مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن

کاتالوگ دستگاه

راژان پرتو پارس

فهرست

مقدمه ۲
۱- مقدمه‌ای در خصوص آنتن‌ها ۵
۲- طراحی و کارکرد مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن ۷
۲-۱- مجموعهٔ فرستنده ۸
۲-۲- مجموعهٔ گیرنده ۸
۲-۳- واسط کاربری و نرم‌افزار ۹
۲-۴- جاذب‌های امواج مایکروویو ۱۰
۳- تجهیزات و مدل‌های مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن ۱۳
۳-۱- تجهیزات ۱۳
۳-۲- مدل‌ها ۱۴

مقدمه

مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن که به‌وسیلهٔ شرکت راژان پرتو پارس طراحی و تولید گردیده‌است، در حوزهٔ آموزشی، جهت تجهیز آزمایشگاه آنتن و مایکروویو دانشگاه‌ها و در حوزهٔ پژوهشی، جهت اندازه‌گیری متغیرهای طراحی و تست عملی و ارزیابی آنتن‌ها و مولدهای سیگنال مایکروویو مورد طراحی در پروژه‌های دانشگاهی و صنعتی، کاربرد دارد.

همچنین به‌عنوان یک مشخصهٔ متمایزکننده، در این مجموعه تلاش شده‌است اصول طراحی آنتن با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی این حوزه (شامل نرم‌افزارهای HFSS، ADK و PCAAD) آموزش داده‌شود. برای دستیابی به این هدف، آنتن‌های مایکرواستریپ انتخاب گردیده‌اند.

جهت دستیابی به اهداف آموزشی، آزمایش‌هایی به شرح زیر برای این مجموعه تدوین گردیده‌است:

- آنتن دایپل:
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن دایپل نیم موج (λ/۲) در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن دایپل تمام موج (λ) در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن دایپل ۱٫۵ طول موج (۱٫۵λ) در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن دایپل ۲٫۵ طول موج (۲٫۵λ) در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن دایپل ۴٫۵ طول موج (۴٫۵λ) در صفحهٔ E؛
  - بررسی تضعیف پلاریزاسیون متعامد به‌وسیلهٔ آنتن دایپل نیم موج (λ/۲)؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن دایپل نیم موج (λ/۲) در صفحهٔ H.
- آنتن یاگی-یودا[1]:
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن دایپل در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن دایپل با نگهدارندهٔ مخصوص در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن یاگی-یودا با یک رفلکتور و بدون دایرکتور (دو عنصر) در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن یاگی-یودا با یک دایرکتور و بدون رفلکتور (دو عنصر) در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن یاگی-یودا با سه عنصر (R-DIP-D) در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن یاگی-یودا با شش عنصر (R-DIP-4D) در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تشعشعی آنتن یاگی-یودا در صفحهٔ H.
- آنتن‌های روزنه‌ای:

[1] Yagi-Uda Antenna

- بررسی الگوی تشعشعی آنتن شیپوری[2] بزرگ در صفحهٔ E؛
- بررسی ضریب تلف پلاریزاسیون آنتن شیپوری بزرگ؛
- بررسی اثر صفحهٔ پلارایزر؛
- بررسی الگوی تشعشعی آنتن شیپوری بزرگ در صفحهٔ H؛
- بررسی الگوی تشعشعی آنتن شیپوری کوچک در صفحهٔ H؛
- بررسی الگوی تشعشعی آنتن شیپوری کوچک در صفحهٔ E؛
- بررسی الگوی تشعشعی آنتن موجبری با انتهای باز[3] (در صفحات E و H).

- آنتن‌های آرایه‌ای:
  - اندازه‌گیری الگوی تشعشعی صفحهٔ H آرایهٔ آنتن‌های شکافی (آرایهٔ خطی)؛
  - اندازه‌گیری الگوی تشعشعی صفحهٔ E آرایهٔ آنتن‌های شکافی (آرایهٔ خطی)؛
  - بررسی رفتار گلبرگ اضافی[4]؛
  - بررسی رفتار اسکن الگوی تشعشعی آرایهٔ آنتنی با تغییر فرکانس؛
  - بررسی آنتن مایکرواستریپ (آرایهٔ صفحه‌ای).
- آنتن هلیکال:
  - اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن هلیکال با پلاریزاسیون یکسان آنتن‌های فرستنده و گیرنده؛
  - بررسی تأثیر انعکاس روی الگوی تشعشعی آنتن هلیکال؛
  - اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن هلیکال با پلاریزاسیون مخالف آنتن‌های فرستنده و گیرنده؛
  - تأثیر انعکاس روی الگوی جهتی آنتن هلیکال در آنتن‌های فرستنده و گیرندهٔ دارای پلاریزاسیون مخالف؛
  - تأثیر صفحهٔ پلارایزر روی الگوی تشعشعی آنتن هلیکال؛
  - تعیین نوع پلاریزاسیون موج تشعشعی آنتن فرستنده در محل ماکزیمم گلبرگ اصلی الگوی جهتی.
- آنتن‌های مایکرواستریپ:
  - اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ تک؛
  - بررسی اثر تغییر زیرلایه روی آنتن مایکرواستریپ تک؛
  - اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ دو طبقه؛
  - اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ با تزویج روزنه‌ای؛
  - اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ تک با پلاریزاسیون دایروی-روش ۱؛

