آنتن روزنه‌ای

هدف :

هدف ما در این آزمایش آشنایی با آنتن روزنه‌ای است. در این آزمایش آنتنهای روزنه‌ای زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- **آنتن شیپوری** (**horn** antenna)
- **آنتن موجبر با انتهای باز** (**open** waveguide end antenna)

همچنین اثر قرار دادن صفحه منعکس کننده در انتهای موجبر، در پترن آنتن مورد بررسی قرار می‌گیرد .

مقدمه:

آنتنهای روزنه‌ای شامل آنتن موجبر با انتهای باز، آنتن شیپوری ، لنزها و... می‌باشند .خواص تشعشعی آنتنهای روزنه‌ای توسط توزیع میدان روی روزنه آنها مشخص می‌شود . در واقع پترن تشعشی آنتن روزنه‌ای تبدیل فوریه توزیع میدان روزنه می‌باشد . توزیع میدان روزنه با استفاده از معادلات ماکسول واعمال شرایط مرزی به طور یکتا بدست می‌آید .

در حالت کلی، بدست آوردن توزیع میدان روزنه کار آسانی نیست، به خصوص وقتی که صفحه‌ای که روزنه در آن قرار گرفته است(صفحه مبنا) کوچک باشد و میدانهای موجود در صفحه روزنه هم فاز نباشند . باید توجه داشت که به علت اینکه هادیهای صفحه مبنا دارای ضریب هدایت محدودی می‌باشند و هادی کامل نیستند، از حالت ایده‌ال به مقدار زیادی دور می‌شویم. همچنین تفرق از لبه‌های صفحه مبنا بر پترن تشعشعی آنتن روزنه‌ای تاثیر می‌گذارد این اثر هنگامیکه ابعاد صفحه مبنا در مقایسه با طول موج کوچک باشد بیشتر است.

موجبر با انتهای باز که مد غالب را هدایت می‌کند همانند آنتن روزنه‌ای عمل می‌کند. خطوط میدان از طریق دهانه انتهایی باز موجبروارد فضای آزاد می‌شود و در نتیجه توان تغذیه شده به موجبربه بیرون تشعشع می‌شود. میدان تشعشع شده به صورت یک بیم مشخص ، متمرکز نشده است . علت این موضوع این است که ابعاد انتهای باز در مقایسه با طول موج کوچک می‌باشد . بنابراین تنها مقداری از توان به بیرون تشعشع می‌شود و بقیه توان در صفحه روزنه منعکس می‌شود. این عدم تطابق را می‌توان با استفاده از عنصر تطبیق کننده **3-stub tuner** یا **slide screw transformer** کاهش داد .علاوه بر تاثیر ابعاد روزنه در پترن آنتن تفرق از لبه های این صفحه تاثیر زیادی روی لبهای کناری پترن آنتن دارد.

با استفاده ازقسمت شیپوری مانند در انتهای بازمی‌توان تا حدی این مشکل را برطرف کرد و عملکرد آنتن را بهبود بخشید. بدین صورت آنتنهای شیپوری به وجود آمدند و در واقع می‌توان آنتن شیپوری را نوع خاصی از آنتن موجبری دانست. در صورتی که زاویه باز شدگی روزنه**(flare angle) α**، خیلی بزرگ نباشد. مود تغذیه شده به موجبر به مقدار زیادی به قسمت شیپوری انتقال داده می‌شود. باید توجه داشت که در صورتی که زاویه بازشدگی، کوچک انتخاب شود مدهای مرتبه بالاتربه مقدار جزیی منتقل می‌شوند و در نتیجه باعث بهم‌ریختگی

پترن تشعشعی آنتن می‌شود . توزیع میدان **E** و **H** متناظر با موجبر مستطیلی با مد غالب $\mathbf{TE_{10}}$ در شکل(۱) نشان داده شده است.

