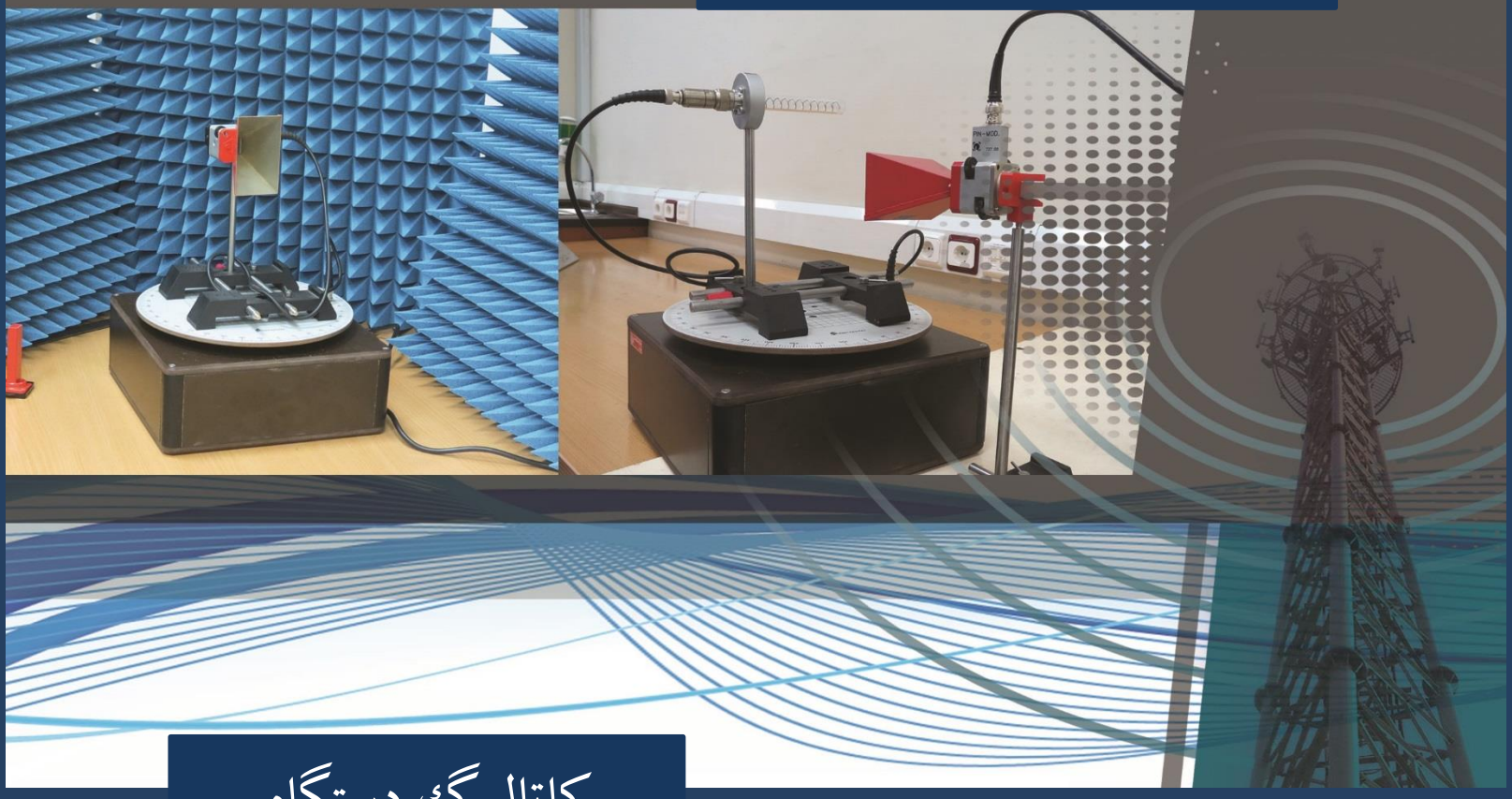
مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن



کاتالوگ دستگاه

راژان پرتو پارس

فهرست

مقدمه ۲
۱- مقدمه‌ای در خصوص آنتن‌ها ٤
۲- طراحی و کارکرد مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن ٦
۲-۱- مجموعهٔ فرستنده ۷
۲-۲- مجموعهٔ گیرنده ۸
۲-۳- واسط کاربری و نرم‌افزار ۸
۲-۴- جاذب‌های امواج مایکروویو ۹
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 آموزش داده‌شود. برای دستیابی به این هدف، آنتن‌های مایکرواستریپ انتخاب گردیده‌اند، زیرا: (۱) آنتن‌های مسطح[1]، آنتن‌های ساده‌ای هستند؛ (۲) امکانات ساخت آنها در دسترس است؛ و (۳) این آنتن‌ها کاربردهای فراوانی دارند.

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

- آنتن‌های روزنه‌ای:
  - بررسی الگوی تابشی آنتن شیپوری بزرگ در صفحهٔ E؛
  - بررسی ضریب تلف پلاریزاسیون آنتن شیپوری بزرگ؛
  - بررسی اثر صفحهٔ پلارایزر؛
  - بررسی الگوی تابشی آنتن شیپوری بزرگ در صفحهٔ H؛
  - بررسی الگوی تابشی آنتن شیپوری کوچک در صفحهٔ H؛
  - بررسی الگوی تابشی آنتن شیپوری کوچک در صفحهٔ E؛
  - بررسی الگوی تابشی آنتن موجبری با انتهای باز (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 لوب گریتینگ؛
  - بررسی رفتار اسکن الگوی تشعشعی آرایهٔ آنتنی با تغییر فرکانس؛
  - بررسی آنتن مایکرواستریپ (آرایهٔ صفحه‌ای)؛
- آنتن هلیکس:
  - اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن هلیکس با پلاریزاسیون یکسان آنتن‌های فرستنده و گیرنده؛
  - بررسی تأثیر انعکاس روی الگوی تشعشعی آنتن هلیکس؛

[1] Planar Antenna

- اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن هلیکس با پلاریزاسیون مخالف آنتن‌های فرستنده و گیرنده؛
- تأثیر انعکاس روی الگوی جهتی آنتن هلیکس در آنتن‌های فرستنده و گیرندهٔ دارای پلاریزاسیون مخالف؛
- تأثیر صفحهٔ پلارایزر روی الگوی جهتی آنتن هلیکال؛
- اندازه‌گیری نوع پلاریزاسیون موج تشعشعی آنتن فرستنده در محل ماکزیمم لب 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؛
  - 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.