[2] Horn Antenna
[3] Open-End Waveguide Antenna
[4] Grating Lobe

- اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ تک با پلاریزاسیون دایروی–روش ۲؛
- اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ آرایهٔ خطی ۱×۴؛
- اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ آرایهٔ خطی ۲×۲.

در این راهنما، به معرفی مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن پرداخته می‌شود.

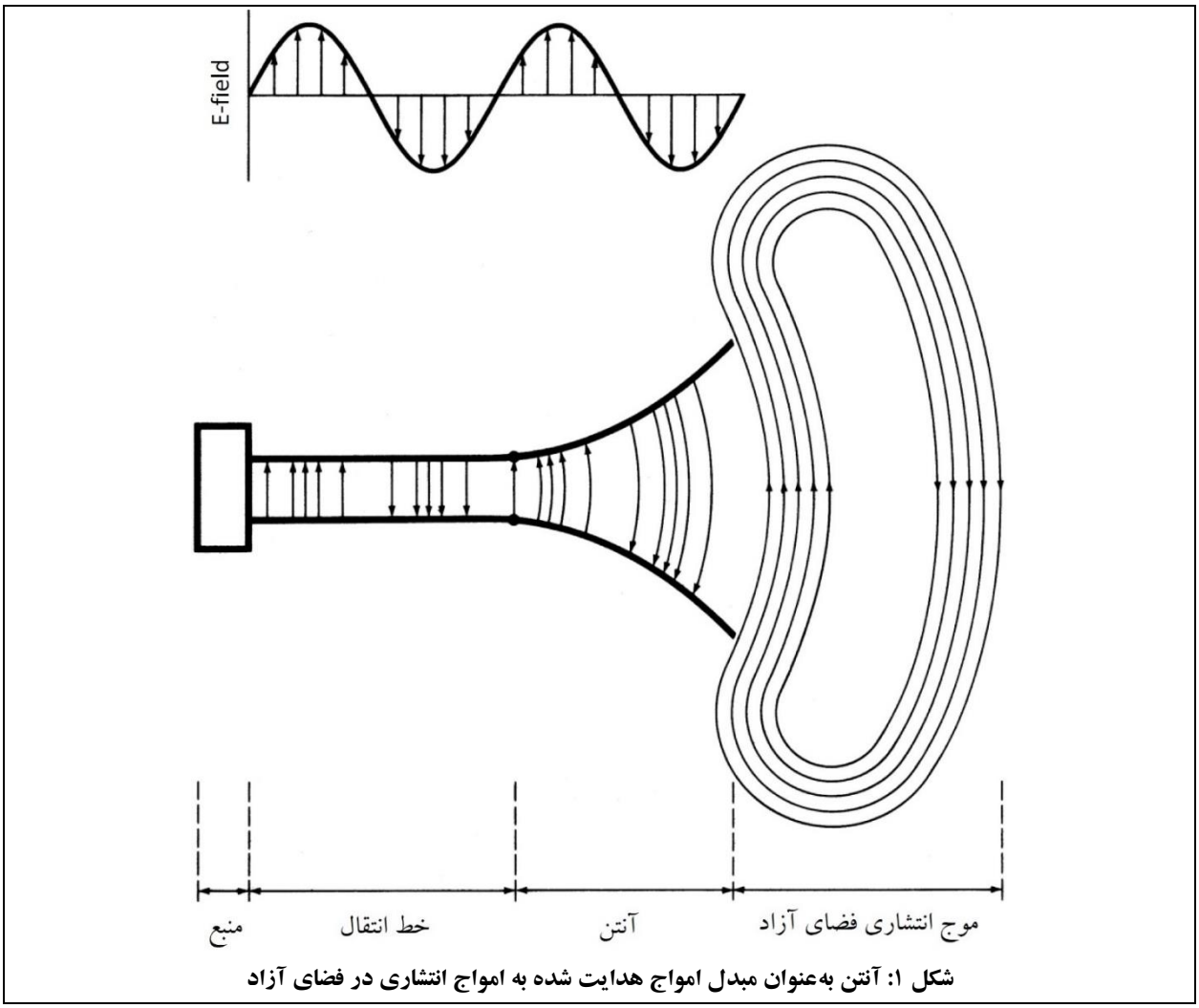
در ضمن، نحوهٔ کارکرد دستگاه و نمونه‌ای از آزمایش‌های تعریف شده برای این مجموعه، در فایل راهنمای کاربری؛ و همچنین اطلاعات فنی قطعات در فایل مشخصات فنی، قابل دسترسی است.

