المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الكليات التقنية

الحقيبة التدريبية :

تقنيات الميكروويف والأقمار الاصطناعية (عملي)

في تخصص الاتصالات

مقدمة

الحمد لله وحده والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتيًا على الله ثم على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدمًا في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " تقنيات الميكروويف والأقمار الاصطناعية (عملي)" لمتدربي تخصص " **الاتصالات** " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بالشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، مدعم بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الفهـــرس

الموضـــوع	رقم الصفحة
تمهيد	٤
الوحدة الأولى : التعرف على المعمل والأجهزة المستخدمة	٥
الوحدة الثانية : تـردد المصدر والطول الموجي للموجَة المرشدَة	١٣
التجربة الأولى: قياس تردد المصدر باستخدام جهاز قياس الفجوة	١٩
التجربة الثانية :قياس الطول الموجي للموجَه المرشدَة λ_g	٢٢
الوحدة الثالثة : قياس نسبة الموجات المستقرة للجهد	٢٧
التجربة الأولى: نسبة الموجات المستقرة للجهد بوجود الحمل وهوائي البوق	٣٣
التجربة الثانية: نسبة الموجات المستقرة للجهد بوجود دائرة القصر	٣٦
الوحدة الرابعة : الديود الكاشف	٣٩
التجربة الأولى: الديود الكاشف	٤٢
الوحدة الخامسة : الممانعة و مواءمة الممانعة	٤٧
التجربة الأولى:ممانعة الدخل ومعامل الانعكاس بوجود النهاية الطرفية(حمل) أو (دائرة قصر).	٥٢
التجربة الثانية: موائمة الحمل باستخدام رد فعل الاصطدام.	٥٥
الوحدة السادسة : ظاهرة دوبلر	٥٩
التجربة الأولى: قياس سرعة المروحة	٦٢
التجربة الثانية: الزمن الدوري للبندول	٦٧
التجربة الثالثة: نفاذية وامتصاص اشارة الرادار	٧١
الوحدة السابعة : هوائي البوق	٧٥
التجربة الأولى: هوائي البوق	٧٧
الوحدة الثامنة : الربط الاتجاهي	٨٣
التجربة الأولى: الربط الاتجاهي .	٨٥
الوحدة التاسعة : الوصلات	٩٠

التجربة الأولى: وصلة التوالي و وصلة التحويل.	٩٣
التجربة الثانية: الوصلة الهجينة	٩٦
الوحدة العاشرة: الدليل الموجي والكيبل المحوري	١٠٠
التجربة الأولى: الدليل الموجي والكيبل المحوري.	١٠٢
الوحدة الحادية عشر: خصائص موجات الميكروويف	١٠٧
التجربة الأولى: خصائص موجات الميكروويف.	١٠٩
المراجع	١١٥
فهرس المصطلحات	١١٦

تمهيد

هذه الحقيبة التدريبية هي الجزء العملي لمقرر تقنيات الميكروويف والأقمار الاصطناعية وقد تم إعداد هذه الحقيبة كي تحقق العديد من الأهداف المتعلقة بتقنيات الميكروويف والأقمار الاصطناعية من حيث التأثيرات الفيزيائية للأجهزة المستخدمة في تقنيات الميكروويف والأقمار الاصطناعية والتي قد تتسبب في حيود وتداخل الإشارات الكهرومغناطيسية.

كما تحقق هذه الحقيبة الأهداف النظرية وربطها بالتجارب العملية من حيث مقارنة النتائج والقياسات المختلفة بالمعادلات الحسابية ذات العلاقة والتي من خلالها يستطيع المتدرب استنتاج تأثير الظواهر المختلفة على اشارة الميكروويف .

كما يمكن للمتدرب أن يكتسب المهارة المناسبة من حيث التعامل مع الأجهزة ذات العلاقة والتي تتصف بحساسيتها ودقتها من حيث التركيب وأخذ القياسات المناسبة واستنتاج أفضل الطرق لتكوين نظام متكامل ابتداءًا بمرحلة الإرسال و انتهاءًا بمرحلة الاستقبال .

كما يمكن الإشارة الى ضرورة اتخاذ إجراءات الأمن والسلامة داخل هذا النوع من المعامل لذلك وجب التنويه حفاظًا على سلامة المتدرب .

الوحدة الأولى

التعرف على المعمل والأجهزة المستخدمة

التعرف على المعمل والأجهزة المستخدمة

الهدف العام :

ان يتعرف المتدرب على الاجهزة التي يمكن استخدامها داخل المعمل ومكوناته .

الأهداف التفصيلية :

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادر وبكفاءة على أن :

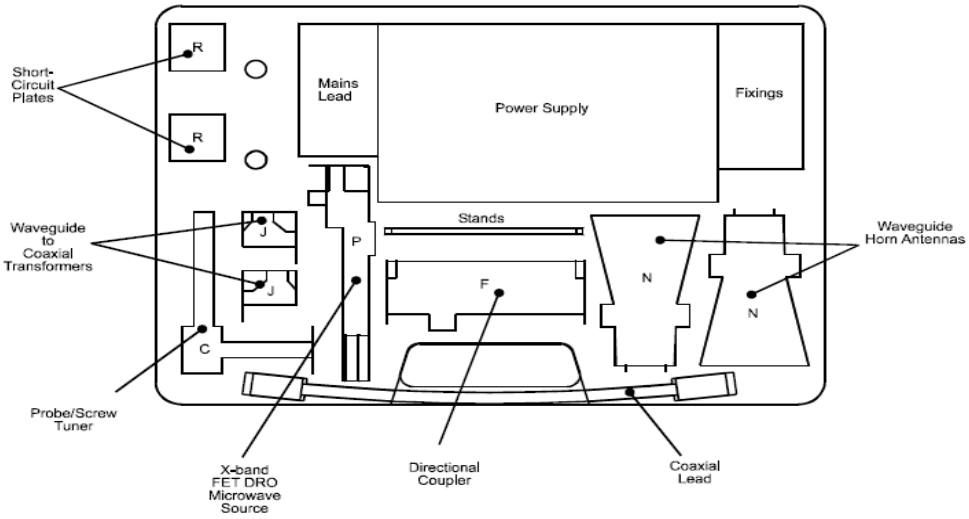
١. التعرف على المكونات الخاصة بالمعمل .
٢. التعرف على جهاز وحدة دوبلر.

مقدمة

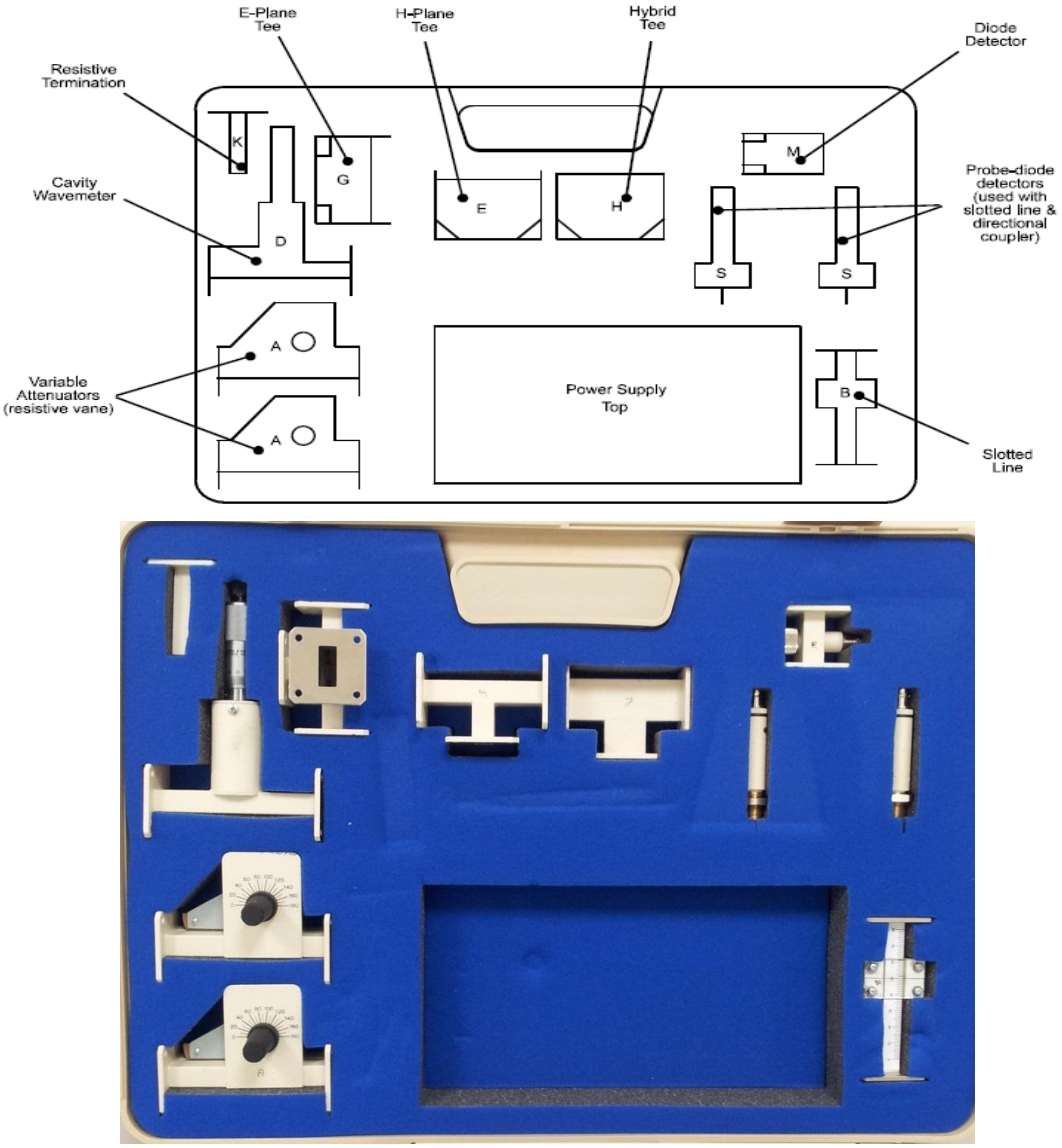
في هذه الوحدة سيكون المتدرب قادرا على التعامل مع مكونات المعمل من أجهزة ارسال واستقبال لموجات الميكروويف وأجهزة قياس خاصة قادرة على التعامل مع الموجات الكهرومغناطيسية بالإضافة الى بعض المكونات الخاصة والتي يتم اضافتها تبعا الى اجراءات التجربة ومكوناتها لتحقيق الهدف من التجربة .

١ -١ المكونات الرئيسية

قد تختلف مكونات هذا النوع من المعامل من مكان إلى أخر لكنها في النهاية جميعها تحقق نفس الهدف المرجو في هذا النوع من المعامل كما سيوضح الجدول (١ -١) تلك المكونات والرموز الحرفية المنقوشة عليها كي تسهل عملية تميزها. بينما توضح طريقة استخدام كل منها وطريقة توصيلها في مقدمة التجارب التي تكون ذات علاقة بتلك المكونات في الشكل (١ -١) والشكل (١ -٢) يوضح مكونات المعمل مجمَّعَة.

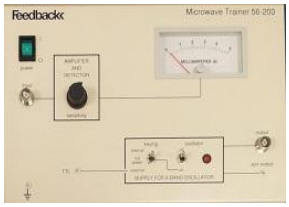
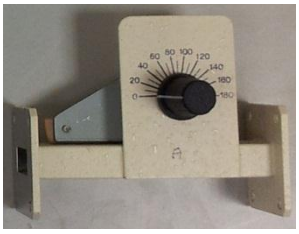
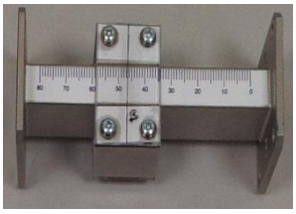


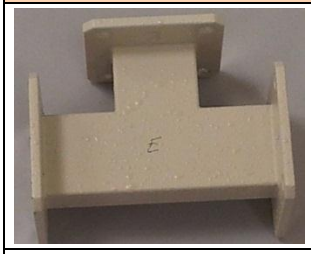
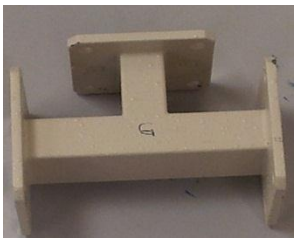
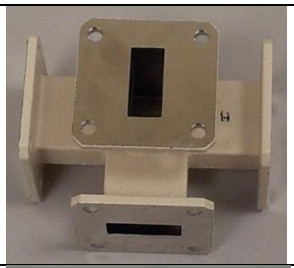
الشكل (١-١) : مكونات المعمل .



الشكل (١-٢) : مكونات المعمل .

جدول (١ -١) : مكونات المعمل أو النظام

العدد	الوصف	رمز القطعة	صورة القطعة
1	وحدة التحكم الرئيسية	------	
1	مذبذب (X-band) (X-band) oscillator لتوليد موجات الميكروويف بتردد f =10.425GHz P_{out} = 10mW	P	
2	موهن متغير Variable Attenuator	A	
1	خط قياس شقي Waveguide slotted line	B	
1	خط قياس شقي بموالف Slotted line probe tuner	C	
1	جهاز قياس الفجوة Cavity wave meter	D	

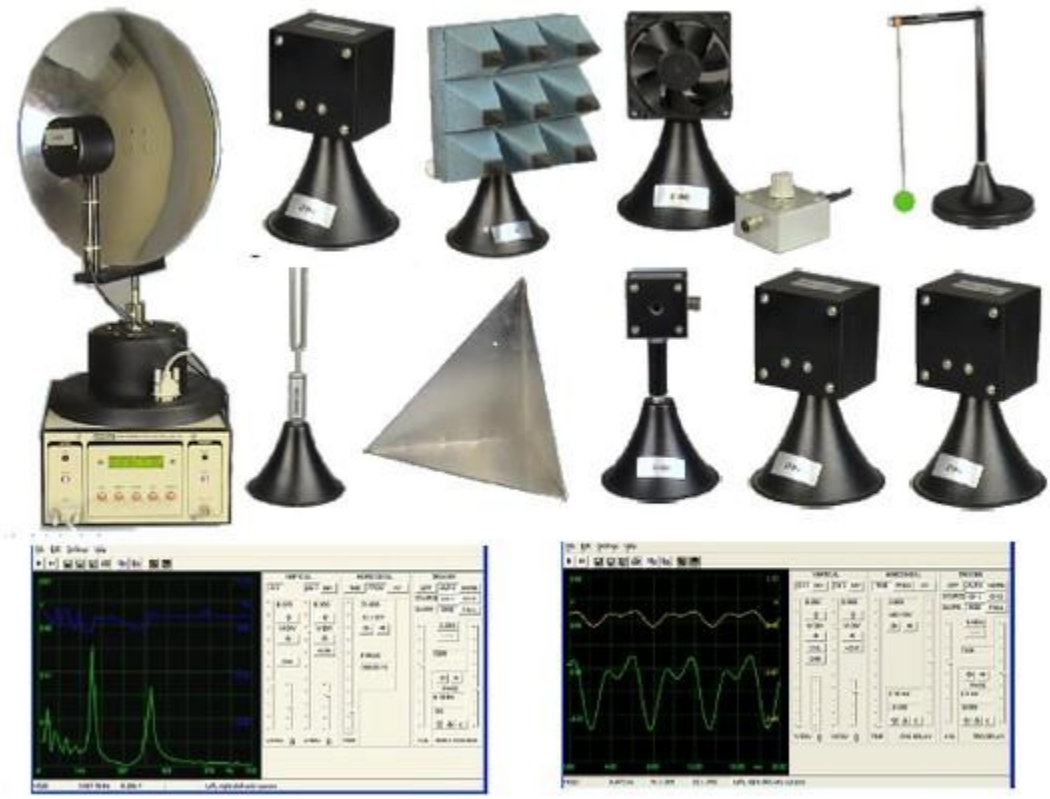
العدد	الوصف	رمز القطعة	صورة القطعة
1	وصلة التحويل أو وصلة المجال المغناطيسي . H-plane or shunt tee	E	
1	وصلة ربط متجهه Direction coupler	F	
1	وصلة توالي أو وصلة المجال الكهربائي E-plan or series tee	G	
1	الوصلة الهجينة Hybrid tee	H	
2	محول من الدليل الموجي الى الكيبل المحوري Waveguide to coaxial cable transformer	J	
1	نهاية طرفية ذات حمل (load) Resistive terminator	K	

العدد	الوصف	رمز القطعة	صورة القطعة
1	الديود الكاشف Diode detector	M	
2	هوائي البوق Horn antenna	N	
2	نهاية طرفية دائرة قصر Short circuit terminator	R	
2	المسبار الكاشف Probe detector	S	
1	كيبل محوري		

١ -٤ وحدة رادار دوبلر :

تستخدم هذه الوحدة بصورة رئيسية لإجراء القياسات الدقيقة للسّرعة، ويعمل على مبدأ تأثير دوبلر وهو التغيّر الحاصل على تردد الموجَة والذي تسببه حركة الهدف.

حيث تتكون هذه الوحدة من هوائي ارسال واستقبال من نوع (هوائي الطبق) بالإضافة الى بعض لأجهزة التي تتعلق بالتجارب العملية والتي تقوم بإحداث التشويش على إشارة الهوائي للأغراض العملية تبعًا للتجربة وبعض الأهداف التي سيتم اجراء التجارب عليها ،والتي تظهر بعض منها في الشكل (١ -٣) بالإضافة الى البرنامج الخاص بهذه الوحدة.



الشكل (١-٣) : وحدة رادار دوبلر

الوحدة الثانية

تردد المصدر والطول الموجي للموجَة المرشَدة

تردد المصدر والطول الموجي للموجَة المرشدَة

الهدف العام :

القدرة على قياس وحساب تردد المصدر وايجاد الطول الموجي للموجَة المرشدَة.

الأهداف التفصيلية :

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادرًا وبكفاءة على أن :

١. يتعرف على أجهزة المعمل واستخدامها.
٢. يقوم بقياس التردد باستخدام فجوة قياس الموجة.
٣. يقوم بقياس وحساب الطول الموجي للموجة المرشدَة(λ_g) .
٤. يتعرف على الطول الموجي للقطع (λ_c) وتردد القطع .
٥. يتعرف على الطول الموجي في الفضاء الحر (λ_o) واستخدام العلاقة التالية :

مقدمة

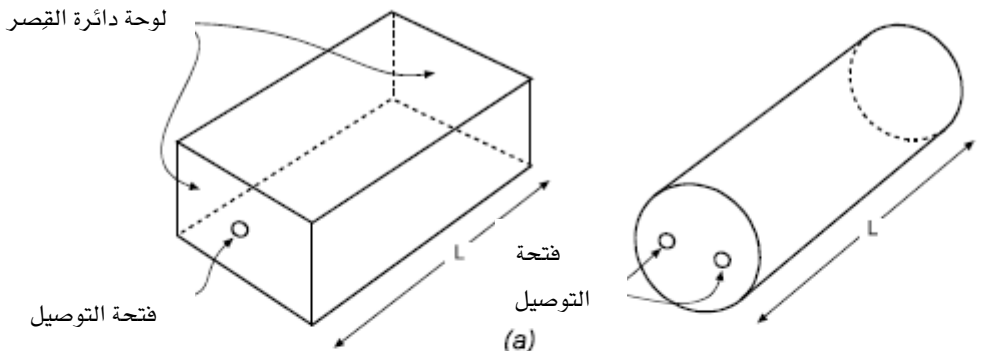
حتى نقوم بقياس تردد موجات الميكروويف يمكن استخدام عدة طرق مثل تقنية العدادات الإلكترونية أو بواسطة فجوة قياس الموجَة كما في الشكل (٢ -١) الجزء (a) يوضح الدليل الموجي المستطيل والدليل الموجي الدائري حيث أن أفضل قيم الرنين يمكن الحصول عليها عن طريق كلا النوعين وخصوصًا عندما يكون طول المحور (L) مساويًا لقيمة عددية صحيحة من نصف الموجَة المرشدَة (λ_g) حسب العلاقة التالية :

$$L = \frac{1}{2} \times n \times \lambda_g \qquad (2.1)$$

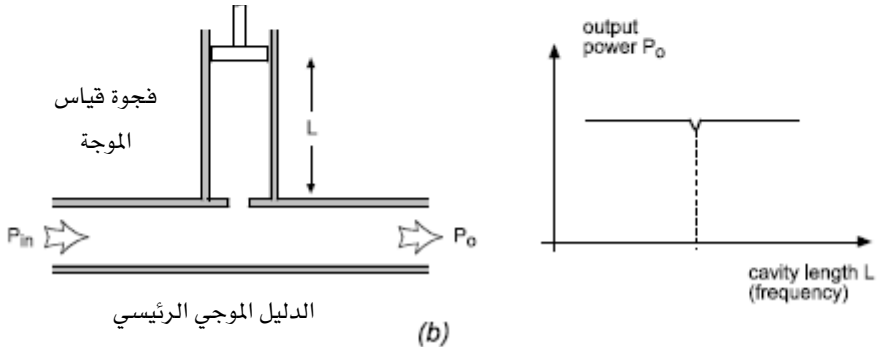
L : طول محور التجويف (الدليل الموجي) .

n : درجة تردد الرنين .

λ_g : الطول الموجي للموجة المرشدَة .



الدليل الموجى المستطيل و الدائرى وحدوث الرنين عندما ($L=1/2n\lambda_g$)



المسافة الداخلية للفجوة وحدوث الرنين بناءًا على المسافة (L) وتأثيرها على القدرة

الشكل (٢-١) : (a) الدليل الموجي المستطيل والدائري (b) فجوة قياس الموجة

في الشكل (٢ -١) الجزء (b) في حال عدم الوصول إلى تردد الرنين فإنه يمكن القول أن القدرة التي تستهلكها الفجوة من جهة الإرسال قليلة جداً أو مساوية للصفر.