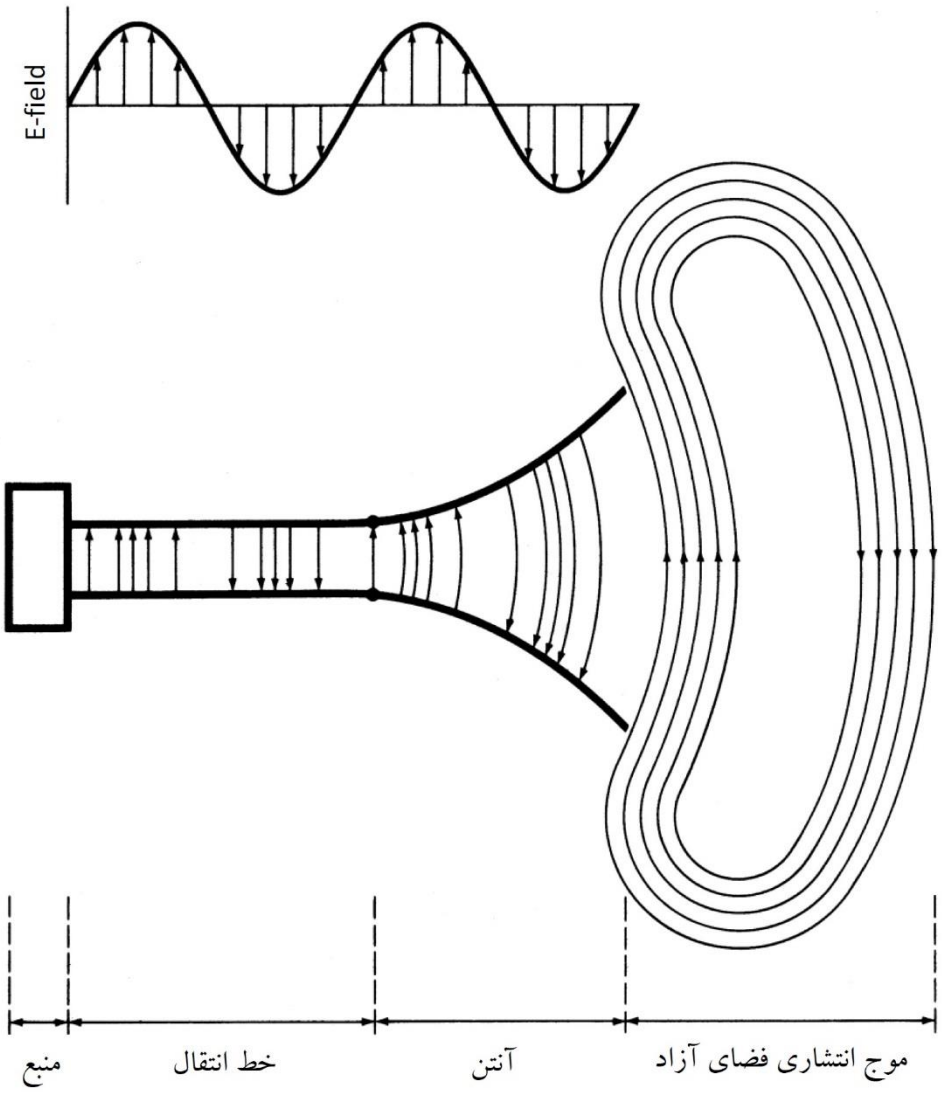
در ضمن، نحوهٔ کارکرد دستگاه و نمونه‌ای از آزمایش‌های تعریف شده برای این مجموعه، در فایل راهنمای کاربری؛ و همچنین اطلاعات فنی قطعات در فایل مشخصات فنی، قابل دسترسی است.

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، وظیفه 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 یک مبدل امواج هدایت شده به امواج انتشاری در فضای آزاد

دو پارامتر مهم در اندازه‌گیری‌های مربوط به آنتن، تطبیق امپدانس[۲] و الگوی تشعشعی[۳] 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 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 کاریشان، دارای شکل‌های مختلفی هستند. برای مثال آنتن‌ها می‌توانند به صورت سیمی، مثل آنتن‌های دایپل[۴]، مونوپل[۵] و هلیکس[۶]، باشند. همچنین آنتن‌ها می‌توانند از نوع روزنه‌ای، مثل آنتن شیپوری[۷] و آنتن شکافی[۸]، باشند. آنتن‌های آرایه‌ای[۹] 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.

[2] Impedance Matching
[3] Radiation Pattern
[4] Dipole Antenna
[5] Monopole Antenna
[6] Helix Antenna
[7] Horn Antenna
[8] Slot Antenna
[9] Array Antenna