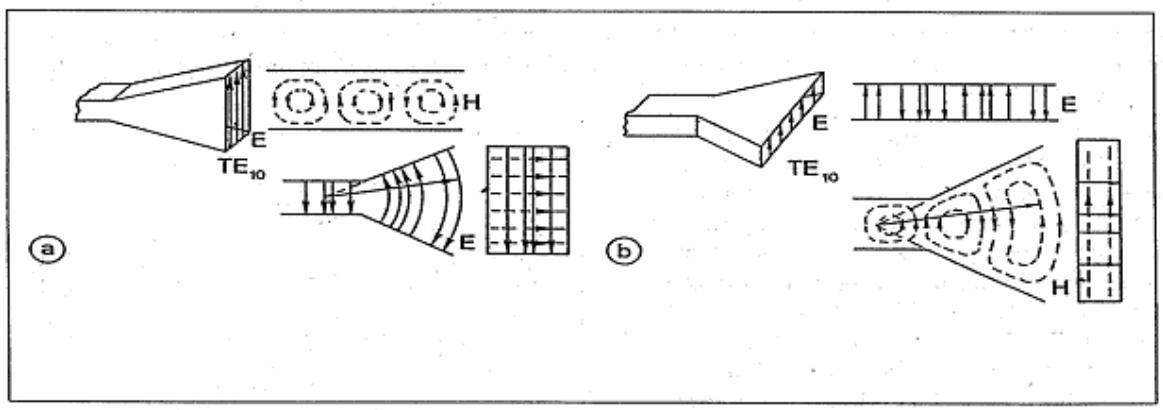

Fig.1 : Distribution of the E- and H-Fields in an E and H sectoral horn (with smooth walls).
(a) E sectoral horn
(b) H sectoral horn

وسایل لازم جهت انجام آزمایش:

به غیر از وسایل عمومی‌در انجام همه آزمایشها، برای این آزمایش وسایل زیر لازم است :

Part Description	**Part Number**
Large horn antenna ……	73721
Small horn antenna ……	73720
Waveguide, L= 100mm ……..….....	73719
Stand base MF ……...	30121
Supports for waveguide components ……	73715
3- Screw Transformer ……...	737135
Reflector for diaphragms with slits ……...	737420
Transition waveguide / coax ……	737035
Coax detector ……	73703
BNC – cable L=1m …….	50102
Physics microwave accessories I (parallel wire grid).	73727

چیدمان آزمایش :

در شکل (۲) چیدمان آزمایش نشان داده شده است. دیده می‌شود که یک آنتن شیپوری به عنوان فرستنده وآنتن شیپوری دیگری به عنوان گیرنده عمل می‌نمایند. باید توجه داشت که آنتن فرستنده وگیرنده دارای پلاریزاسیون خطی می‌باشند.

چیدمان نشان داده در شکل(۲) برای حالت پلاریزاسیون افقی است. در صورتیکه بخواهیم در حالت پلاریزاسیون عمودی آزمایش انجام دهیم باید کل چیدمان (هم فرستنده و هم گیرنده با تمام قسمتهای متصل به آنها) را به اندازه ۹۰ درجه حول محور موجبر بچرخانیم.

