

# مجموعه آزمایشگاهی آتن



کاتالوگ دستگاه

## فهرست

|   |  |
|---|--|
| ۲.....  | مقدمه ۴  |
| ۱- مقدمه‌ای در خصوص آتن‌ها .....              | ۵  |
| ۲- طراحی و کارکرد مجموعه آزمایشگاهی آتن ..... | ۷  |
| ۸.....  | ۱- مجموعه فرستنده .....                                |
| ۸.....  | ۲- مجموعه گیرنده .....                                 |
| ۹.....  | ۳- واسط کاربری و نرم افزار .....                       |
| ۱۰ .....                                      | ۴- جاذب‌های امواج مایکروویو .....                      |
| ۱۳.....                                       | ۳- تجهیزات و مدل‌های مجموعه آزمایشگاهی آتن .....       |
| ۱۳.....                                       | ۱- تجهیزات .....                                       |
| ۱۴ .....                                      | ۲- مدل‌ها .....  |
| ۱۵ .....                                      | ۳- مجموعه آتن‌های مایکرواستریپ؛ یک تجهیز اختیاری ..... |

## مقد ۴۵

مجموعه آزمایشگاهی آتن که به وسیله شرکت راژان پرتو پارس طراحی و تولید گردیده است، در حوزه آموزشی، جهت تجهیز آزمایشگاه آتن و مایکروویو دانشگاهها و در حوزه پژوهشی، جهت اندازه‌گیری متغیرهای طراحی و تست عملی و ارزیابی آتن‌ها و مولدهای سیگال مایکروویو مورد طراحی در پروژه‌های دانشگاهی و صنعتی، کاربرد دارد.

همچنین به عنوان یک مشخصه متمایز کننده، در این مجموعه تلاش شده است اصول طراحی آتن با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی این حوزه (شامل نرم‌افزارهای HFSS، ADK و PCAAD) آموزش داده شود. برای دستیابی به این هدف، آتن‌های مایکرواستریپ انتخاب گردیده‌اند.

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

- آتن دایپل:

- بررسی الگوی تشعشعی آتن دایپل نیم موج ( $\lambda/2$ ) در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن دایپل تمام موج ( $\lambda$ ) در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن دایپل ۱,۵ طول موج ( $1,5\lambda$ ) در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن دایپل ۲,۵ طول موج ( $2,5\lambda$ ) در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن دایپل ۴,۵ طول موج ( $4,5\lambda$ ) در صفحه E;
- بررسی تضعیف پلاریزاسیون متعامد به وسیله آتن دایپل نیم موج ( $\lambda/2$ );
- بررسی الگوی تشعشعی آتن دایپل نیم موج ( $\lambda/2$ ) در صفحه H.

- آتن یاگی-یودا<sup>۱</sup>:

- بررسی الگوی تشعشعی آتن دایپل در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن دایپل با نگهدارنده مخصوص در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن یاگی-یودا با یک رفلکتور و بدون دایرکتور (دو عنصر) در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن یاگی-یودا با یک دایرکتور و بدون رفلکتور (دو عنصر) در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن یاگی-یودا با سه عنصر (R-DIP-D) در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن یاگی-یودا با شش عنصر (R-DIP-4D) در صفحه E;
- بررسی الگوی تشعشعی آتن یاگی-یودا در صفحه H.

- آتن‌های روزنها:

<sup>1</sup> Yagi-Uda Antenna

- بررسی الگوی تشعشعی آنتن شیپوری<sup>۲</sup> بزرگ در صفحه E؛

- بررسی ضریب تلف پلاریزاسیون آنتن شیپوری بزرگ؛

- بررسی اثر صفحه پلارایزر؛

- بررسی الگوی تشعشعی آنتن شیپوری بزرگ در صفحه H؛

- بررسی الگوی تشعشعی آنتن شیپوری کوچک در صفحه H؛

- بررسی الگوی تشعشعی آنتن شیپوری کوچک در صفحه E؛

- بررسی الگوی تشعشعی آنتن موجبری با انتهای باز<sup>۳</sup> (در صفحات E و H).

● آنتن های آرایه ای:

- اندازه گیری الگوی تشعشعی صفحه H آرایه آنتن های شکافی (آرایه خطی)؛

- اندازه گیری الگوی تشعشعی صفحه E آرایه آنتن های شکافی (آرایه خطی)؛

- بررسی رفتار گلبرگ اضافی<sup>۴</sup>؛

- بررسی رفتار اسکن الگوی تشعشعی آرایه آنتنی با تغییر فرکانس؛

- بررسی آنتن مایکرواستریپ (آرایه صفحه ای).

