الأكاديمية العربية الدولية

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

تقنيات الميكروويف و الأقمار الصناعية

مقدمة في الموجات الدقيقة و خطوط النقل

الوحدة الأولى : مقدمة في الموجات الدقيقة وخطوط النقل

الجدارة: القدرةعلى التعرف على المدى الترددي و أطوال الموجات لموجات الميكروويف و خطوط النقل المختلفة للميكروويف من خطوط نقل و كوابل و ميكروستريب و دلائل موجات و مميزات وعيوب كلا منهم.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة تكون لدى المتدرب القدرة على أن:

١. يعرف تقنية الموجات الدقيقة .

٢. يحدد موقع الموجات الدقيقة في الطيف الترددي وأطوال الموجات .

٣. يأخذ فكرة شاملة عن استعمالات الميكروويف وخصائصها وتطبيقاتها المختلفة في الاتصالات وخاصة الحديثة منها .

٤. يتعرف المتدرب بصفةعامة على خطوط النقل المستعملة في الاتصالات و بصفة خاصة في الميكروويف.

مستوى الأداء المطلوب: ٨٠٪ فأكثر.

الوقت المتوقع للتدريب: ٣ ساعات

الوسائل المساعدة:

١- سبورة.

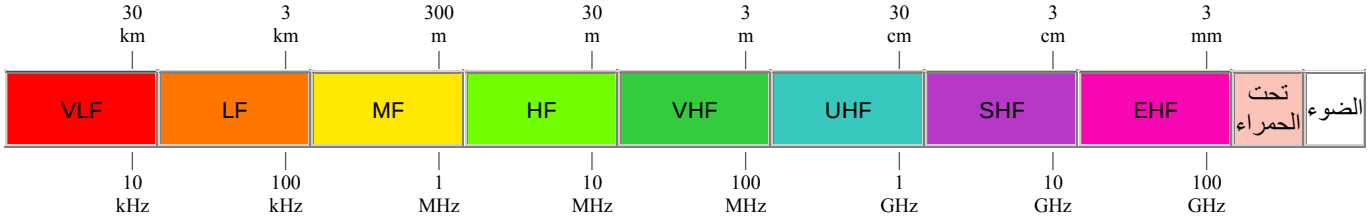
٢- داتا شو أو سبورة ذكية مع حاسب لمعرفة تقنية الموجات الدقيقة.

٣- زيارة لمعمل تقنيات الميكروويف و الاقمارالصناعية.

متطلبات الجدارة: دراسة مقرر أساسيات الاتصالات لمعرفة توزيع الطيف الترددي و تأثير المجال الكهربي داخل الموصلات.

مقدمة

إن مفهوم الموجات الدقيقة ينطبق على الإشارات الكهربائية ذات الترددات المحصورة بين 300 GHz إلى 300MHz غير أنه بالنسبة لتقنية الاتصالات فإن الموجات الدقيقة عادة ما تخص النطاق الترددي ما بين 1GHz إلى 30GHz.



شكل ١- ١ : الطيف الترددي

مع العلم أن طول الموجة مرتبط بتردد الموجة حسب العلاقة التالية:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

حيث c هي سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية وتساوي $3x\ 10^{10}$ cm/sec

جدول ١- ١ : نطاقات الترددات المستعملة في الاتصالات

الترميز الجديد	الترميز القديم	الترددات (GHZ)
C	UHF*	0.5 to 1
D	L	1 to2
E	S	2 to 3
F	S	3 to 4
G	C	4 to 6
H	C	6 to 8
I	X	8 to 10
J	X	10 to 12.4
J	Ku	12.4 to 18
J	K	18 to 20
K	K	20 to 26.5
K	Ka	26.5 to 40

