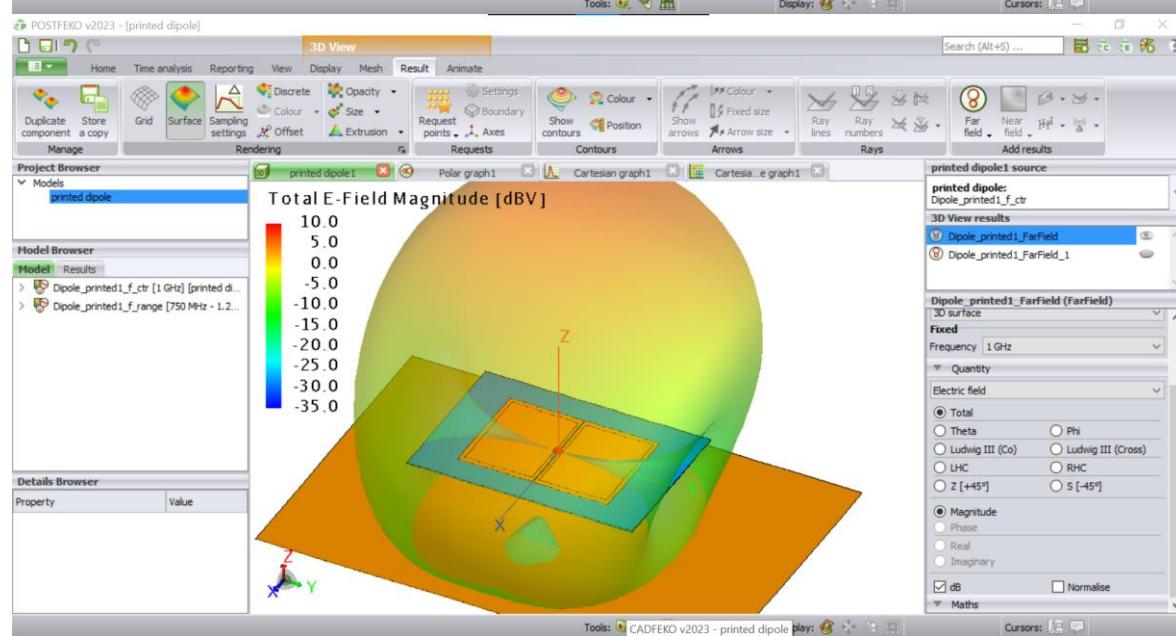
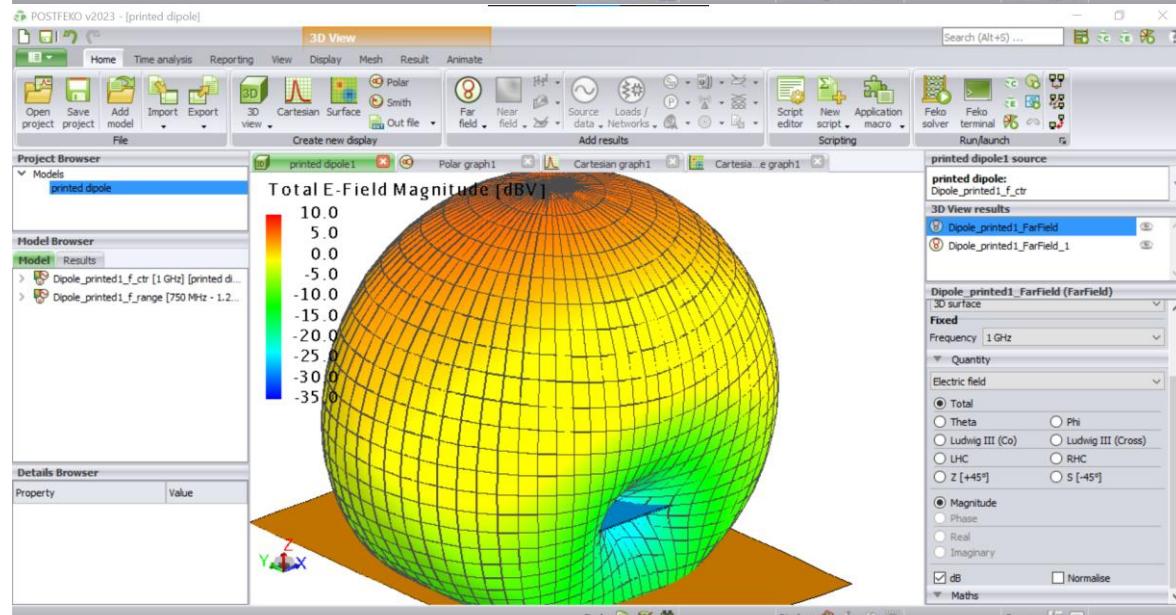
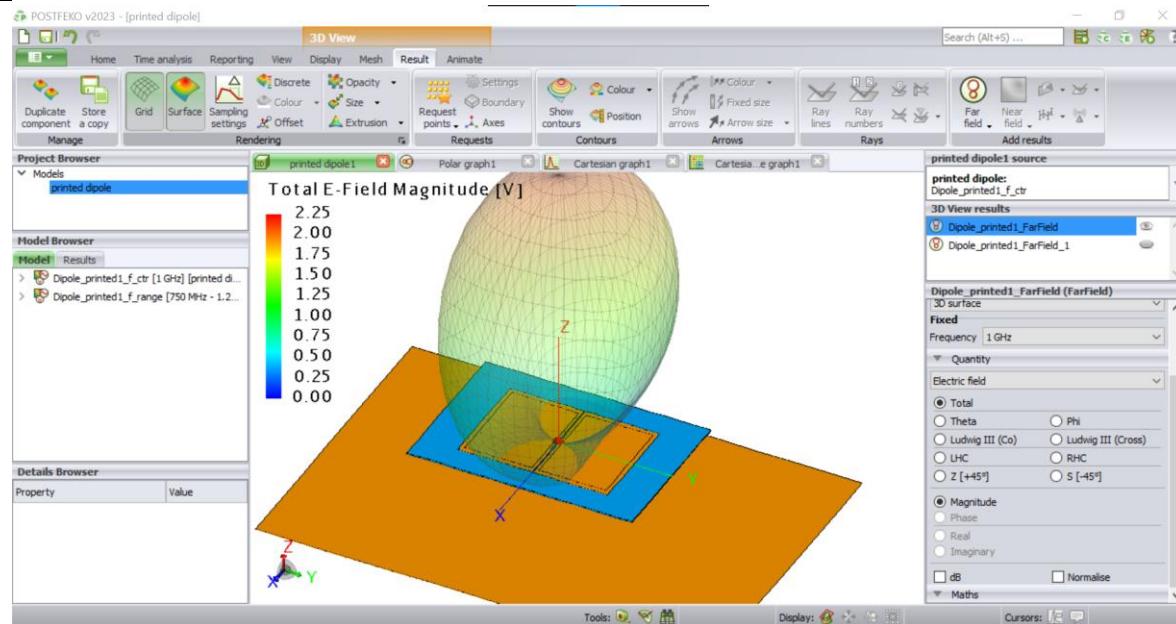
Dipole_printed1_f_range

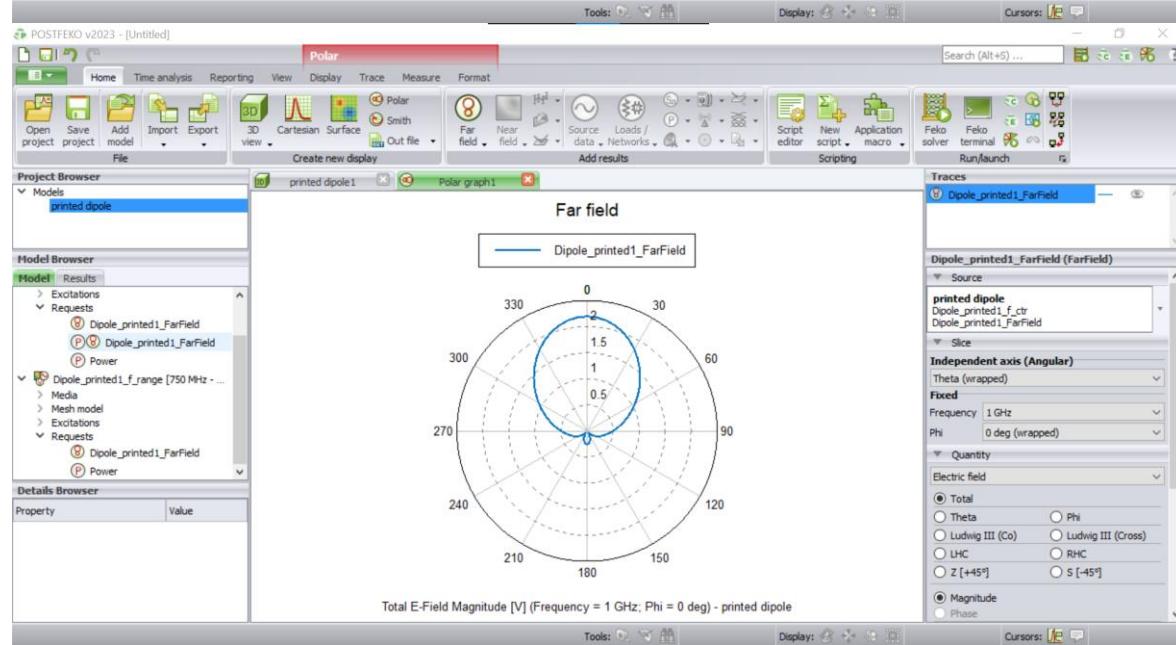
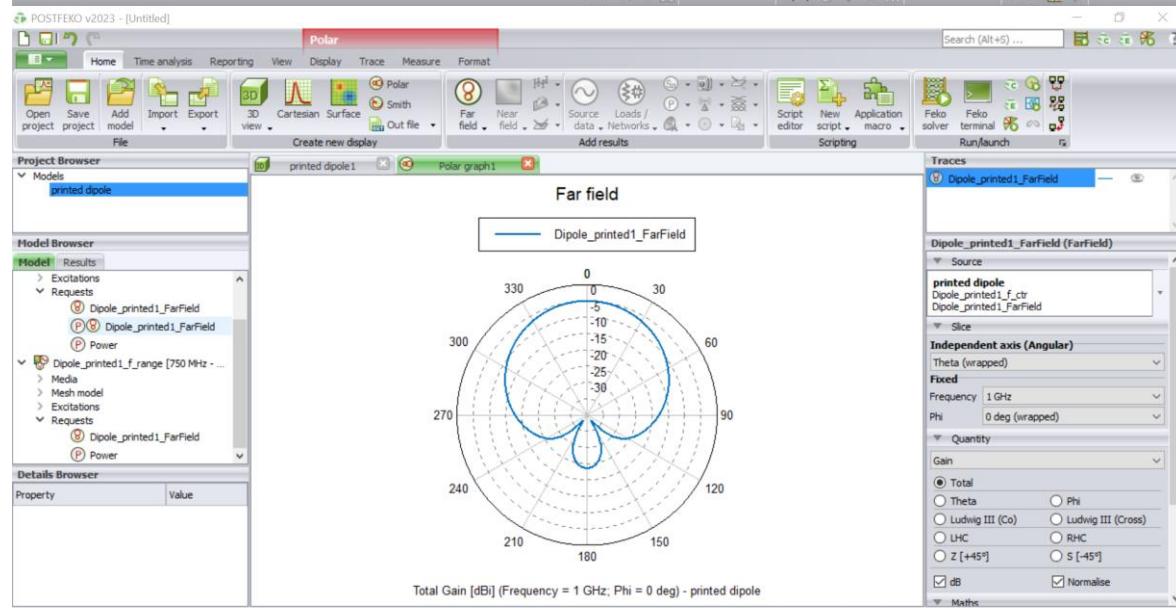
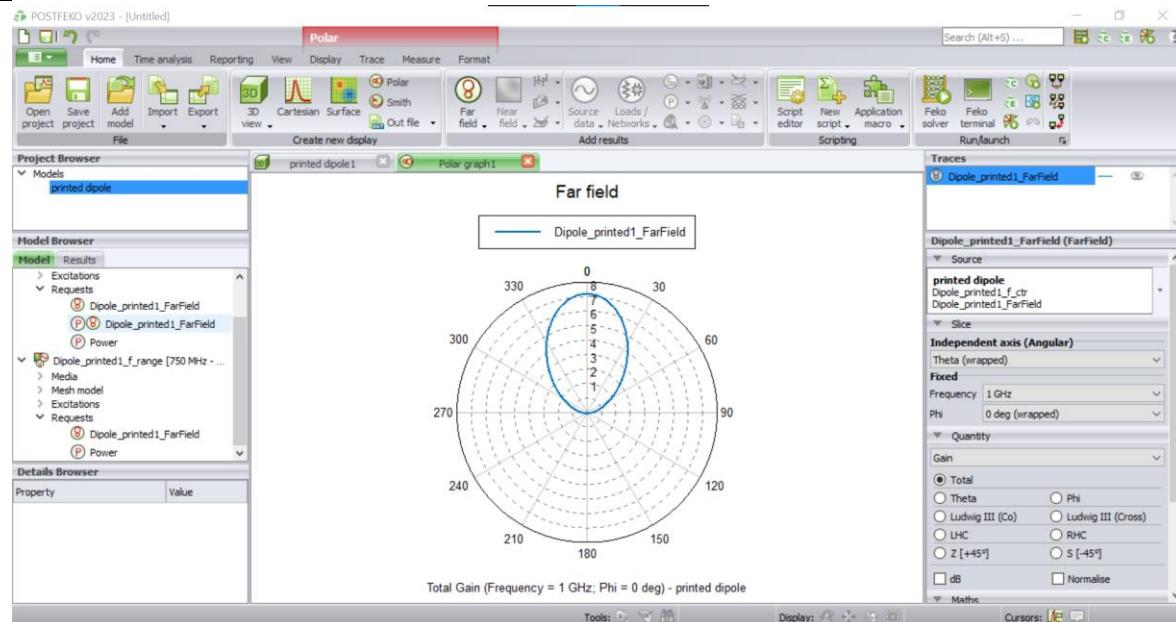
- Work Surfaces
- Cables
 - Cable Cross Sections
 - Paths
 - Shields
- Cable Harnesses
- Global
- Configuration Specific
 - Frequency [750 MHz - 1.25 GHz]
 - Sources
 - Dipole_printed1_VoltageSource
 - Far Fields
 - Dipole_printed1_FarField

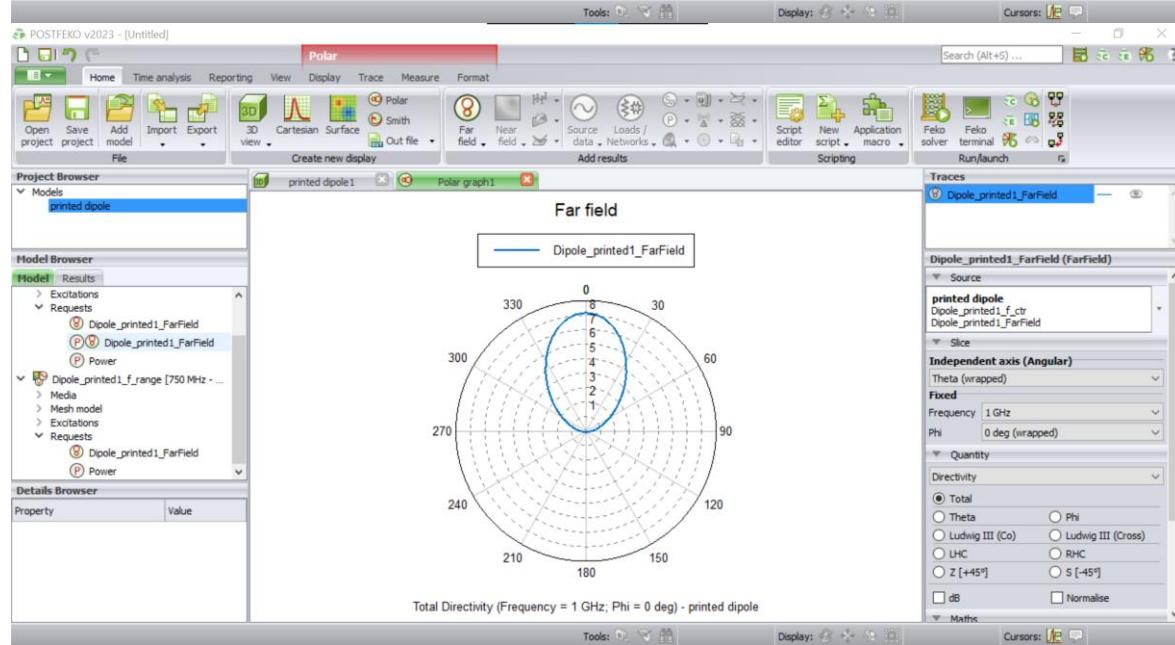