۱- مقدمه‌ای در خصوص آنتن‌ها

آنتن وسیله‌ای است که از آن جهت انتشار و دریافت امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌شود. آنتن در یک سیستم مخابراتی نقش مبدل امواج هدایت شده به امواج انتشاری در فضای آزاد را دارد.

آنتن در نقش فرستندگی، وظیفهٔ انتشار انرژی هدایت شده توسط خط انتقال در فضای آزاد و در نقش گیرندگی، وظیفهٔ دریافت امواج انتشاری در فضای آزاد و انتقال آن به خطوط انتقال را دارد.

شکل ۱، نمایشی از آنتن در نقش مبدل امواج هدایت شده به امواج انتشاری در فضای آزاد را نشان می‌دهد.



شکل ۱: آنتن به‌عنوان مبدل امواج هدایت شده به امواج انتشاری در فضای آزاد

دو پارامتر مهم در اندازه‌گیری‌های مربوط به آنتن، تطبیق امپدانس[5] و الگوی تشعشعی[6] آنتن است؛ به این شکل که:

- برای اینکه آنتن بتواند حداکثر توان هدایت شده درون خط انتقال را در فضای آزاد انتشار دهد، باید با خط انتقال تطبیق داده‌شود.
- بسته به نوع کاربرد، آنتن‌ها باید الگوی (رفتار) تشعشعی متناسب با آن کاربرد را داشته‌باشند.

برای مثال، آنتن‌های جهت‌دار، دارای الگوی تشعشعی جهتی هستند و انرژی الکترومغناطیسی را در سمت خاصی از فضا، بسته به شکل الگوی تشعشعی خود، منتشر یا دریافت می‌کنند.

علاوه‌بر این، آنتن‌ها بسته به کاربرد و طول موج کارشان، دارای شکل‌های مختلفی هستند. برای مثال آنتن‌ها می‌توانند به صورت سیمی، مثل آنتن‌های دایپل[7] (دو قطبی)، مونوپل[8] (تک قطبی) و هلیکال[9] (پیچه‌ای)، باشند. همچنین آنتن‌ها می‌توانند از نوع روزنه‌ای، مثل آنتن شیپوری[10] و آنتن شکافی[11]، باشند. آنتن‌های آرایه‌ای[12] نیز از تعدادی اجزاء کوپل شده تشکیل شده‌اند. از مجموعه آنتن‌های دیگر نیز می‌توان به آنتن‌های رفلکتوری، آنتن‌های دی‌الکتریک و آنتن‌های مایکرواستریپ، اشاره نمود.

در کارکرد آموزشی مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن، آزمایش‌های مختلفی جهت آشنایی با برخی از انواع این آنتن‌ها تعریف گردیده‌است.

[5] Impedance Matching
[6] Radiation Pattern
[7] Dipole Antenna
[8] Monopole Antenna
[9] Helical Antenna
[10] Horn Antenna
[11] Slot Antenna
[12] Array Antenna

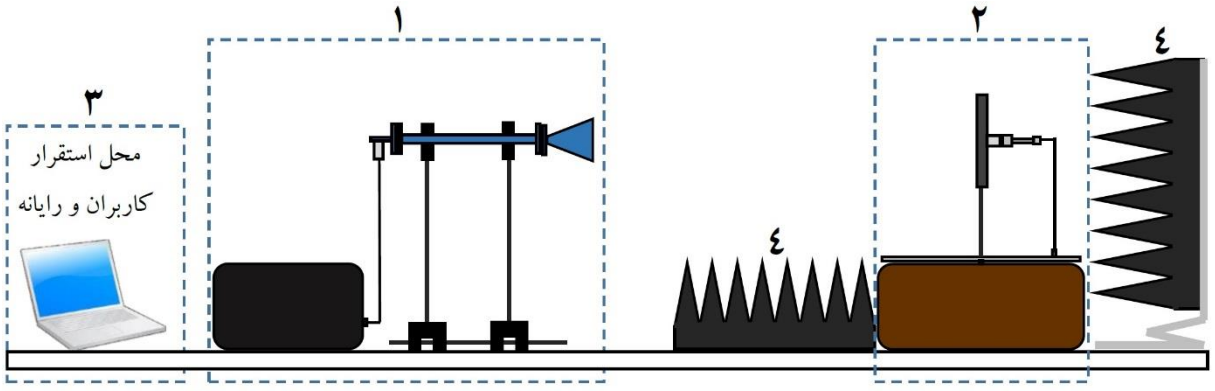
۲- طراحی و کارکرد مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن

مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن در حوزهٔ آموزشی، جهت تجهیز آزمایشگاه آنتن و مایکروویو دانشگاه‌ها و در حوزهٔ پژوهشی، جهت اندازه‌گیری متغیرهای طراحی و تست عملی و ارزیابی آنتن‌ها، مولدهای سیگنال مایکروویو، فیلترها و تقویت‌کننده‌های مورد طراحی در پروژه‌های دانشگاهی و صنعتی، کاربرد دارد.

همچنین به‌عنوان یک مشخصهٔ متمایزکننده، در این مجموعه تلاش شده‌است اصول طراحی آنتن با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی این حوزه آموزش داده‌شود.

در مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن، محصول شرکت راژان پرتو پارس، با توجه به انتخاب فرکانس $۹,۶^{GHz}$، که معادل طول موج $\lambda_0 = 32^{mm}$ در فضای آزاد است، می‌توان در فاصله‌ای حدود دو متر[۱۳]، اقدام به اندازه‌گیری پارامترهای میدان دور آنتن نمود.

بخش‌های اصلی مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن در یک چیدمان کلی، در شکل ۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۲: بخش‌های اصلی مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن؛ نمای از کنار

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در یک تقسیم‌بندی کلی، مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن به چهار زیر سامانه به شرح زیر، قابل تفکیک است:

۱. مجموعهٔ فرستنده؛
۲. مجموعهٔ گیرنده؛
۳. واسط کاربری و نرم‌افزار؛

[۱۳] با توجه به ابعاد آنتن‌های موجود و فرکانس انتخابی برای مجموعه، کل فضای مورد نیاز جهت چیدمان مجموعه، حدود چهار متر می‌باشد.

۴. جاذب‌های امواج مایکروویو.

در ادامهٔ این بخش به ترتیب در خصوص هر یک از این زیرسامانه‌ها توضیحاتی ارائه می‌شود.

۲-۱- مجموعهٔ فرستنده

برای تست آنتن‌ها لازم است آنها را با یک سیگنال RF در باند فرکانسی مورد نظر، تغذیه نمود. برای این منظور در مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن از یک مولد سیگنال مایکروویو که یک نوسان‌ساز با کنترل ولتاژ (VCO)[۱۴] در محدودهٔ فرکانسی باند X و با فرکانس مرکزی ۹٫۶GHz است، استفاده شده‌است. مجموعهٔ فرستنده در شکل ۲ با شمارهٔ ۱ مشخص شده‌است.

سیگنال خروجی VCO از درون یک سوئیچ SPDT[۱۵] برای اعمال مدولاسیون دامنه عبور می‌کند. سیگنال مدوله‌شده پس از عبور از موجبر، وارد آنتن فرستنده می‌شود و توان مایکروویو را به صورت جهت‌دار به سمت آنتن گیرنده ارسال می‌کند.

در خصوص مولد سیگنال مایکروویو مجموعه اشاره می‌شود که:

- انجام مدولاسیون دامنه جهت کاهش سطح نویز دریافتی در محل آشکارساز صورت می‌گیرد. با استفاده از تکنیک‌هایی مثل تقویت‌کنندهٔ قفل‌شده[۱۶] می‌توان سطح نویز در محل گیرنده را به شدت کاهش داد. علاوه‌بر این، سفت‌افزار[۱۷] تهیه شده برای میکروکنترلر سیستم، تنها با دریافت پالس‌های ۱kHz می‌تواند عمل آشکارسازی سیگنال را انجام دهد.
- در طرح شامل SPDT لزومی به استفاده از ایزولاتور وجود ندارد زیرا در این طرح، شرایط تطبیق همواره برقرار خواهد بود.

اطلاعات کامل‌تر در مورد مولد سیگنال مایکروویو و نحوهٔ استفاده از آن، در فایل مشخصات فنی ارائه شده‌است.