● آنتن هلیکال:

- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن هلیکال با پلاریزاسیون یکسان آنتن های فرستنده و گیرنده؛

- بررسی تأثیر انعکاس روی الگوی تشعشعی آنتن هلیکال؛

- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن هلیکال با پلاریزاسیون مخالف آنتن های فرستنده و گیرنده؛

- تأثیر انعکاس روی الگوی جهتی آنتن هلیکال در آنتن های فرستنده و گیرنده دارای پلاریزاسیون مخالف؛

- تأثیر صفحه پلارایزر روی الگوی تشعشعی آنتن هلیکال؛

- تعیین نوع پلاریزاسیون موج تشعشعی آنتن فرستنده در محل ماکریم گلبرگ اصلی الگوی جهتی.

● آنتن های مایکرواستریپ:

- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ تک؛

- بررسی اثر تغییر زیر لایه روی آنتن مایکرواستریپ تک؛

- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ دو طبقه؛

- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ با تزویج روزنه ای؛

- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ تک با پلاریزاسیون دایروی - روش ۱؛

<sup>2</sup> Horn Antenna

<sup>3</sup> Open-End Waveguide Antenna

<sup>4</sup> Grating Lobe

- اندازه‌گیری الگوی تشبعی آتن مایکرواستریپ تک با پلاریزاسیون دایروی-روش ۲؛
- اندازه‌گیری الگوی تشبعی آتن مایکرواستریپ آرایه خطی  $4 \times 1$ ؛
- اندازه‌گیری الگوی تشبعی آتن مایکرواستریپ آرایه خطی  $2 \times 2$ .

در این راهنمای معرفی مجموعه آزمایشگاهی آتن پرداخته می‌شود.

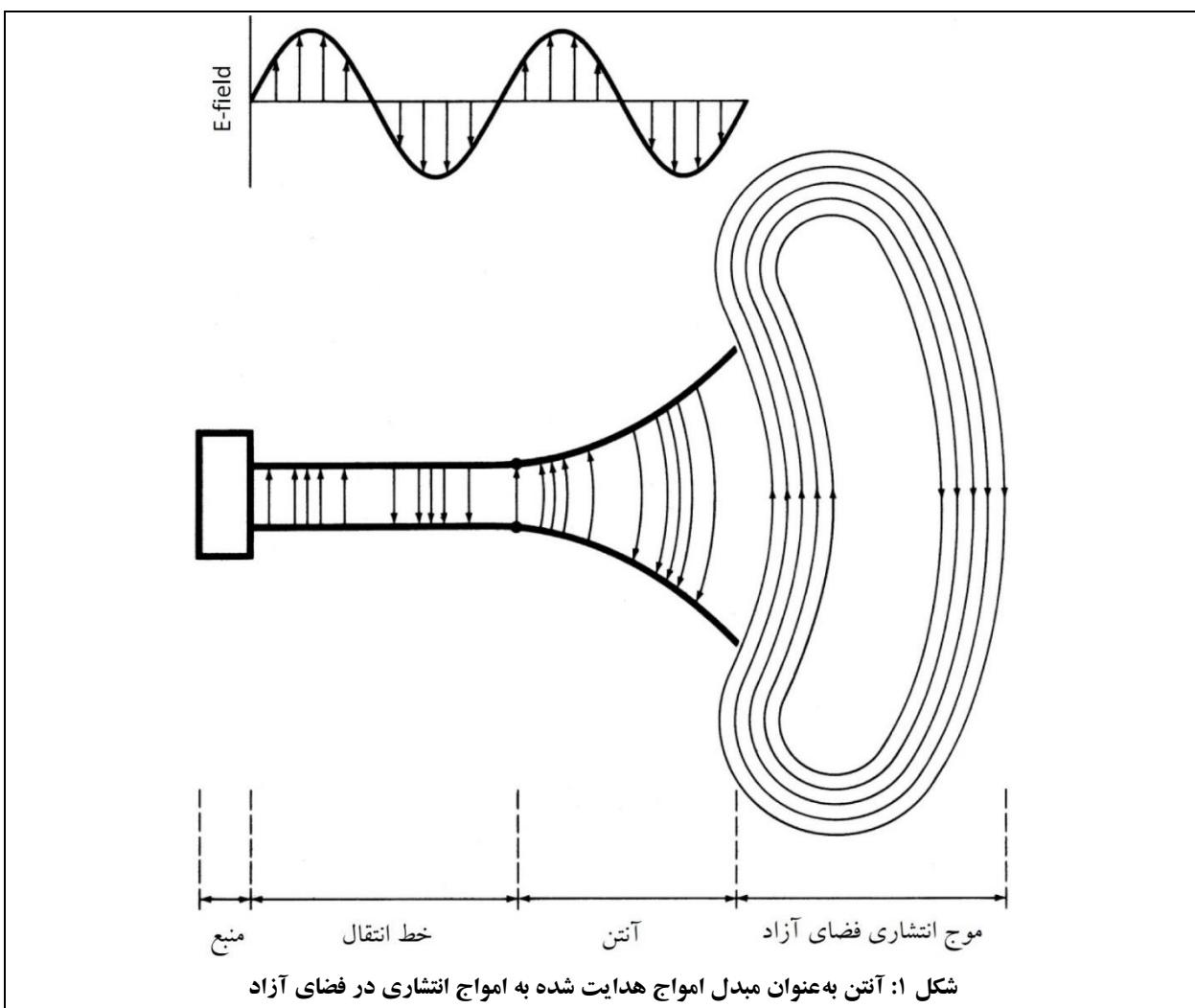
در ضمن، نحوه کارکرد دستگاه و نمونه‌ای از آزمایش‌های تعریف شده برای این مجموعه، در فایل راهنمای کاربری؛ و همچنین اطلاعات فنی قطعات در فایل مشخصات فنی، قابل دسترسی است.