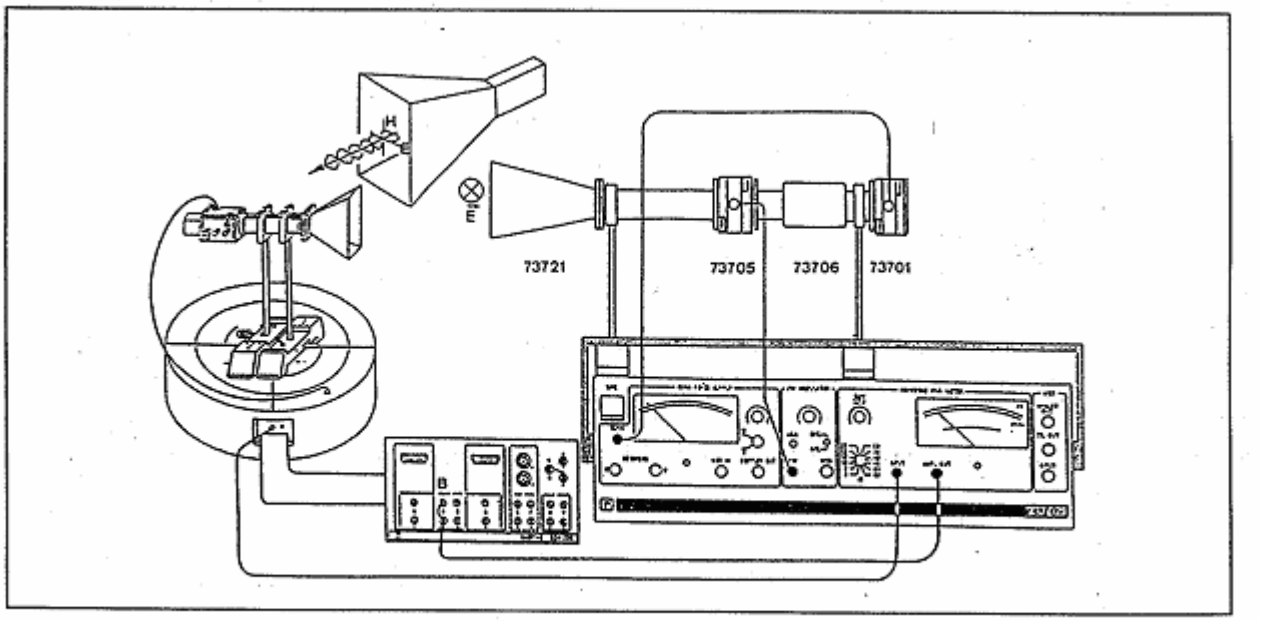

Fig. 2: Experiment set-up with excitation using a horizontally polarized waves (the test antenna rotates in the E-plane)

نحوه انجام آزمایش:

۱. پترن تشعشعی آنتن شیپوری بزرگ در صفحه E-plane

یک آنتن شیپوری بزرگ به عنوان فرستنده و یک آنتن شیپوری بزرگ به عنوان گیرنده عمل می‌کند.هردوآنتن دارای پلاریزاسیون افقی می‌باشند.

نکته: قبل از اتصال **3-screw transformer** مطمئن شوید که پیچها به موجبر نچسبیده باشند و بیش از حد پیچها را نپیچانید. همچنین به مکان پیچها دقت کنید تا درقسمتهای بعدی آزمایش بتوانید مقدار پیچیدن آنها را بدون نگاه کردن داخل موجبرحدس بزنید.

۱-۱- آنتن مورد آزمایش را مطابق شکل(۳) سوار کنید.

شکل ۳ : ۱) آنتن شیپوری بزرگ

۲) موجبر **100mm**

۳) **3- screen transformer**

۴) تبدیل موجبر به کابل کواکس

۵) **Coax detector**

۶) **stand rod 245mm**

۷) **stand base MF**

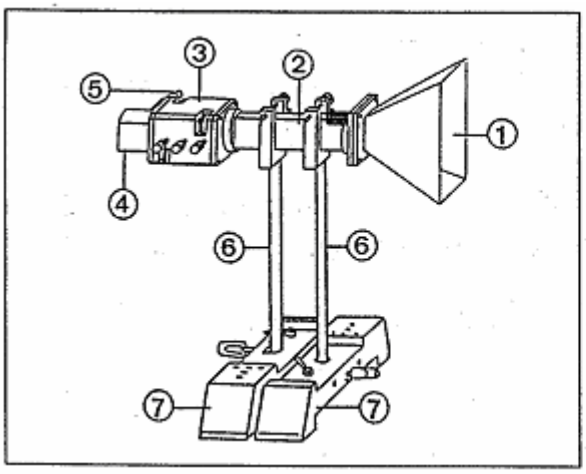

Fig. 3: Assembly of the test antenna

(1)	Large horn antenna	(737 21)
(2)	Waveguide 100 mm	(737 19)
(3)	3-screw trans-former	(737 115)
(4)	Transition wave-guide/coax	(737 035)
(5)	Coax detector	(737 03)
(6)	Stand rod 245 mm, Components from	(73715)
(7)	Stand base MF	(30021)

پس از برقراری اتصالات آنتن گیرنده را در وضعیت پشت به فرستنده (بدون اینکه جهت دهنده بچرخد) قرار دهید. این عمل باعث می‌شود که الگوی رسم شده به روی مانیتور کامپیوتر دارای یک لب اصلی در وسط باشد و این لب دو تکه نشده باشد.

۱-۲- به منظور تطبیق آنتن گیرنده با دتکتور از **3-screw transformer** استفاده می‌شود. در صورت عدم تطبیق مناسب توان دریافتی در گیرنده کم خواهد بود. برای تطبیق گیرنده با دتکتور، دتکتور را به پورت ورودی **SWR** متر وصل کرد و با تنظیم گین **SWR** متر عقربه **SWR** متر را در مکانی مناسب قرار دهید، سپس پیچهای **3-screw** را بچرخانید و آنها را جابجا کنید تا هنگامی‌که بیشترین **SWR** را بدست آورید. این **SWR** ماکسیمم نشان دهنده بهترین حالت تطبیق آنتن گیرنده با دتکتوراست .