۲-۲- مجموعهٔ گیرنده

این بخش که در پایهٔ چرخان تعبیه شده‌است، عهده‌دار تشخیص و آشکارسازی میدان آنتن تحت آزمون بوده و در حکم قلب دستگاه می‌باشد. این بخش در شکل ۲ با شمارهٔ ۲ مشخص شده‌است و شامل چند زیر سامانه به شرح زیر می‌باشد:

[14] Voltage-Controlled Oscillator (VCO)
[15] Single Pole-Double Throw (SPDT)
[16] Lock-in Amplifier
[17] Framework

- بخش آشکارساز: این بخش شامل آشکارساز، دمدولاتور و مدارهای تقویت‌کنندهٔ الکترونیکی آنالوگ می‌باشد. میدان فضایی آنتن به‌وسیلهٔ این زیر سیستم آشکار شده و مقدار عددی آن به صورت یک مقدار ولتاژ آنالوگ به زیر سامانهٔ کنترل ارسال می شود.
- سیستم کنترل حرکت: جهت آشکارسازی الگوی میدان آنتن، لازم است مقدار این میدان در کل ۳۶۰° اندازه‌گیری شود. بدین منظور، بخش آشکارساز بر روی پایه‌ای متصل به یک موتور الکتریکی نصب شده‌است و با سرعت کنترل شده و یکنواخت شروع به حرکت نموده و کل ۳۶۰° را جاروب می‌کند. سیستم کنترل حرکت عهده‌دار این مهم است که متشکل از موتور، اینکودر، مدار الکترونیکی درایو و یک کنترلر حلقه بسته، می‌باشد.
- کنترلر مرکزی: وظیفهٔ کنترل کل سیستم و ارتباط با رایانه برعهدهٔ کنترلر مرکزی است. این بخش، خروجی بخش آشکارساز را دریافت کرده و با اطلاعات مکانی خروجی از بخش کنترل حرکت تلفیق نموده و اطلاعات را به رایانه ارسال می‌کند.
- سیستم مکانیکی: این بخش شامل موتور، گیربکس، پولی‌ها، بلبرینگ‌ها و اتصالات مکانیکی دقیق بوده که سیستم را قادر می‌سازد حرکت دورانی با رزولوشن مکانی بالا داشته‌باشد.

اطلاعات کامل‌تر در مورد پایهٔ چرخان و نحوهٔ استفاده از آن، در فایل مشخصات فنی ارائه شده‌است.

۲-۳- واسط کاربری و نرم‌افزار

این بخش که در پایهٔ چرخان تعبیه شده‌است، عهده‌دار تشخیص و آشکارسازی میدان آنتن تحت آزمون بوده و در حکم قلب دستگاه می‌باشد. این بخش در شکل ۲ با شمارهٔ ۲ مشخص شده‌است و شامل چند زیر سامانه به شرح زیر می‌باشد:

- بخش آشکارساز: این بخش شامل آشکارساز، دمدولاتور و مدارهای تقویت‌کنندهٔ الکترونیکی آنالوگ می‌باشد. میدان فضایی آنتن به‌وسیلهٔ این زیر سیستم آشکار شده و مقدار عددی آن به صورت یک مقدار ولتاژ آنالوگ به زیر سامانهٔ کنترل ارسال می شود.
- سیستم کنترل حرکت: جهت آشکارسازی الگوی تشعشعی آنتن، لازم است اندازهٔ میدان در کل ۳۶۰° اندازه‌گیری شود. بدین منظور، بخش آشکارساز بر روی پایه‌ای متصل به یک موتور الکتریکی نصب شده‌است و با سرعت کنترل شده و یکنواخت حرکت نموده و کل ۳۶۰° را جاروب می‌کند. سیستم کنترل حرکت عهده‌دار این مهم است که متشکل از موتور، اینکودر، مدار الکترونیکی درایو و یک کنترلر حلقه بسته، می‌باشد.
- کنترلر مرکزی: وظیفهٔ کنترل کل سیستم و ارتباط با رایانه برعهدهٔ کنترلر مرکزی است. این بخش، خروجی بخش آشکارساز را دریافت کرده و با اطلاعات مکانی خروجی از بخش کنترل حرکت، تلفیق نموده و اطلاعات را به رایانه ارسال می‌کند.

- سیستم مکانیکی: این بخش شامل موتور، گیربکس، پولی‌ها، بلبرینگ‌ها و اتصالات مکانیکی دقیق بوده که سیستم را قادر می‌سازد حرکت دورانی با رزولوشن مکانی بالا داشته‌باشد.

اطلاعات کامل‌تر و نحوهٔ کار با نرم‌افزار CASSY Lab در فایل مشخصات فنی ارائه شده‌است.