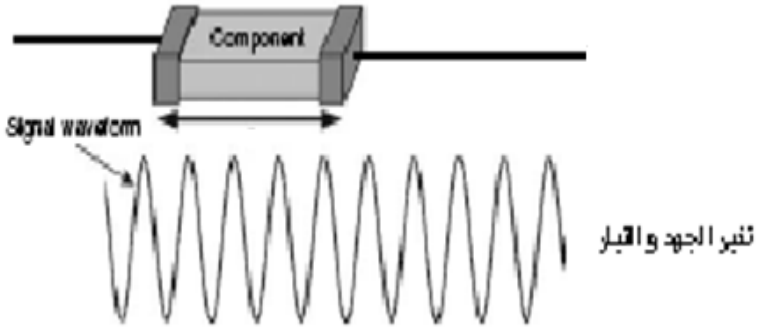
* Ultra High Frequency (UHF) (الترددات العالية جدا).

عادة ما تنقسم الترددات المستعملة في تقنية الاتصالات في نطاقات محددة معروفة باختصارات حرفية ترمز إلى قيمة التردد وهي مبنية في الجدول١-١.

يتضح من الجدول السابق أن نطاق موجات الميكروويف محصور من L إلى K حسب الترميز القديم ومن D إلى K حسب الترميز الجديد .

أي أن طول الموجات المستعملة في هذا المجال تتراوح من طول الموجة 1cm (f = 30 GHz) إلى 30 cm (f=1GHz) ولذلك يطلق عليها بالموجات الدقيقة (Microwaves).

هذا يعني أن العناصر المتعارف عليها في الإلكترونيات وطريقة حساب الداوائر المتكونة منها بواسطة التيار والجهد لم تعد مجدية نظراً لقصر الموجة بالنسبة للعنصر. مثل المقاومة المستعملة في الداوائر الإلكترونية ذات الترددات المنخفضة والتي طولها مع أرجلها حوالي ٣ سنتيمتر أي عدة مرات طول الموجة السنتمترية ، يعني أن التيار والجهد على هذا العنصر ليس له نفس القيمة على طول العنصر حيث قد يكون الجهد في نقطة ما على هذا العنصر موجبا بينما يكون في نقطة أخرى على نفس العنصر سالباً حسب ما هو موضح في شكل ١- ٢.



شكل ١- ٢: تغير الجهد و التيار خلال مقاومة

بالاضافة إلى ذلك فإن أرجل المقاومة الموضحة في الشكل أعلاه يقارب طولها ربع طول الموجة وبالتالي فإنها تلعب دور هوائي مشع للمجالات الكهرو مغناطسية التي تؤثر في العناصر المجاورة في الدائرة على اللوح المطبوع وكذلك على الأجهزة القريبة من الدائرة ، مما يؤدي إلى أخطاء في عمل الدائرة وتشويش للأجهزة المجاورة، قد يؤدي هذا الإشعاع إلى ضرر أيضاً بالأشخاص القريبين من هذا الإشعاع وحتى التوصيلات في الميكروويف تأخذ أطوالها بعين الاعتبار وتعتبر من عناصر دوائر الميكروويف .

لهذا كله نستعمل في تقنية الميكروويف طريقة مختلفة لحساب الدوائر وعناصر مختلفةعما هو مستعمل في الترددات المنخفضة .

١- ١ خصائص الميكروويف

نظراً للترددات العالية (GHz) المستعملة في الميكروويف فإن تطبيقاتها في الاتصالات تمتاز بالخصائص التالية:

١.سعة النطاق : عند استعمال ترددات الميكروويف كحامل للمعلومات فإنه يوفر لنا إمكانية حمل عدة قنوات على تردد واحد.

ومثال ذلك استعمال الميكروويف للربط بين المقاسم البعيدة لنقل ما يزيد عن ٢٠٠٠ خط هاتفي على حامل واحد و كذلك للربط بين أبراج خلايا الجوال لنقل إشارات المكالمات.

٢. صغر دوائر الميكروويف: نظراً لقصر الموجة المتناهي أصبح بالإمكان تصميم دوائر الإرسال والتكبير كلها على لوحة مطبوعة مدمجة Microwave Monolithyc Integrated Circuit (MMIC) مما أمكن إيجاد أجهزة اتصالات في السوق مدمجة وصغيرة الحجم كأجهزة الاتصالات المتنقلة مثال على ذلك جهاز الجوال (GSM).