## ۱- مقدمه‌ای در خصوص آتن

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

آتن در نقش فرستندگی، وظیفه 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 آتن در نقش مبدل امواج هدایت شده به امواج انتشاری در فضای آزاد را نشان می‌دهد.



شکل ۱: آتن به عنوان مبدل امواج هدایت شده به امواج انتشاری در فضای آزاد

دو پارامتر مهم در اندازه‌گیری‌های مربوط به آنتن، تطبیق امپدانس<sup>۵</sup> و الگوی تشعشعی<sup>۶</sup> 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 داده شود.

بسته به نوع کاربرد، آنتن‌ها باید الگوی (رفتار) تشعشعی مناسب با آن کاربرد را داشته باشند.

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.

علاوه بر این، آنتن‌ها بسته به کاربرد و طول موج کارشان، دارای شکل‌های مختلفی هستند. برای مثال آنتن‌ها می‌توانند به صورت سیمی، مثل آنتن‌های دایپل<sup>۷</sup> (دو قطبی)، مونوپول<sup>۸</sup> (تک قطبی) و هلیکال<sup>۹</sup> (پیچه‌ای)، باشند. همچنین آنتن‌ها می‌توانند از نوع روزنه‌ای، مثل آنتن شیپوری<sup>۱۰</sup> و آنتن شکافی<sup>۱۱</sup>، باشند. آنتن‌های آرایه‌ای<sup>۱۲</sup> 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 مجموعه آزمایشگاهی آنتن، آزمایش‌های مختلفی جهت آشنایی با برخی از انواع این آنتن‌ها تعریف گردیده است.

<sup>5</sup> Impedance Matching

<sup>6</sup> Radiation Pattern

<sup>7</sup> Dipole Antenna

<sup>8</sup> Monopole Antenna

<sup>9</sup> Helical Antenna

<sup>10</sup> Horn Antenna

<sup>11</sup> Slot Antenna

<sup>12</sup> Array Antenna

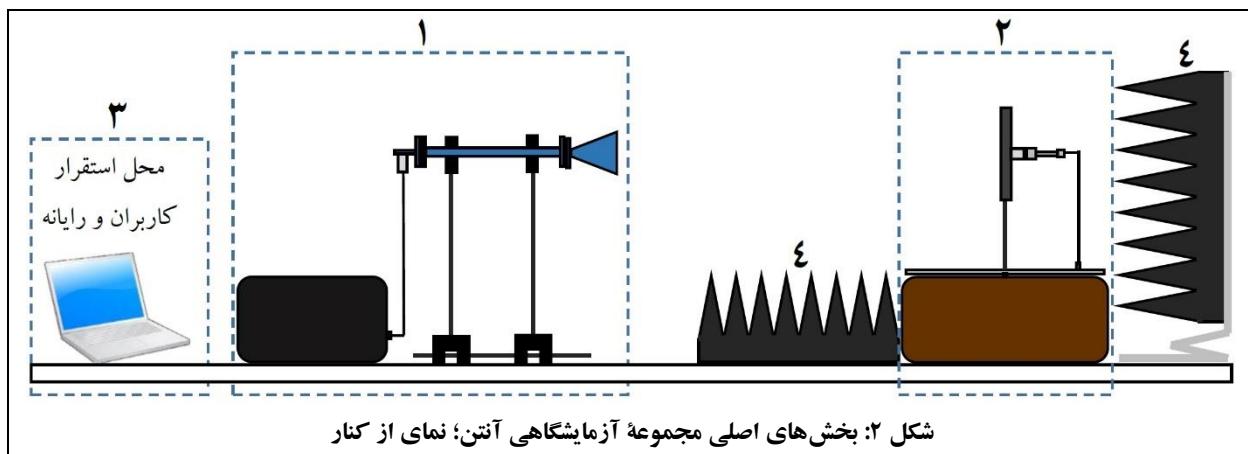
## ۲- طراحی و کارکرد مجموعه آزمایشگاهی آتن