أما في حال الحصول على تردد الرنين فإن القدرة الممتصة تتناسب مع الفجوة المحدثة من قبل جهاز قياس الموجَة والتي يشار اليها هنا ب (L) مسافة التجويف ونمط الرنين ودرجته حيث يمكن حساب تردد المصدر حسب العلاقة التالية :

$$f = \frac{C}{\lambda_o} = 3 \times 10^8 \sqrt{\frac{1}{\lambda_g^2} + \frac{1}{\lambda_c^2}} \qquad (2.2)$$

$$= 3 \times 10^8 \sqrt{\left(\frac{n}{2L}\right)^2 + \frac{1}{\lambda_c^2}} \qquad (2.3)$$

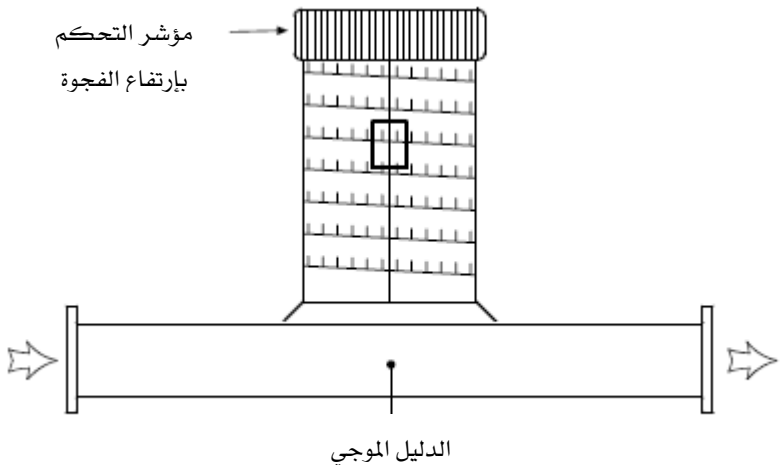
حيث :

C : السرعة في الفضاء الحر

λ_c : الطول الموجي للقطع

n : درجة الرنين (1,2,3,.....)

كما يمكن استخدام بعض التقنيات المتطورة للحصول على التردد مباشرة كالجهاز الموضح في الشكل (٢ -٢) .



الشكل(٢-٢): جهاز قياس التردد مباشرة عن طريق تغيير ارتفاع الفجوة

في الشكل (٢ -٣) يوضح الجهاز المستخدم في المعمل حيث أن هذا الجهاز يعمل على النمطين TE_{01}و TM_{11}حيث يكون الطول الموجي للقطع في هذين النمطين :

$$TM_{11} = \lambda_c = 1{,}71 \times D \qquad (2.4)$$

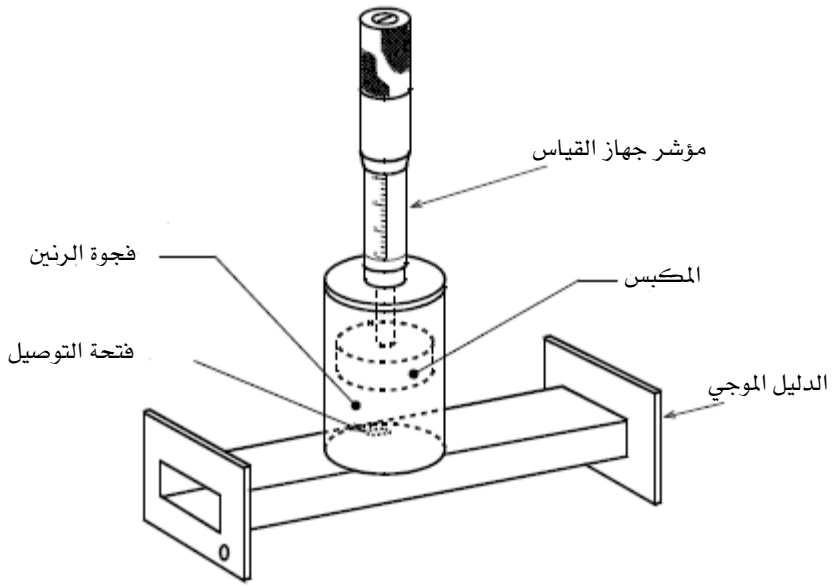
$$TE_{01} = \lambda_c = 1{,}31 \times D \qquad (2.5)$$

حيث D هي قطر التجويف الدائري وفي حالتنا هذه فإن (D=28.3mm) وبعد تطبيق العلاقة التالية :

$$f_c = \frac{C}{\lambda_c} \qquad (2.6)$$

$$TM_{11}: \lambda_c = 48.4mm \Rightarrow f_c = 6.2GHz$$

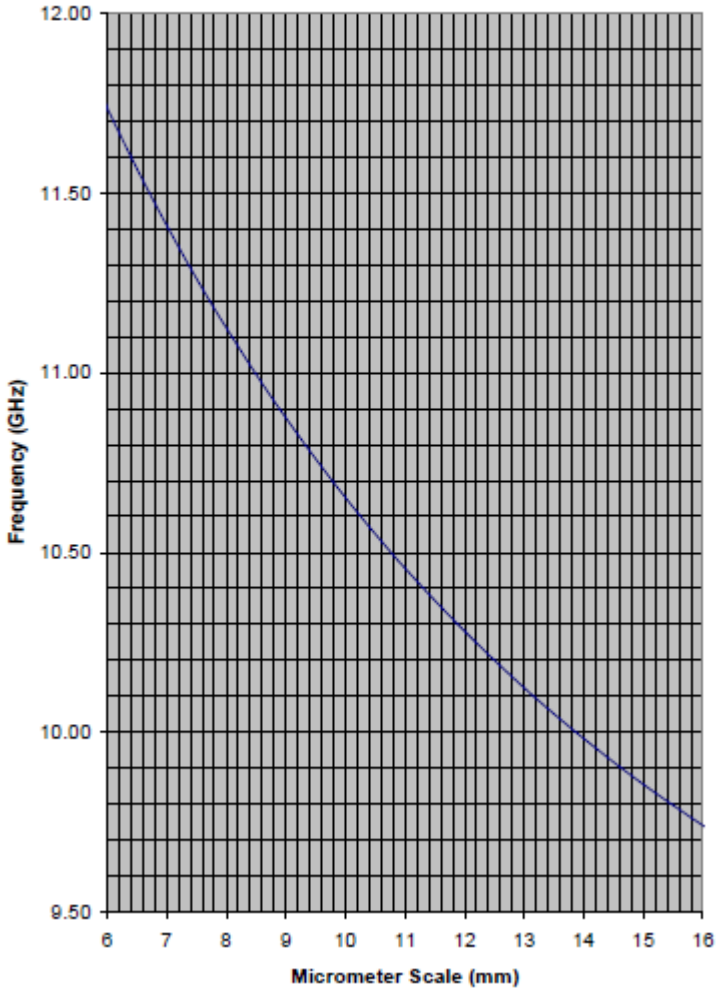
$$TE_{01}: \lambda_c = 37.1mm \Rightarrow f_c = 8.1GHz$$



الشكل(٢-٣): جهاز قياس الفجوة

كما يمكن باستخدام المنحنى الموضح في الشكل (٢ -٤) والذي يمثل درجات جهاز قياس الموجَة مع التردد الحصول على التردد مباشرة .

كمثال عندما يكون جهاز قياس الموجَة عند الطول (11.2mm) بالرجوع الى المنحنى يكون التردد (f =10.4GHz) .



الشكل(٢-٤): الرسم البياني الذي يوضح علاقة التدريج على جهاز القياس بالتردد

٢ -١ التجربة الأولى : قياس تردد المصدر باستخدام جهاز قياس الفجوة

٢ -١ -١ الهدف من التجربة:

قياس تردد المصدر باستخدام جهاز قياس الفجوة و مخطط الرسم البياني.

٢ -١ -٢ الأجهزة و الأدوات المطلوبة :

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	٢
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. جهاز قياس الفجوة	D	١
٥. نهاية طرفية	K	١
٦. الديود الكاشف	M	١
٧. مولد اشارة الميكروويف	P	١
٨. مسبار كاشف للإشارة	S	١
٩. الواح تمثل دائرة قصر	R	١

٢ -١ -٣ اجراءات التجربة :

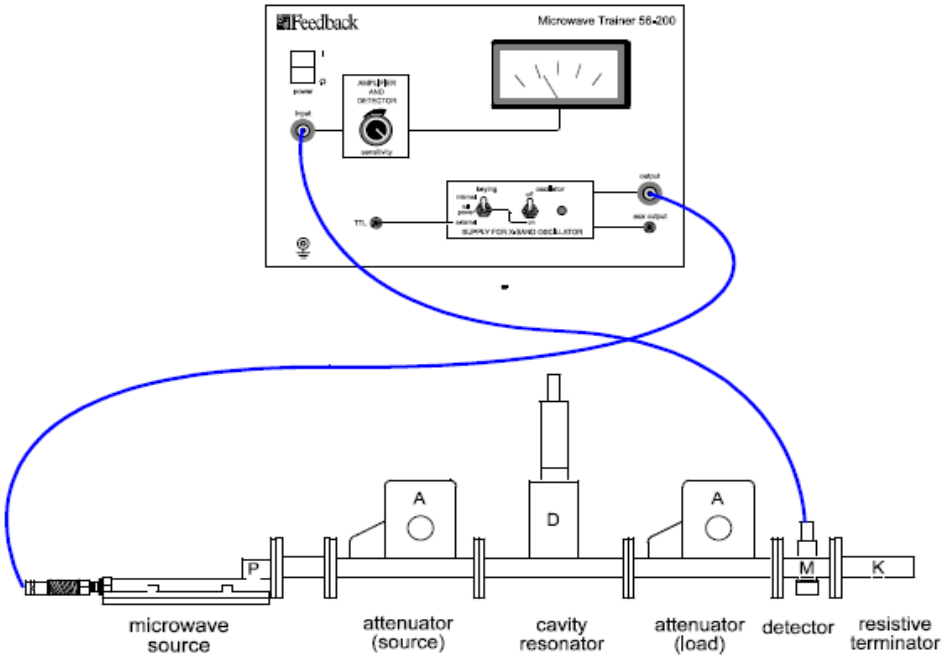
١. ركب الدائرة كما في الشكل (٢ -٥) بحيث تكون اعدادات وحدة التحكم كما يلي:

- وحدة التحكم الرئيسية في وضعية الإطفاء.
- ومؤشر التكبير والحساسية في المنتصف .

٢. قم بضبط خط القياس الشقي على قراءة أعلى من(15mm).

٣. قم بضبط الزاوية في كل من الموهنين الأول والثاني على درجة 20°. حيث سيتم خفض القدرة الخاصة بموجة الميكروويف بمقدار (10dB) لتفادي التحميل الزائد على كاشف الإشارة وعلى جهاز القياس في وحدة التحكم عند التشغيل.

٤. قم بتشغيل وحدة التحكم الرئيسية ومفتاح المذبذب المتواجد إلى اليمين والخاص (X-band).



الشكل(٢-٥): التركيب العملي للتجربة

٥. قم بضبط الموهنين الأول والثاني بحيث تحصل على قراءة (4mA) على مؤشر قياس التيار مع ملاحظة أنه كلما كبرت الزاوية الخاصة بالموهن كلما قلت القدرة الخاصة بموجة الميكروويف.

٦. قم بتغيير المسافة في جهاز قياس الموجَة ببطء باتجاه عقارب الساعة لتقليل مسافة الفجوة حيث أن المقياس العامودي في جهاز قياس الموجَة يقسم إلى درجات حيث أن كل درجة تساوي [0.5mm] أما المقياس الدائري فإنه مقسم من 0 إلى 50 حيث أن كل درجة تساوي [0.01mm]. ثم لاحظ مؤشر قياس التيار ماذا يحدث ؟ سجل ملاحظاتك .

.....

.....

.....

٧. قم بالبحث عن المسافة التي عندها يحدث هبوط مفاجئ في مؤشر القياس والتي عندها يحدث هبوط في قدرة اشارة الميكروويف ثم سجل قيمة تلك المسافة .

- المسافة التي يحدث عندها الهبوط.....

٨. من القيمة التي حصلت عليها في الخطوة [٧] قم بإيجاد التردد على اعتبار أن النمط المستخدم هو TE_{01} من المنحنى الموضح في الشكل (٢ -٤).

.....

.....

.....

.....

.....

ملاحظة :

- بعض القياسات تظهر عندما يكون جهاز قياس الموجَة عند القيمة [5mm] أو أقل هذه القيم هي قيم زائفة ويجب تجاهلها أثناء العمل.

٢ -١ -٤ الاستنتاج :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٢ -٢ التجربة الثانية : قياس الطول الموجي للموجه المرشدَة λ_g

إن الطول الموجي في الفضاء الحر λ_o هو المسافة التي تقطعها الموجَة في الفضاء الحر في الدورة الواحدة.

$$C = \lambda \times f$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{C}{f} \qquad (2.7)$$

حيث أن :

$$C=3*10^8 \text{ m/s}$$

فعندما تنتقل الموجات داخل الدليل الموجي فإنها تنتقل بحسب نمط معين بطول موجي مرشد λ_g ..في الدليل الموجي الدائري أو المستطيل يمكن حساب طول الموجَة المرشدَة بالعلاقة التالية:

$$\frac{1}{\lambda_g^2} = \frac{1}{\lambda_o^2} - \frac{1}{\lambda_c^2}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o \lambda_c}{\sqrt{(\lambda_o^2 - \lambda_c^2)}} \qquad (2.8)$$

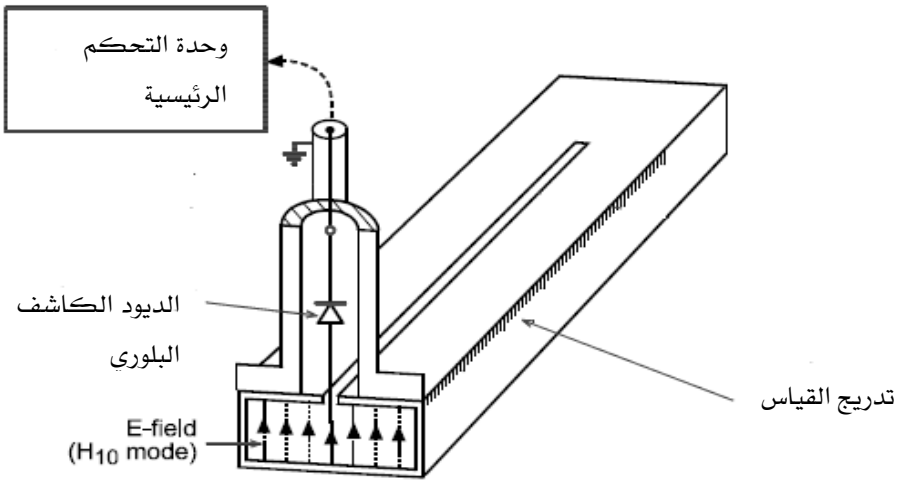
حيث λ_c هي الطول الموجي للقطع .

في حالة الدليل الموجي المستطيل يمكن حساب الطول الموجي للقطع بناءًا على أحد أبعاد الدليل الموجي حيث يمكن حساب λ_c بالعلاقة التالية:

$$\lambda_c = 2a \qquad (2.9)$$

وبالتالي اذا استطعنا معرفة التردد للموجة المرسلة فإنه يمكن حساب الطول الموجي في الفضاء الحر λ_o وبالتالي حساب الطول الموجي للموجه المرشدَة λ_g من العلاقة السابقة.

كما يمكن قياس الطول الموجي للموجة المرشدَة باستخدام الدليل الموجي ذو الشق وكاشف الإشارة، حيث تظهر هذه المكونات في الشكل (٢ -٦) وبإضافة دائرة القصر إلى هذه المكونات يمكن قياس الطول الموجي للموجة المرشدَة بدقة وفعالية .



الشكل(٢-٦): الدليل الموجي ذو الشق وكاشف الاشارة

٢ -٢ -١ الهدف من التجربة:

١. قياس الطول الموجي للموجة المرشدَة .

٢ -٢ -٢ الأجهزة و الأدوات المطلوبة :

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١٠. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
١١. موهن متغير	A	٢
١٢. خط قياس شقي	B	١
١٣. جهاز قياس الفجوة	D	١
١٤. نهاية طرفية	K	١
١٥. الديود الكاشف	M	١
١٦. مولد اشارة الميكروويف	P	١
١٧. مسبار كاشف للإشارة	S	١
١٨. الواح تمثل دائرة قصر	R	١

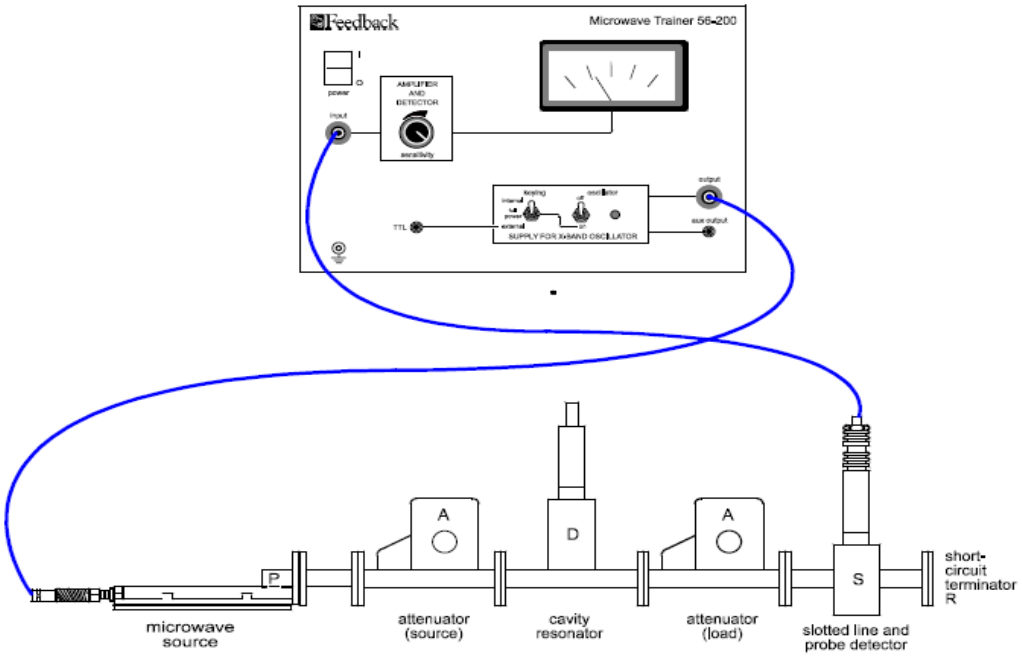
٢ -٢ -٣ اجراءات التجربة :

١. قم بتركيب القطعتين خط القياس الشقي المشار إليه بالحرف[B] مع الديود الكاشف والمشار إليه بالحرف [S] حيث أن تركيب هاتين القطعتين معا في هذه التجربة سيسهل عملية أخذ القياسات الدقيقة على مؤشر قياس التيار في الوحدة الرئيسية.

٢. تأكد من وحدة التحكم الرئيسية في وضع الإطفاء مفتاح مذبذب [X-band]إلى الداخل.

المفتاح المتواجد إلى جهة يدك اليمنى في وضعية الإطفاء.

٣. ركب الدئرة كما في الشكل (٢ -٧)



الشكل(٢-٧) : التركيب العملي للتجربة

٤. قم بإغلاق النهاية بواسطة القطعة المشار إليها بالحرف [R]والتي تمثل دائرة القصر.

٥. قم بتشغيل وحدة التحكم الرئيسية والمذبذب ثم قم بضبط مؤشر الحساسية [الدقة] حتى تحصل على قراءة مبدأية ثم سجل تلك القيمة على مؤشر قياس التيار.

٦. قم بتحريك كاشف الإشارة حتى تحصل على أعلى قيمة ممكنة ثم سجل تلك القيمة.

- قيمة أعلى قراءة:.....

٧. قم بتحريك مؤشر الحساسية مرة أخرى بالإضافة إلى الموهنات حتى تحصل على قراءة لمقياس التيار في الوحدة الرئيسية تقارب الـ 4mA.

٨. بالعودة لكاشف الإشارة إلى نقطة الصفر.قم بتحريك كاشف الإشارة حتى تحصل على ثلاثة مواقع نكون فيها قراءة المؤشر تساوي الصفر.

ثم سجلها :

$$x_1 =$$
$$x_2 =$$
$$x_3 =$$

٩. قم بحساب الطول الموجب للموجة المرشدَة λ_g بحسب العلاقة التالية:

$$\lambda_g = 2[x_2 - x_1] =$$
$$\lambda_g = 2[x_3 - x_1] =$$
$$\lambda_g = [x_3 - x_1] =$$

١٠.الدليل الموجي المستخدم في وحدة التدريب هنا أبعاده هي .

الضلع العريض a=22.86mm

الضلع الضيق b=10.16mm

قم بحساب الطول الموجي للقطع على اعتبار أن النمط المستخدم هو TM_{10} من العلاقة التالية:

$$\lambda_c = 2.a$$

١١.من العلاقة رقم [2.8] قم بحساب الطول الموجي للموجة المرشدَةλ_g اذا كان تردد المصدر [f = 10.7GHz].

.....

.....

.....

.....

١٢. قارن الناتج الحسابي مع القياسات التي حصلت عليها من الخطوتين [٩] و [١١].

.....

.....

٢ -٢ -٤ الاستنتاج :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الوحدة الثالثة

قياس نسبة الموجات المستقرة للجهد

قياس نسبة الموجات المستقرة للجهد

الهدف العام :

القدرة على قياس نسبة الموجات المستقرة للجهد [VSWR].