۲-٤- جاذب‌های امواج مایکروویو

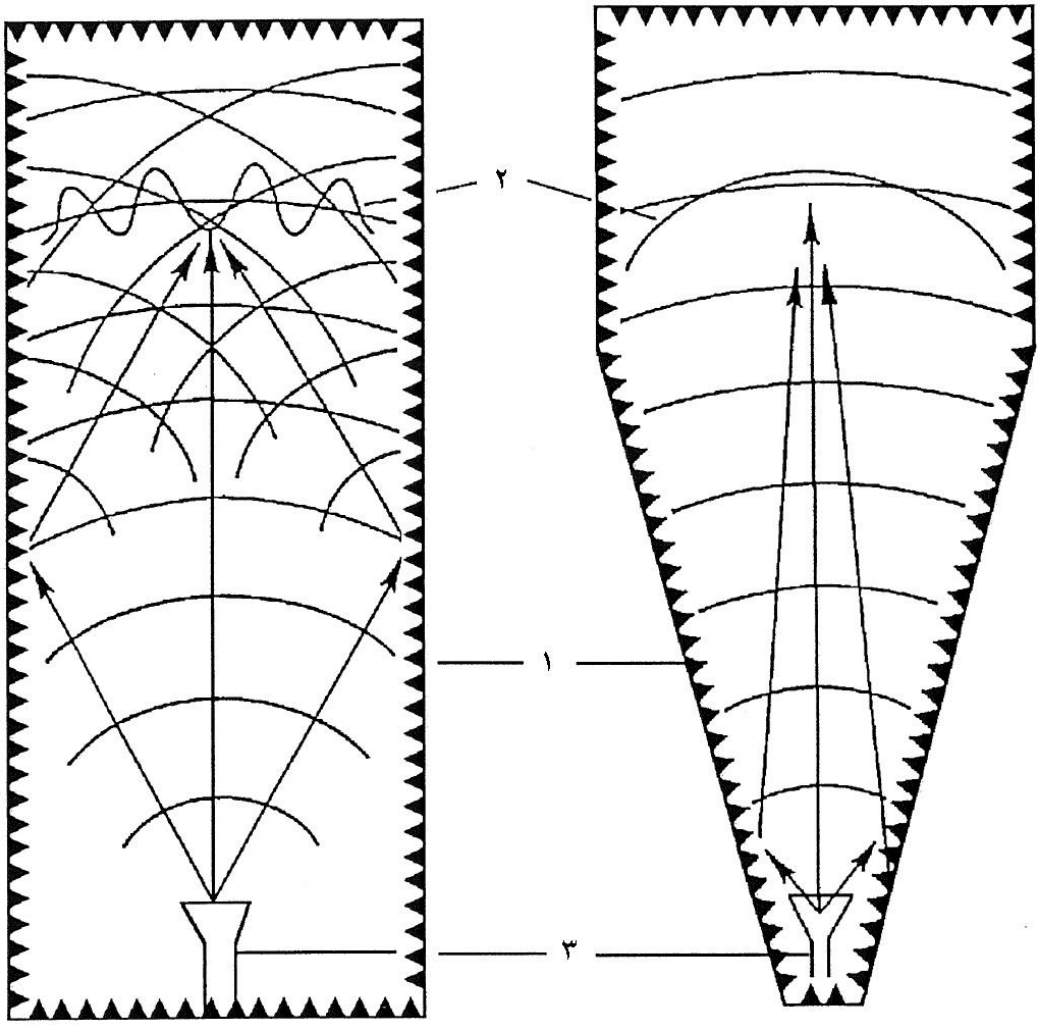
جهت رسم صحیح و دقیق الگوی آنتن، لازم است تنها میدان مستقیم آنتن آشکار شود و سایر امواج و بازتاب‌های محیطی که سبب تخریب رفتار الگوی تشعشعی آنتن می‌شوند، حذف گردند. به این منظور، در حالت ایده‌ال، باید آنتن را در فضای نامتناهی و بدون هرگونه هادی یا عایق تست کرد که در عمل مقدور نیست؛ اما می‌توان تا حد ممکن بازتابش سیگنال‌های مزاحم (که برای مثال از سطح دیوارهای آزمایشگاه یا میز تست رخ می‌دهند) را حذف نمود.

برای این منظور از یک سری صفحات جاذب امواج مایکروویو استفاده می‌شود (نمونه‌ای از این صفحات جاذب در شکل ۳ مشاهده می‌شود). شکل هرمی این جاذب‌ها برای برقراری تطبیق بین امپدانس فضای آزاد و امپدانس جاذب‌های الکترومغناطیسی است. ضخیم شدن تدریجی جاذب‌ها سبب می‌شود امواج فرکانس بالا به صورت تدریجی وارد محیط جاذب امواج مایکروویو شوند و در نتیجه حداقل انعکاس موج از سطح جاذب‌ها رخ دهد. همچنین جاذب‌های هرمی دارای عرض باند زیادی هستند.