مجموعه آزمایشگاهی آتن در حوزه آموزشی، جهت تجهیز آزمایشگاه آتن و مایکروویو دانشگاهها و در حوزه پژوهشی، جهت اندازه گیری متغیرهای طراحی و تست عملی و ارزیابی آتن‌ها، مولدهای سیگنال مایکروویو، فیلترها و تقویت کننده‌های مورد طراحی در پروژه‌های دانشگاهی و صنعتی، کاربرد دارد.

همچنین به عنوان یک مشخصه متمایز کننده، در این مجموعه تلاش شده است اصول طراحی آتن با استفاده از نرم افزارهای تخصصی این حوزه آموزش داده شود.

در مجموعه آزمایشگاهی آتن، محصول شرکت رازان پرتو پارس، با توجه به انتخاب فرکانس  $9,6\text{GHz}$ ، که معادل طول موج  $\lambda_0 = 32\text{mm}$  در فضای آزاد است، می‌توان در فاصله‌ای حدود دو متر<sup>۱۳</sup>، اقدام به اندازه گیری پارامترهای میدان دور آتن نمود.

بخش‌های اصلی مجموعه آزمایشگاهی آتن در یک چیدمان کلی، در شکل ۲ مشاهده می‌شود.



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

۱. مجموعه فرستنده؛
۲. مجموعه گیرنده؛
۳. واسط کاربری و نرم افزار؛

<sup>۱۳</sup> با توجه به ابعاد آتن‌های موجود و فرکانس انتخابی برای مجموعه، کل فضای مورد نیاز جهت چیدمان مجموعه، حدود چهار متر می‌باشد.

#### ۴. جاذب‌های امواج مایکروویو.

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

### ۱-۲- مجموعه فرستنده

برای تست آتن‌ها لازم است آنها را با یک سیگنال RF در باند فرکانسی مورد نظر، تغذیه نمود. برای این منظور در مجموعه آزمایشگاهی آتن از یک مولد سیگنال مایکروویو که یک نوسان‌ساز با کنترل ولتاژ (VCO)<sup>۱۴</sup> در محدوده فرکانسی باند X و با فرکانس مرکزی  $9,6\text{ GHz}$  است، استفاده شده است. مجموعه فرستنده در شکل ۲ با شماره ۱ مشخص شده است. سیگنال خروجی VCO از درون یک سوئیچ SPDT<sup>۱۵</sup> برای اعمال مدولاسیون دامنه عبور می‌کند. سیگنال مدوله شده پس از عبور از موجبر، وارد آتن فرستنده می‌شود و توان مایکروویو را به صورت جهت‌دار به سمت آتن 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 تقویت کننده قفل شده<sup>۱۶</sup> می‌توان سطح نویز در محل گیرنده را به شدت کاهش داد. علاوه بر این، سفت‌افزار<sup>۱۷</sup> تهیه شده برای میکروکنترلر سیستم، تنها با دریافت پالس‌های  $1\text{ kHz}$  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 نحوه استفاده از آن، در فایل مشخصات فنی ارائه شده است.