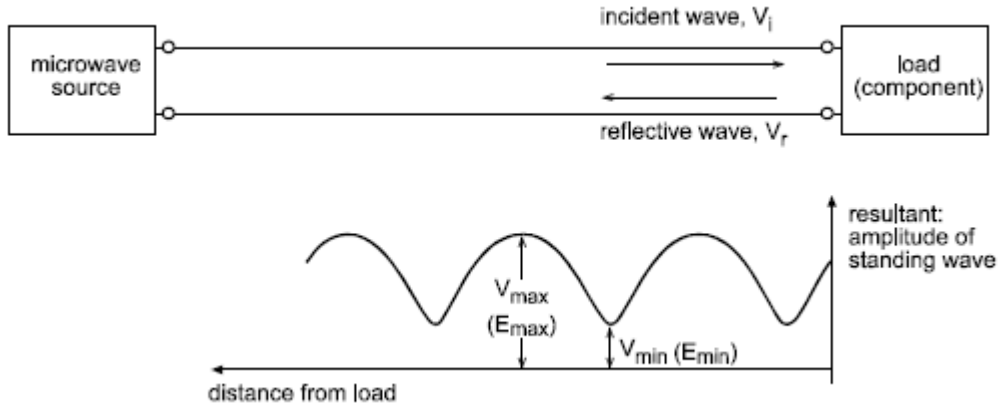
الأهداف التفصيلية :

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادرًا وبكفاءة على أن :

١. يتعرف المتدرب على نسبة الموجات المستقرة للجهد وعلاقتها بمعامل الانكسار .
٢. يتعرف على كيفية قياس نسبة الموجات المستقرة للجهد باستخدام خط قياس شقي وكاشف .
٣. يتعرف على الأساليب المستخدمة في قياس القيم الكبيرة لنسبة الموجات المستقرة للجهد.

مقدمة

عندما يتم توصيل دائرة إلى خط نقل ما فإن الإشارة يحدث لها انعكاس عند تلك الوصلة مما يستدعي عمل مطابقة بين خط النقل والدائرة المستخدمة أو استخدام جهاز ما لأداء تلك الوظيفة. إن الموجَة المنعكسة والناتجة من تلك الدائرة الموصولة والموجَة المرسلة تؤدي إلى حدوث نمط من الموجات المستقرة كما هو موضح في الشكل (٣ -١).



الشكل(٣-١) : نمط الموجات المستقرة

الذي يحدث تلك الموجات المستقرة تحدث تأثير غير مرغوب به والذي يظهر تأثيره على قوة المجال الكهربي داخل الدليل الموجي مما يتسبب بحدوث انهيار في منظومة القدرة العالية. إن الانعكاس الحادث نتيجة لعدم المطابقة بين الدائرة وخط النقل يقلل من قدرة الإشارة المرسلة مما يؤدي إلى تقليل كفاءة الاتصال.

إن نسبة الموجات المستقرة للجهد تحدد مقدار عدم توافق خط النقل مع الدوائر الأخرى ويشار إليها بالحرف [S] ويمكن ايجادها بالعلاقة التالية:

$$S = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{E_{max}}{E_{min}} \qquad (3.1)$$

حيث أن :

V_i: سعة الموجَة المرسلة أو قيمة المجال الكهربي.

V_r: سعة الموجَة المنعكسة.

V_{max}: قيمة الجهد القصوى عند نقطة ما من خط النقل.

V_{min}: أقل قيمة للجهد عند نقطة معينة من خط النقل.

E_{max} : قيمة المجال الكهربي القصوى من خط النقل.

E_{min} : قيمة أقل للجهد الكهربي عند نقطة معينة من خط النقل.

يمكن القول أن هناك علاقة بين معامل الانعكاس [Γ] ونسبة الموجات المستقرة للجهد يمكن ايجادها من العلاقة التالية:

$$\Gamma = {}^{V_r}/_{V_i} \qquad (3.2)$$

ومن العلاقة يمكن أن نستنتج :

$$V_{max} = V_i + V_r = V_i(1 + \Gamma)$$
$$V_{min} = V_i - V_r = V_i(1 - \Gamma)$$

$$S = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \qquad (3.3)$$

$$\Gamma = \frac{S - 1}{S + 1} \qquad (3.4)$$

من الجدول (٣ -١) يمكن أن نستنتج علاقة نسبية الموجات المستقرة للجهد ومعامل الانعكاس والقدرة المنعكسة نتيجة لعدم التطابق أو الموائمة.

جدول (٣ -١) : علاقة العوامل الثلاث بالموائمة

النتيجة	نسبة القدرة المنعكسة (Γ^2) %	معامل الانعكاس(Γ)	VSWR(S)
النظام متطابق (متلائم)	0	0	1.0
تطابق (تلاؤم) جيد	0.22	0.048	1.05
التطابق (التلاؤم) مقبول	4.0	0.2	1.5
تطابق (تلاؤم) ضعيف غير مقبول	11.1	0.33	2.0
تطابق (تلاؤم) مرفوض وغير مقبول	44.4	0.67	5.0

الجدير بالذكر أن كاشف الإشارة يقوم بتكبير إشارة الميكروويف ويقوم بتمثيلها على أنها تيار مستمر يقاس بواسطة جهاز القياس وفي حالتنا هنا عن طريقة مؤشر قياس التيار في وحدة التحكم الرئيسية.

في هذه الوحدة التدريبية قيم التيار التي يتم قياسها صغيرة جدًا مما يسمح لنا باستخدام العلاقة التالية:

$$E_{max}^2 = I_{max}$$

$$E_{min}^2 = I_{min}$$

$$VSWR\ (S) = \frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{E_{max}^2}{E_{min}^2} \qquad (3.5)$$

$$S = \frac{\sqrt{I_{max}}}{\sqrt{I_{min}}} = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}} \qquad (3.6)$$

وهذا فقط في حالة قيم التيار الصغيرة نسبياً.

يمكن قياس نسبة الموجات المستقرة للجهد VSWR بواسطة الموهنات حيث يمكن تحريك المسافة الخاصة بكاشف الإشارة بمقدار قيم صغيرة ثم نقوم بوضع الموهن على زاوية معينة من خلالها نحصل على قيمة تيار صغيرة.

ثم نقوم بتحريك موضع مسافة كاشف الإشارة إلى قيمة عالية أو مرتفعة ثم نضع الموهن على نفس الوضعية في مرحلة القيمة الصغيرة على فرض أن قيمتي الموهن مختلفتين.

فإن مجموع قيم التوهين :

$$A = A_2 - A_1$$

$$A = 10\log(E_{max}^2 / E_{min}^2)$$

$$A = 20\log(E_{max} / E_{min}) = 20\ logS \qquad (3.7)$$

إذاً :

$$S = \frac{anti\ log_{10}(A_1 - A_2)}{20} \qquad (3.8)$$

$$S = 10^{(A_1 - A_2)/20} \qquad (3.9)$$

كما يمكن حساب نسبة الموجات المستقرة للجهد (S) بواسطة العلاقة التالية :

$$S = \sqrt{\frac{K^2 - cos^2(\frac{\pi\ d}{\lambda_g})}{sin(\frac{\pi\ d}{\lambda_g})}} \qquad (3.10)$$

حيث أن :

d : هي المسافة بين نقطتين حول أقل قيمة للسعة.

K : ثابت.

λ_g : الطول الموجي للموجة المرشدَة.

في الحالة المثالية يكون الثابت

$$K^2 = 2$$

$$d = 2\ I_{min}$$

ونتيجة لذلك:

$$S = \sqrt{1 + \frac{1}{sin^2(\frac{K\ d}{\lambda_g})}} \qquad (3.11)$$

٣ -١ التجربة الأولى : نسبة الموجات المستقرة للجهد بوجود الحمل وهوائي البوق

٣ -١ -١ اهداف التجربة:

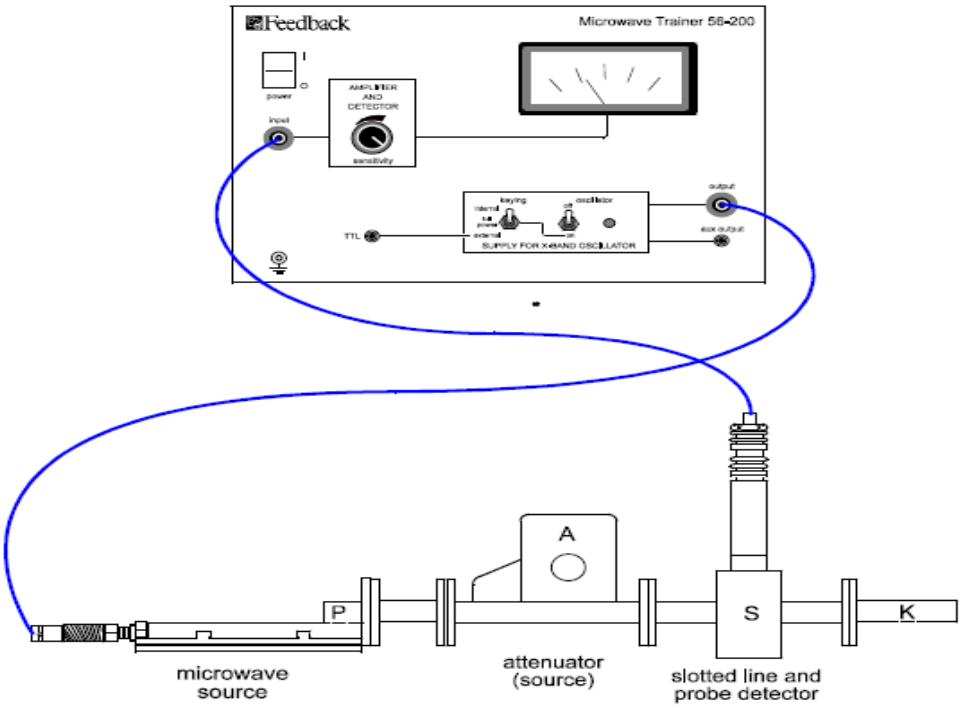
١. التعامل مع مجالات الميكروويف.
٢. التمييز بين أنواع الاستقطاب الخطي للموجات الدقيقة.

٣ -١ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	٢
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. نهاية طرفية(حمل)(load)	K	١
٥. هوائي البوق	N	١
٦. مولد اشارة الميكروويف (X-band)	P	١
٧. مسبار كاشف للإشارة	S	١

٣ -١ -٣ اجراءات التجربة:

١. قم بتركيب التجربة كما في الشكل (٣ -١).



الشكل(٣-٢) : التركيب العملى للتجربة

٢. قم بضبط عمق كاشف القياس ما بين (1mm) إلى (2mm).

٣. قم بضبط مؤشر الحساسية في وحدة التحكم الرئيسية في المنتصف .

٤. قم بضبط الموهن على (25^{o}).

٥. قم بتحريك الكاشف على خط القياس للحصول على أعلى قيمة للتيار [I_{max}] قم بضبط الحساسية والموهن إن تطلب الأمر .

[I_{max}] .....

٦. قم بتحريك الكاشف على خط القياس للحصول على أقل قيمة للتيار [I_{min}] قم بضبط الحساسية والموهن إن تطلب الأمر

[I_{min}] .....

٧. قم بحساب نسبة الموجات المستقرة للجهد VSWR.

$$VSWR(S) = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}} =$$

٨. قم بحساب معامل الانعكاس :

$$\Gamma = \frac{S-1}{S+1} =$$

٩. قم بحساب نسبة القدرة المنعكسة:

$$\Gamma^2 \times 100 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \%$$

١٠.قم بحساب قيمة فقد عودة الإشارة :

$$10log\frac{P_r}{P_i} = 20log\Gamma = (\quad)dB$$

١١.قم بإعادة تركيب التجربة بحيث تستبدل الحمل (Load) بهوائي البوق.

١٢.قم إعادة قياس كل من $[I_{max}]$و$[I_{min}]$.

$I_{max} =$.....

$I_{min} =$.....

١٣.قم بحساب نسبة الموجات المستقرة للجهد VSWR.

$$VSWR(s) = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}} =$$

١٤.قم بتركيب هوائي البوق الآخر ثم أعد الخطوتين [13] و [12] .

$$VSWR(s) = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}} =$$

$I_{max} =$.....

$I_{min} =$.....

٣ -١ -٤ الاستنتاج:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٣ -٢ التجربة الثانية : نسبة الموجات المستقرة للجهد بوجود دائرة القصر

٣ -٢ -١ اهداف التجربة:

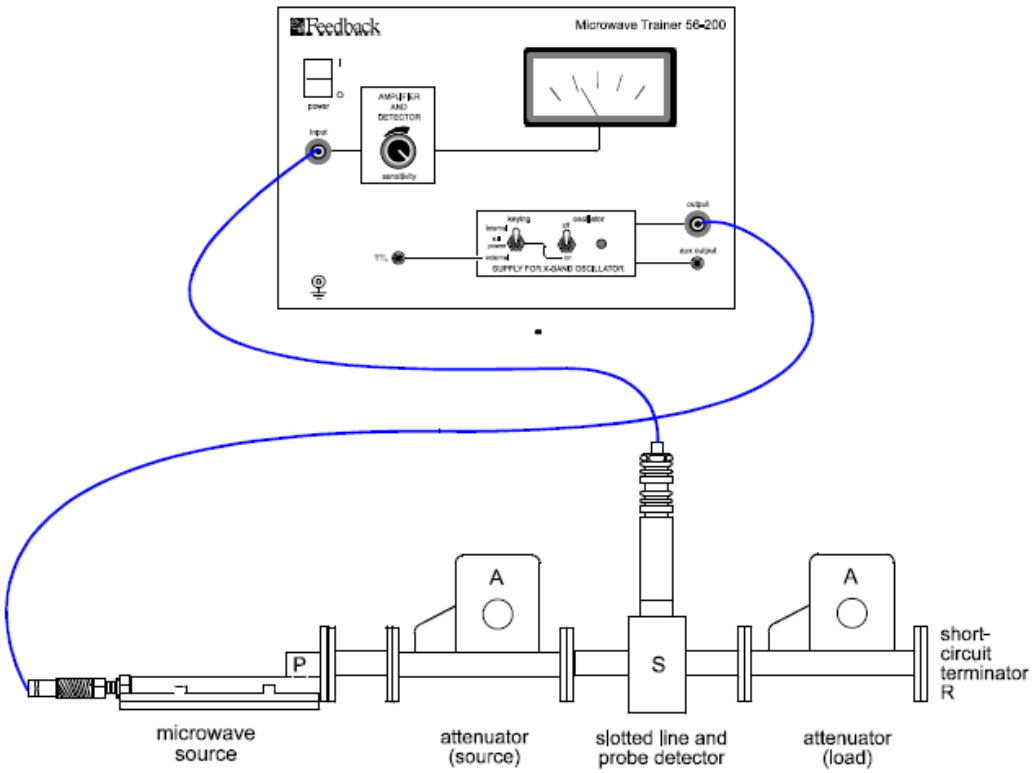
١. قيم نسبة الموجات المستقرة للجهد(VSWR) بوجود دائرة القصر .

٣ -٢ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	٢
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. نهاية طرفية(حمل)(load)	K	١
٥. هوائي البوق	N	١
٦. مولد اشارة الميكروويف (X-band)	P	١
٧. مسبار كاشف للإشارة	S	١

٣ -٢ -٣ اجراءات التجربة:

١. قم بإعادة تركيب التجربة واستبدال الهوائي بدائرة القصر كما في الشكل (٣ -٣) .



الشكل(٣-٣) : التركيب العملى للتجربة

٢. قم بضبط الموهن على (40^{o}).

٣. قم بتحريك كاشف خط القياس حتى تحصل على أقل قيمة ممكنة للتيار ثم سجل قيم التيار.

$$I_{min} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

٤. قم بتحريك كاشف خط القياس مرة أخرى إلى اليمين حتى تحصل على ضعف قيمة التيار في الخطوة (٣) ثم سجل المسافة.

$$2I_{min} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$X_1 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

٥. قم بتحريك كاشف خط القياس مرة أخرى إلى اليسار حتى تحصل على ضعف قيمة التيار في الخطوة (٣) ثم سجل المسافة.

$$2I_{min} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$X_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

٦. قم بحساب الطول الموجي للموجَة المرشدَة λ_g حيث:

$$X_1 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$X_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$d = X_1 - X_2.$$

$$\lambda_g = 2 \times d.$$

٧. قم بحساب نسبة الموجات المستقرة VWSR(S) من العلاقة التالية:

$$\text{VWSR(S)} = 1 + \frac{1}{sin^2 \frac{\pi d}{\lambda_g}} =$$

٣ -٢ -٤ الاستنتاج:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الوحدة الرابعة

الديود الكاشف

الديود الكاشف

الهدف العام :

تحقيق نظرية أن قانون تربيع المجال الكهربائي يساوي قيمة التيار المقاسة .

الأهداف التفصيلية :

عندما تكمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادر وبكفاءة على أن :

١. التعرف على الديود البلوري كاشف حساس لإشارة الميكروويف .
٢. التعرف على قانون مربع المجال الكهربائي.
٣. التعرف على مكونات الدليل الموجي للإضافة.

مقدمة

يستخدم الديود البلوري ككاشف للإشارة على مستوى واضح في تطبيقات الميكروويف. فعندما تكون مستويات القدرة مرتفعة إلى ما تقارب [10µW] فإن الكاشف البلوري تنطبق عليه خصائص قانون التربيع حيث أن الجهد أو تيار الكاشف يكون على علاقة طردية مع مربع المجال الكهربائي مما يعني أن الديود الكاشف يكون على علاقة طردية مع قدرة إشارة الميكروويف .

في حالة مستويات القدرة المرتفعة فإن الديود البلوري الكاشف يتحول من ناتج مربع المجال الكهربائي ليتحول إلى الصيغة الخطية. وفي هذه التجربة التيار المقاس بناءًا على التغير في المجال الكهربائي الناتج من تغير خط القياس الشقي ومنتهيا بدائرة قصر في هذه الحالة يمكن استنتاج قوة المجال الكهربائي من العلاقة التالية:

$$E = 2E_i \sin bl \qquad (4.1)$$

حيث:

Ei: قيمة المجال الكهربائي الخطية .

l : المسافة من دائرة القصر

$$b = \frac{2\pi}{\lambda_g}$$

فإذا افترضنا أن معدل التيار المقاس بالنسبة لقوة المجال الكهربي بالعلاقة التالية:

$$I = K\,E^n \qquad (4.2)$$

حيث وبالتعويض في المعادلة فإن :

$$I = K\,(2Ei\ sinbl)^n \qquad (4.3)$$

ويمكن رؤية العلاقة الخطية من خلال أن يكون المحور الصادي (Y) يعبر عن (log I) والمحور السيني(X) يعبر عن log(sinb l)

٤ -١ التجربة الأولى: الديود الكاشف

٤ -١ -١ اهداف التجربة:

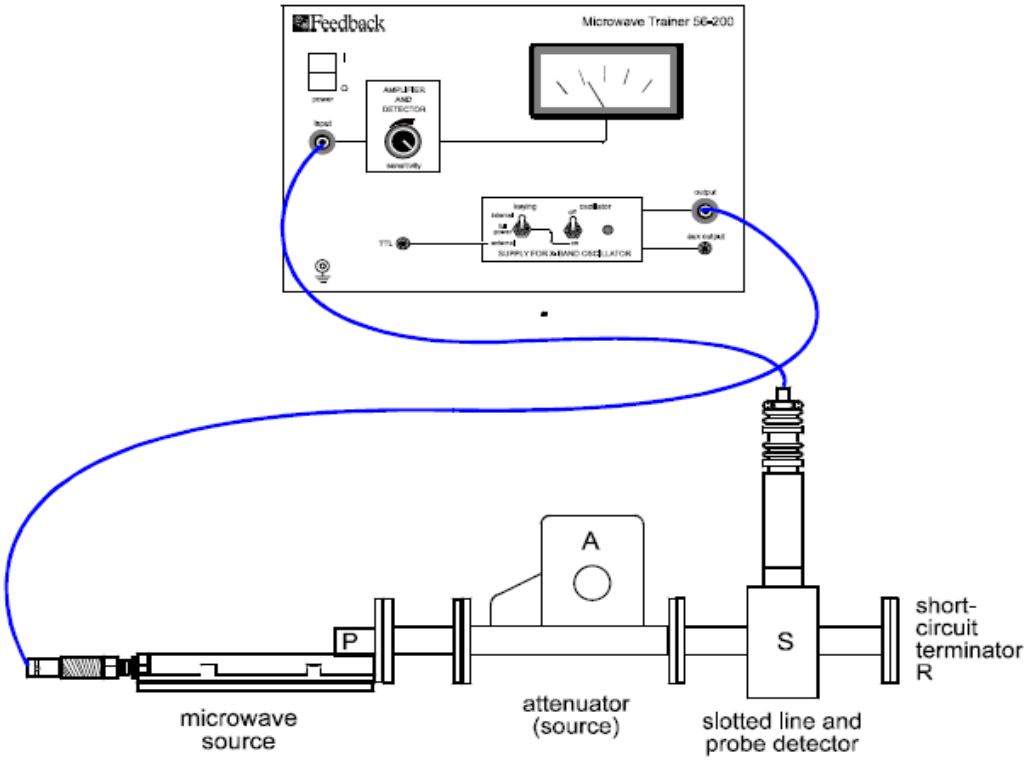
١. تمكين المتدرب من اكتشاف خصائص الديود الكاشف .

٤ -١ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	١
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. مولد اشارة الميكروويف (X-band)	P	١
٥. مسبار كاشف للإشارة	S	١
٦. لوحة دائرة القصر	R	١

٤ -١ -٣ اجراءات التجربة:

١. ركب الدائرة كما في الشكل (٤ -١).