شکل ۳: نمونه‌ای از جاذب‌های امواج مایکروویو به شکل هرم

روش مناسب استفاده از این جاذب‌ها، ساخت اتاق آنتن است. در اتاق‌های آنتن، با چیدمان مناسب جاذب‌های امواج مایکروویو، اثرات انعکاس‌های مزاحم در محدودهٔ اتاق به حداقل رسانده می‌شود.

دو نمونه از آرایش‌های مرسوم اتاق آنتن، در شکل ۴ مشاهده می‌شود.



(۱): جاذب‌های هرمی (۳): آنتن (شیپوری) فرستنده

(۲): توزیع دامنه میدان الکتریکی در محل آنتن تحت آزمون

(ب) **(الف)**

شکل ٤: انواع چیدمان‌های جاذب‌های امواج مایکروویو در اتاق آنتن و نحوه توزیع میدان الکتریکی در آنها: (الف) اتاق آنتن مخروطی؛ و (ب) اتاق آنتن مستطیلی

شکل ۴ (الف) یک اتاق آنتن مخروطی را نشان می‌دهد. این نوع آرایش جاذب‌های امواج مایکروویو سبب می‌شود که اثر انعکاس‌های مزاحم از جداره‌های جانبی به حداقل برسد. اگر آنتن فرستنده در محل مناسبی قرار گیرد، بازتابش‌های اندکی که از جاذب‌های کناری آنتن فرستنده رخ می‌دهند اثر کمی در تخریب توزیع میدان الکتریکی در محل آنتن تحت آزمون خواهند داشت.

در چیدمان شکل ۴ (ب) یک اتاق آنتن مستطیلی مشاهده می‌شود. در این شکل بازتابش‌های مزاحم از دیواره‌های کناری و پشتی اتاق رخ می‌دهد و با انتخاب جاذب‌های مناسب می‌توان اثر این بازتابش‌های مزاحم را حداقل کرد. حضور انعکاس‌های مزاحم سبب ایجاد ریپل در توزیع میدان الکتریکی در محل آنتن تحت آزمون می‌شود. توزیع میدان در این ناحیه تا حد ممکن باید به موج صفحه‌ای میل کند.

از آنجا که اتاق آنتن تجهیزی پر هزینه است، در مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن شرکت راژان پرتو پارس، چهار جاذب امواج مایکروویو در نظر گرفته شده‌است که در آرایش صحیح، می‌توانند انعکاس‌های مزاحم را به میزان خوبی کاهش دهند. با این تمهید، امکان دستیابی به نتایج تکرارپذیر در اندازه‌گیری پارامترهای آنتن در یک آزمایشگاه معمولی و بدون نیاز به اتاق آنتن، ایجاد گردیده‌است.

این بخش در شکل ۲ با شمارهٔ ۴ مشخص شده‌است.

اطلاعات کامل‌تر در مورد جاذب‌های امواج مایکروویو و نحوهٔ استفاده از آنها، در فایل مشخصات فنی ارائه شده‌است.

۳- تجهیزات و مدل‌های مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن

در این بخش، تجهیزات موجود در مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن و مدل‌های این مجموعه، معرفی می‌شوند.

۳-۱- تجهیزات

تجهیزات موجود در مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن به قرار جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱: لیست قطعات مدل‌های مورد عرضهٔ مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن

ردیف	نام قطعه				کد قطعه
۱	پایهٔ چرخان		Rotating Antenna Platform		۱۱۰۰
۲	مولد سیگنال مایکروویو		Microwave Signal Generator		۱۲۰۰
۳	جاذب‌های امواج مایکروویو		Microwave Absorbers		۱۳۰۰
۴	آنتن شیپوری	بزرگ	Horn Antenna	Large	۱۴۱۱
۵		کوچک		Small	۱۴۱۲
۶	آنتن هلیکال	راستگرد	Helical Antenna	Right Handed Circular Polarized	۱۴۲۱
۷		چپگرد		Left Handed Circular Polarized	۱۴۲۲
۸	مجموعهٔ آنتن‌های مایکرواستریپ (۹ عدد)		Microstrip Antenna Set (9p)		۱۴۳۱-۱۴۳۹
۹	آنتن شکافی		Slot Antenna		۱۴۴۰
۱۰	مجموعهٔ آنتن‌های سیمی		Wire Antenna set		۱۴۵۰
۱۱	موجبر ۲۰۰^{mm}		Waveguide (200^{mm})		۱۵۱۰
۱۲	بار تطبیق موجبری		Waveguide Termination		۱۵۲۰
۱۳	ترانسفورمر سه پیچ		3-Screw Transformer		۱۵۳۰
۱۴	مبدل کواکسیال به موجبری		Co-axial to Waveguide Adaptor		۱۶۱۰
۱۵	آشکارساز کواکسیالی		Coax Detector		۱۶۲۰
۱۶	کابل فرکانس بالا		High Frequency Cable		۱۶۳۱
۱۷	کابل فرکانس پایین		Low Frequency Cable		۱۶۳۲
۱۸	کابل USB		USB Cable		۱۶۳۳
۱۹	کابل تغذیه		Power Cable		۱۶۳۴
۲۰	صفحهٔ پلارایزر		Polarization Grid		۱۷۱۰