### ۲-۲- مجموعه گیرنده

این بخش که در پایه چرخان تعییه شده است، عهده‌دار تشخیص و آشکارسازی میدان آتن تحت آزمون بوده و در حکم قلب دستگاه می‌باشد. این بخش در شکل ۲ با شماره ۲ مشخص شده است و شامل چند زیر سامانه به شرح زیر می‌باشد:

<sup>14</sup> Voltage-Controlled Oscillator (VCO)

<sup>15</sup> Single Pole-Double Throw (SPDT)

<sup>16</sup> Lock-in Amplifier

<sup>17</sup> Framework

- بخش آشکارساز: این بخش شامل آشکارساز، دمدولاتور و مدارهای تقویت کننده الکترونیکی آنالوگ می‌باشد. میدان فضایی آتن به وسیله این زیر سیستم آشکار شده و مقدار عددی آن به صورت یک مقدار ولتاژ آنالوگ به زیر سامانه کنترل ارسال می‌شود.
- سیستم کنترل حرکت: جهت آشکارسازی الگوی میدان آتن، لازم است مقدار این میدان در کل  $360^\circ$  اندازه‌گیری شود. بدین منظور، بخش آشکارساز بر روی پایه‌ای متصل به یک موتور الکتریکی نصب شده است و با سرعت کنترل شده و یکنواخت شروع به حرکت نموده و کل  $360^\circ$  را جاروب می‌کند. سیستم کنترل حرکت عهده‌دار این مهم است که متشکل از موتور، مدار الکترونیکی درایو و یک کنترلر حلقه بسته، می‌باشد.
- کنترلر مرکزی: وظیفه کنترل کل سیستم و ارتباط با رایانه بر عهده 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 رزوولوشن مکانی بالا داشته باشد.

اطلاعات کامل‌تر در مورد پایه چرخان و نحوه استفاده از آن، در فایل مشخصات فنی ارائه شده است.

### ۳-۲- واسط کاربری و نرم افزار

- این بخش که در پایه چرخان تعییه شده است، عهده‌دار تشخیص و آشکارسازی میدان آتن تحت آزمون بوده و در حکم قلب دستگاه می‌باشد. این بخش در شکل ۲ با شماره ۲ مشخص شده است و شامل چند زیر سامانه به شرح زیر می‌باشد:
- بخش آشکارساز: این بخش شامل آشکارساز، دمدولاتور و مدارهای تقویت کننده الکترونیکی آنالوگ می‌باشد. میدان فضایی آتن به وسیله این زیر سیستم آشکار شده و مقدار عددی آن به صورت یک مقدار ولتاژ آنالوگ به زیر سامانه کنترل ارسال می‌شود.
  - سیستم کنترل حرکت: جهت آشکارسازی الگوی تشعشعی آتن، لازم است اندازه میدان در کل  $360^\circ$  اندازه‌گیری شود. بدین منظور، بخش آشکارساز بر روی پایه‌ای متصل به یک موتور الکتریکی نصب شده است و با سرعت کنترل شده و یکنواخت حرکت نموده و کل  $360^\circ$  را جاروب می‌کند. سیستم کنترل حرکت عهده‌دار این مهم است که متشکل از موتور، اینکوادر، مدار الکترونیکی درایو و یک کنترلر حلقه بسته، می‌باشد.
  - کنترلر مرکزی: وظیفه کنترل کل سیستم و ارتباط با رایانه بر عهده 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 داشته باشد.

اطلاعات کامل‌تر و نحوه کار با نرم‌افزار CASSY Lab در فایل مشخصات فنی ارائه شده است.