۱-۳- پترن تشعشعی با پارامترهای زیر را رسم کنید :

Measurement mode : automatic (all 1 deg)
Average : 200ms
Bias current : test out steps 1...4
Graphic representations : A against θ in Cartesian coordinates.

نکته:

نمودارU بر حسب **θ** برای ارزیابی عددی توجیح داده می‌شود. اگر قصد انجام مقایسه بین داده های اندازه گیری شده در چندین آزمایش مختلف را دارید بنابراین در بعضی از قسمتهای آزمایش مانند فاصله بین آنتن فرستنده و گیرنده، تنظیم **SWR** متر و غیره تغییری داده نشود.

۱-۴- فایل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری را با عنوان **HORN- LE** ذخیره کنید و یک پرینت از الگوی رسم شده تهیه کنید.

۱-۵- پهنای بیم **3dB** لوب اصلی را با کمک نشانگر صفحه بیابید. سپس مقادیر را برروی صفحه نوشته، پرینتی از آن تهیه نمایید.

۱-۶- منحنی **A** بر حسب **θ** و**a** بر حسب **θ** را در مختصات قطبی رسم کرده و کارهای بالا را برای آنها تکرار کنید.

۱-۷- نکاتی در مورد تلاشتان برای تطبیق با استفاده از **3-screw transformer** بنویسید.

۲ - ضریب تلف پلاریزاسیون آنتن شیپوری بزرگ (تلفات میدانهای cross-polarized)

تزویج بین مدهای عمود بر هم (**cross polarized**) آنتن، مشخص کننده ضریب تلف پلاریزاسیون می‌باشد. در واقع نسبت سیگنالهای دریافتی **cross-polarized** به **co-polarized** ، ضریب تلف پلاریزاسیون آنتن می‌باشد. برای انجام این آزمایش آنتن گیرنده درموقعیت قبلی‌اش باقی می‌ماند ولی آنتن فرستنده به اندازه ۹۰ درجه چرخانیده می‌شود.

۲-۱- آنتن گیرنده را طوری قرار دهید که دهانه آن درست در مقابل آنتن فرستنده قرار گیرد. در این حالت ماکزیمم لب اصلی را با تنظیم **SWR** متر و استفاده از **3-screw transformer** بدست آورید.

۲-۲- برای بدست آوردن تطبیق مناسب گیرنده با دتکتور، تنظیم پیچهای **3-screw** مانند آزمایش بخش یک می‌باشد. در این حالت **SWR** ماکزیمم را به مقدار **0d**B کالیبره کنید، یعنی با تنظیم گین **SWR** متر حالت ماکزیمم (حالت بهینه تطبیق) را روی **0d**B قرار دهید.

۲-۳- مکان آنتن فرستنده را علامت بزنید سپس کل فرستنده و قسمتهای متصل به آن به مقدار ۹۰ درجه حول محور طولی دریافتی در گیرنده دارای مقدارکمی‌خواهد بود (**cross- polar**).

۲-۴- سپس دتکتور گیرنده را به پورت ورودی **SWR** متر وصل کرده و مقدار توان دریافتی گیرنده را بر حسب **d**B از روی **SWR** متر بخوانید. مقادیر خوانده شده، نشان دهنده ضریب تلفات پلاریزاسیون آنتن می‌باشد. در مورد نتایج بدست آورده بحث کنید.

۳- بررسی اثر صفحه پلارایزر (polarization grid) در دریافت آنتن شیپوری گیرنده که به صورت عمود نسبت به آنتن شیپوری فرستنده قرار گرفته است.

در این آزمایش اثر قطرات باران در هم‌شنوایی بین دو کانال مخابراتی که هر دو از یک فرکانس کاریر استفاده می‌کنند ولی دارای پلاریزاسیون‌های متفاوت (عمود بر هم) می‌باشند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. قطرات باران توان **RF** را جذب کرده و باعث ایجاد تلفات زیادی خواهند شد. قطرات باران که به علت جریان هوا در زوایای مختلف به روی زمین می‌افتند تاثیری مشابه با پلارایزر روی امواج مایکرویو دارند در واقع زاویه چرخش پلارایزر متناظر با زاویه قرار گرفتن قطرات باران در هنگام ریزش می‌باشد.

درواقع، پلارایزر یکی از مولفه‌های خطی عمود بر هم پلاریزاسیون میدان را حذف می‌کند راستای این مولفه، موازی با سیمهای پلارایزر است. به عبارت دیگر شبکه پلاریزاسیون صفحه به پلاریزاسیون موج برخوردی را می‌چرخاند .