٣. إمكانية تصميم هوائيات ذات كسب عالٍ: تمكن الميكروويف من تصميم هوائيات عالية الكسب والتوجيه بحيث يمكن استعمالها لقطع المسافات البعيدة كالربط بين الأرض والفضاء الخارجي (الأقمار الصناعية).

٤. انتشار على خط البصر: انتشار موجات الميكروويف هو من نمط الموجات المنتشرة على خط البصر Line Of Sight (LOS) أي أن جميع نقط طبق الاستقبال ترى جميع نقط طبق الإرسال و لا يوجد أي مبنى عال أو جبل يمنع الرؤية أو الاتصال.

استعمالات الميكروويف:

ينتج عن المميزات المذكورة آنفا عدة تطبيقات للميكروويف في تقنية الاتصالات نذكر منها:

١- الاتصالات ذات النطاق الواسع Broadband Communication System.

٢- تقنية الرادار لاستكشاف الأهداف المختلفة نظراً لقصرطول الموجة وعلو كسب وتوجيه الهوائيات في الميكروويف.

٣- الاتصالات عبر الأقمار الصناعية لكونها تستعمل الترددات التي تخترق الطبقات الجوية العليا وهي ما يعبرعليها بالأينوسفير (Ionosphere) أو غلاف التأين.

٤- تطبيقات علمية وصناعية وطبية وخصص لذلك نطاق عرف بـ

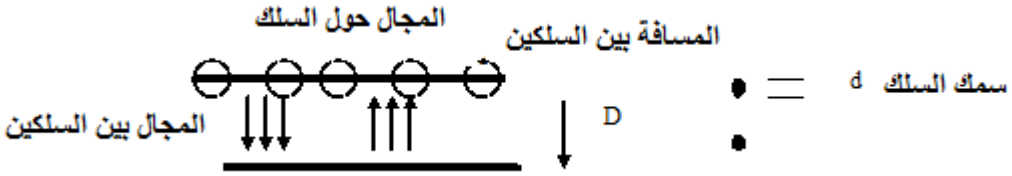
.Industrial Scientific and Medical (ISM)

٥- أفران الميكروويف للطبخ حيث أن من بين خصائص الميكروويف أنها قابلة للامتصاص من طرف جزئيات الماء وبالتالي تستعمل هذه الخاصية.

١- ٢ خطوط النقل في الميكروويف

١- ٢- ١ خطوط النقل ذو السلكين

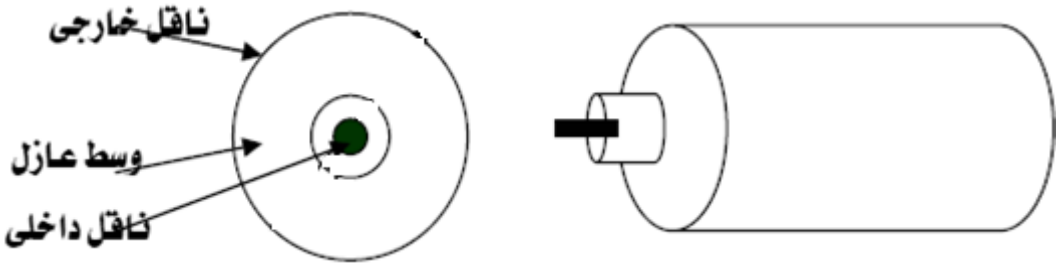
نتيجة لارتفاع ترددات المايكروويف فإن خط النقل ذو السلكين المتعارف عليه في الهاتف مثلاً وفي الصويتيات لا يمكن استعماله في الميكروويف لفقده العالي نتيجة إشعاعه وتأثره بالمجالات الكهرومغناطسية الخارجية.