## ۴-۲- جاذب‌های امواج مایکروویو

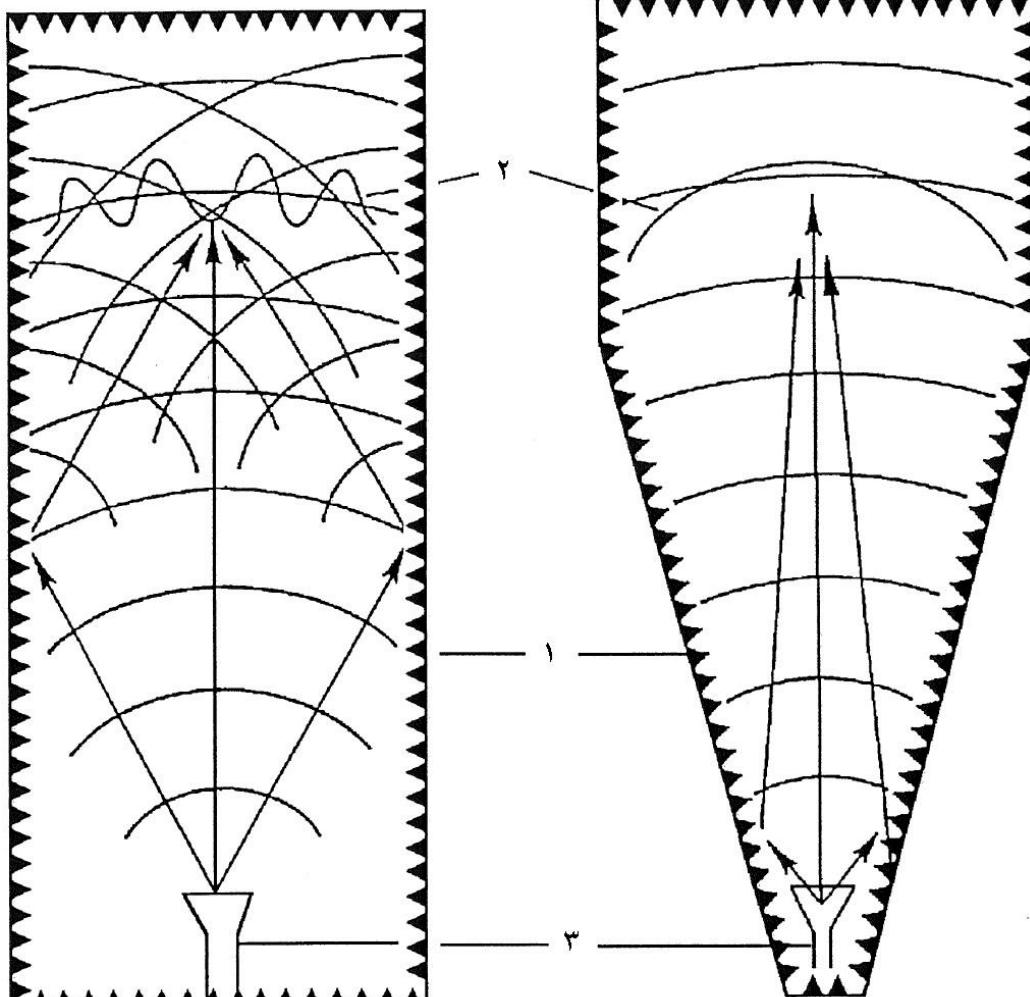
جهت رسم صحیح و دقیق الگوی آتن، لازم است تنها میدان مستقیم آتن آشکار شود و سایر امواج و بازتاب‌های محیطی که سبب تخریب رفتار الگوی تشبعی آتن می‌شوند، حذف گردند. به این منظور، در حالت ایده‌آل، باید آتن را در فضای نامتناهی و بدون هرگونه هادی یا عایق تست کرد که در عمل مقدور نیست؛ اما می‌توان تا حد ممکن بازتابش 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 آتن است. در اتاق‌های آتن، با چیدمان مناسب جاذب‌های امواج مایکروویو، اثرات انعکاس‌های مزاحم در محدوده اتاق به حداقل رسانده می‌شود. دو نمونه از آرایش‌های مرسوم اتاق آتن، در شکل ۴ مشاهده می‌شود.



(۱): جاذب‌های هرمی

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

(ب)

(الف)

شکل ۴: انواع چیدمان‌های جاذب‌های امواج مایکروویو در اتاق آتن و نحوه توزیع میدان الکتریکی در آنها: (الف) اتاق آتن مخروطی؛ و (ب) اتاق آتن مستطیلی

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

در چیدمان شکل ۴ (ب) یک اتاق آتن مستطیلی مشاهده می‌شود. در این شکل بازتابش‌های مزاحم از دیوارهای 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 آتن تحت آزمون می‌شود. توزیع میدان در این ناحیه تا حد ممکن باید به موج صفحه‌ای میل کند.

از آنجا که اتاق آتن تجهیزی پر هزینه است، در مجموعه آزمایشگاهی آتن شرکت رازان پرتو پارس، چهار جاذب امواج مایکروویو در نظر گرفته شده است که در آرایش صحیح، می‌توانند انعکاس‌های مزاحم را به میزان خوبی کاهش دهند. با این تمهد، امکان دستیابی به نتایج تکرارپذیر در اندازه‌گیری پارامترهای آتن در یک آزمایشگاه معمولی و بدون نیاز به اتاق آتن، ایجاد گردیده است.

این بخش در شکل ۲ با شماره ۴ مشخص شده است.

اطلاعات کامل‌تر در مورد جاذب‌های امواج مایکروویو و نحوه استفاده از آنها، در فایل مشخصات فنی ارائه شده است.

### ۳- تجهیزات و مدل‌های مجموعه آزمایشگاهی آتن

در این بخش، تجهیزات موجود در مجموعه آزمایشگاهی آتن، مدل‌های این مجموعه و مجموعه آتن‌های مایکرواستریپ به عنوان تجهیز اختیاری عرضه شده برای مجموعه آزمایشگاهی آتن، معرفی می‌شوند.