الشكل(٤-١) : التركيب العملى للتجربة

٢. قم بضبط الموهن على الدرجة (0^o) حيث تمثل أعلى قيمة للتوهين .

٣. قم بضبط مؤشر الكاشف على (1mm) أو (2mm).

٤. قم بتشغيل وحدة التحكم الرئيسية بحيث يكون المفتاح المتواجد على اليمين أيضًا في وضعية التشغيل .

٥. قم بتحريك الموهن بشكل بطيء حتى تحصل على قراءة على مؤشر قياس التيار .

٦. قم بتحريك الكاشف حتى تحصل على أعلى قراءة ممكنة على مؤشر قياس التيار.

٧. قم بضبط الموهن ومؤشر حساسية التكبير في الوحدة الرئيسية إذا تطلب الأمر حتى يصل مؤشر التيار إلى أعلى قيمة موجودة على المقياس.

٨. قم بتحريك الكاشف على خط القياس حتى تلاحظ على مؤشر قياس التيار عودته للصفر. في هذه النقطة تكون قيمة المجال الكهربائي أيضًا تساوي صفر حدد هذه النقطة كنقطة البداية.

٩. قم الآن بأخذ عدة قياسات ابتداءًا من نقطة الصفر التي وجدتها بحيث تحرك الكاشف بالاتجاه المعاكس لدائرة القصر ثم سجل القراءات في الجدول (٤ -١) .

الجدول (٤ -١): النتائج في المرحلة الثانية

موقع خط القياس (L)	$(L-L_o)$	I= ( )mA
$L_1=L_o=0$	0	0
L_2		
L_3		
L_4		
L_5		
L_6		
L_7		
L_8		
L_9		
L_{10}		
L_{11}		

١٠. قم بحساب الطول الموجي للموجة المرشدَة و ذلك عن طريق أخذ ثلاثة قيم وجدت فيها أن قيمة التيار تساوي صفر بحيث أن :

$L_a =$ أول نقطة

$L_b =$ ثاني نقطة

$L_c =$ ثالث نقطة

ثم

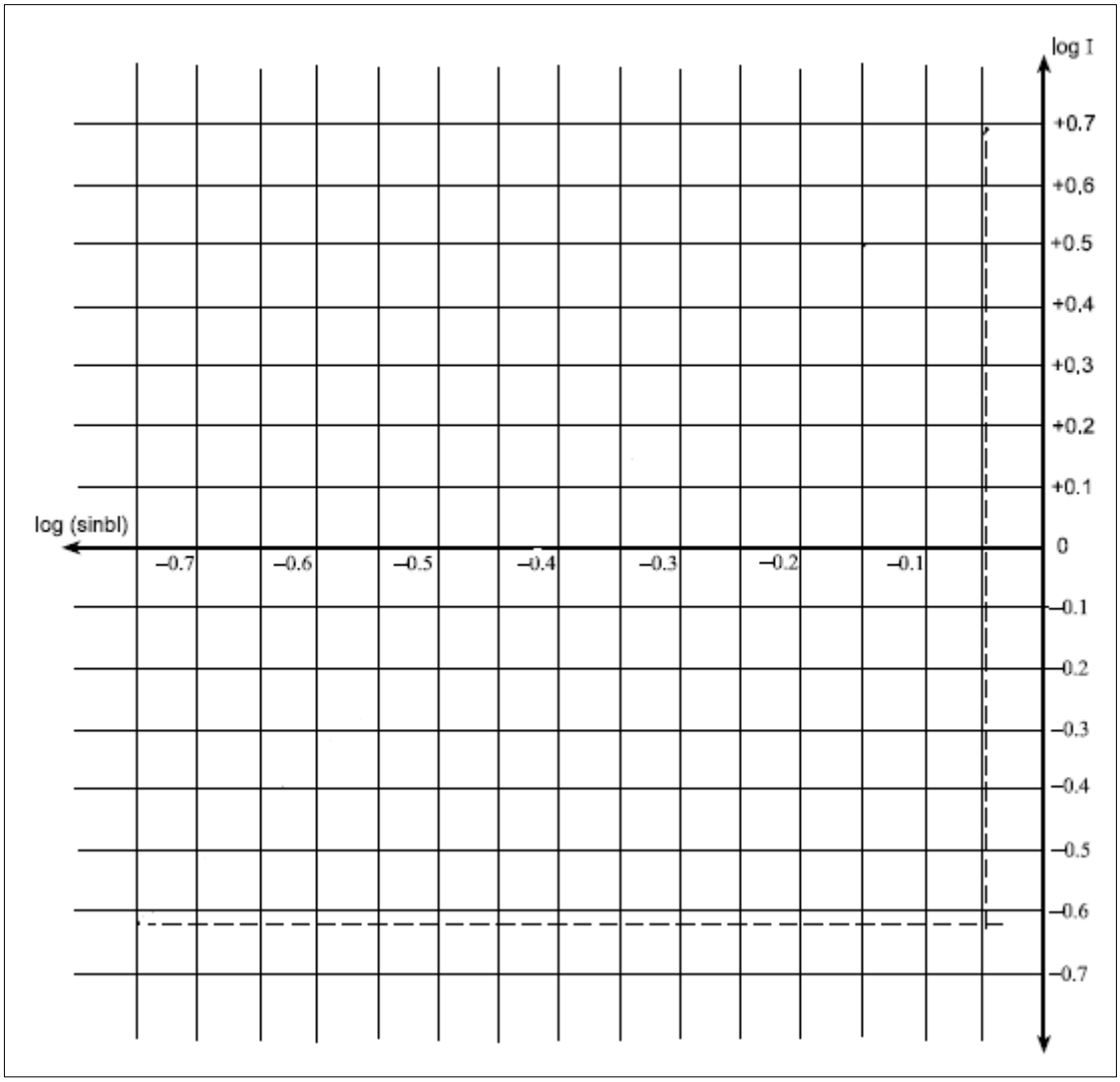
$$\lambda_g = 2(L_b - L_a) =$$
$$\lambda_g = 2(L_c - L_b) =$$
$$\lambda_g = (L_c - L_a) =$$

١١. من القيم التي حصلت عليها في الخطوات(٩) و (١٠) قم بتعبئة الجدول(٤ -٢) التالي:

جدول (٤ -٢):

المسافة L	$bL = \frac{2\pi l}{\lambda_g} = 360\frac{L}{\lambda_g}$	Sin bL	Log(sinbL)	التيار المقاس I( )mA	Log I
0	0	0	----	0	----

١٢. قم بعمل رسم بياني يوضح العلاقة بين logI و log(sinbL) بحيث تحصل على أفضل خط مستقيم.



٤ -١ -٤ الاستنتاج:

.....
.....
.....
.....

الوحدة الخامسة

الممانعة و مواءمة الممانعة

المانعة ومواءمة المانعة

الهدف العام :

قياس ممانعة الدليل الموجي وكيفية عمل الحسابات المناسبة لمواءمة المانعة .

الأهداف التفصيلية :

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادرًا وبكفاءة على أن :

١. التعرف على الشروط الواجب توافرها في الدليل الموجي لموائمة المانعة.
٢. يقوم بقياس المانعة بواسطة قياس نسبة الموجات المستقرة للجهد وكيفية انتشار موجات المجال الكهربائي.
٣. يتعرف على فائدة مخطط سميث في حساب قيمة المانعة.
٤. يتعرف على مدى الحاجة لعملية الموائمة.
٥. يحقق الموائمة في المانعة داخل المعمل.

مقدمة

باستخدام النظريات الخاصة بخطوط النقل يمكن حساب ممانعة الحمل الخاصة بالدليل الموجي عندما يكون نهاية الدليل الموجي نهاية طرفية وحيث أننا لا نستطيع قياس الجهد والتيار داخل الدليل الموجي ، فإننا نستطيع قياس الممانعة الناتجة عن حساب نسبة الموجات المستقرة للمجال الكهربي الحاصل داخل الدليل الموجي بوجود الحِمل (Load) .

من العلاقات الخاصة بخط النقل فإنه يمكن حساب ممانعة الدخل Z_{in} عن طريق معرفة ممانعة خط النقل Z_o بالإضافة إلى ممانعة الحمل Z_T وذلك من العلاقة التالية :

$$Z_{in} = \frac{V}{I} = Z_o \times \frac{Z_T + jZ_o \tan \beta L}{Z_o + jZ_T \tan \beta L} \qquad (5.1)$$

حيث :

L= طول خط النقل .

$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_g}$ ثابت فرق الطول لخط النقل.

λ_g= الطول الموجي للموجة المرشدَة.

وحيث أنه لا نستطيع أن نحدد قيمة الممانعة الخاصة بالدليل الموجي ،ولتجنب صعوبة الدخول في حساب مستويات الممانعة فإننا يمكن أن نعتبر أن ممانعة خط النقل Z_o هي ما سيتم المقارنة به و حساب الموائمة نسبة إليها حيث تصبح العلاقة :

$$z_{in} = \frac{Z_{in}}{Z_o}$$

$$= \frac{z_T + j \tan \beta l}{1 + j z_T tan \beta l} \qquad (5.2)$$

حيث قيمة مواءمة ممانعة الحمل:

$$z_T = \frac{Z_T}{Z_o}$$

ويمكن حساب معامل الانعكاس بوجود الحمل:

$$\Gamma = \frac{Z_T - Z_o}{Z_T + Z_o}$$

$$\Gamma = \frac{z_T - 1}{z_T + 1} \qquad (5.3)$$

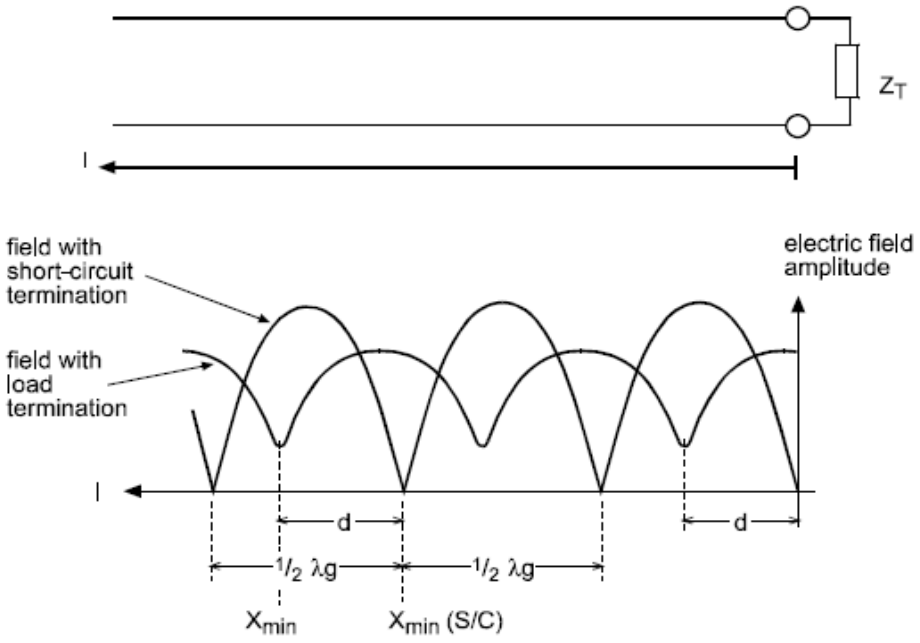
ولابد من الأخذ بعين الإعتبار عند العمل على حساب الممانعة لا بد أن تقوم بحساب السماحية وذلك في حالة توصيل عناصر الدائرة على التوازي حيث يمكن حساب السماحية بناءًا على معادلات الممانعة الثلاث السابقة كما يلي :

من المعادلة الأولى (5.4)
$$Y_{in} = \frac{I}{V} = Y_o \frac{Y_T + jY_o \, tan\beta l}{Y_o + jY_T \, tan\beta l}$$

من المعادلة الثانية (5.5)
$$y_{in} = \frac{y_T + j \, tan\beta l}{1 + jy_T \, tan\beta l}$$

من المعادلة الثالثة (5.6)
$$\Gamma = \frac{y_o - y_T}{y_o + y_T} = \frac{1 - y_T}{1 + y_T}$$

ومن الشكل (٥ -١) نلاحظ أن قيمة المجال الكهربي العظمى E_{max} وقيمة المجال الكهربي الصغرى E_{min} لا تتطابقان في حالة وجود حمل في نهاية الدليل الموجي او وجود دائرة قصر مما قد يكون دليلًا على عدم وجود الموائمة المناسبة للمانعة في الحالتين.



الشكل(٥-١) : قيم المجال الكهربائي العظمى والصغرى

ونتيجة لذلك فإن بواسطة قياس نسبة الموجات المستقرة للجهد VSWR(S) وإيجاد موقع أول قيمة صغرى في طول الدليل الموجي ولتكن (d) يمكن حساب ممانعة الحمل Z_T باستخدام العلاقة التالية:

$$z_{in} = \frac{1}{S} = \frac{z_T + j\ tan\beta d}{1 + jz_T\ tan\beta d} \qquad (5.7)$$

حيث:

$$S = \frac{E_{max}}{E_{min}}$$

d = المسافة من جهة الحمل حتى موقع أول قيمة صغرى للمجال الكهربي .

من هنا يمكن حساب ممانعة الحمل بدلالة نسبة الموجات المستقرة للجهد S.

$$Z_T = \frac{1 - jS\ tan\beta d}{S - j\ tan\beta d} \qquad (5.8)$$

وبتمثيل Z_T بجزأيها الحقيقي و التخيلي:

الحقيقي $$r_T = \frac{S\ (1 + tan^2\ \beta d)}{S^2\ + tan^2\ \beta d} \qquad (5.9)$$

التخيلي $$x_T = \frac{(1 - S^2\ )tan\ \beta d}{S^{12}\ + tan^2\ \beta d} \qquad (5.10)$$

وعند التطبيق العملي يمكن حساب نسبة الموجات المستقرة للجهد (S)بواسطة قيم التيار المقاسة العظمى والصغرى من العلاقة التالية:

$$S = \frac{E_{max}}{E_{min}} = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}} \qquad (5.11)$$

لإيجاد المسافة (d)على الدليل الموجي بفضل أخذ القياسات الصغرى عند وجود حمل وعند وجود دائرة حسب العلاقة التالية :

$$d = X_{min}(load) - X_{min}(short) \qquad (5.12)$$

٥ -١ التجربة الأولى : ممانعة الدخل ومعامل الانعكاس بوجود النهاية الطرفية(حمل) أو (دائرة قصر).

٥ -١ -١ اهداف التجربة:

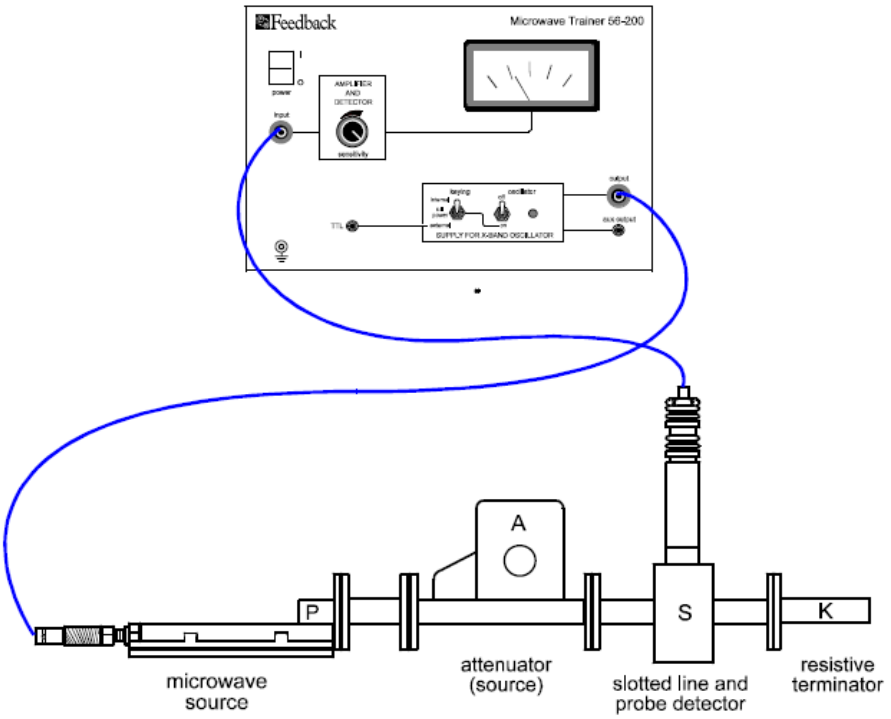
١. قياس وحساب المانعة للدليل الموجي .
٢. قياس وحساب السماحية للدليل الموجي.

٥ -١ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	١
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. موالف خط قياس شقي	C	١
٥. نهاية طرفية ذات حمل (load)	K	١
٦. مولد اشارة الميكروويف (X-band)	P	١
٧. مسبار كاشف للإشارة	S	١
٨. لوحة دائرة القصر	R	١

٥ -١ -٣ خطوات التجربة:

١. ركب الدائرة كما في الشكل (٢ -٤ -٥).



الشكل(٥-٢) : التركيب العملى للتجربة

٢. قم بضبط الموهن على (20^{O}) للحصول على كمية مناسبة من القدرة في الدليل الموجي.

٣. قم بتشغيل وحدة التحكم الرئيسية وفتاح [X-band].

٤. قم بتحريك الكاشف على خط القياس للحصول على أعلى قيمة للمجال الكهربائي والمتمثلة في الحصول على قراءة لمؤشر التيار تساوي (3-4 mA) قم بضبط مؤشر الحساسية في وحدة التحكم الرئيسية إذا تطلب الأمر أو تغيير قيمة الموهن .

٥. بعد ضبط الإعدادات السابقة قم بتحريك الكاشف إلى منطقة قريبة من الحمل قدر الإمكان ثم قم بتحريك الكاشف على خط القياس مبتعدًا عن الحمل .

٦. قم بتسجيل القيم الصغرى والعظمى للتيار المقاس بناءًا على موقع كاشف الإشارة ثم قم بتعبئة الجدول(٥ -١) .

الجدول(٥ -١):

بوجود دائرة القصر	نهاية طرفية بوجود حمل(Load)	
موقع E_{max}&E_{min}	قيمة التيار	موقع E_{max}&E_{min}
$X_{1s/c\ min}$=	I_{1min}=	X_{1min}=
	I_{2max}=	X_{2max}=
$X_{3s/c\ min}$=	I_{3min}=	X_{3min}=
	I_{4max}=	X_{4max}=
$X_{5s/c\ min}$=	I_{5min}=	X_{5min}=

٧. قم بإطفاء وحدة التحكم الرئيسية ثم قم باستبدال الحمل بدائرة القصر المشار إليها بالحرف [R] .

٨. قم بتشغيل وحدة التحكم الرئيسي بحيث تبقى الإعدادات السابقة كما هي .

٩. قم بوضع الكاشف قريبًا من دائرة القصر ثم قم بتحريك الكاشف للحصول على قيم صغرى وقيم عظمى للتيار ثم قم بتعبئة الجدول(٥ -١).

١٠. من القيم التي أوجدتها قم بحساب نسبة الموجات المستقرة للجهد VSWR(S) للحمل ثم قم بحساب الطول الموجي للموجة المرشدَة λ_g ثم قم بحساب المسافة [d] والتي ظهر عندها أول قيمة صغرى للمجال الكهربي بوجود الحمل .

$$S = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}} =$$

$$\lambda_g = 2(X_{3(s/c)} - X_{1(s/c)}) =$$

$$\lambda_g = 2(X_{5(s/c)} - X_{1(s/c)}) =$$

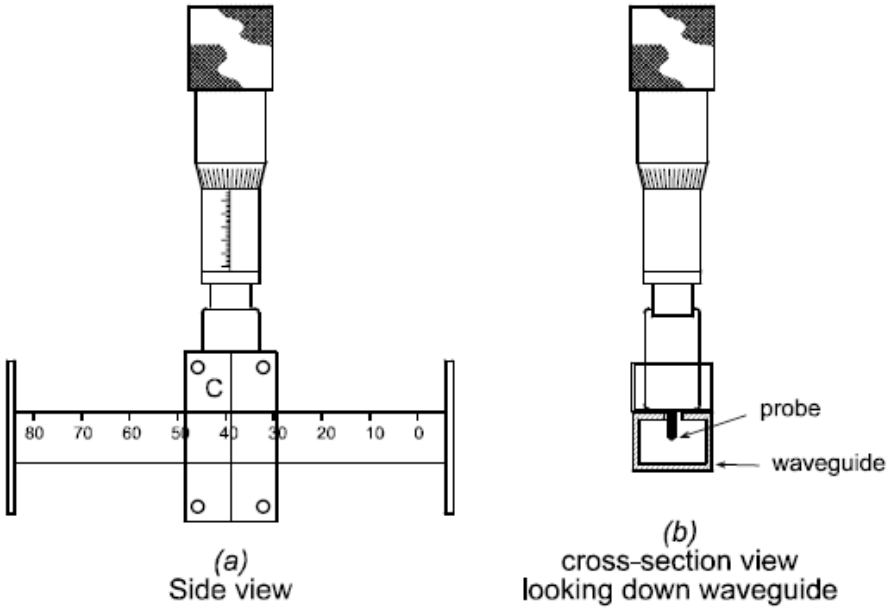
١١. قم بحساب الممانعة للحمل $z_T = r_T + j\, x_T$ حيث r_T هي الجزء الحقيقي و x_T هي الجزء التخيلي من المعادلتين [5.9] و [5.10].

٥ -١ -٤ الاستنتاج:

.....
.....
.....
.....

٥ -٢ التجربة الثانية : موائمة الحمل باستخدام رد فعل الاصطدام.

إن خط القياس الشقي الكاشف والذي يرمز له بالحرف [C] والموضح في الشكل (٥ -٣) يستخدم كأداة ربط فعالة في حالات الموائمة بين خطي نقل وإيصال أكبر قدر من القدرة إلى الحمل.