سوال: آیا تلفات توان با زاویه صفحه پلاریزاسیون (**tilt angle**) مرتبط هستند؟ چگونه؟

سوال: مقدار کل تلفات بر حسب **d**B را چه مقدار تخمین می‌زنید؟ تمام مواردی که باعث تلفات توان می‌شود ذکر کنید؟

نحوه انجام آزمایش:

۳-۱- دو آنتن شیپوری بزرگ که به صورت **cross- polar** نسبت به هم قرار گرفته اند به عنوان فرستنده و گیرنده عمل می‌کنند. (توجه شود که نحوه قرار گرفتن آنتنهای فرستنده و گیرنده مانند آزمایش قبل است و نیازی به تغییر چیدمان آزمایش نیست)

۳-۲- پلارایزر را به صورت عمود بر محور اصلی مسیر اندازه گیری و درست در مقابل آنتن فرستنده قرار دهید. از پایه مخصوص پلارایزر به منظور نگهداری آن استفاده کنید.

۳-۳- تنظیم **SWR** متر مانند آزمایش بخش ۲ است. لذا نیاز به تنظیم دوباره نیست.

۳-۴- تلفات لینک عبوری را با چرخش پلارایزر مشخص کنید. بدین منظور پلارایزر را از زاویه صفر درجه تا ۹۰ درجه با گامهای ۱۰ درجه بچرخانید و مقدار a/Bd که در آن **a** میزان تلفات است را برای هر زاویه **α** مشخص کنید . مقادیر اندازه گیری شده را در جدول ۱ وارد کنید. توجه شود که **V/dB** در جدول متناظر با مقدار گین **SWR** متر و **display** متناظر با مقدار خوانده شده در صفحه نمایش (صفحه عقربه) **SWR** متر است.

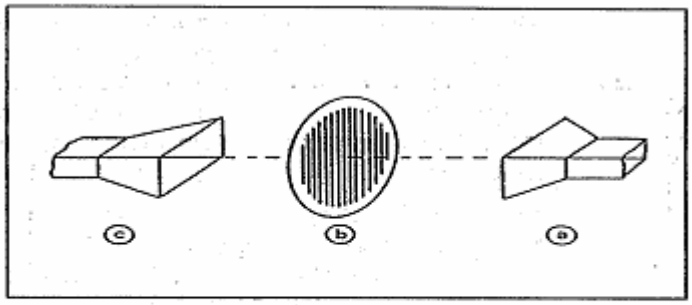

Fig. 4: Experiment set-up with polarization grid
(a) Transmitting horn
(b) Polariser
(c) Receiving horn

جدول۱: تلفات پلاریزاسیون

α^0	V/dB	Display/dB	a/dB	Scaled to min. atten.

۳-۵- فرمولی پیدا کنید که رابطه بین تلفات لینک انتقال را با زاویه قرار گرفتن پلارایزر نشان دهد. نتایج اندازه گیری خود را با فرمولی که از راه تئوری بدست آورده اید ، مقایسه کنید و در مورد نتایج بدست آمده بحث کنید. توجه شود که در این حالت آنتن های فرستنده و گیرنده به صورت **cross- polar** قرار گرفته اند.

۳-۶- فرمولی پیدا کنید که رابطه بین تلفات لینک را با زاویه قرار گرفتن پلارایزر در حالتی که آنتن های فرستنده و گیرنده به صورت**Co-Polar** (پلاریزاسیون های یکسان) می‌باشند، نشان دهد . جالب است بدانید که مبنای کارتضعیف کننده های چرخان بر این اساس است.

۴- پترن تشعشعی آنتن شیپوری بزرگ در صفحه H-plane

۴-۱- در این قسمت ، آنتن تست (گیرنده) را ۹۰ درجه بچرخانید. توجه شود در این حالت هر دو آنتن فرستنده و گیرنده دارای پلاریزاسیون عمودی بوده و در نتیجه **Co-Polar** می‌باشند.

۴-۲- تنظیم **SWR** متر مانند آزمایش بخش ۳ است ، لذا نیازی به تنظیم دوباره آن نیست.

۴-۳- نمودار **A** بر حسب **θ** را در دو مختصات کاتزین و قطبی رسم کنید و نکات ۵-۱ تا۹-۱ را تکرار کنید.

۴-۴- فایل اندازه گیری شده را به عنوان مثال تحت عنوان **HORN- LH** ذخیره کنید.