#### ۱-۳- تجهیزات

تجهیزات موجود در مجموعه آزمایشگاهی آتن به قرار جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱: لیست قطعات مدل‌های مورد عرضه مجموعه آزمایشگاهی آتن

| ردیف | نام قطعه                       | کد قطعه  |
|------|--------------------------------|--|
| ۱    | پایه چرخان                     | ۱۱۰۰ Rotating Antenna Platform                       |
| ۲    | مولد سیگنال مایکروویو          | ۱۲۰۰ Microwave Signal Generator                      |
| ۳    | جاذب‌های امواج مایکروویو       | ۱۳۰۰ Microwave Absorbers                             |
| ۴    | بزرگ                           | ۱۴۱۱ Horn Antenna Large                              |
|      | کوچک                           | ۱۴۱۲ Horn Antenna Small                              |
| ۶    | راستگرد                        | ۱۴۲۱ Helical Antenna Right Handed Circular Polarized |
|      | چگرد                           | ۱۴۲۲ Helical Antenna Left Handed Circular Polarized  |
| ۸    | آتن مایکرواستریپ آرایه خطی ۲×۲ | ۱۴۳۸ Linear array 2×2 Patch Antenna                  |
| ۹    | آتن شکافی                      | ۱۴۴۰ Slot Antenna                                    |
| ۱۰   | مجموعه آتن‌های سیمی            | ۱۴۵۰ Wire Antenna set                                |
| ۱۱   | موجر ۲۰۰ mm                    | ۱۵۱۰ Waveguide (200 mm)                              |
| ۱۲   | بار تطبیق موجبری               | ۱۵۲۰ Waveguide Termination                           |
| ۱۳   | ترانسفورمر سه پیچ              | ۱۵۳۰ 3-Screw Transformer                             |
| ۱۴   | مبدل کواکسیال به موجبری        | ۱۶۱۰ Co-axial to Waveguide Adaptor                   |
| ۱۵   | آشکارساز کواکسیالی             | ۱۶۲۰ Coax Detector                                   |
| ۱۶   | کابل فرکانس بالا               | ۱۶۳۱ High Frequency Cable                            |
| ۱۷   | کابل فرکانس پایین              | ۱۶۳۲ Low Frequency Cable                             |
| ۱۸   | کابل USB                       | ۱۶۳۳ USB Cable                                       |
| ۱۹   | کابل تغذیه                     | ۱۶۳۴ Power Cable                                     |
| ۲۰   | صفحة پلارایزر                  | ۱۷۱۰ Polarization Grid                               |

| ردیف | نام قطعه                 | کد قطعه                                |
|------|--------------------------|--|
| ۲۱   | بزرگ                     | ۱۷۲۱<br>Wave window                    |
| ۲۲   | روزنۀ موج<br>کوچک        | ۱۷۲۲<br>Large<br>Small                 |
| ۲۳   | پایه نگهدارنده           | ۱۸۱۰<br>Stand base                     |
| ۲۴   | میله فلزی در ابعاد مختلف | ۱۸۲۱<br>Stand Rod (in different sizes) |
| ۲۵   | میله فلزی اتصال کوتاه    | ۱۸۲۲<br>Short Circuit Stand Rod        |
| ۲۶   | گیره نگهدارنده موجبر     | ۱۸۳۰<br>Waveguide Holder               |
| ۲۷   | فویل آلومینیومی چسبدار   | ۱۹۱۰<br>Aluminium Foil                 |
| ۲۸   | متر فلزی                 | ۱۹۲۰<br>Tape Measure                   |
| ۲۹   | پیچ و مهره               | ۱۹۳۰<br>Bolt and Nut                   |
| ۳۰   | کیف مجموعه               | ۱۹۴۰<br>Berifcase                      |

اطلاعات کامل تر قطعات و نحوه استفاده از آنها، در فایل مشخصات فنی ارائه شده است.

### ۲-۳- مدل‌ها

مجموعه آزمایشگاهی آتن 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 شده است که امکان استفاده همزمان دو گروه مجزا از مجموعه آزمایشگاهی آتن با هزینه‌ای کمتر از خریداری دو مجموعه کامل از مدل ۲۰۱، ایجاد شود.