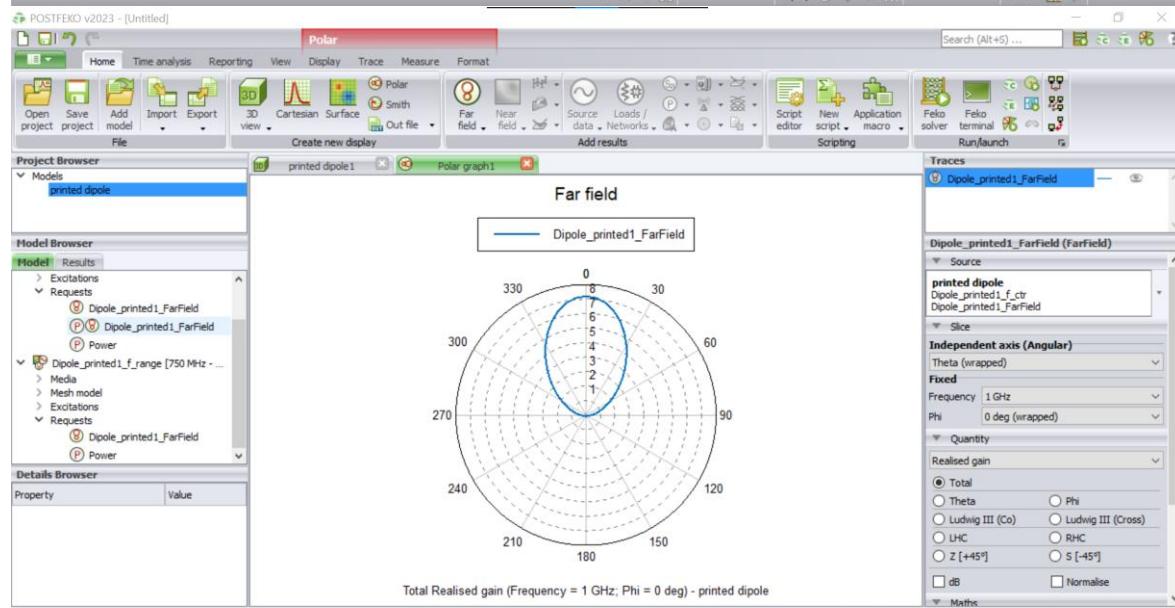
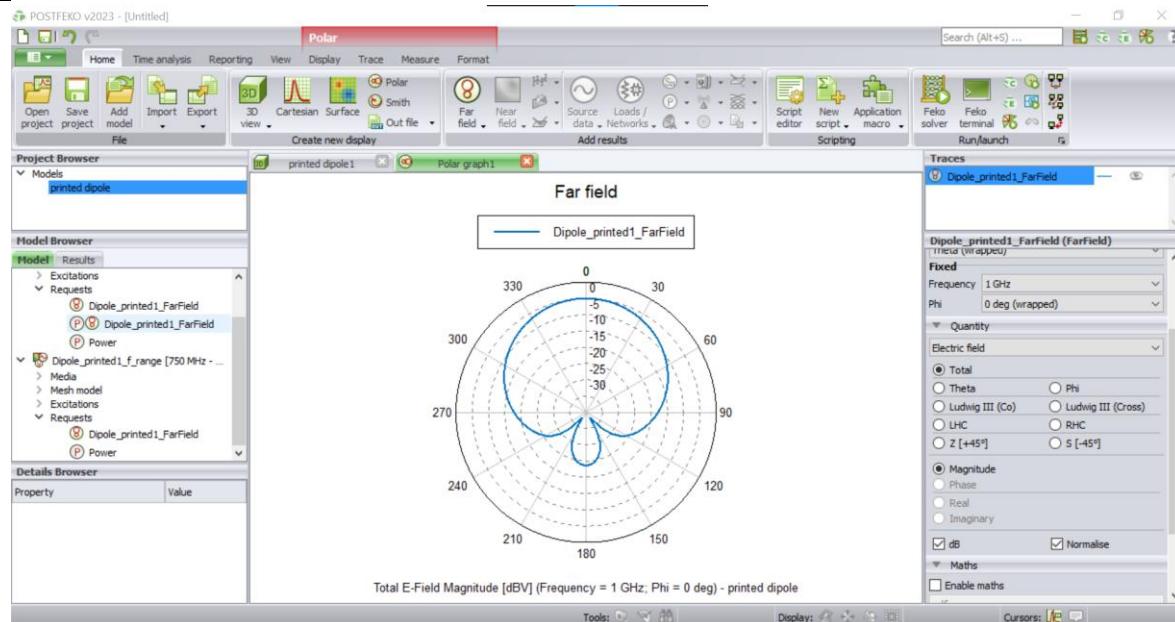


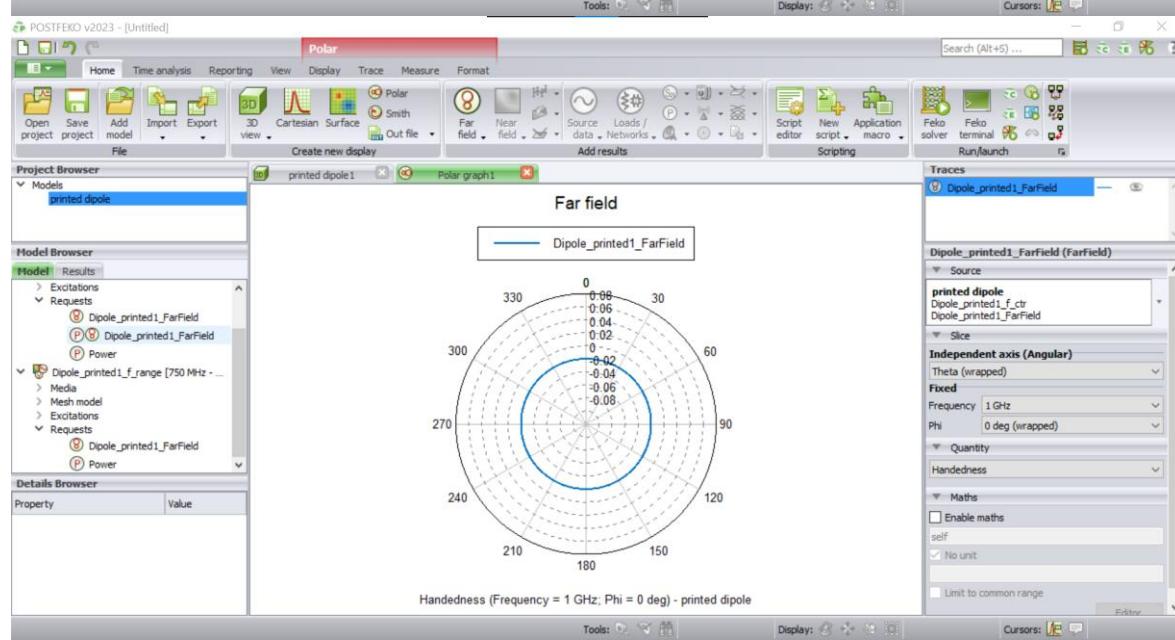
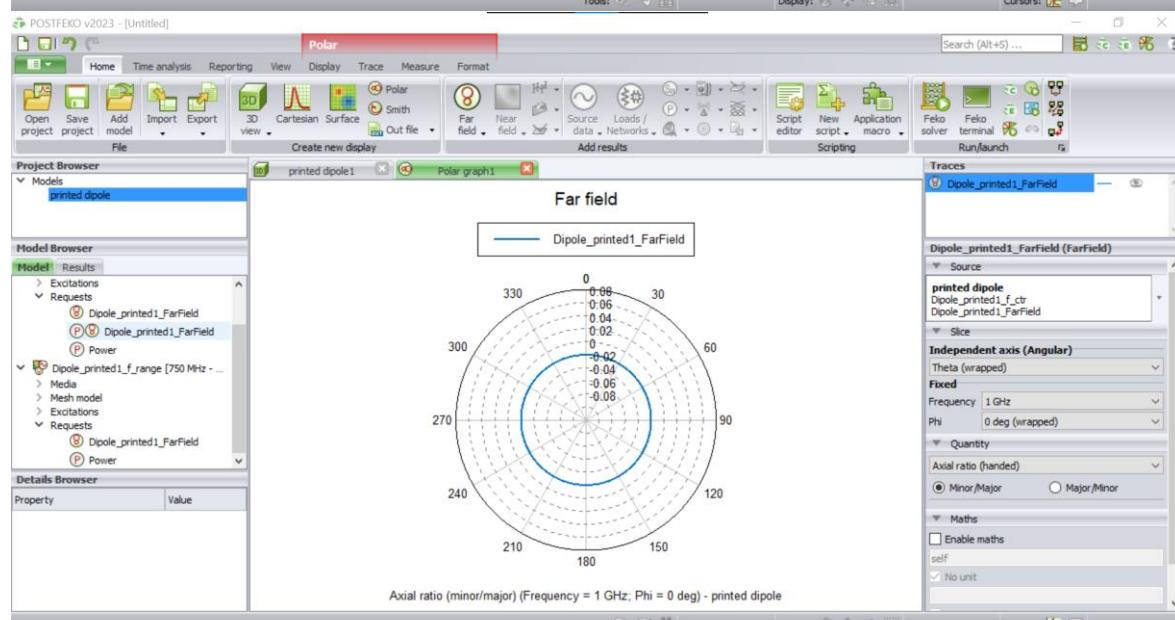
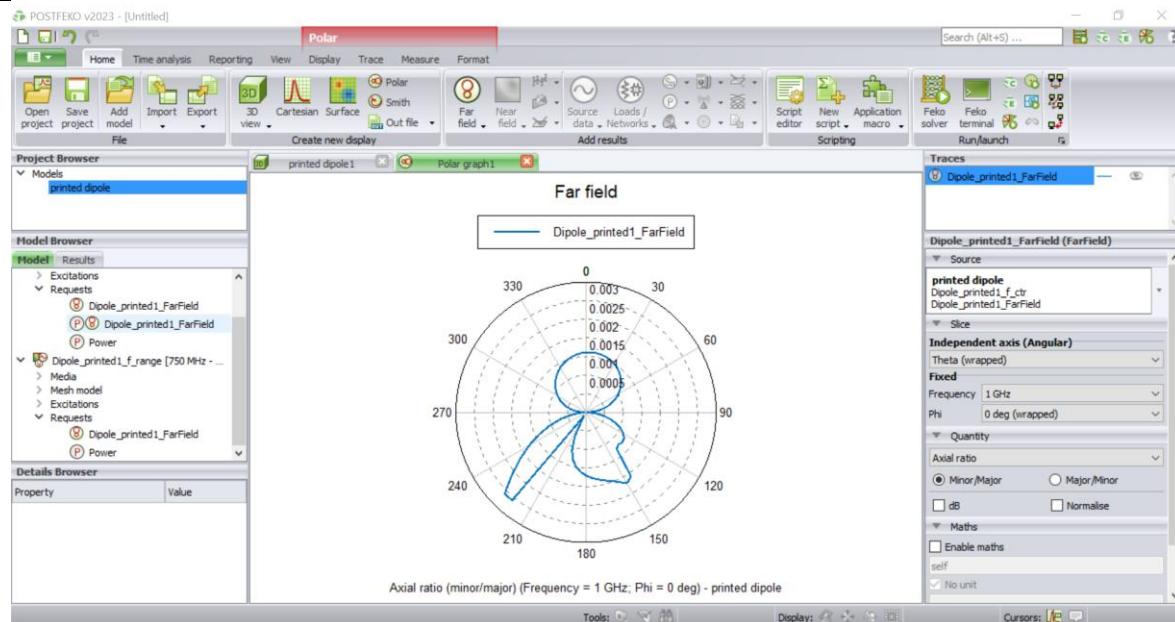


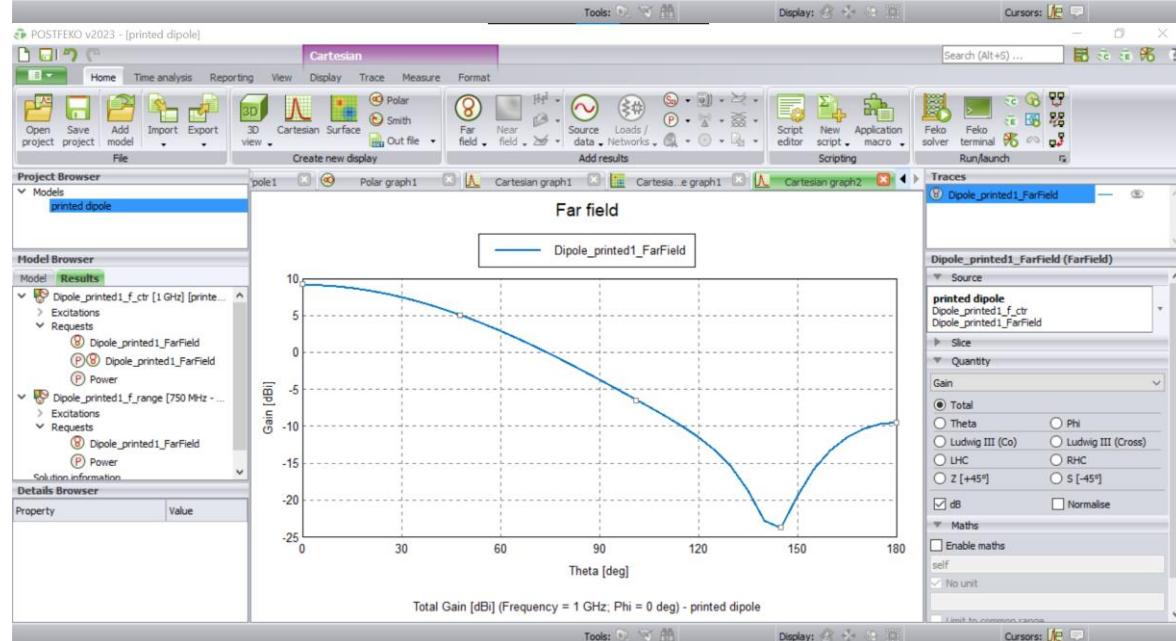
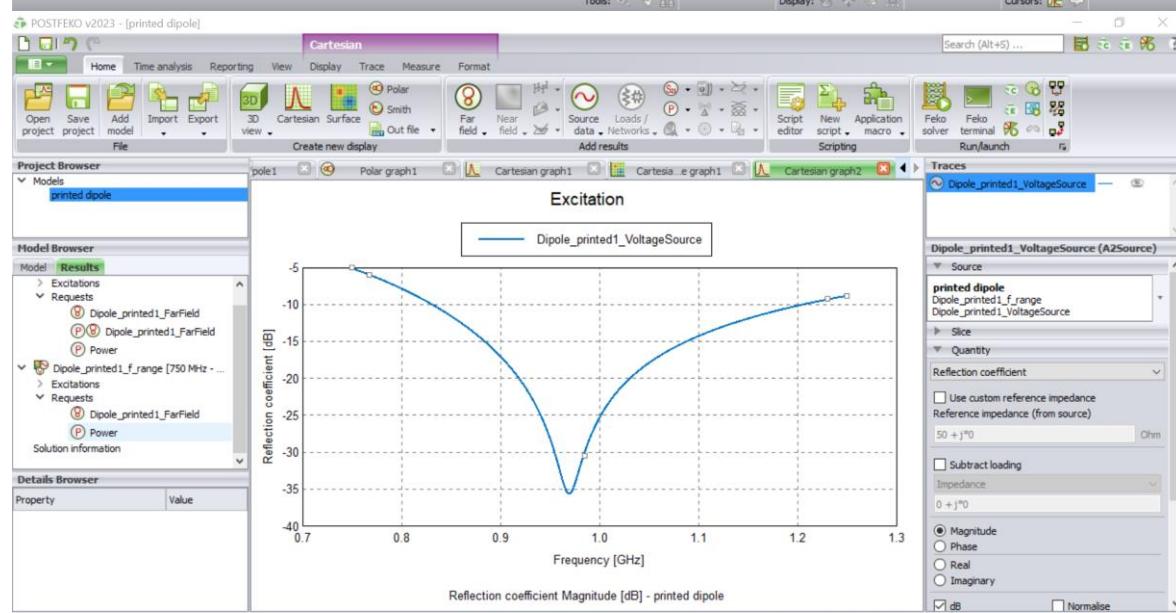
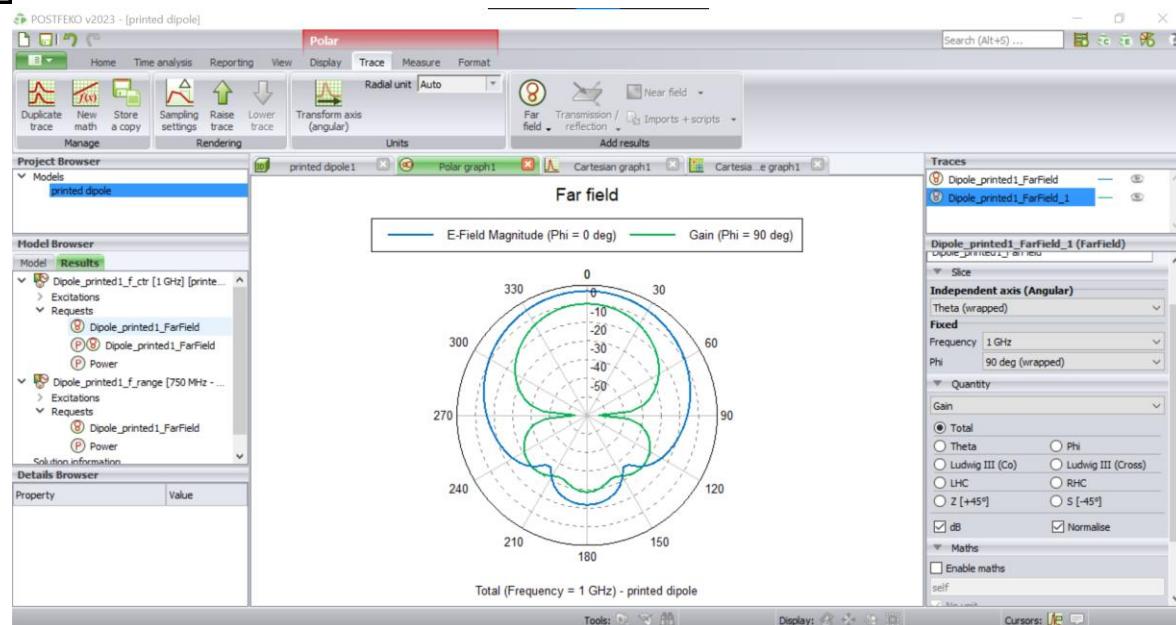


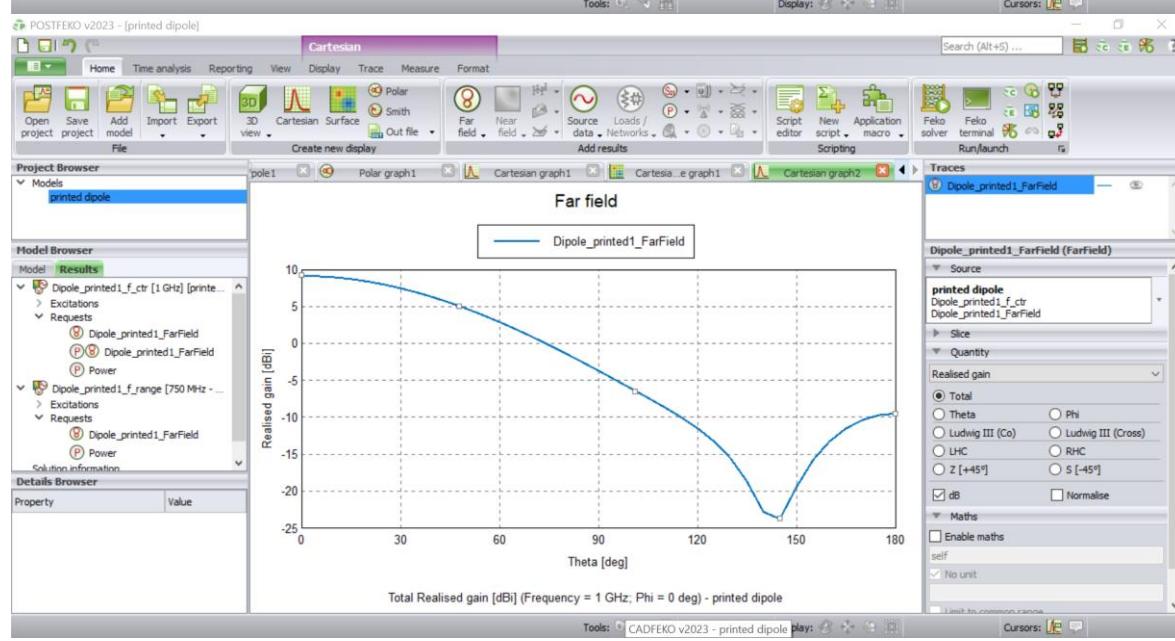
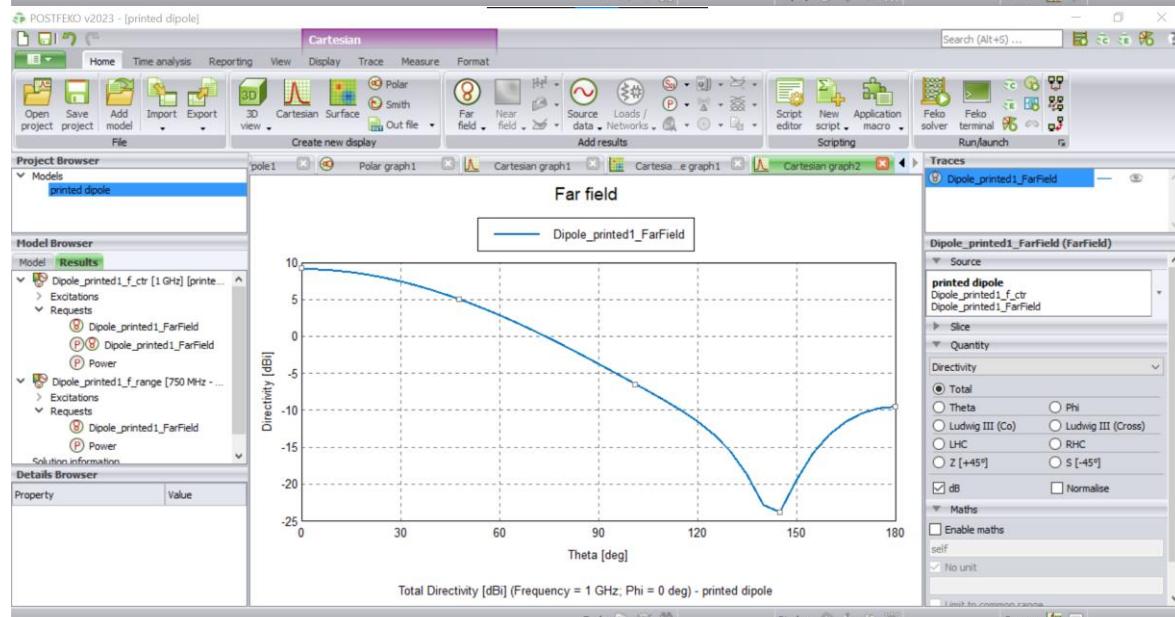
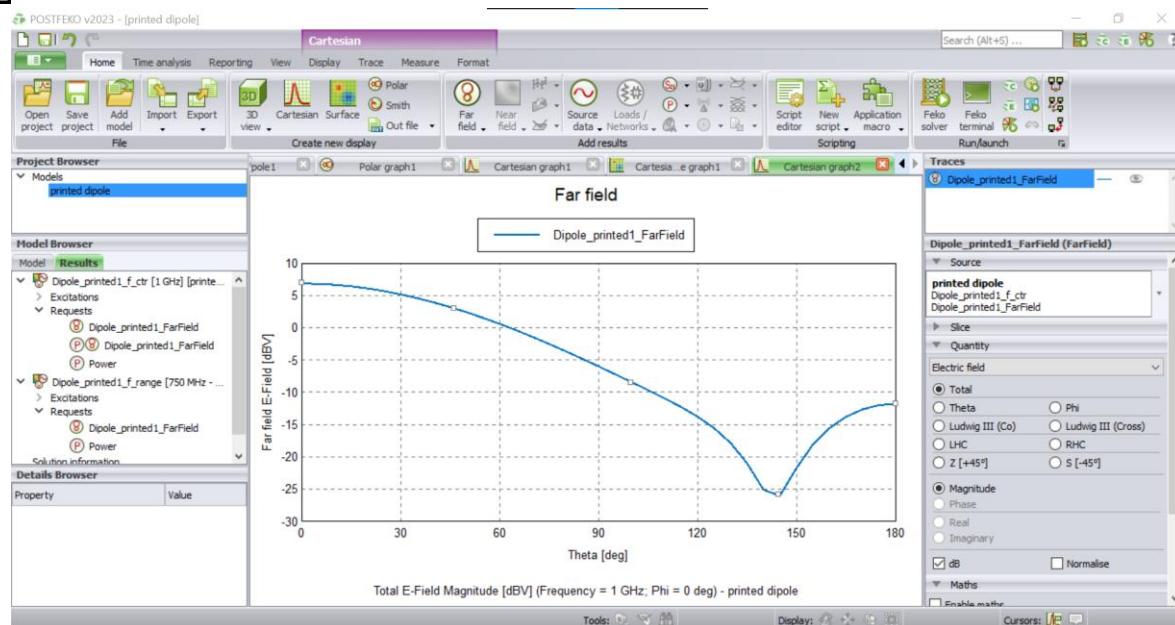


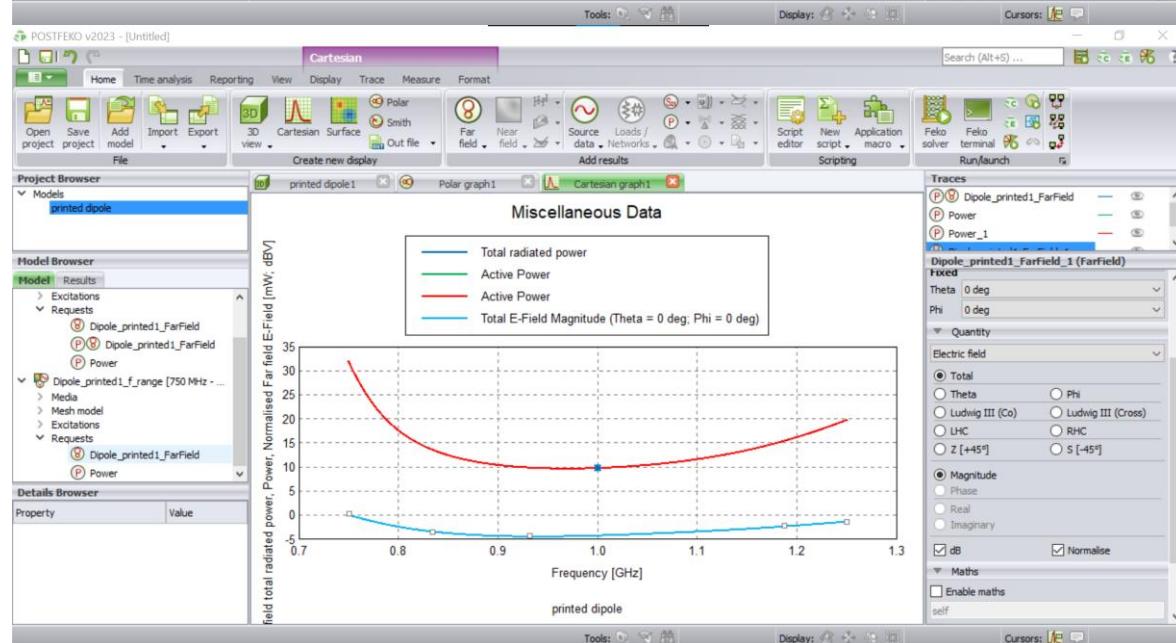
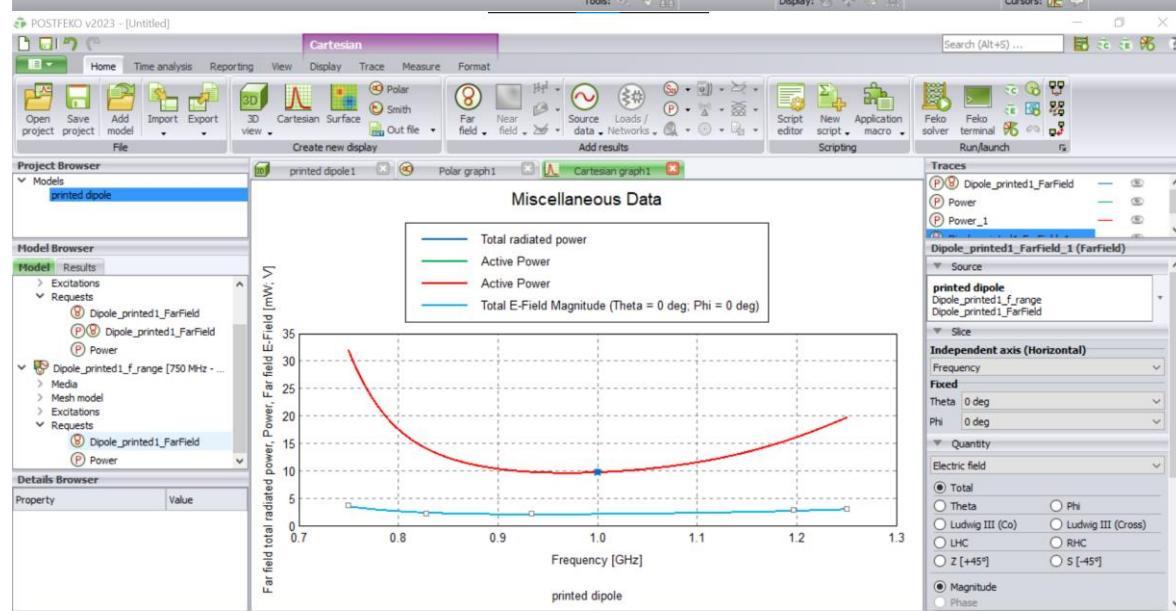