ردیف	نام قطعه			کد قطعه
۲۱	روزنهٔ موج	بزرگ	Large	Wave window	۱۷۲۱
۲۲		کوچک	Small		۱۷۲۲
۲۳	پایهٔ نگهدارنده		Stand base		۱۸۱۰
۲۴	میلهٔ فلزی در ابعاد مختلف		Stand Rod (in different sizes)		۱۸۲۱
۲۵	میلهٔ فلزی اتصال کوتاه		Short Circuit Stand Rod		۱۸۲۲
۲۶	گیرهٔ نگهدارندهٔ موجبر		Waveguide Holder		۱۸۳۰
۲۷	فویل مسی چسب‌دار		Cupper Foil		۱۹۱۰
۲۸	متر فلزی		Tape Measure		۱۹۲۰
۲۹	پیچ و مهره		Bolt and Nut		۱۹۳۰
۳۰	کیف مجموعه		Berifcase		۱۹۴۰

اطلاعات کامل‌تر قطعات و نحوهٔ استفاده از آنها، در فایل مشخصات فنی ارائه شده‌است.

۳-۲- مدل‌ها

مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن در دو مدل زیر عرضه می‌گردد:

- مدل ۱۰۱: این مدل دارای تمام تجهیزات و ادوات مورد نیاز برای کاربردهای آموزشی و پژوهشی مورد نظر برای یک گروه آزمایشگاهی است.
- مدل ۲۰۱: این مدل، با افزایش تعداد قطعات در مدل ۱۰۱ با این هدف طراحی شده‌است که امکان استفادهٔ هم‌زمان دو گروه مجزا از مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن با هزینه‌ای کمتر از خریداری دو مجموعهٔ کامل از مدل ۲۰۱، ایجاد شود.

لیست قطعات مدل‌های ۱۰۱ و ۲۰۱، در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

جدول ۲: لیست قطعات مدل‌های مورد عرضهٔ مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن

ردیف	نام قطعه	تعداد قطعه در هر مدل	
		۱۰۱	۲۰۱
۱	پایهٔ چرخان	۱	۲
۲	مولد سیگنال مایکروویو	۱	۲
۳	جاذب‌های امواج مایکروویو	۴	۸

ردیف	نام قطعه	تعداد قطعه در هر مدل	
		۱۰۱	۲۰۱
۴	آنتن شیپوری بزرگ	۲	۳
۵	آنتن شیپوری کوچک	۱	
۶	آنتن هلیکال	۳	
۷	آنتن مایکرواستریپ	۹	
۸	آنتن شکافی	۱	
۹	مجموعهٔ آنتن‌های سیمی	۱	
۱۰	موجبر ^{mm}۲۰۰	۲	
۱۱	بار تطبیق موجبری	۱	
۱۲	ترانسفورمر سه پیچ	۱	
۱۳	مبدل کواکسیال به موجبری	۲	۳
۱۴	آشکارساز کواکسیالی	۱	۲
۱۵	صفحهٔ پلارایزر	۱	
۱۶	روزنهٔ موج بزرگ	۱	
۱۷	روزنهٔ موج کوچک	۹	
۱۸	پایهٔ نگهدارنده	۶	۱۲
۱۹	میلهٔ فلزی	۱۲	۲۳
۲۰	گیرهٔ نگهدارنده	۴	۸
۲۱	کابل فرکانس بالا	۱	۲
۲۲	کابل فرکانس پایین	۲	۳
۲۳	کابل USB	۱	۲
۲۴	کابل تغذیه	۲	۴
۲۵	فویل مسی چسب‌دار	۲۰ برش	
۲۶	متر فلزی	۱	
۲۷	کیف مجموعه	۱	۲