الشكل(٥-٣) : خط القياس الشقى (الموالف)

باستخدام هذا الجهاز يتم البحث عن النقطة التي يكون فيها الجزء الحقيقي للسماحية يساوي واحد.

$$y_{in} = 1 \pm jb$$

عند هذه النقطة عندما يتم الربط بين خطي النقل فإن الجزء التخيلي في خط النقل الأول يكون معاكسًا في الإشارة في خط النقل الثاني مما يؤدي إلى عملية حذفه ويبقى لدينا الجزء الحقيقي حيث y=1 .

٥ -٢ -١ اهداف التجربة:

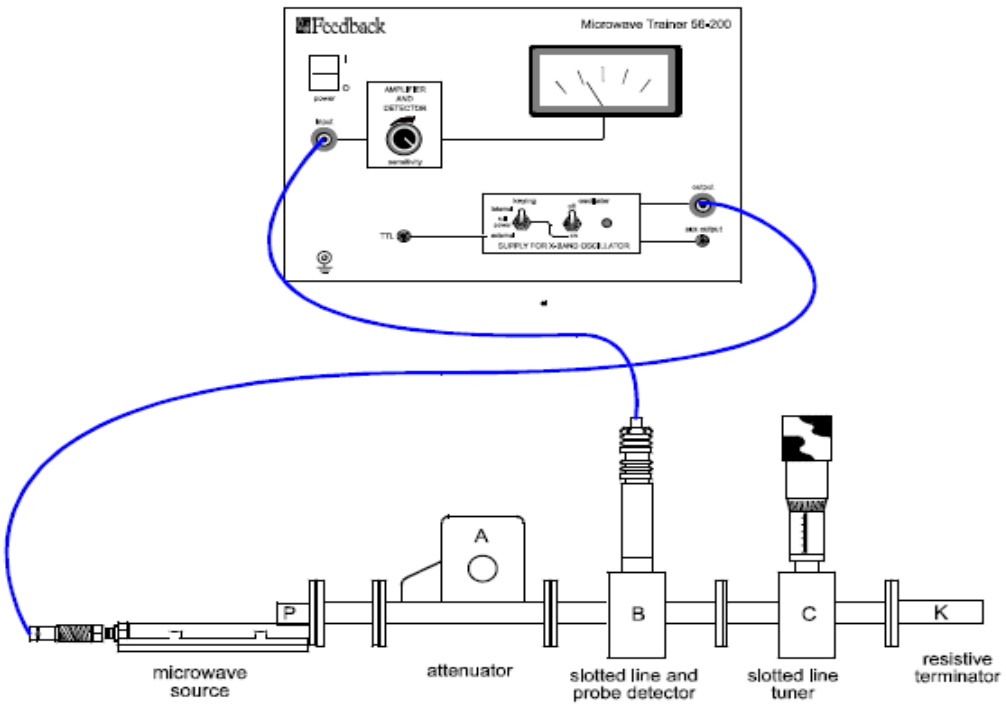
١. إتقان التعامل مع الموالف وقياساته.
٢. اكتساب خبرة في اختيار الممانعة المناسبة والسماحية لخط النقل.

٥ -٢ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	١
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. موالف خط قياس شقي	C	١
٥. نهاية طرفية ذات حمل (load)	K	١
٦. مولد اشارة الميكروويف (X-band)	P	١
٧. مسبار كاشف للإشارة	S	١
٨. لوحة دائرة القصر	**R**	١

٥ -٢ -٣ خطوات التجربة:

١. ركب الدائرة كما في الشكل (٥ -٤).



الشكل(٥-٤) : التركيب العملى للتجربة

٢. للحصول على أفضل موقع للمؤشر المشار إليه بالحرف [C] [الموالف] قم بتطبيق المعادلة التالية حيث المسافة تكون من جهة الحمل [Load].

$$L = d + I_m + \frac{1}{2}n\lambda_g \qquad (5.13)$$

حيث:

d= المسافة عند أول قراءة صغرى للتيار من جهة الحمل(load).

- من الحسابات والقياسات في التجربة السباقة قم بإيجاد I_m.

$$I_m = \frac{\lambda_g}{2\pi} tan^{-1}(\frac{1}{\sqrt{S}})$$

S= نسبة الموجات المستقرة للجهد بوجود الحمل.

n =0,1,2,3…….

.....
.....
.....
.....

ملاحظات:

- تدريج القياس الموافق [tuner] يبدأ من الصفر حيث أن الصفر يمثل [10mm] وهذا يقتضي الأخذ بعين الإعتبار القياسات بحيث [2-10mm].
- يفضل وضع [n=1] للحصول على أفضل قيمة للموائمة.

$$L = d + I_m + \frac{1}{2}\lambda_g$$

٥ -٢ -٤ الاستنتاج:

. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

الوحدة السادسة

ظاهرة دوبلر

ظاهرة دوبلر

الهدف العام :

القدرة على التعرف على آثار ظاهرة دوبلر على الإشارة المرسلة والمستقبلة.

الأهداف التفصيلية :

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادرًا وبكفاءة على أن :

١. يتحقق من وجود ظاهرة دوبلر.
٢. يتعرف على آثار ظاهرة دوبلر على الإشارة المرسلة.
٣. يتمكن من قياس سرعة الوسائل المتنقلة باستعمال الميكروويف.

مقدمة

ظاهرة أو رادار دوبلر يستخدم بصورة رئيسية للقياسات الدقيقة للسرعة ،ويعمل على مبدأ تأثير دوبلر، وهو تغيير على تردد الموجَة تسببه الحركة، يرسل رادار دوبلر موجة مستمرَة بتردد ثابت ، ويستخدم الهوائي نفسه في كل من الإرسال والاستقبال ،وعندما تصطدم الموجَة المرسلة بهدف مقترب من الرادار، تنعكس الموجات عند تردد أعلى من التردد المرسل ، وعندما يكون الهدف مبتعدًا عن مجموعة الرادار ،فإن الموجَة المرتدة تصبح ذات تردد أقل ،وكلما كان الهدف أسرع في أيَ من الاتجاهين كان الفرق أكبر بين تردد الموجَة المرسلة وتردد الموجَة المنعكسة وبقياس الفرق في التردُّد يحدد رادار دوبلر سرعة الهدف المراقب وباستخدام المعادلة (6.1) إذا كانت سرعة التنقل V_R فإن إزاحة التردد تعطى حسب القانون التالي:

$$\Delta f_D = V_R/(\lambda/2) \qquad (6.1)$$

λ هي طول موجة الإشارة المرسلة

٦ -١ التجربة الأولى : قياس سرعة مروحة .

٦ -١ -١ اهداف التجربة:

١. التمكن من فهم واقع رادار دوبلر.
٢. قياس سرعة المروحة الخاصة بوحدة دوبلر .

٦ -١ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	العدد
١. رادار دوبلر	١
٢. حاسب الي يحتوي على البرنامج الخاص بالوحدة	١
٣. مصدر تغذية .	١
٤. مروحة .	١

٦ -١ -٣ خطوات التجربة:

١. لضبط وحدة رادار دوبلر قم بتوصيل مصدر التغذية الى رادار دوبلر في الوحدة حيث سيضيئ دايود باعث للضوء في الوحدة من الخلف في حالة توصيل الوحدة الى مصدر التغذية .
٢. قم بتوصيل خرج الرادار الى مدخل الميكروفون (mic in) في جهاز الحاسب الآلي .
٣. قم بتفعيل البرنامج الخاص بوحدة رادار دوبلر .
٤. من القائمة الخاصة بالبرنامج قم بالضغط على ايقونة الاعدادات (sittings) ثم قم باختيار اعدادات الصوت (audio sitting) ثم النقر على حجم الصوت (volume sitting) ثم خيارات (options) فخصائص (properties) ثم تسجيل (recording) ثم اختيار الميكروفون (microphone select) فخيارات تحكم متقدمة (advanced control) .
٥. قم بإلغاء تحديد مقويات (معززات) الميكروفون (microphone boost) للحصول على أفضل القياسات .
٦. قم بضبط التسجيل عن طريق الميكروفون على أفضل وضعية مع الغاء خيارات التسجيل الأخرى .

٧. من إعدادات الصوت الموجودة في قائمة البرنامج قم بإلغاء خيارات أصوات التحذير .

٨. قم بوضع الهدف الوهمي أمام وحدة الرادار على بعد مترٍ واحد (1M) ثم قم بضبط مؤشر التردد الموجود خلف وحدة الهدف الوهمي حتى تحصل موجة جيبية على شاشة البرنامج كما هو موضح في الشكل (٦ -٣) .

الشكل (٦-٣): تركيب العملي لضبط الإعدادات

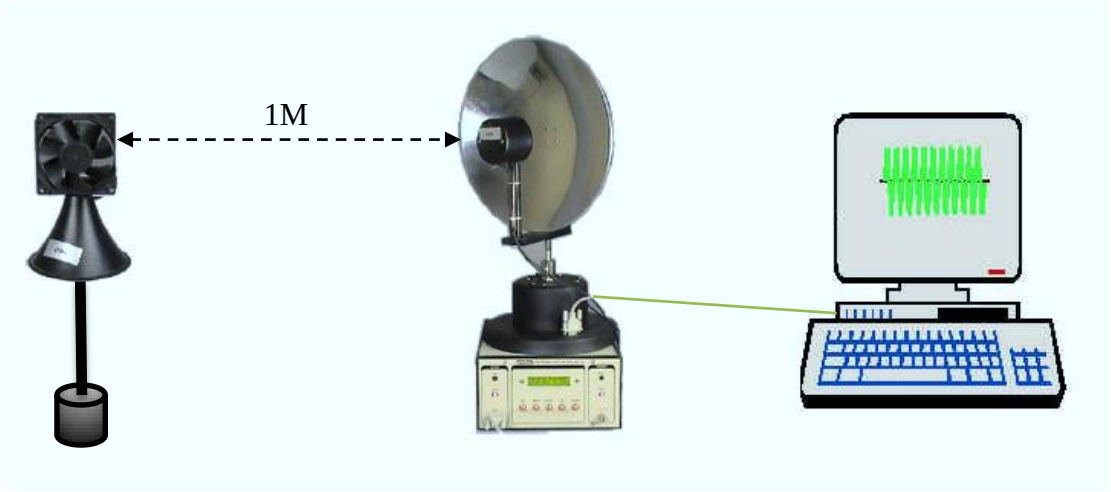
٩. الآن قم بتحريك رأس الرادار الموضوع على الهوائي الى الأمام والخلف حتى تحصل على أفضل موجة جيبية وتكون حساسية الرادار عالية .

ملاحظة :

أثناء ضبط الإعدادات حاول تجنب المؤثرات الخارجية مثل الحركة المستمرة و أجهزة الجوال أجهزة التكييف والإضاءة للحصول على أفضل النتائج .

١٠.بعد ضبط الإعدادات الخاصة بوحدة رادار دوبلر.

١١.قم بتوصيل التجربة كما هو موضح في الشكل (٦ -٤) .



الشكل (٦-٤): تركيب التجربة العملي

١٢.قم بتوصيل مصدر التغذية الى رادار دوبلر في الوحدة حيث سيضيئ دايود باعث للضوء في الوحدة من الخلف في حالة توصيل الوحدة الى مصدر التغذية .

١٣.قم بتوصيل خرج الرادار الى مدخل الميكروفون (mic in) في جهاز الحاسب الآلي .

١٤.قم بتفعيل البرنامج الخاص بوحدة رادار دوبلر .

١٥.قم بوضع المروحة على بعد متر واحد (1M) عن مقدمة الرادار .

١٦.في البرنامج قم بالضغط على ايقونة التحكم في حجم الصوت (volume control setting) ثم قم باختيار (microphone input) لتفعيل خرج السماعات .

١٧.عن طريق البرنامج قم بقياس عدد الدورات في الدقيقة الواحدة (rpm) والتي تظهر في وحدة التحكم الخاصة بالبرنامج الملحق بوحدة رادار دوبلر .

$$rpm =$$

١٨.قم بإيقاف المروحة ثم قم بإحصاء عدد الشفرات الخاصة بتلك المروحة .

١٩.قم بقسمة عدد الدورات في الدقيقة التي قمت بتسجيلها على عدد الشفرات لحساب السرعة الفعلية للمروحة.

$$\text{rpm/number of blades} =$$

٢٠.قم بوضع المروحة على بعد (0.75M) من مقدمة الرادار .

٢١.قم بإعادة خطوات التجربة .

٢٢.ماذا تلاحظ على السرعة والتردد عند نقصان المسافة .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٦ -٢ -٤ الاستنتاج:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٦ -٢ التجربة الثانية : الزمن الدوري للبندول .

٦ -٢ -١ اهداف التجربة:

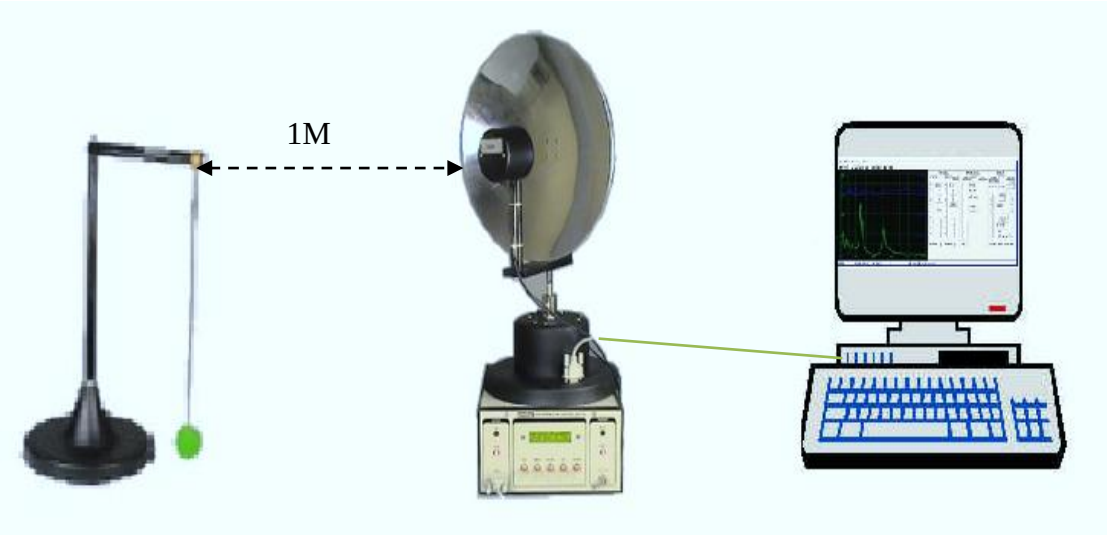
١. حساب وقياس الزمن الدوري للبندول عند أطوال ووضعيات مختلفة.

٦ -٢ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	العدد
١. رادار دوبلر	١
٢. حاسب الي يحتوي على البرنامج الخاص بالوحدة	١
٣. مصدر تغذية .	١
٤. بندول.	١

٦ -٢ -٣ خطوات التجربة:

١. لضبط وحدة رادار دوبلر قم بنفس الخطوات التي قمت بها في التجربة الثانية من هذه الوحدة .
٢. بعد ضبط الإعدادات الخاصة بوحدة رادار دوبلر.
٣. قم بتوصيل التجربة كما هو موضح في الشكل (٦ -٥) .



الشكل (٦-٥): تركيب تجربة البندول

٤. قم بتوصيل مصدر التغذية الى رادار دوبلر في الوحدة حيث سيضيئ دايود باعث للضوء في الوحدة من الخلف في حالة توصيل الوحدة الى مصدر التغذية .
٥. قم بتوصيل خرج الرادار الى مدخل الميكروفون (mic in) في جهاز الحاسب الآلي .
٦. قم بتفعيل البرنامج الخاص بوحدة رادار دوبلر .
٧. قم بوضع البندول على بعد متر واحد (1M) عن مقدمة الرادار .
٨. في البرنامج قم بالضغط على ايقونة الزمن الدوري ثم قم بتسجيل القياسات الظاهرة لديك عندما تكون حركة البندول عامودية على الرادار بحيث يكون بعد رأس البندول عن الرادار حسب الجدول (٦ -٢) .
٩. قارن القياسات العملية بالحسابات عن طريق القانون التالي الخاص بحساب الزمن الدوري

$$T = 2\pi\sqrt{L/g} \qquad (6.2)$$

حيث :

L : طول البندول .

g : ثابت $9.8m/s^{2}$

الجدول (٦ -٢):نتائج قياس الزمن الدوري للبندول العامودي

الزمن الدوري بالحساب	الزمن الدوري بالقياس	بعد رأس البندول عن الرادار
		20cm
		30cm
		40cm
		50cm

١٠.قم بجعل حركة البندول موازية للرادار بحيث تكون المسافة بين البندول والرادار حسب الجدول (٦ -٣).

الجدول (٦ -٣): نتائج قياس الزمن الدوري للبندول الموازي

الزمن الدوري بالحساب	الزمن الدوري بالقياس	بعد البندول عن الرادار
		20cm
		30cm
		40cm
		50cm

١١.من الجدولين السابق ماذا تلاحظ.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٦ -٣ -٤ الاستنتاج:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

٦ -٣ التجربة الثالثة : نفاذية وامتصاص اشارة الرادار.

٦ -٣ -١ اهداف التجربة:

١. دراسة اشارة الرادار المنعكسة عن المواد المختلفة .
٢. دراسة امتصاص اشارة الرادار من الأهداف المتحركة المكونة من مواد مختلفة .

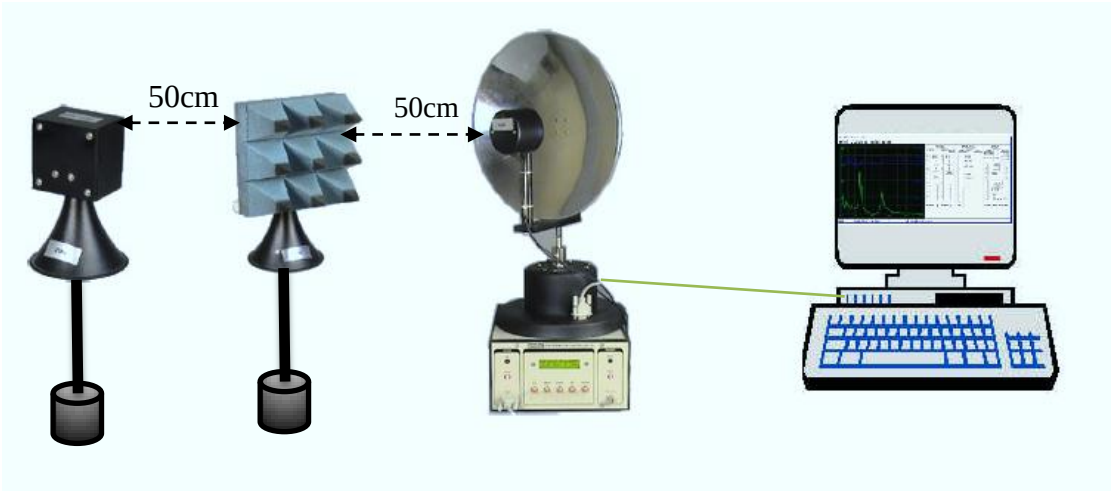
٦ -٣ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	العدد
١. رادار دوبلر	١
٢. حاسب الي يحتوي على البرنامج الخاص بالوحدة	١
٣. مصدر تغذية .	١
٤. وحدة الهدف الوهمي .	١
٥. عامود من مادة الإكريلك	١
٦. ورقة بوليستر ممعدنة	١
٧. حاجز من مادة البوليثيلين	١

٦ -٣ -٣ خطوات التجربة:

١. لضبط وحدة رادار دوبلر قم بتوصيل مصدر التغذية الى رادار دوبلر في الوحدة حيث سيضيئ دايود باعث للضوء في الوحدة من الخلف في حالة توصيل الوحدة الى مصدر التغذية .
٢. قم بتوصيل خرج الرادار الى مدخل الميكروفون (mic in) في جهاز الحاسب الآلي .
٣. قم بتفعيل البرنامج الخاص بوحدة رادار دوبلر .
٤. من القائمة الخاصة بالبرنامج قم بالضغط على ايقونة الاعدادات (sittings) ثم قم باختيار اعدادات الصوت (audio sitting) ثم النقر على حجم الصوت (volume sitting) ثم خيارات (options) فخصائص (properties) ثم تسجيل (recording) ثم اختيار الميكروفون (microphone select) فخيارات تحكم متقدمة (advanced control) .
٥. قم بإلغاء تحديد مقويات (معززات) الميكروفون (microphone boost) للحصول على أفضل القياسات .

٦. قم بضبط التسجيل عن طريق الميكروفون على أفضل وضعية مع الغاء خيارات التسجيل الأخرى .
٧. من إعدادات الصوت الموجودة في قائمة البرنامج قم بإلغاء خيارات أصوات التحذير .
٨. قم بوضع الهدف الوهمي أمام وحدة الرادار على بعد مترٍ واحد (1M) ثم قم بضبط مؤشر التردد الموجود خلف وحدة الهدف الوهمي حتى تحصل موجة جيبية على شاشة البرنامج .
٩. الآن قم بتحريك رأس الرادار الموضوع على الهوائي الى الأمام والخلف حتى تحصل على أفضل موجة جيبية وتكون حساسية الرادار عالية .
١٠. بعد ضبط الإعدادات الخاصة بوحدة رادار دوبلر.
١١. قم بتوصيل التجربة كما هو موضح في الشكل (٦ -٣) .