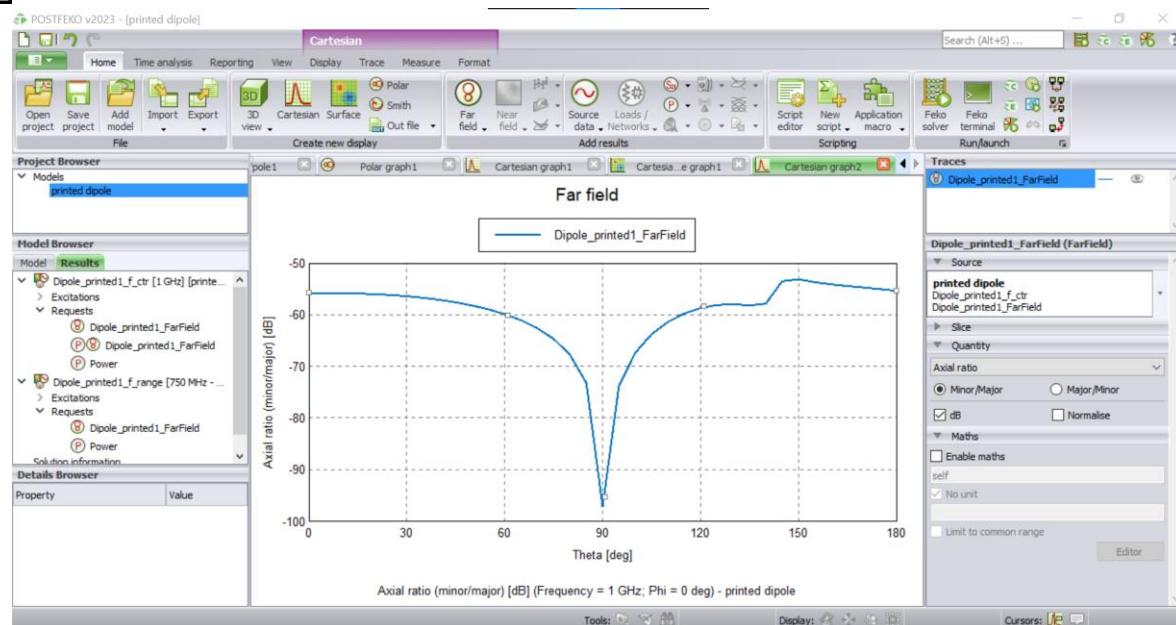


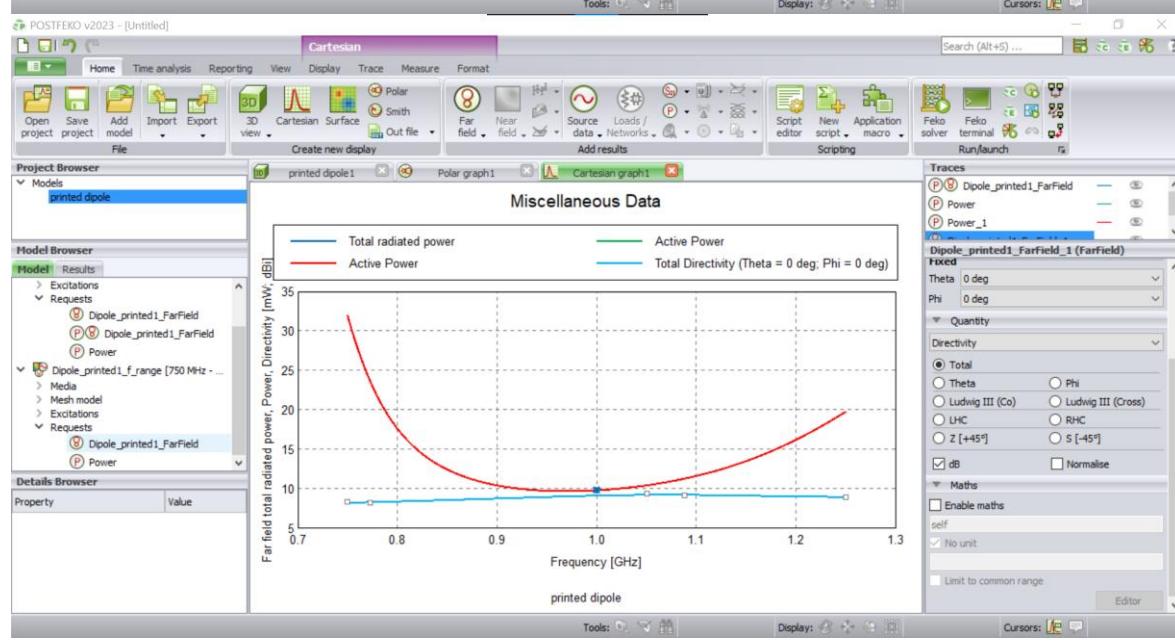
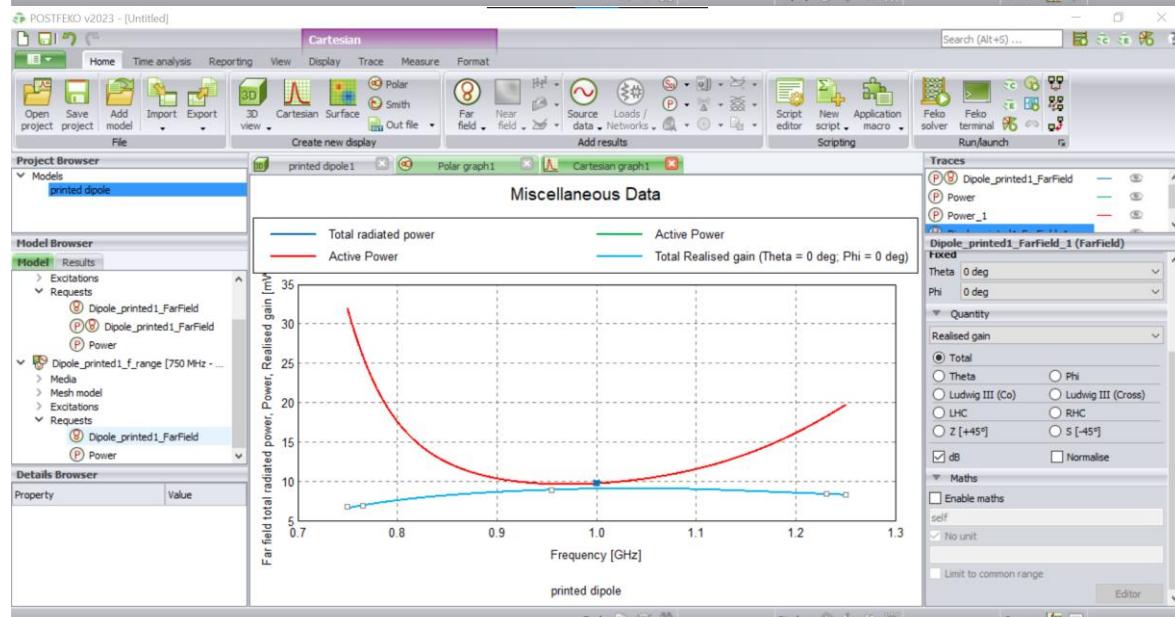
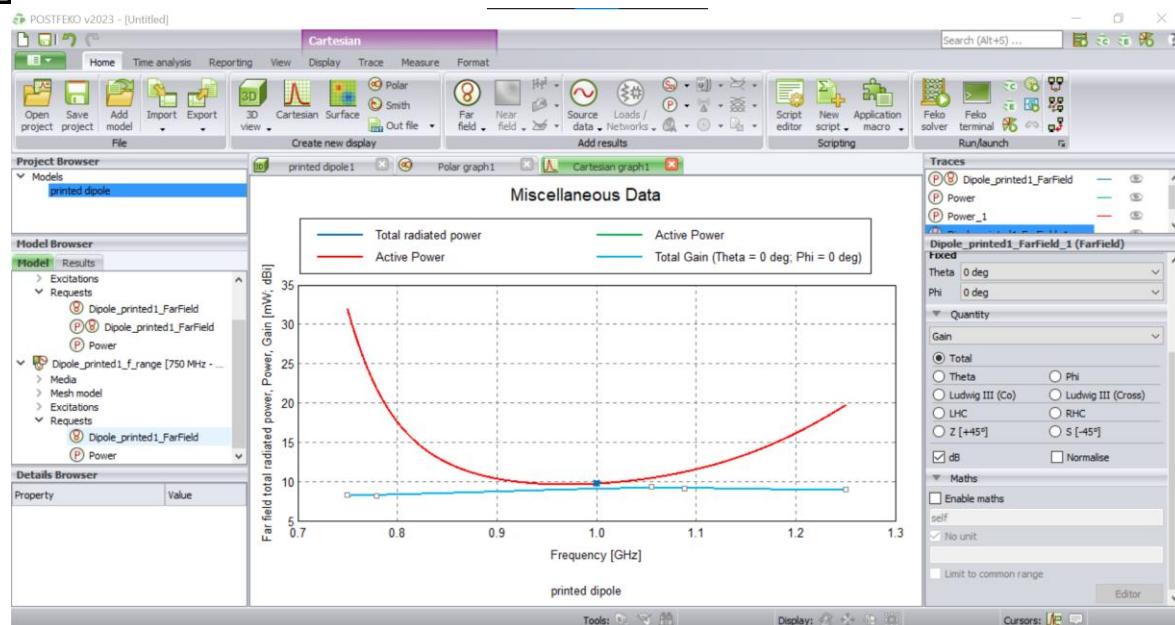


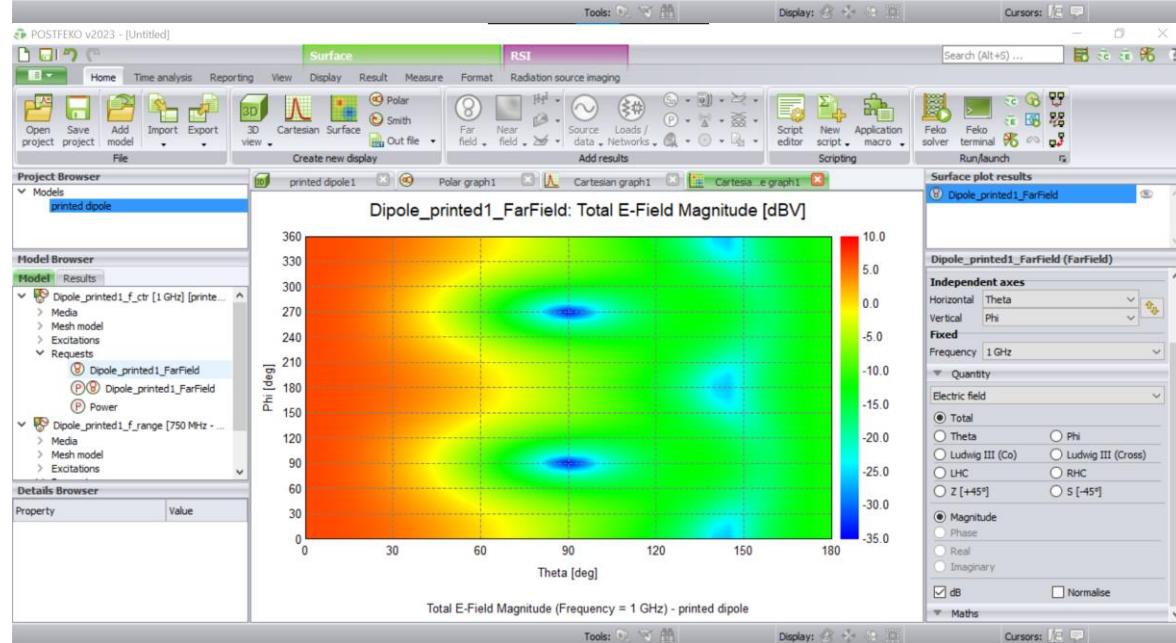
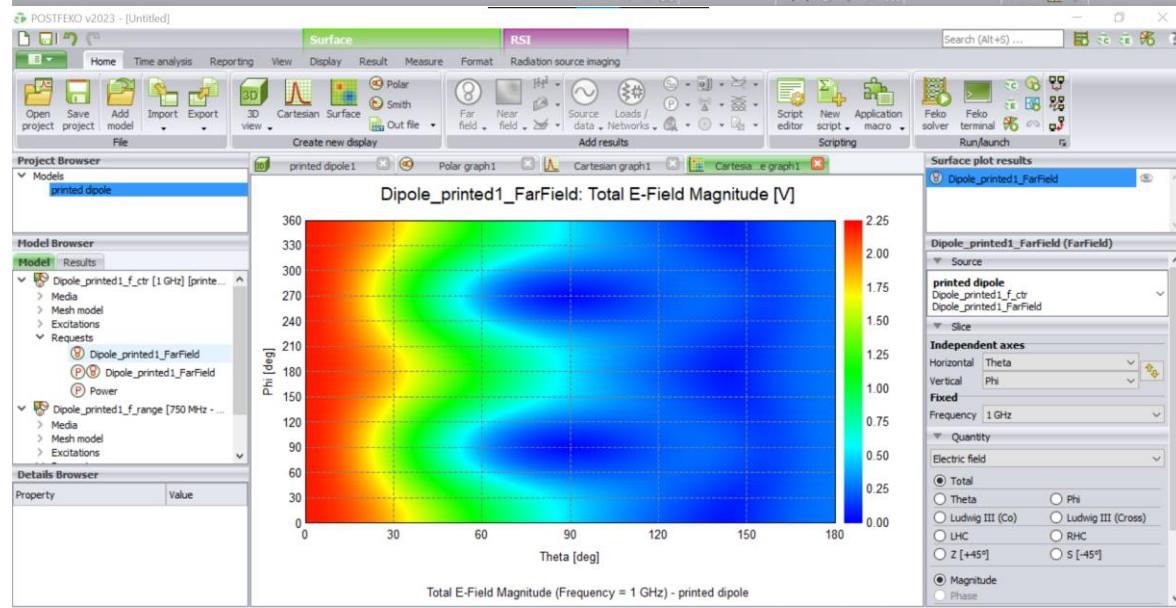
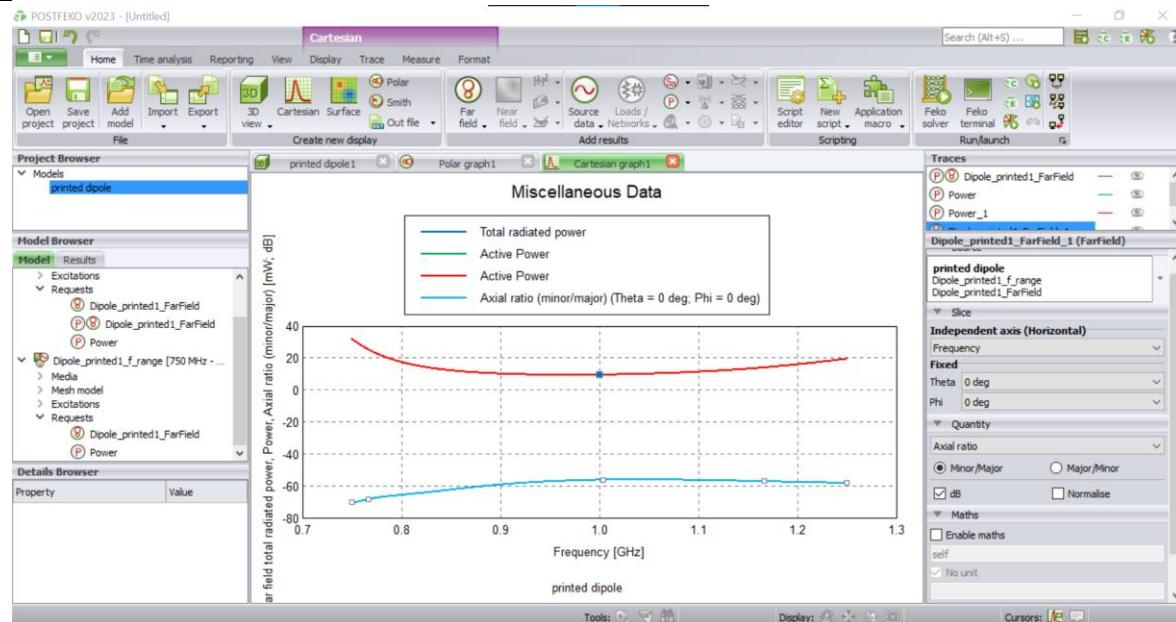


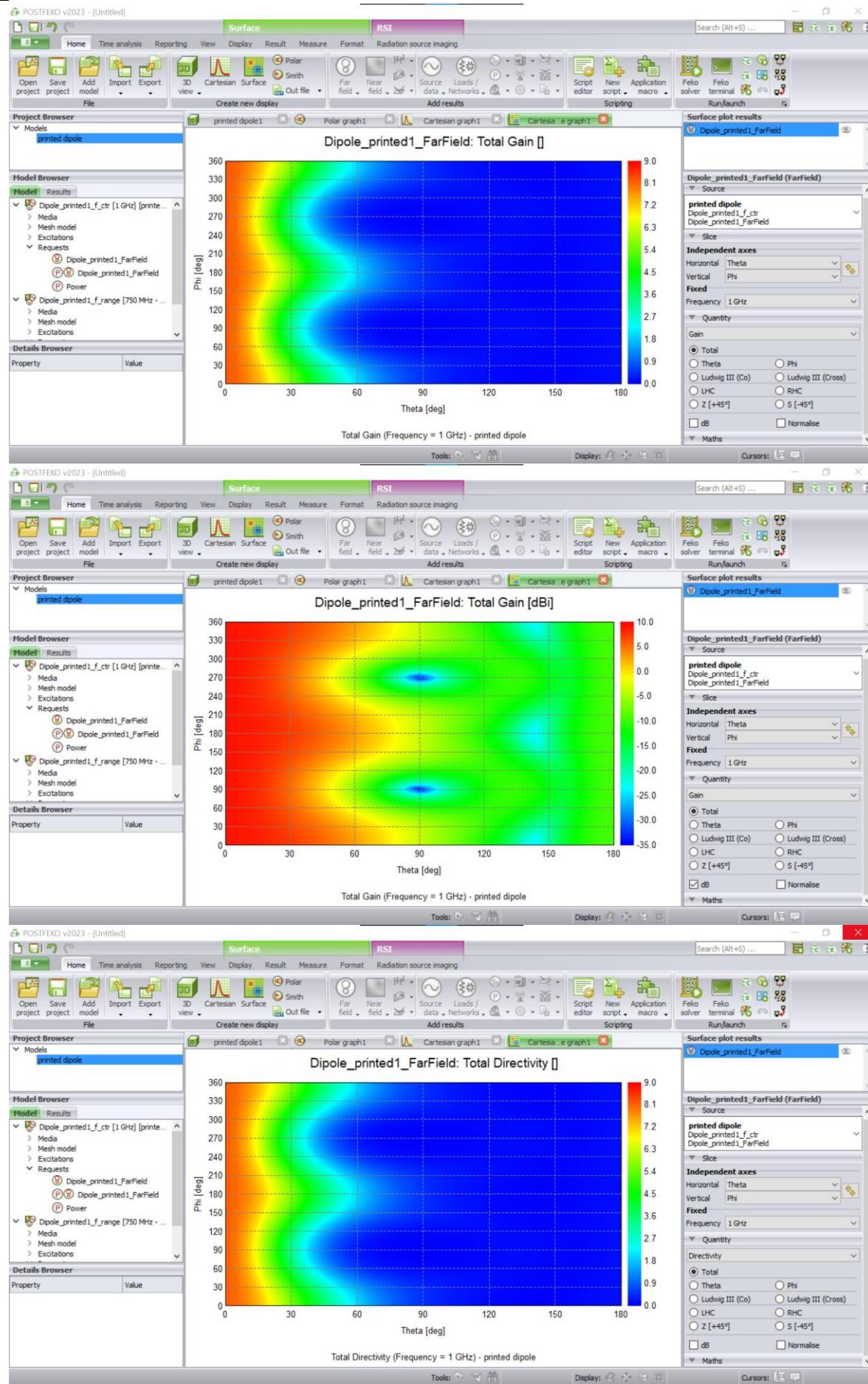


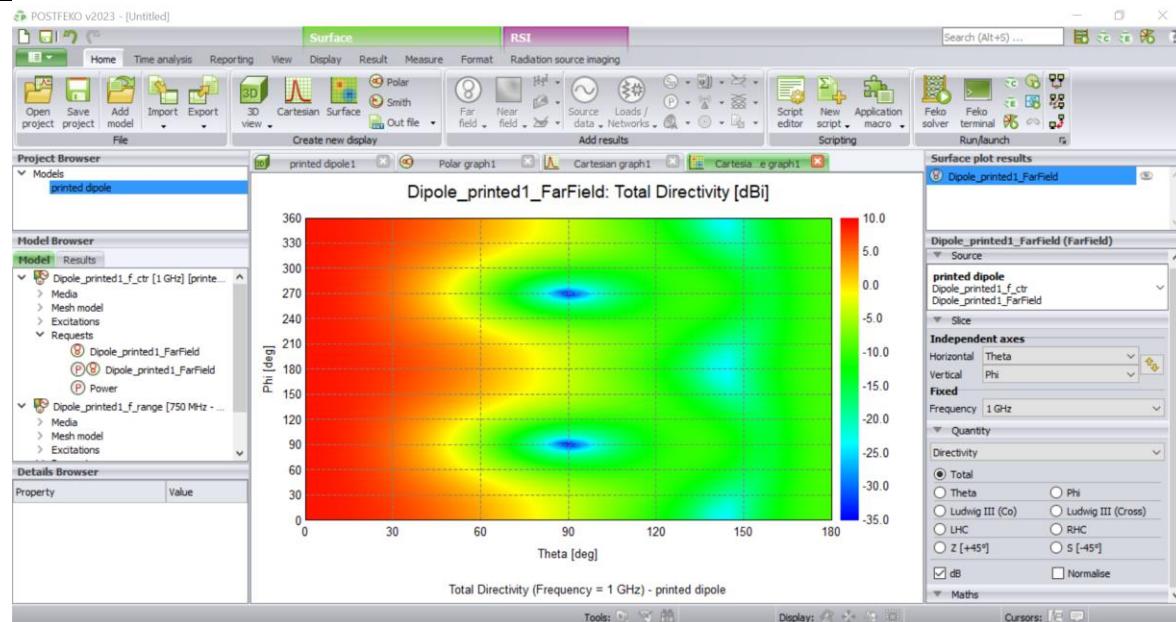












منابع

1. Constantine A. Balanis, Arizona State University, “**Antenna Theory: Analysis and Design**”, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc.