شكل١- ٣: خط النقل ذو السلكين و شكل المجال

نتيجة للترددات العالية فإن التيار الذي يمر في الناقل ينزاح إلى المحيط الخارجي أو القشرة الخارجية لمقطع الناقل وهذا مايعرف بظاهرة الجلد (Skin effect). فانحصار التيار في أطراف مقطع الناقل يسبب ارتفاع المقاومة وبالتالي ازدياد الفقد ولذلك لا يصلح الخط الناقل ذو السلكين للإشارات ذات التردد التي يفوق ترددها على f = 100 MHz .

١- ٢- ٢ الكوابل المحورية



منظر أمامي منظر طولي

شكل ١- ٤: منظر طولي و أمامي للكيبل

يتكون الكيبل المحوري من ناقل داخلي عادة من النحاس لجودة ناقليته للتيار الكهربائي وجدواه الاقتصادية وحوله ناقل خارجي على شكل أسطوانة مجوفة من النحاس أيضاً أو من الألمنيوم حيث يكون محورها الناقل الداخلي ويفصل بين الناقلين وسط عازل إما الهواء أو مادة بلاستيكية البوليتلان مثلا وهذا الوسط هوالذى يؤثر في خصائص الخط المحوري .

يوجد نوعان من الكوابل المحورية:

أ- نوع متين (Rigid) يطلق عليه اسم الكيبل الهوائي حيث الناقل الداخلي مثبت بواسطة أسطوانات عازلة داخل الناقل الخارجي .

ب- نوع لين (Flexible) ويكون وسط الفاصل بين الناقل الداخلي والخارجي مملوء بمادة عازلة ويكون الناقل الخارجي من ضفائر النحاس أو ورق ألمنيوم (foil).

من مزايا الكوابل المحورية نتيجة لالتفاف الناقل الخارجي حول الداخلي فإن إشعاع المجالات المغناطيسية نحو الخارج مضمحل وبالتالي فإن الفقد يكون منخفضاً . وتوضع الكوابل المحورية عادة للميكروويف بمعاوقة ذاتية تساوي (Z_o=50Ω). جدول (١- ٢) يبين بعض الكوابل المحورية ورموزها المستعملة في الميكروويف.

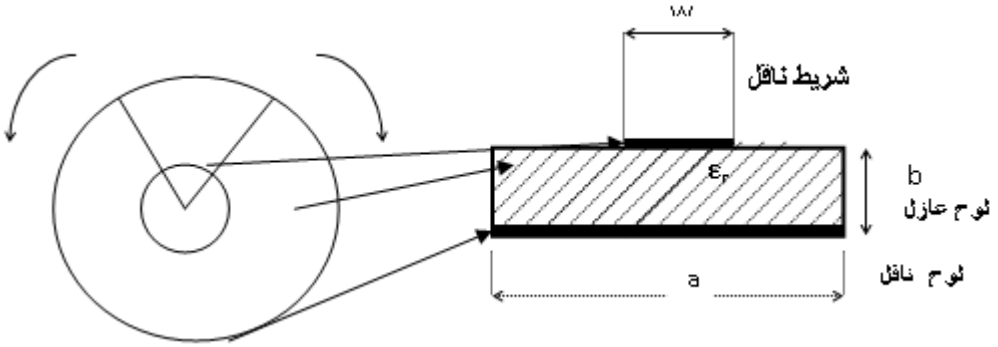
جدول(١- ٢): بعض الكوابل المحورية ورموزها المستعملة في الميكروويف

نوع الكابل	Z_o Ω	نوع العازل	مساحة سلك الناقل الداخلي	قطر العازل الخارجيD	200 MHz	400 MHz	500 MHz	900 MHz
RG-6	75	Foam PE	0.95	6.9	10	12.5	16.2	21
RG-59BU	75	PE	0.58	6.15	18	24	27.5	39.5
RG-11	75	Foam PE	1.63	10.3	7.2	10.5	12.1	17.1
RG-11 A/U	75	PE	0.40	10.3	10	14	16	24
RG-12 A/U	75	PE	0.4	14.1	10	14	16	24
RG-58 C/U	50	PE	0.18	4.95	23	33	20	28.5
RG-213 U	50	Pe	0.75	10.3	9	14	-	-
RG-62 A/U	93	PE	0.64	6.15	13	17	-	-