الشكل (٦-٦): مثال على تركيب التجربة العملي

١٢. قم بتوصيل مصدر التغذية الى رادار دوبلر في الوحدة حيث سيضيئ دايود باعث للضوء في الوحدة من الخلف في حالة توصيل الوحدة الى مصدر التغذية .
١٣. قم بتوصيل خرج الرادار الى مدخل الميكروفون (mic in) في جهاز الحاسب الآلي .
١٤. قم بتفعيل البرنامج الخاص بوحدة رادار دوبلر .
١٥. قم بفتح ايقونة شاشة راسم الاشارة (CRO) بحيث تقوم بضبطه على سعة مقدارها($100mV_{p-p}$) .
١٦. قم بوضع الألواح العازلة المبينة في الجدول (٦ -٤) ثم قم بحساب نسبة السعة الظاهرة على شاشة راسم الإشارة قبل وبعد وجود اللوح العازل .

الجدول (٦ -٤):نتائج قياس نسبة الجهد

نسبة الجهد المقاس قبل وبعد اللوح العازل	المادة العازلة
	عامود من مادة الإكريلك
	ورقة بوليستر ممعدنة
	حاجز من مادة البولي ايثلين
	لوح معدني مصمت
	لوح اسفنجي
	لوح من الألياف مقوى
	لوح بلاستيكي عريض
	لوح بلاستيكي شفاف

١٧.قم بوضع وحدة الرادار مقابلة لحائط بحيث يكون ايضا الهدف الوهمي مقابلا لذلك الحائض بحيث يكون بينهما زاوية معينة .

١٨.قم بحساب نسبة الجهد المستقبل في الجدول (٦ -٥) عندما يفصل بين الهدف الوهمي والرادار الألواح العازلة .

الجدول (٦ -٥):نتائج قياس نسبة الجهد المرتد من الحائط

نسبة الجهد المقاس قبل وبعد اللوح العازل	المادة العازلة
	عامود من مادة الإكريلك
	ورقة بوليستر ممعدنة
	حاجز من مادة البولي ايثلين
	لوح معدني مصمت
	لوح اسفنجي
	لوح من الألياف مقوى
	لوح بلاستيكي عريض
	لوح بلاستيكي شفاف

٦ -٣ -٤ الاستنتاج:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الوحدة السابعة

هوائى البوق

هوائي البوق

الهدف العام :

التحقق من النمط الذي يشع به هوائي البوق وتحقيق نظرية مدى البصر (line-of-sight).

الأهداف التفصيلية :

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادرًا وبكفاءة على أن :

٤. يتعرف على خصائص هوائي البوق.
٥. يتعرف على نمط واتجاه اشعاع هوائي البوق.
٦. يقيس عرض حزمة الإشعاع.
٧. يقيس قيمة الكسب.

٧ -١ التجربة الأولى: هوائي البوق.

مقدمة

في منظومة ارسال واستقبال موجات الميكروويف تستخدم الهوائيات القادرة على توليد حزم ضيقة من الإشعاع لتحقيق أهم خصائص موجات الميكروويف ألا وهي على خط البعد أو (Line of sight).

بواسطة الخصائص المتجهة للهوائيات فإنها توجه الطاقة في الفضاء الحر يعرف هذا الوضع بمخطط المدى البعيد الانتشار (for-field radiation).

حيث يمكن تحقق شروط هذا النوع من الانتشار عند المسافة[R] .

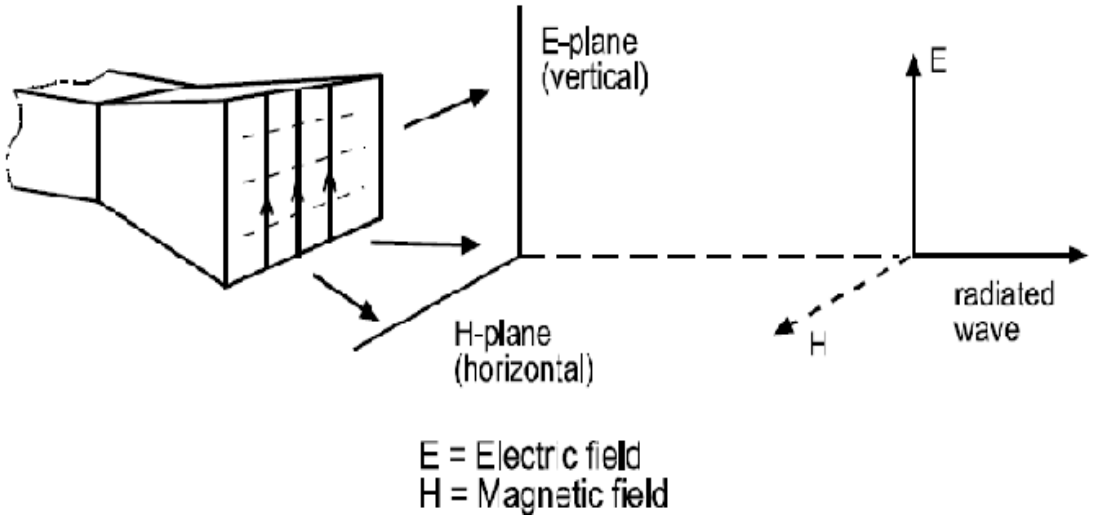
حيث:

$$r \geq 2\,{}^{D^2}/_{\lambda} \qquad (7.1)$$

D= الضلع العريض لأبعاد الهوائي.

λ=الطول الموجي للموجة المرسلة.

في الشكل (٧ -١) يوضح انتشار المجال الكهربائي [E-plan] في الإتجاه العامودي والمجال المغناطيسي [H-plan]في الإتجاه الأفقي بالنسبة لهوائي البوق.



الشكل (٧-١): المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي

إن أهم العوامل الي يجب أخذها في عين الإعتبار عند اختيار الهوائي هي كسب الهوائي[G=gain] .حيث أن كسب الهوائي يمكن حسابة عن طريق مقارنة القدرة لحزمة الإشعاع الرئيسية القدرة الخاصة لحزمة الإشعاع الافتراضية في جميع الاتجاهات .

$$G=P/P_i$$

حيث:

$P_{(w/m2)}$=القدرة في اتجاه معين.

P_i=القدرة في جميع الاتجاهات بالتساوي.

$$P_i = \frac{P_t}{4\pi r^2} \qquad (7.2)$$

حيث:

P_t= القدرة الكلية.

r= البعد عن الهوائي.

$2\pi r^2$= مساحة السطح الدائري بقطر يساوي (r).

يمكن حساب كسب هوائي البوق بالعلاقة التالية:

$$G = n\frac{4\pi}{\lambda^2}A \qquad (7.3)$$

حيث:

A=مساحة فتحة الهوائي.

n=كفاءة شعاع فتحة الهوائي وتتراوح ما بين (0.5-0.8).

كما يمكن حساب قدرة هوائي الاستقبال على مدى خط البصر بالعلاقة التالية:

$$P_R = P_T \times G_T \times (\frac{\lambda}{4\pi r})^2 \times G_R \qquad (7.4)$$

حيث:

P_T=قدرة الإرسال.

G_T=كسب هوائي الإرسال.

G_R= كسب هوائي الاستقبال.

λ=الطول الموجي.

r=المسافة بين المرسل والمستقبل.

٧ -١ -١ اهداف التجربة:

١. تهدف هذه التجربة إلى تطبيق نظرية مدى خط البصر .

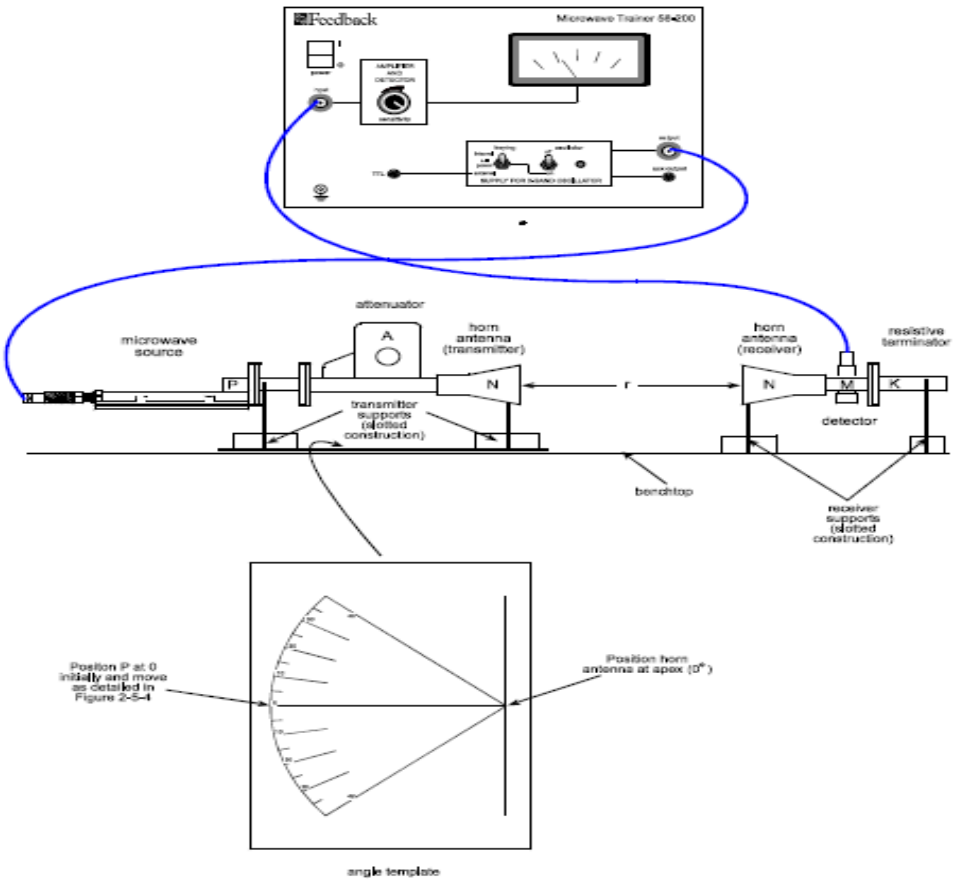
٢. كيفية فقد الطاقة في حالة عدم تحقق نظرية مدى خط البصر.

٧ -١ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	١
٣. كاشف الديود	M	١
٤. هوائي البوق	N	٢
٥. نهاية طرفية ذات حمل (load)	K	١
٦. مولد اشارة الميكروويف (X-band)	P	١

٧ -١ -٣ خطوات التجربة:

١. ركب الدائرة كما في الشكل (٧ -٢) .



الشكل (٧-٢): تركيب التجربة العملي

٢. المسافة بين هوائي الارسال وهوائي الاستقبال (r=30cm) .

حيث أنه بهذه المسافة تحقق الشروط

$$r \geq \frac{2D^2}{\lambda}$$

حيث:

D=(8cm) فتحة الهوائي العريضة.

λ=(2.88) في حال التردد (f=10.425 GHz).

$$r = \frac{2D^2}{\lambda} \cong 44cm$$

٣. قم بضبط الموهن على (40^o) ثم قم بضبط مؤشر الحساسية على أعلى قيمة.

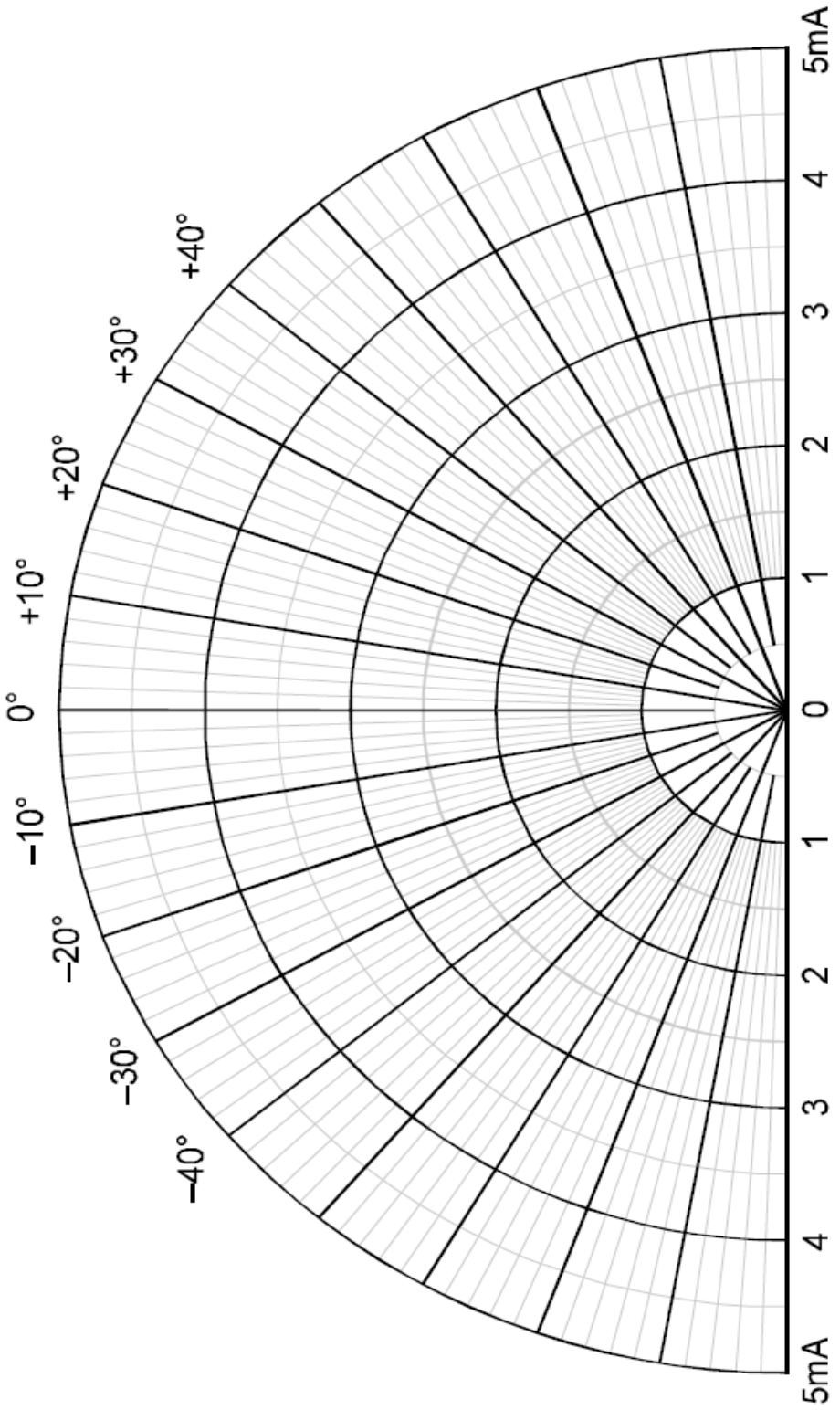
٤. قم بوضع هوائي الإرسال في مواجهة هوائي الإستقبال تبعًا للشكل (٢ -٥ -٤) حيث ستقوم بتحريك هوائي الإرسال بزاوية بمقدار (5^o) درجات حتى (40^o) تبعا للقالب المرفق والمدرَّج بقيم الزوايا .

٥. سجل قيم التيار المقاسة على مؤشر قياس التيار في الجدول (٧ -١).

الجدول (٧ -١) : قيم التيار المقاسة

الزاوية θ	I ( )mA	الزاوية θ	I ( )mA
0		-0	
5		-5	
10		-10	
15		-15	
20		-20	
25		-25	
30		-30	
35		-35	
40		-40	

٦. تبعًا للجدول قم برسم شكل الإشعاع الخاص بالهوائي في الشكل (٧ -٣).



الشكل (٧-٣):

٧. قم بتغيير هوائي الإرسال بهوائي الاستقبال ثم قم بإعادة الخطوات [4] و [5] و [6] .

٨. قم بحساب كسب الهوائي [G]

$$G = \eta \frac{4\pi}{\lambda^2} A$$

حيث:

A=مساحة فتحة الإشعاع.

η= كفاءة فتحة الإشعاع.

على فرض أن كفاءة فتحة الإشعاع تساوي(60%)والتردد المستخدم($f=10.425GH_z$).

٧ -١ -٤ الاستنتاج:

.....
.....
.....
.....

الوحدة الثامنة

الربط الاتجاهي

الربط الاتجاهي

الهدف العام :

اثبات أن القدرة تدفق باتجاه أمامي من المصدر الى الحمل (load).

الأهداف التفصيلية :

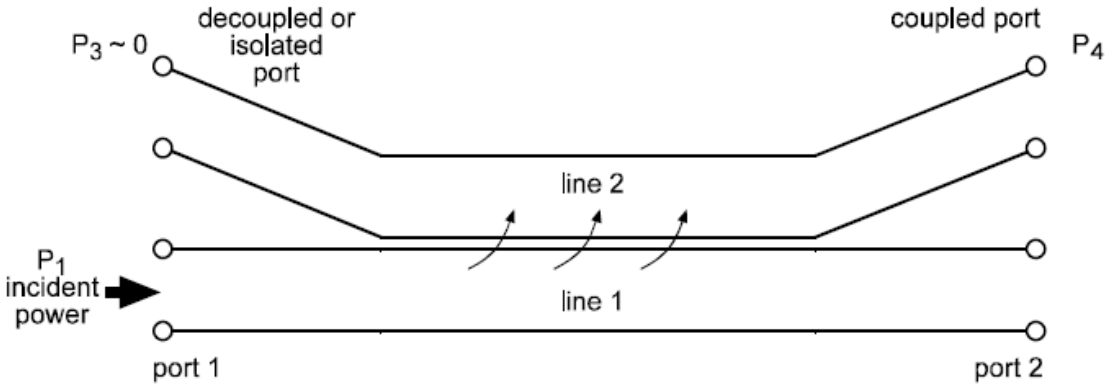
عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادرًا وبكفاءة على أن :

١. يتعرف على طريق الربط المستخدمة في أنظمة الميكروويف.
٢. يتعرف على كيفية تدفق القدرة في حالة الربط الاتجاهي.
٣. يقوم بقياس نسبة الموجات المستقرة للجهد [VSWR] باستخدام الربط الاتجاهي.

٨ -١ التجربة الأولى: الربط الاتجاهي.

مقدمة

يمكن القول أن المقصود بالربط الاتجاهي هو عملية ربط خطي نقل بحيث ينتقل جزء من القدرة من الخط الأول إلى الخط الآخر وبنفس اتجاه تدفق القدرة وتظهر هذه العملية كما في الشكل (٨ -١).



الشكل (٨-١): يوضح تدفق القدرة أثناء عملية الربط

يمكن حساب معامل الربط من العلاقة التالية:

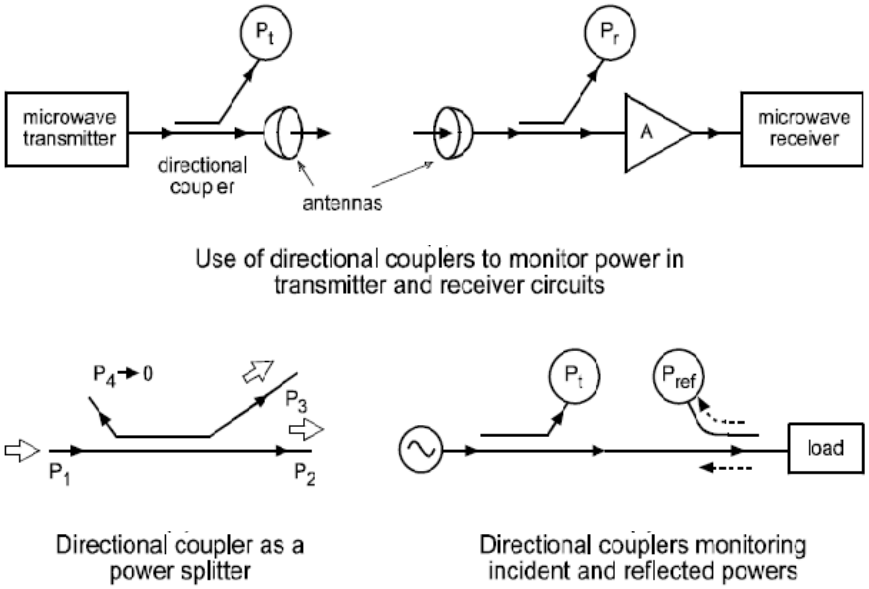
$$C = \frac{power\ to\ coupled\ port}{incidant\ power} = \frac{P_3}{P_1}$$

$$C = \frac{\text{القدرة في الخط الموصل}}{\text{القدرة الأساسية}} = \frac{P_3}{P_1} = 10log\frac{P_1}{P_3} \qquad (8.1)$$

من خلال التجربة فإنه يتم فقد بعض من القدرة المتجه في خط النقل الموصول في المنفذ رقم [4] والموضح في الشكل (٨ -١) هنا يتم حساب الاتجاهية والتي توضح علاقة القدرة المدخلة نسبة فقد القدرة حيث:

$$directivity(D) = \frac{P_3}{P_4} = 10log\frac{P_3}{P_4}(dB) \qquad (8.2)$$

كما يمكن الإستفادة من عمليات الربط الاتجاهي في حالات مراقبة القدرة وفي قياسات موجات الميكروويف كما هو موضح في الشكل (٨ -٢).