۲- طراحی و کارکرد مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن

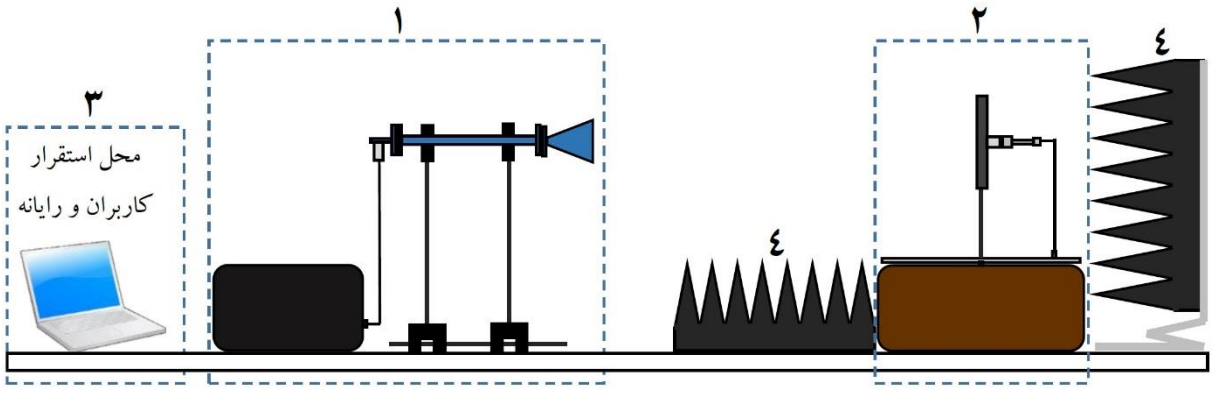
مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن در حوزهٔ آموزشی، جهت تجهیز آزمایشگاه آنتن و مایکروویو دانشگاه‌ها و در حوزهٔ پژوهشی، جهت اندازه‌گیری متغیرهای طراحی و تست عملی و ارزیابی آنتن‌ها، مولدهای سیگنال مایکروویو، فیلترها و تقویت‌کننده‌های مورد طراحی در پروژه‌های دانشگاهی و صنعتی، کاربرد دارد.

همچنین به‌عنوان یک مشخصهٔ متمایزکننده، در این مجموعه تلاش شده‌است اصول طراحی آنتن با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی این حوزه (شامل نرم‌افزارهای HFSS، ADK و PCAAD) آموزش داده‌شود. برای دستیابی به این هدف، آنتن‌های مایکرواستریپ انتخاب گردیده‌اند، زیرا: (۱) آنتن‌های مسطح، آنتن‌های ساده‌ای هستند؛ (۲) امکانات ساخت آنها در دسترس است؛ و (۳) کاربردهای فراوانی دارند.

در اغلب سیستم‌های آموزشی و پژوهشی مرسوم حوزهٔ آنتن، با توجه به محدودیت فضای آزمایشگاهی، اغلب تنها امکان اندازه‌گیری ویژگی‌های آنتن‌ها در میدان نزدیک وجود دارد.

در مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن محصول شرکت راژان پرتو پارس، با توجه به استفاده از فرکانس $۹,۶^{GHz}$، که معادل طول موج $\lambda_0 = 32^{mm}$ در فضای آزاد است، می‌توان در فاصله‌ای حدود دو متر[۱۰]، 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

[۱۰] البته کل فضای مورد نیاز جهت چیدمان مجموعه، حدود چهار متر می‌باشد.

همانطور که در شکل۲ مشاهده می‌شود، در یک تقسیم بندی 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؛
۴. جاذب‌های امواج مایکروویو.

در ادامهٔ این بخش به ترتیب در خصوص هر یک از این بخش‌ها 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)[11] در محدودهٔ فرکانسی باند X و با فرکانس مرکزی $۹,۶^{GHz}$ است، استفاده شده‌است.

سیگنال خروجی VCO از درون یک سوئیچ SPDT[12] برای اعمال مدولاسیون دامنه عبور می‌کند. سیگنال مدوله شده پس از عبور از موجبر، وارد آنتن شیپوری 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 تقویت‌کننده قفل‌شده[13] می‌توان سطح نویز در محل گیرنده را به شدت کاهش داد. علاوه‌بر این، سفت‌افزار[14] تهیه شده برای میکروکنترلر سیستم، تنها با دریافت پالس‌های ۱^{kHz} می‌تواند عمل آشکارسازی سیگنال را انجام دهد.
- لزومی به استفاده از ایزولاتور در طرح شامل SPDT وجود ندارد زیرا در این طرح، شرایط تطبیق همواره برقرار خواهد بود.