۴-۵- بااستفاده ازتابع **multigraph** پترن های تشعشعی آنتن شیپوری را در دو صفحه **E** و**H** در یک صفحه نمایش داده و از آن پرینت بگیرید . این دو پترن تشعشعی را با هم مقایسه کرده و در مورد نتایج بدست آورده بحث کنید.

۵- پترن تشعشعی آنتن شیپوری کوچک در صفحه E- plane

دراین قسمت آنتن شیپوری بزرگ به عنوان آنتن فرستنده باقی می‌ماند، ولی آنتن گیرنده با یک آنتن بوقی کوچک جایگزین می‌شود.

۵-۱- آنتن شیپوری کوچک را در محل آنتن تست قرار دهید. بعد از آن آنتن را در محل زاویه صفر قرار دهید در این حالت باید گیرنده، ماکزیمم توان را دریافت کند.

۵-۲- سپس نمودار**A** بر حسب **θ** را در دو مختصات کاتزین و قطبی رسم کنید و موارد ۴-۱ تا ۹-۱ را تکرار کنید. فایل اندازه گیری را تحت عنوان **HORN- SH** ذخیره کنید.

۵-۳- با استفاده از تابع **multigraph** پترن تشعشعی آنتن شیپوری کوچک و بزرگ در صفحه **H** یعنی فایلهای **HORN- SH** و **HORN-LH** را در مورد آن بحث کنید. همچنین در مورد ارتباط بین آنتنها و پهنای لُب اصلی آنها بحث کنید.

۶- پترن تشعشعی آنتن شیپوری کوچک در صفحه E-plane

در این حالت نیز آنتن فرستنده ، آنتن شیپوری بزرگ و آنتن گیرنده شیپوری بوقی کوچک می‌باشد.

۶-۱- محل آنتن فرستنده و گیرنده را علامت بزنید (تا فاصله بین آن دو تغییر نکند). سپس هر دو آنتن فرستنده و گیرنده را ۹۰ درجه حول محور بچرخانید تا هر دو آنتن دارای پلاریزاسیون افقی شوند . هنگامیکه دهانه آنتن گیرنده درست در مقابل آنتن فرستنده قرار دارد، باید ماکزیمم لب اصلی در گیرنده دریافت شود.

۶-۲- سپس نمودار **A** بر حسب **θ** را در دو مختصات کارتزین و قطبی رسم کنید و موارد ۴-۱ تا ۹-۱ را تکرار کنید.

۶-۳- فایلهای اندازه گیری شده را تحت عنوان **H.RN-SE** ذخیره کنید.

۶-۴- با استفاده از تابع **multigraph** پترن تشعشعی صفحه **E** در آنتن شیپوری بزرگ و آنتن شیپوری کوچک را در یک صفحه رسم کنید و از آن پرینت بگیرید . نتایج را با هم مقایسه کنید و در مورد آنها بحث کنید.

۷- پترن تشعشعی آنتن موجبری با انتهای باز (در صفحات E-plane و H-plane)

موارد اندازه گیری: ۱) موجبر با انتهای باز بدون صفحه منعکس کننده

۲) موجبر با انتهای باز با صفحه منعکس کننده

۷-۱- در این قسمت آنتن فرستنده به صورت قبل باقی می‌ماند ولی آنتن شیپوری گیرنده حذف شده و آنتن موجبر با انتهای باز در گیرنده جایگزین شود. هنگام اندازه گیری در صفحه **E** ، شبیه کارهای انجام شده در قسمتهای ۱و۶ می‌باشد در حالت اندازه گیری صفحه **H**، شبیه کارهای انجام شده در قسمتهای ۴و۵ را انجام دهید. در حالتی که می‌خواهید موجبر با انتهای باز به همراه صفحه منعکس کننده را آزمایش کنید صفحه منعکس کننده را توسط دو پیچ به دهانه موجبر متصل کنید.

توجه: با استفاده از**3-screw transformer** به دقت موجبر با انتهای باز را با **detector** تطبیق کنید. **(**$SWR \cong 2$**)**

۷-۲- با استفاده از تابع **multigraph** نتایج صفحه **E** را برای دو حالت با و بدون صفحه منعکس کننده و همچنین نتایج صفحه **H** را برای دو حالت با و بدون صفحه منعکس کننده مقایسه کنید و در مورد تفاوت پترن های تشعشعی و تطبیق آنتن در دو حالت بحث کنید.