الشكل (٨-٢): يوضح تدفق القدرة أثناء عملية الربط

٨ -١ -١ اهداف التجربة:

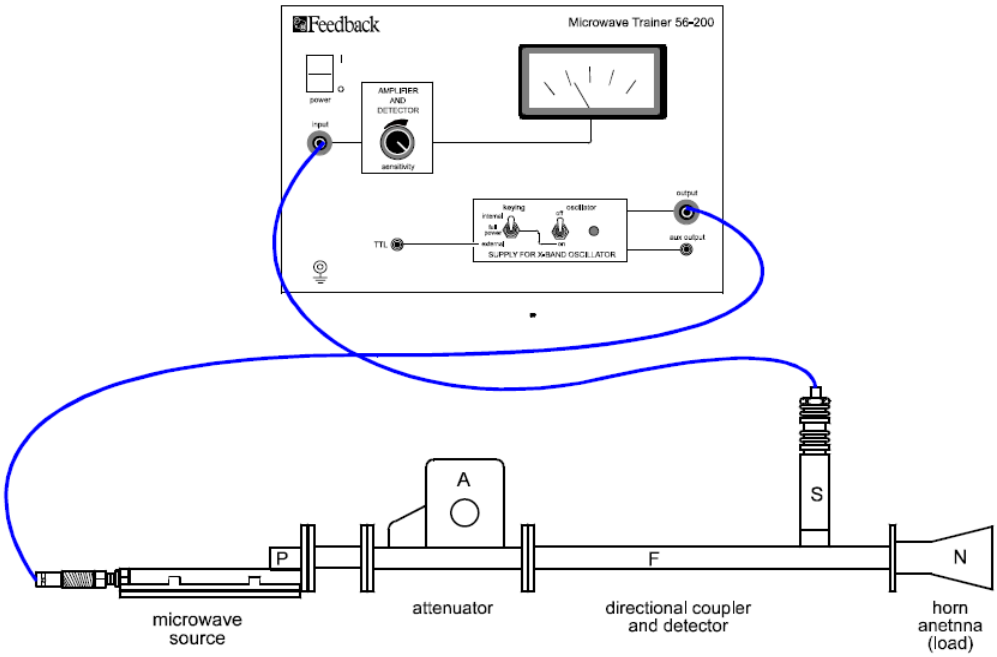
١. قيمة القدرة المرسلة والمستقبلة في حالة الربط بين دليلين موجيين .
٢. قيمة نسبة الموجات المستقرة للجهد وتأثرها بالربط الاتجاهي.
٣. أطوال الموجات داخل الدليل الموجي وبالتالي تحديد تردد الموجات.

٨ -١ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	١
٣. الرابط المتجَه	F	١
٤. هوائي البوق	N	١
٥. نهاية طرفية ذات حمل (load)	K	١
٦. مسبار كاشف للإشارة	S	١
٧. لوحة دائرة القصر	**R**	١

٨ -١ -٣ خطوات التجربة:

١. ركب الدائرة كما هو موضح في الشكل (٨ -٣).



الشكل (٨-٣): التركيب العملي للتجربة

٢. قم بضبط الموهن المتغير على (40^{o}) .

٣. قم بضبط مؤشر الحساسية والموهن في حالة الضرورة للحصول على قيمة متوسطة للتيار على جهاز القياس في وحدة التحكم الرئيسية .

٤. حيث أن الكاشف في الإتجاه الأمامي من عملية التوصيل والربط قم بوضع القيمة في الجدول (٨ -١).

جدول (٨ -١) : قيم التيار بوجود النهايات المختلفة

	هوائي البوق	النهاية الطرفية (حمل)(load)	موهن بالإضافة الى دائرة القصر
I_f التيار في الاتجاه الأمامي			
I_r التيار في الإتجاه الخلفي			
$\frac{P_r}{P_i} = \frac{I_r}{I_f} = \Gamma^2$			
$\Gamma = \sqrt{\frac{P_r}{P_i}} = \sqrt{\frac{I_r}{I_f}}$			
$VSWR(S) = \frac{1+T}{1-T}$			

٥. قم بعكس وضعية الكاشف بحيث يكون في الإتجاه الخلفي كما في الشكل ثم سجل القيمة في الجدول (٨ -١).

٦. قم بفصل هوائي البوق ثم ضع الحمل كنهاية طرفية [Load] ثم قم بقياس التيار في الإتجاه الأمامي والاتجاه العكسي ثم سجل القيم في الجدول.

٧. قم بفصل الحمل [Load] ثم ضع دائرة القصر ثم قم بضبط الموهن على (80^o) ثم قم بقياس التيار في الإتجاه الأمامي والاتجاه العكسي ثم سجل القيم في الجدول..

٨. من النتائج المسجلة في الجدول للحالات الثلاث السابقة قم بحساب كل من المتغيرات التالية ثم سجل النتائج في الجدول .

معامل انعكاس القدرة:

$$\frac{P_r}{P_i} = \frac{I_r}{I_f} = \Gamma^2$$

معامل انعكاس الجهد:

$$\Gamma = \sqrt{\frac{P_r}{P_i}} = \sqrt{\frac{I_r}{I_f}}$$

نسبة الموجات المستقرة للجهد:

$$VSWR(S) = \frac{1+T}{1-T}$$

٨ -١ -٤ الاستنتاج:

.....
.....
.....
.....
.....

الوحدة التاسعة

الوصلات

الوصلات

الهدف العام :

التعرف على الوصلات المختلفة وخصائصها .

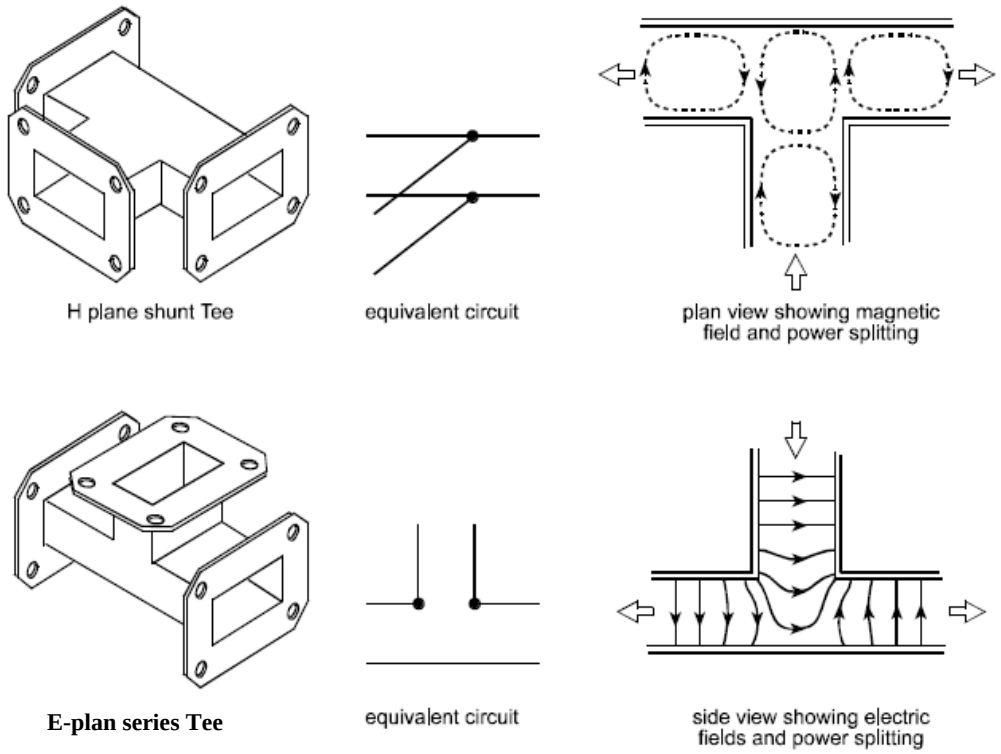
الأهداف التفصيلية :

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادرًا وبكفاءة على أن :

١. يتعرف على خصائص الوصلات في نظام الميكروويف.
٢. يتعرف على كيفية تقسيم الوصلات للقدرة.

مقدمة

في العديد من أنظمة الميكروويف تدعو الحاجة إلى عملية تفرع الدليل الموجي إلى فرعين أو عملية دمج لدليلين الموجيين. حيث تحدث هذه العملية في الدليل الموجي المستطيل باستخدام وصلة تحويل المجال المغناطيسي أو وصلة توالي في المجال الكهربائي على شكل حرف [T] باللغة الانجليزية كما هو موضح في الشكل (٩ -١).



الشكل (٩-١): وصلة التوالي ووصلة التحويل

حيث إن القدرة الداخلة إلى وصلة التحويل في المجال المغناطيسي تقسم بالتساوي في المخرجين الآخرين وتكون الموجتان لها نفس الطور (نفس زاوية الانتشار) (in-phase) بينما القدرة الداخلة إلى وصلة التوالي في المجال الكهربائي أيضًا تقسم بالتساوي في المخرجين الآخرين ولكن مع وجود فرق في الطور [anti-phase].

٩ -١ التجربة الأولى: وصلة التوالي و وصلة التحويل.

٩ -١ -١ اهداف التجربة:

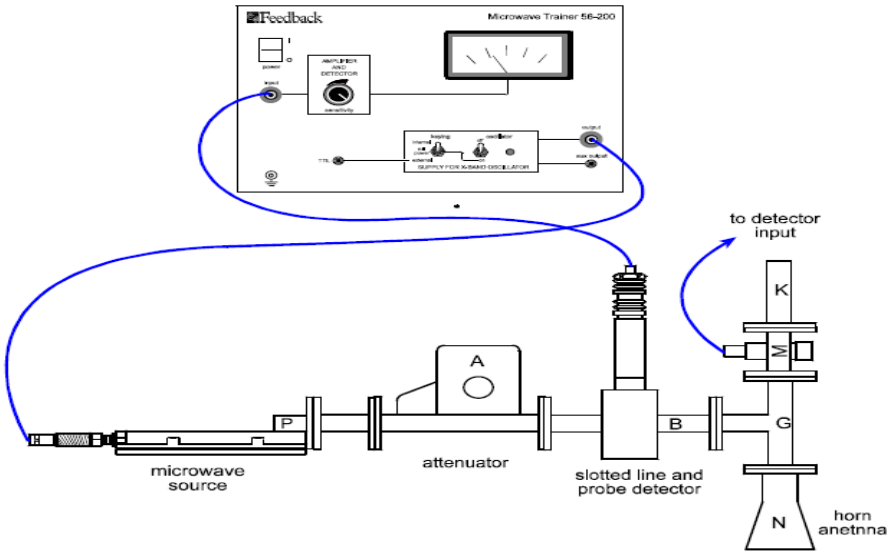
١. التعرف على خصائص وتطبيقات وصلة التوالي في المجال الكهربائي .
٢. التعرف على خصائص وتطبيقات وصلة التحويل في المجال المغناطيسي.

٩ -١ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	١
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. هوائي البوق	N	١
٥. نهاية طرفية ذات حمل (load)	K	١
٦. مسبار كاشف للإشارة	S	١
٧. مذبذب اشارة (X-band)	**P**	١
٨. كاشف الدليل الموجي	**M**	١
٩. وصلة تحويل	**E**	١
١٠. وصلة توالي	**G**	١
١١. وصلة هجينة	**H**	١

٩ -١ -٣ اجراءات التجربة:

١. ركب الدائرة كما في الشكل (٩ -٢) .



الشكل (٩-٢): التركيب العملي للتجربة

٢. قم بضبط الموهن على (60^o).

٣. باستخدام خط القياس الشقي والكاشف حرك الكاشف بحيث تحصل على أعلى قيمة عظمى للتيار [I_{max}] وإذا دعت الضرورة حرك مؤشر الحساسية وحدة التحكم الرئيسية ثم سجل القيمة في الجدول (٩ -١).

الجدول (٩ -١): قياسات الوصلات

	وصلة التوالي E-plan	وصلة التحويل H-plan
I_{max}		
I_{min}		
$S = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}}$		
$\Gamma = \frac{S-1}{S+1}$		
I_{LH} تيار الذراع اليسرى		
I_{RH} تيار الذراع اليمنى		
$power\ ratio = \frac{I_{LH}}{I_{RH}}$		

٤. قم بقياس القيمة الصغرى للتيار[I_{min}] ثم سجل القيمة في الجدول (٩ -١).

٥. قم بتوصيل كاشف الدليل الموجي الموجود إلى يسار الوصلة بوحدة التحكم الرئيسية .

٦. قم بقياس التيار [I_{LH}] ثم سجل القيمة في الجدول (٩ -١) .

٧. قم بتبديل موقع هوائي البوق بكاشف الدليل الموجي

٨. قم بقياس التيار [I_{RH}] ثم سجل القيمة في الجدول(٩ -١).

٩. قم بحساب نسبة الموجات المستقرة للجهد ومعامل الانعكاس ونسبة القدرة وسجل القيم في الجدول (٩ -١).

١٠.قم بتبديل وصلة التحويل بوصلة التوالي.

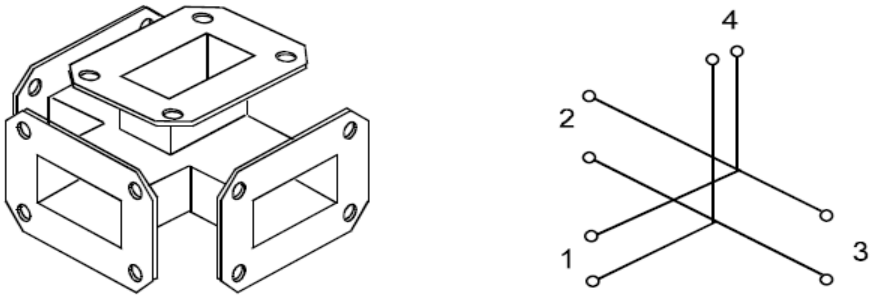
١١.قم بإعادة الخطوات من [2] إلى [9] ثم سجل النتائج في الجدول (٩ -١).

٩ -١ -٤ الاستنتاج:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

٩ -٢ التجربة الثانية : الوصلة الهجينة.

الوصلة الهجينة والموضحة في الشكل (٩ -٣) هي عبارة عن دمج ما بين وصلة التحويل و وصلة التوالي حيث يكون عملها على سبيل المثال كما في الشكل (٩ -٣).



الشكل (٩-٣): الوصلة الهجينة H-plan

١. اذا كانت القدرة المدخلة من خلال المدخل رقم [1] فإنها تقسم بالتساوي بين المخرجين [2]و[3]ويكون المخرج [4] بدون قدرة.

٢. اذا كانت القدرة المدخلة من خلال المدخل رقم [4] فإنها تقسم بالتساوي بين المخرجين [2]و[3]ويكون المخرج [1] بدون قدرة.

٣. اذا كانت القدرة المدخلة من خلال المدخل رقم [2] فإنها تقسم بالتساوي بين المخرجين [3]و[4]ويكون المخرج [1] بدون قدرة.

يمكن استخدامات الوصلة الهجينة في الهوائيات والرادار في مرحلة الاستقبال.

٩ -٢ -١ اهداف التجربة:

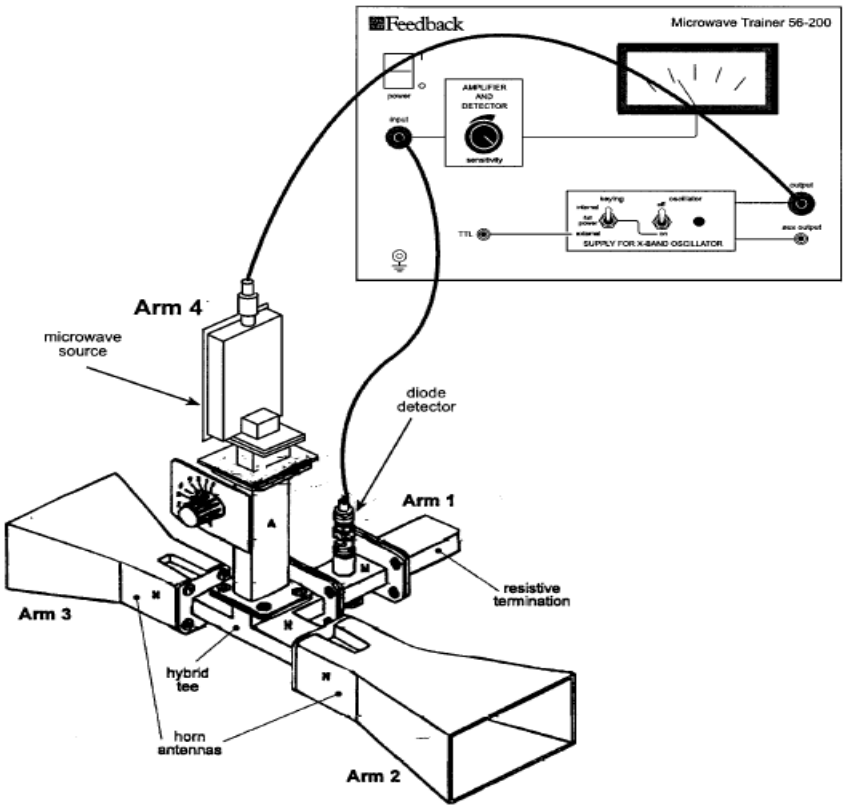
التعرف على خصائص وتطبيقات الوصلة الهجينة .

٩ -٢ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	١
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. هوائي البوق	N	١
٥. نهاية طرفية ذات حمل (load)	K	١
٦. مسبار كاشف للإشارة	S	١
٧. مذبذب اشارة (X-band)	**P**	١
٨. كاشف الدليل الموجي	**M**	١
٩. وصلة هجينة	**H**	١

٩ -٢ -٣ اجراءات التجربة:

١. ركب الدائرة كما في الشكل(٩ -٤).



الشكل (٩-٤): التركيب العملي للتجربة

٢. قم بضبط الموهن على (60^o).

٣. قم بقياس التيار [I_1] الموجود على المخرج رقم [1]تبعا لخصائص الوصلة الهجينة ماذا تلاحظ؟

I_1=.....

.....

.....

٤. قم بتبديل بين المخرجين [2]و [1] بحيث يكون البوق على المخرج رقم [1]والكاشف مع النهاية الطرفية على المخرج[2] قم بقياس التيار [I_2] تبعا لخواص الوصلة الهجينة ماذا تلاحظ؟

I_2=.....

.....

.....

٥. قم بتبديل بين المخرجين [2]و [3] بحيث يكون البوق على المخرج رقم [1]والكاشف مع النهاية الطرفية على المخرج[3] قم بقياس التيار [I_3] تبعا لخواص الوصلة الهجينة ماذا تلاحظ؟

I_3=.....

.....

.....

٦. أعد تركيب التجربة كما كانت في الخطوة رقم [1] ثم قم بتركيب خط القياس الشقي مع الكاشف بين طرف الوصلة الهجينة والموهن.

٧. قم بايجاد قيمة التيار العظمى[I_{max}] وقيمة التيار الصغرى[I_{min}] .

[I_{max}]=.....

[I_{min}]=.....

٨. قم بحساب نسبة الموجات المستقرة للجهد VSWR.

$$VSWR(s) = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}}$$

٩. قم بحساب معامل الانعكاس :

$$\Gamma = \frac{S-1}{S+1}$$

١٠. قم بحساب معامل انعكاس القدرة للمخرجين [2]و[3]في الوصلة الهجينة.

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{I_2}{I_3} =$$

٩ -٢ -٤ الاستنتاج:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

الوحدة العاشرة

الدليل الموجي والكيبل المحوري

الدليل الموجي والكيل المحوري

الهدف العام :

القدرة على تحويل المفاهيم النظرية عن الممانعة عند المتدرب إلى معلومات عملية محسوسة أثناء ربط الكيبل المحوري بالدليل الموجي .

الأهداف التفصيلية :

عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادرًا وبكفاءة على أن :

١. يدرك مقدرة كل من الدليل والكيبل المحوري على نقل موجات الميكروويف.
٢. يتعرف على كيفية تحويل القدرة بين الدليل الموجي والكيل المحوري .
٣. يتعرف على الطرق العملية في تحويل القدرة بين الكيبل المحوري والدليل الموجي.
٤. يدرك ضرورة الموائمة في أنظمة الميكروويف للحصول على أعلى قيمة للقدرة.

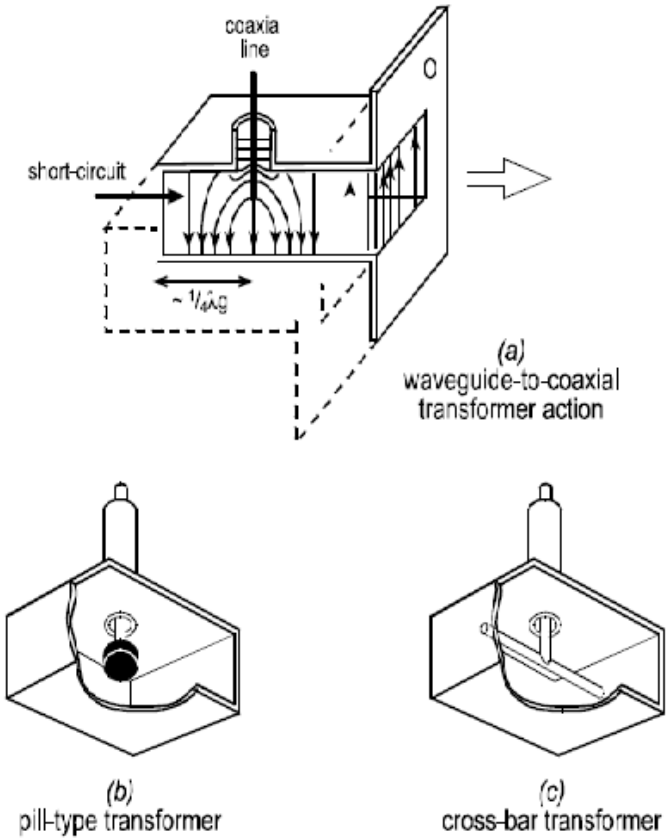
١٠ -١ التجربة الأولى: الدليل الموجي والكيبل المحوري.

مقدمة

الشكل (١٠ -١- a) يوضح عملية توصيل الكيبل المحوري بالدليل الموجي المستطيل حيث أن وصلة التحويل تحتوي على مسار يقوم بإشعاع الطاقة داخل الدليل الموجي و يبعد عن جدار دائرة القصر بمقدار $[\frac{1}{4}\lambda_g]$.

حتى يحقق شروط وجود ممانعة كبيرة لمنع الموجات المتجه باتجاه دائرة القر من الارتداد.