11 Voltage-Controlled Oscillator (VCO)
12 Single Pole-Double Throw (SPDT)
13 Lock-in Amplifier
14 Framework

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

مجموعهٔ فرستنده در شکل ۲ با شمارهٔ ۱ مشخص 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:

- 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 $^{\circ}$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 $^{\circ}$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

سرعت در اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن از نیازهای یک آزمایشگاه آنتن است و به کاربر این امکان را می‌دهد که اثر تغییرات عوامل محیطی، مانند میله‌های نگهدارندهٔ فلزی و حضور سایر آنتن‌ها در کنار آنتن تحت آزمون را روی رفتار آن، مورد بررسی قرار دهد.

برای دستیابی به سرعت مناسب در اندازه‌گیری الگوی تشعشعی آنتن، نرم‌افزار و سخت‌افزار اندازه‌گیری باید با یکدیگر هماهنگ باشند. دستیابی به این هماهنگی در مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن، با استفاده از کنترل رایانه‌ای مجموعه و به‌وسیلهٔ نرم‌افزار CASSY Lab امکان‌پذیر گردیده‌است.

به این صورت که نرم‌افزار CASSY Lab روی یک رایانهٔ شخصی یا لپ‌تاپ نصب شده و از طریق پورت USB یا RS232 با پایهٔ چرخان تبادل اطلاعات می‌کند. در این فرآیند:

۱. اطلاعات زاویه‌ای پایهٔ چرخان و شدت سیگنال دریافت شده توسط آنتن تحت آزمون به رایانه ارسال می‌شود و پس از پردازش، اطلاعات اندازه‌گیری به‌شکل گرافیکی در نرم‌افزار CASSY Lab ارائه می‌شود؛
۲. کنترل کامل حرکات پایهٔ چرخان (مواردی از جمله سرعت چرخش، جهت حرکت و محدوده زاویه‌ای جاروب شده) با استفاده از نرم‌افزار CASSY Lab به‌وسیلهٔ کاربر انجام می‌شود.

ارتباط با رایانه در شکل ۲ با شمارهٔ ۳ مشخص شده‌است.

همچنین نحوهٔ کار با نرم‌افزار CASSY Lab در فایل مشخصات فنی ارائه شده‌است.