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

جدول ۲: لیست قطعات مدل‌های مورد عرضه مجموعه آزمایشگاهی آتن

| ردیف | نام قطعه                 | تعداد قطعه در هر مدل |
|------|--------------------------|----------------------|
| ۱    | پایه چرخان               | ۱۰۱<br>۲             |
| ۲    | مولد سیگنال مایکروویو    | ۱۰۱<br>۲             |
| ۳    | جاذب‌های امواج مایکروویو | ۱۰۱<br>۸             |

| تعداد قطعه در هر مدل |     | نام قطعه                 | ردیف |
|----------------------|-----|--------------------------|------|
| ۲۰۱                  | ۱۰۱ |                          |      |
| ۳                    | ۲   | آتن شیبوری بزرگ          | ۴    |
| ۱                    |     | آتن شیبوری کوچک          | ۵    |
| ۳                    |     | آتن هلیکال               | ۶    |
| ۱                    |     | آتن مايكرواستریپ         | ۷    |
| ۱                    |     | آتن شکافی                | ۸    |
| ۱                    |     | مجموعه آتن های سیمی      | ۹    |
| ۲                    |     | موجبر $200\text{ mm}$    | ۱۰   |
| ۱                    |     | بار تطبیق موجبری         | ۱۱   |
| ۱                    |     | ترانسفورمر سه پیچ        | ۱۲   |
| ۳                    | ۲   | مبادل کواکسیال به موجبری | ۱۳   |
| ۲                    | ۱   | آشکارساز کواکسیالی       | ۱۴   |
| ۱                    |     | صفحة پلازایزر            | ۱۵   |
| ۱                    |     | روزنہ موج بزرگ           | ۱۶   |
| ۹                    |     | روزنہ موج کوچک           | ۱۷   |
| ۱۲                   | ۶   | پایه نگهدارنده           | ۱۸   |
| ۲۳                   | ۱۲  | میله فلزی                | ۱۹   |
| ۸                    | ۴   | گیره نگهدارنده           | ۲۰   |
| ۲                    | ۱   | کابل فرکانس بالا         | ۲۱   |
| ۳                    | ۲   | کابل فرکانس پایین        | ۲۲   |
| ۲                    | ۱   | کابل USB                 | ۲۳   |
| ۴                    | ۲   | کابل تغذیه               | ۲۴   |
| ۲۰ برش               |     | فویل آلومینیومی چسب دار  | ۲۵   |
| ۱                    |     | متر فلزی                 | ۲۶   |
| ۲                    | ۱   | کیف مجموعه               | ۲۷   |

### ۳-۳- مجموعه آتن های مايكرواستریپ؛ يك تجهيز اختياري

علاوه بر تک آتن مايكرواستریپ آرایه  $2 \times 2$  که به عنوان يك قطعه استاندارد در مجموعه آزمایشگاهی آتن قرار دارد، هشت آتن مايكرواستریپ دیگر به قرار جدول ۳ نیز به همراه مجموعه آزمایشگاهی آتن به شکل اختياری قابل خریداری است.

جدول ۳: مجموعه آنتن‌های مایکرواستریپ؛ تجهیز اختیاری

| ردیف | آنتن مایکرواستریپ                | کد قطعه                           |
|------|----------------------------------|-----------------------------------|
| ۱    | تک                               | ۱۴۳۱ Single                       |
| ۲    | تک $0,5\text{mm}$ FR4            | ۱۴۳۲ Single FR4 0.5 <sup>mm</sup> |
| ۳    | تک $0,8\text{mm}$ FR4            | ۱۴۳۳ Single FR4 0.8 <sup>mm</sup> |
| ۴    | دو طبقه                          | ۱۴۳۴ Dual                         |
| ۵    | تک با پلاریزاسیون دایروی (روش ۱) | ۱۴۳۵ Single circular              |
| ۶    | تک با پلاریزاسیون دایروی (روش ۲) | ۱۴۳۶ 2w circular                  |
| ۷    | آرایه $4 \times 1$               | ۱۴۳۷ Array 4×1                    |
| ۸    | با تزویج روزنه‌ای                | ۱۴۳۹ Slot Coupled                 |

با تهیه این مجموعه آنتن‌های مایکرواستریپ، آزمایش‌های زیر نیز قابل انجام خواهند بود:

- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ تک؛
- بررسی اثر تغییر زیرلايه روی آنتن مایکرواستریپ تک؛
- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ دو طبقه؛
- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ با تزویج روزنه‌ای؛
- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ تک با پلاریزاسیون دایروی-روش ۱؛
- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ تک با پلاریزاسیون دایروی-روش ۲؛
- اندازه گیری الگوی تشعشعی آنتن مایکرواستریپ آرایه خطی  $4 \times 1$ .