كما يوضح في الشكل (١٠ -١ -b-c) نوعين من وصلات التحويل على شكل جرس وعلى شكل عارضة حيث أن هذين النوعين يعتبران من أفضل أنواع تحويل القدرة بين الدليل الموجي والكيبل المحوري.



الشكل (١٠-١-a-b-c):

١٠ -١ -١ اهداف التجربة:

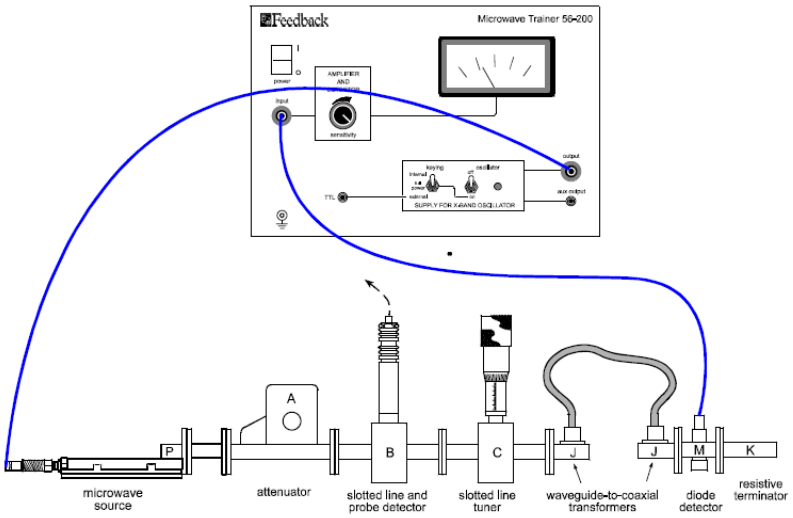
١. الخبرة العملية في توصيل الكيبل المحوري الى الدليل الموجي.
٢. إتقان التعامل مع الأجهزة المناسبة لذلك.
٣. تمكين المتدرب من طريقة الاستنتاج المرحلي حتى يربط نتائج التجربة بالقوانين النظرية المكتسبة.

١٠ -١ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	- - -	١
٢. موهن متغير	A	١
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. هوائي البوق	N	١
٥. نهاية طرفية ذات حمل (load)	K	١
٦. مسبار كاشف للإشارة	S	١
٧. مذبذب اشارة (X-band)	**P**	١
٨. كاشف الدليل الموجي	**M**	١
٩. موالف خط القياس الشقي	**C**	١
١٠. محول من كيبل محوري الى الدليل الموجي	**J**	١
١١. كيبل محوري	-----	١

١٠ -١ -٣ خطوات التجربة:

١. ركب الدائرة كما في الشكل(١٠ -٢).



الشكل (١٠-٢): التركيب العملي للتجربة

٢. قم بضبط مكشاف خط القياس الشقي على [25mm].

٣. قم بضبط الموهن على (50^{o}) ومؤشر الحساسية في المنتصف.

٤. قم بتسجيل قيمة التيار [I_1]عن طريق الديود الكاشف والمشار إليه[M] .

I_1=.....

٥. في المرحلة الثانية قم بتوصيل كيبل القياس إلى كاشف خط القياس الشقي ثم قم بحساب نسبة الموجات المستقرة للجهد[VSWR] عن طريق إيجاد قيمة التيار العظمى [I_{max}] وقيمة التيار الصغرى[I_{min}].

$$VSWR(S) = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}} =$$

٦. قم بحساب معامل الانعكاس :

$$\Gamma = \frac{S-1}{S+1} =$$

٧. قم بحساب نسبة القدرة التي تم تحويلها [$P\% = (1-T^2 \times 100$].

.....

.....

.....

٨. قم بضبط جهاز التوليف المشار إليها بالحرف[B] حيث [d=20mm] تبعًا لمقياس الجهاز.

٩. قم بإعادة كيبل القياس إلى كاشف الديود [M] لقياس التيار بعد ضبط الموالف حيث ستلاحظ الفرق في القراءة بعد ضبط الموالف.

١٠.قم بإعادة ضبط الموالف تدريجيًا بزيادة قيمة [d] ماذا ستلاحظ؟

.....
.....
.....
.....

١١.قم بتسجيل أعلى قيمة للتيار تصلها أثناء إعادة ضبط الموالف؟

I_2=.....

١٢.أعد توصيل كيبل القياس إلى مكشاف خط القياس الشقي ثم قم بإيجاد قيمة العظمى $[I_{max}]$ والقيمة الصغرى$[I_{min}]$.ثم قم بحساب نسبة الموجات المستقرة للجهد VSWR.

.....
.....
.....
.....

١٣.قم بحساب معامل الانعكاس :

$$\Gamma = \frac{S-1}{S+1} =$$

١٤.قم بحساب نسبة القدرة التي تم تحويلها .

$$[P\% = (1 - \Gamma^2) \times 100] =$$

١٥.ماذا تلاحظ في مرحلة ما قبل موائمة الممانعة وما بعد؟؟.

.....
.....
.....
.....

١٠ -١ -٤الاستنتاج:

.....

.....

.....

.....

.....

الوحدة الحادية عشر

خصائص موجات الميكروويف

خصائص موجات الميكروويف

الهدف العام :

القدرة على معرفة هوائيات الميكروويف في الاستقبال و الإرسال وخصائصها .

الأهداف التفصيلية :

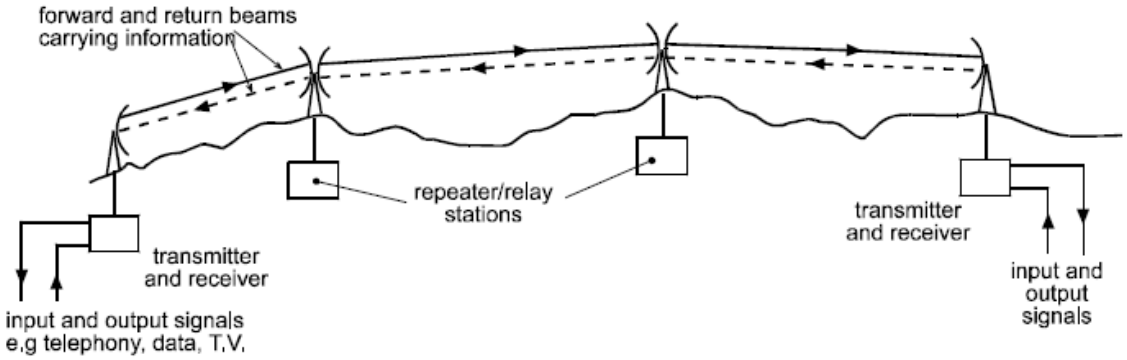
عندما تكتمل هذه الوحدة يكون المتدرب قادرًا وبكفاءة على أن :

١. يقوم بحساب وقياس القدرة المستقبلة عند تحقق شروط خط البصر [Line-of-sight].
٢. يتعرف على تأثير المسافة والاستقطاب على قيمة القدرة المستقبلة لإشارة الميكروويف.
٣. يتعرف على تأثير انعكاس وتداخل اشارات الميكروويف على قيمة القدرة المستقبلة لإشارة الميكروويف.
٤. يتعرف على أهمية موجات الميكروويف كعامل أساسي في نقل المعلومات لمسافات بعيدة

١١ -١ التجربة الأولى: خصائص موجات الميكروويف.

مقدمة

يمكن القول إن أحد أهم تطبيقات الميكروويف نقل الإشارة الى مسافات بعيدة سواءًا كانت بين المحطات الأرضية أو بين المحطات الأرضية والأقمار الاصطناعية . حيث أصبحت تقنية الميكروويف المنافس الأول لتقنية نقل الإشارات عبر كوابل الألياف البصرية أو يمكن اعتبارها البديل الأمثل. في الشكل (١١ -١) يوضح مثالًا لشبكة نقل المعلومات بواسطة تقنية الميكروويف .



الشكل (١١-١) : مثال على شبكة تقنية الميكروويف

يمكن حساب قيمة القدرة المستقبلة لإشارة الميكروويف من العلاقة التالية :

$$P_R = P_T G_T \times \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \times G_R \qquad (11.1)$$

حيث :

P_T: قدرة الإرسال

G_T: كسب هوائي الإرسال

G_R: كسب هوائي الاستقبال

λ: الطول الموجي

١١ -١ -١ اهداف التجربة:

١. قياس القدرة المستقبلة في حالة تغير المسافة وخصائص الوسط الناقل.

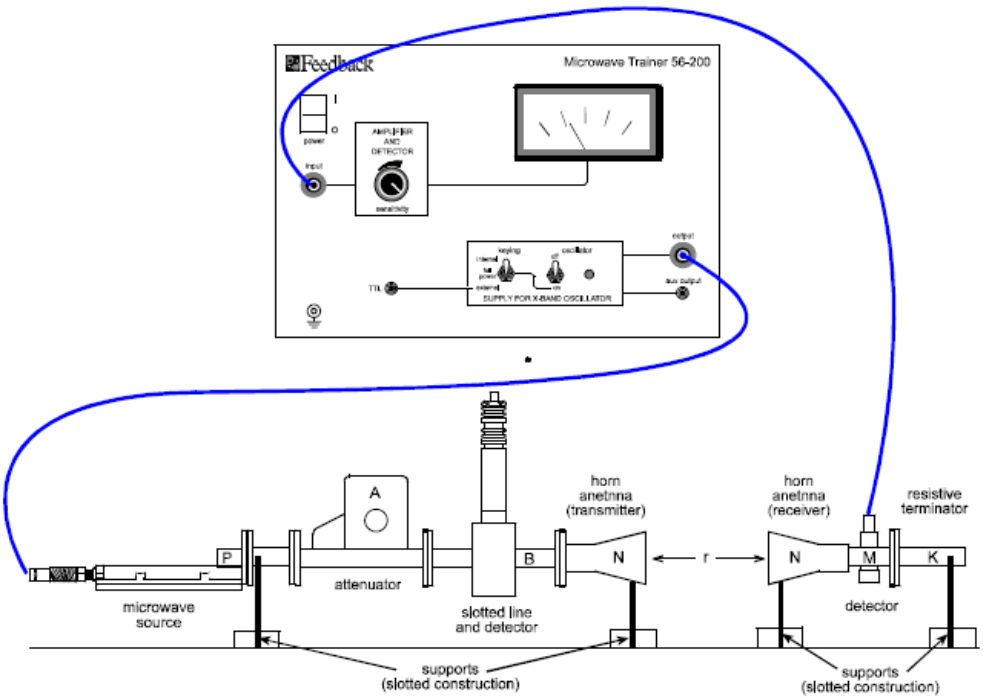
٢. تغير وضعية الهوائي ومدى تأثيرها في استقبال الإشارة .

١١ -١ -٢ الاجهزة والأدوات المطلوبة:

الأدوات والعناصر المطلوبة	رمز الجهاز	العدد
١. وحدة التحكم الرئيسية	--------	١
٢. موهن متغير	A	١
٣. خط قياس شقي	B	١
٤. ديود كاشف	S	١
٥. مذبذب (X-band)	P	١
٦. هوائي البوق	N	٢
٧. كاشف الدليل الموجي	M	١
٨. نهاية طرفية (حمل) (load)	K	١
٩. لوح معدني	-------	١

١١ -١ -٣ خطوات التجربة:

١. ركب التجربة كما هو مبين في الشكل(١١ -٢).



الشكل (١١-٢) : التركيب العملي للتجربة

٢. قم بجعل كلا البوقين متقابلين على مدى خط البصر (line-of-sight) بحيث تكون المسافة الفاصلة بينهما تساوي (35cm) .

٣. قم بضبط الموهن على (40°) ثم قم بضبط مؤشر الحساسية في وحدة التحكم الرئيسية على المنتصف .

٤. قم بتشغيل وحدة التحكم الرئيسية ثم قم بإعادة ضبط الموهن ومؤشر الحساسية للحصول على القيمة العظمى في مؤشر قياس التيار.

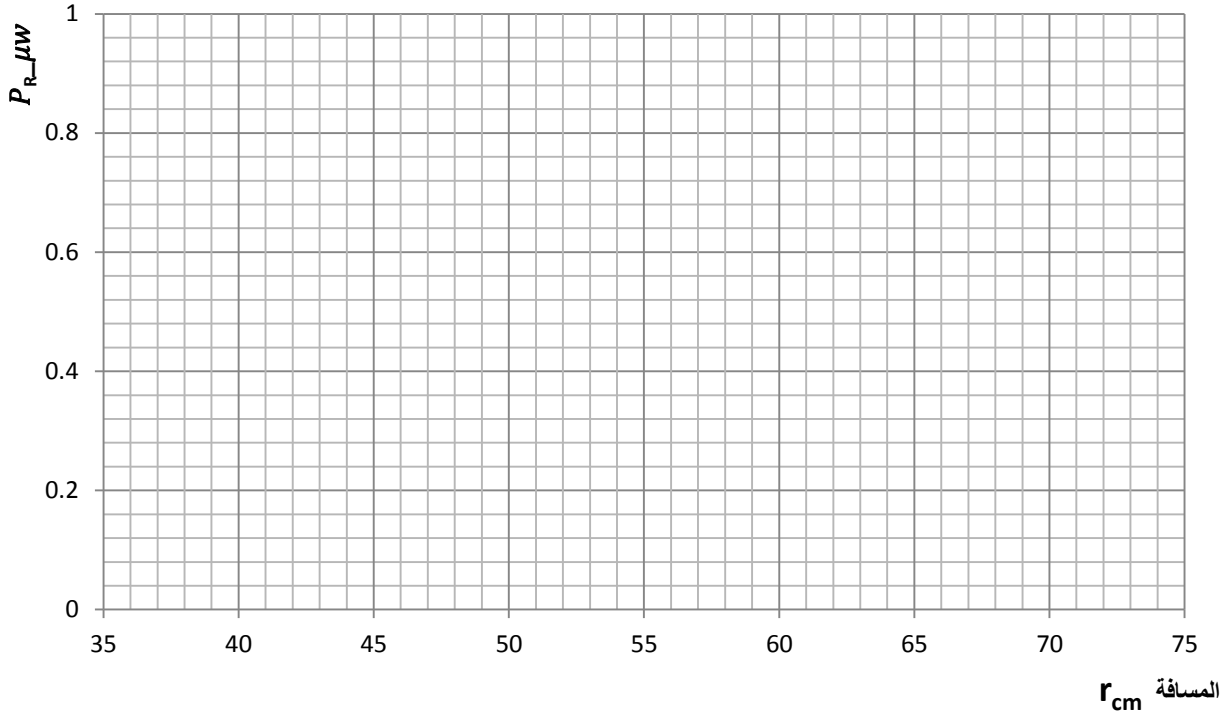
٥. قم بتعبئة الجدول (١١ -١) حيث يمكن اعتبار قيمة التيار المقاسة وتحت تطبيق قانون التربيع الخاص بالقدرة مساوية لقيمة القدرة المستقبلة .

$$I_{mA} = P_{\mu w}$$

الجدول (١١ -١): قيم التيار المقاسة تبعا للمسافة

المسافة (cm)	قيمة التيار المقاسة I_{mA}	قيمة القدرة باعتبار التيار $P_{\mu w}$
35cm		
40cm		
45cm		
50cm		
55cm		
60cm		
65cm		
70cm		
75cm		

٦. قم بعمل رسم بياني يوضح العلاقة بين المسافة والقدرة المستقبلة . ماذا تلاحظ ؟



.....

.....

.....

٧. قم بإعادة ضبط التجربة وجعل المسافة بين الهوائيين تساوي (40cm) .

٨. قم بحساب نسبة الموجات المستقرة للجهد (VWSR) عن طريق وصل كيبل القياس بكاشف خط القياس الشقي وقيمة التيار العظمى وقيمة التيار الصغرى عند تحريك خط القياس.

$$VWSR(S) = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}} =$$

٩. قم بحساب معامل الانعكاس:

$$\Gamma = \frac{S-1}{S+1} =$$

١٠.قم بحساب نسبة القدرة المنعكسة:

$$\Gamma^2 \times 100 =$$

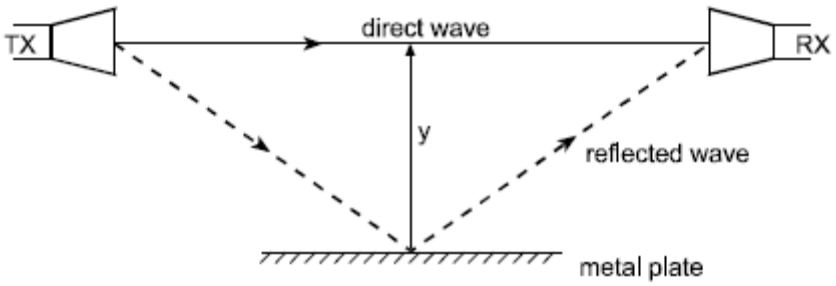
١١.قم بوضع لوح معدني بحجم (15cm×10cm) في منتصف المسافة بين الهوائيين بشكل أفقي كما في الشكل (١١ -٣).

١٢.قم بقياس التيار عن طريق الديود الكاشف والذي يرمز له بالحرف [M].

I=.....

١٣.قم بإعادة قياس التيار بعد تغير المسافة (Y) كما هو موضح في الشكل(١١ -٣).

I=.....



الشكل (١١-٣) : المسافة Y

١٤.قم بإعادة الخطوة [12] عندما يكون هوائي الاستقبال في الحالة العامودية (قم بتدوير هوائي البوق بمقدار (90^o).

I=.....

١١ -١ -٤ الاستنتاج:

.....
.....
.....
.....
.....

المراجـع

اسم المرجع	المؤلف
Principles of Microwave Technology	Stephen C. Harsany
Communications Satellite	Timothy Pratt; Charles W. Bosian,
Experiments With Microwaves	Klaus breidenbach
Physical Principles of Microwave Technology	Prof. H. J. Chaloupka
Microwave Trainer	Feedback 56-200
	Feedback telecommunication

فهرس المصطلحات		
انجليزي	الرمز أو الاختصار	عربي
Coaxial Detector		كاشف الكيبل المحوري
Data Sheet		ورقة المواصفات الفنية
Diaphragm With hole		غشاء مثقوب
Display		شاشة عرض
E-Field Probe		مجس المجال الكهربائي
Flexible waveguide		مرشد موجي مرن "دائري المقطع"
Gunn Diode		دايود الجن
Klystron		الكليسترون
Matched		متوائم
Microwave		الميكروويف "الموجات الدقيقة"
Mismatched		عدم الموائمة
Rear Panel		اللوحة الخلفية
Transmitted Wave	E_t	الموجَة المنتقلة
Variable Attenuator		موهن متغير
Attenuator		موهّن
Beam width		عرض الشعاع
Beidou Navigation Test Satellite		النظام الصيني التجريبي لتحديد المواقع
Bit Error Rate	BER	معدل الخطأ في البيانات
Broadband Communication Systems		نظم الاتصالات عريضة النطاق الترددي
Broadcasting Satellite Services	BSS	خدمات الاقمار الصناعية الاذاعية
Bunchier Cavity		فوهة عنقودية ، تجويف
Carrier		الموجَة الحاملة
Cavity Perturbation		اضطراب الفجوة "عدم استقرار الفجوة
Cavity Resonators		الفجوات الرنانة

انجليزي	الرمز أو الاختصار	عربي
Characteristic Impedance	Z_c	الممانعة المميزة
Circular Waveguide		مرشد موجي دائري المقطع
Complex Impedance		معاوقة مركبة "مفاعله مع مقاومة"
Cross Field Amplifier	CFA	مكبر المجال المتقاطع
Cutoff Wavelength	λ_c	الطول الموجي القاطع
Dummy Load		الحمل الصناعي
Efficiency	ξ	الكفاءة
E-Plane		مستوى المجال الكهربائي
Equivalent Isotropic Radiated Power	EIRP	القدرة الإشعاعية المكافئة
Equivalent Noise Temperature	T_e	حرارة الضوضاء المكافئة
Flexible		مرن
Free Space Loss Propagation	FSLP	فقد الانتشار في الفضاء الحر
Fresnel Zone		منطقة فرسنل
Geostationary Earth Orbit	GEO	المدار المتزامن مع دوران الأرض
Ghost Signals		إشارات الشبح
Global Positioning System	GPS	النظام العالمي لتحديد الموقع
Global System for Mobile Communications	GSM	النظام العالمي للاتصالات المتنقلة
GLONASS	GLONASS	النظام الروسي لتحديد المواقع
Group Velocity	v_g	سرعة المجموعة
GSM / EDGE Radio Access Network		شبكة الوصول الراديوي لانظمة GSM/EDGE.
Half Power Points		نقط منتصف القدرة
H-plane		مقطع المجال المغناطيسي
Industrial Scientific and Medical Band	ISM	نطاق التطبيقات العلمية والصناعية والطبية
Information Capacity		سعة المعلومات
International Telecommunication Union	ITU	الاتحاد الدولي للاتصالات

عربي	الرمز أو الاختصار	انجليزي
الايونوسفير "طبقة الغلاف الجوي المتأينة"		Ionosphere
عازل		Isolator
قانون كيبلر		Kepler Law
خط البصر	LOS	Line Of Sight
مفاقيد		Losses
بدون فقد		Lossless
المدار المنخفض حول الأرض	LEO	Low Earth Orbit
الترددات المنخفضة	LF	Low Frequencies
انخفاض تكاليف التركيب والتشغيل		Low Installation and Operation Cost
وصلة حرف T السحرية		Magic T
الماجنيترون		Magnetron
الشريط الدقيق ، الميكروستريب		Micro strip
الميكروويف "الموجات الدقيقة"		Microwave
انتشار موجات الميكروويف		Microwave Propagation
عدم الموائمة		Mismatched