۲-٤- جاذب‌های امواج مایکروویو

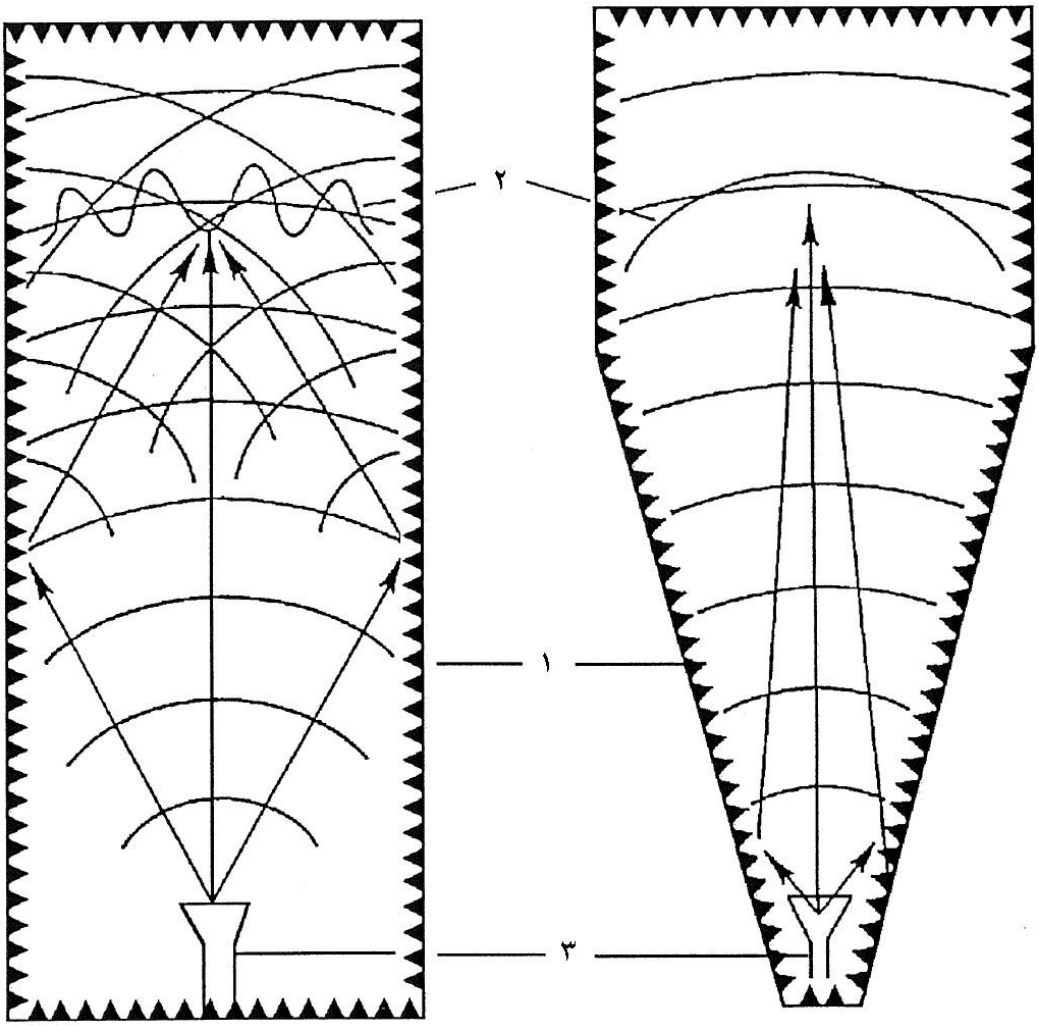
جهت رسم صحیح و دقیق الگوی آنتن، لازم است تنها میدان مستقیم آنتن آشکار شود و سایر امواج و بازتاب‌های محیطی که سبب تخریب رفتار الگوی تشعشعی آنتن می‌شوند، حذف گردند. به این منظور، در حالت ایده‌ال، باید آنتن را در فضای نامتناهی و بدون هرگونه هادی الکتریکی تست کرد که در عمل مقدور نیست؛ اما می‌توان تا حد ممکن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

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

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

(۳): آنتن (شیپوری) فرستنده

(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 همچنین 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	آنتن مایکرواستریپ	تک	Patch Antenna	Single	۱۴۳۱
۹		تک FR4 ۰٫۵mm		Single FR4 0.5mm	۱۴۳۲
۱۰		تک FR4 ۰٫۸mm		Single FR4 0.8mm	۱۴۳۳
۱۱		دو طبقه		Dual	۱۴۳۴
۱۲		تک با پلاریزاسیون دایروی (روش ۱)		Single circular	۱۴۳۵
۱۳		تک با پلاریزاسیون دایروی (روش ۲)		2w circular	۱۴۳۶
۱۴		آرایهٔ خطی ۱*۴		Linear array 4*1	۱۴۳۷
۱۵		آرایهٔ ۲*۲		Array 2*2	۱۴۳۸
۱۶		با تزویج روزنه‌ای		Slot Coupled	۱۴۳۹
۱۷	آنتن شکافی		Slot Antenna		۱۴۴۰
۱۸	موجبر ۲۰۰mm		Waveguide (200mm)		۱۵۱۰
۱۹	بار تطبیق موجبری		Waveguide Termination		۱۵۲۰