2. Ramesh Garg, Prakash Bhartia, Inder Bahl, Apisak Ittipiboon, “**Microstrip Antenna Design Handbook**”, Artech House.
3. Randy Bancroft, “**Microstrip and Printed Antenna Design**”, Noble Publishing corporation Atlanta, GA
4. R.C. Johnson editor,”**Antenna Engineering Handbook**”,McGraw-Hill Inc, 3rd Edition
5. D. M. Pozar, **Microwave Engineering**, Wiley, 1998.
6. R. Hartman and Jack Berlekamp, “**Fundamentals of Antenna Test and Evaluation**”, Microwave Systems New and Communications Tracking, June 1988
7. Lei, J., et al., “**An omnidirectional printed dipole array antenna with shaped radiation pattern in the elevation plane,**” Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 20, No. 14, 1955– 1966, 2006.
8. H. R. Chuang and L. C. Kuo, “**3-D FDTD design analysis of a 2.4 GHz polarization – diversity printed dipole antenna with integrated balun and polarization–switching circuit for wlan and wireless communication application,**” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 51, No. 2, 2003.
9. G. S. Hilton, C. J. Railton, G. J. Ball, A. L. Hume, and M. Dean, “**Finite-difference time-domain analysis of a printed dipole antenna,**” 19th Int. IEEE Antennas and Pro- pagation Conference, 1995, pp. 72–75.
10. D. Edward and D. Rees, “**A broadband printed dipole with integrated balun,**” Microwave J, 1987, pp. 339–344.
11. X. Li, L. Yang, S.-X. Gong, Y.-J. Yang, and J.-F. Liu “**A COMPACT FOLDED PRINTED DIPOLE ANTENNA FOR UHF RFID READER**”, Progress In Electromagnetics Research Letters, Vol. 6, 47–54, 2009