الفقد بالمائة متر (db/100m)

١- ٢- ٣ الميكروستريب (Microstrip)

هو عبارة عن كيبل محوري مفتوح بحيث يكون الناقل الخارجي مستوٍ وهو قاعدة أرضية للناقل الداخلي المعزول عنه بالوسط العازل ذي السماحية النسبية ε_r.

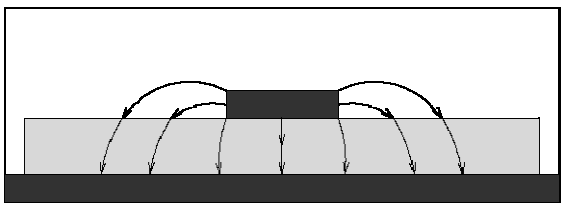


شكل ١- ٥: الميكروستريب

فالميكروستريب عبارة عن شريط ناقل مطبوع فوق سطح لوحة عازلة ذات سماحية ε_r نسبية مرتفعة و سطحها الآخر يمثل قاعدة أرضية ناقلة مثل ما هو مبين في الشكل (١- ٥).

عند توصيل إشارة ذات تردد عالٍ ميكروويف بالميكروستريب فإنه يتولد بين الشريط الناقل والقاعدة مجال كهرومغناطيسي من نوع أو شبيه جدا بنمط ما يعرف ب Transverse Electro Magnetic (TEM) أي الموجات الكهرومغناطيسية المستعرضة التي تنتشر على طول الميكروستريب الشكل ١- ٥ يبين خطوط المجال الكهربائي E لخط المايكروستريب وكما يبدو في الشكل فإن خطوط المجال الكهربائي تخترق وسطين مختلفين هما الهواء واللوحة العازلة فبالتالي يكون للموجة طولين مختلفين في الهواء وفي اللوحة العازلة وهو ما يؤدي عند حساب معاوقة الخط إلى استبدال السماحية النسبية للموجة ε_r بالسماحية الفعالة ε_e لازدواجية وسط الانتشار حسب القانون الآتي:

$$\varepsilon_e = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12b}{w}}}$$



شكل١- ٦: خطوط المجال الكهرومغناطيسى في الميكروستريب

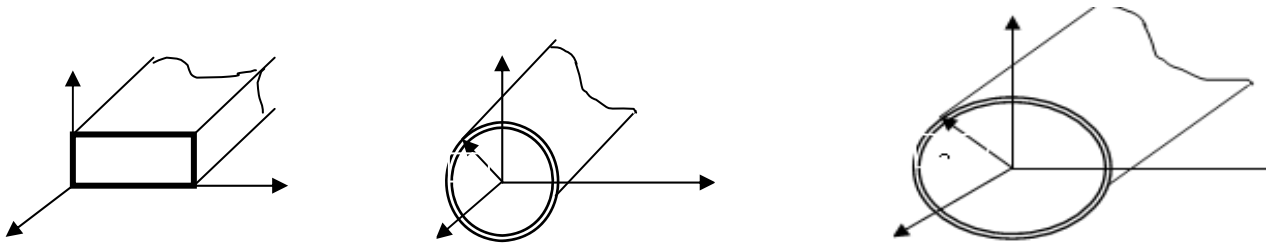
وتستعمل هذه السماحية الفعالة لحساب سرعة انتشار الموجة في الميكروستريب حسب العلاقة التالية:

$$v_p = \frac{c}{\varepsilon_e}$$

ومن مزايا الميكروستريب أنه يمكن من تصميم دوائر ميكروويف صغيرة الحجم مما يسمح لوضع عناصر لدائرة وخط النقل على لوحة مطبوعة واحدة وهو ما يطلق عليه تقنية Micowave Monolitlyc Integrated Circuit (MMIC) التي تستعمل في أجهزة الاتصالات الحديثة مثل الجوال و أجهزة استقبال الاتصالات عبر الأقمار الصناعية كذلك يمكن توليد هوائيات في نطاق الميكروويف.