ردیف	نام قطعه				کد قطعه
۲۰	ترانسفورمر سه پیچ		3-Screw Transformer		۱۵۳۰
۲۱	مبدل کواکسیال به موجبری		Co-axial to Waveguide Adaptor		۱۶۱۰
۲۲	آشکارساز کواکسیالی		Coax Detector		۱۶۲۰
۲۳	کابل فرکانس بالا N-Type		High Frequency Cable - N-Type		۱۶۳۱
۲۴	کابل فرکانس پایین BNC		Low Low Frequency Cable - BNC		۱۶۳۲
۲۵	کابل USB		USB Cable		۱۶۳۳
۲۶	کابل تغذیه		Power Cable		۱۶۳۴
۲۷	صفحهٔ پلارایزر		Polarization Grid		۱۷۱۰
۲۸	روزنهٔ موج	بزرگ	Wave window	Large	۱۷۲۱
۲۹		کوچک		Small	۱۷۲۲
۳۰	پایهٔ نگهدارنده		Stand base		۱۸۱۰
۳۱	میلهٔ فلزی در ابعاد مختلف		Stand Rod (in different sizes)		۱۸۲۱
۳۲	میلهٔ فلزی اتصال کوتاه		Short Circuit Stand Rod		۱۸۲۲
۳۳	گیرهٔ نگهدارندهٔ موجبر		Waveguide Holder		۱۸۳۰
۳۴	فویل آلومینیومی چسب‌دار		Aluminium Foil		۱۹۱۰
۳۵	متر فلزی		Tape Measure		۱۹۲۰
۳۶	پیچ و مهره		Bolt and Nut		۱۹۳۰
۳۷	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 Ragan Antenna Lab, P.N.101: این مدل دارای تمام تجهیزات و ادوات مورد نیاز برای کاربردهای آموزشی و پژوهشی مورد نظر برای یک گروه آزمایشگاهی است.
- مدل Ragan Antenna Lab, P.N.201: این مدل، با افزایش تعداد قطعات در مدل Ragan Antenna Lab, P.N.101 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 Ragan Antenna Lab, P.N.101، ایجاد شود.

لیست قطعات هر دو مدل: (۱) Ragan Antenna Lab, P.N.101؛ و (۲) Ragan Antenna Lab, P.N.201، در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

جدول ۲: لیست قطعات مدل‌های مورد عرضهٔ مجموعهٔ آزمایشگاهی آنتن

ردیف	نام قطعه	تعداد قطعه در هر مدل	
		Ragan Antenna Lab, P.N.101	Ragan Antenna Lab, P.N.201
۱	پایهٔ چرخان	۱	۲
۲	مولد سیگنال مایکروویو	۱	۲
۳	جاذب‌های امواج مایکروویو	۴	۸
۴	آنتن شیپوری بزرگ	۲	۳
۵	آنتن شیپوری کوچک	۱	
۶	آنتن هلیکال	۳	
۷	آنتن مایکرواستریپ	۹	
۸	آنتن شکافی	۱	
۹	موجبر ۲۰۰^{mm}	۲	
۱۰	بار تطبیق موجبری	۱	
۱۱	ترانسفورمر سه پیچ	۱	
۱۲	مبدل کواکسیال به موجبری	۲	۳
۱۳	آشکارساز کواکسیالی	۱	۲
۱۴	صفحهٔ پلارایزر	۱	
۱۵	روزنهٔ موج بزرگ	۱	
۱۶	روزنهٔ موج کوچک	۹	
۱۷	پایهٔ نگهدارنده	۴	۶
۱۸	میلهٔ فلزی	۱۲	۲۲
۱۹	گیرهٔ نگهدارنده	۶	
۲۰	کابل فرکانس بالا N-Type	۱	۲
۲۱	کابل فرکانس پایین BNC	۱	۲
۲۲	کابل USB	۱	۲

ردیف	نام قطعه	تعداد قطعه در هر مدل	
		Ragan Antenna Lab, P.N.101	Ragan Antenna Lab, P.N.201
۲۳	کابل تغذیه	۲	۴
۲۴	فویل آلومینیومی چسب‌دار	۲۰ برش	
۲۵	متر فلزی	۱	
۲۶	کیف مجموعه	۱	۲