12. SI.PRIYO DEY. C K AANANDAN, P MOHANAN AND K G NAIR, FMM “**Novel Wide Band Printed Dipole Antenna**”, IEEE TECHNICAL REVIEW. Vol 10, No. 3, 1993
13. M C Bailey, “**Broad-band half wave dipole**”. IEEE Trans. Amara Propagat, vol 37, pp 410-412, Apr 1984.



14. Z. G. Fan, S. Qiao, J. T. Huangfu, and L. X. Ran “**A MINIATURIZED PRINTED DIPOLE ANTENNA WITH V-SHAPED GROUND FOR 2.45 GHZ RFID READERS**”, *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 71, 149–158, 2007
15. Constantinos VOTIS, Vasilis CHRISTOFILAKIS, Panos KOSTARAKIS “**Geometry Aspects and Experimental Results of a Printed Dipole Antenna**”, *Int. J. Communications, Network and System Sciences*, 2010, 3, 204-207
16. Reto Zingg “**Printed Dipole Antenna**”, University of Colorado at Boulder
17. Roy IV. Lewallen “**Baluns: What They Do And How They Do It**”
18. **Broadband Dipoles** (<http://www.antenna-theory.com/antennas/broaddipole.php>)
Antenna-Theory.com
19. **Baluns for 88–108 MHz** B. Beezely (K6STI) <http://www.ham-radio.com/k6sti/balun.html>
20. **Dipole antenna** Source: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?oldid=546716888>