١- ٢- ٤ الدليل الموجي

في الترددات العالية للميكروويف يمكن استعمال أنابيب معدنية فارغة لنقل الموجات (بسبب ظاهرة الجلد Skin effect). تنتشر الموجة داخل الأنبوب عن طريق الانعكاسات المتتالية على جدرانه ويسمى هذا الأنبوب الذي يقود الموجات الدليل الموجي. عادة تستعمل الأنابيب ذات مقاطع بسيطة إما مستطيلة أو دائرية أو بيضاوية (بيضاوية المقطع) وتكون إما صلبة أو لينة.



شكل ١- ٧: أشكال الدليل الموجي

وحتى يمكن انتشار الموجة في الدليل الموجي يجب أن يكون تردد الموجة مرتبط بأبعاد المقطع فكلما ارتفع التردد صغر حجم الدليل الموجي ولهذا السبب يكون استعمال الدليل الموجي في بداية من الترددات 3GHz وما فوق حيث ينتهي استعمال الكيبل المحوري لعلو الفقد فيه.

أما بالنسبة للدليل الموجي الذي وسطه الهواء ولا يحتوي على عازل فإن الفقد فيه قليل وخاصة إذا ما استعمل ناقل جيد لجدرانه ومن مميزاته نظراً لعدم وجود عازل داخلي في الدليل الموجي فإنه قادر على

نقل قدرة أعلى مما هو الحال بالنسبة للكوابل المحورية لعدم وجود خطر القفز الوميضي. وتبلغ قدرة الدليل الموجي حوالي أضعاف قدرة الناقل المحوري ويتميز أيضاً الدليل الموجي بالنسبة للكوابل المحورية بسعة النطاق حيث يمكن توصيل موجات ذات تردد عالٍ تصل إلى ما فوق 220 GHz في الوحدة الثانية نتعرف أكثر على الدليل الموجي وأهم تطبيقاته والعناصر التي يمكن أن يتكون منها.

تدريبات على الوحدة

١- ماهي ترددات و أطوال موجات الميكروويف؟.
٢- احسب طول الموجة بالسنتيمتر لموجة عند تردد f = 1 GHz و f= 30 GHz
٣- ماهي خصائص الميكروويف؟.
٤- هل يمكن أن يتواجد جبال أو مباني عالية بين محطات الربط للميكروويف؟ و لماذا؟.
٥- ماهي استعمالات الميكروويف؟.
٦- هل يمكن استخدام موجات تعديل التردد FM (التردد بالميجاهرتز) أو موجات الميكروويف (التردد بالجيجاهرتز) للاتصال عن طريق الأقمارالصناعية؟. و لماذا؟.
٧- وضح كيف يمكن استخدام موجات الميكروويف في تطبيقات صناعية و طبية و ما هذه التطبيقات؟.
٨- ما نظرية استخدام الموجات في أفران طهي الطعام بالميكروويف؟.
٩- لماذا يستخدم الميكروويف في تطبيقات الرادار لكشف الأهداف؟.
١٠- ما هي عيوب خطوط النقل في ترددات الميكروويف؟.
١١- اشرح ظاهرة الجلد Skin Effect.
١٢- ارسم مقطع للكيبل ثم ناقش مميزات الكوابل عن خطوط النقل.
١٣- ما هي مميزات دلائل الموجات عن الكوابل؟.
١٤- اشرح و ارسم الميكروستريب و ماهي استخداماته؟ ثم ارسم توزيع المجال فيه وماهي السماحية الفعالة ε_e و سرعة انتشار الموجات في الميكروستريب؟.