

خطوط النقل والألياف البصرية

اساسيات خطوط النقل



الوحدة الأولى : أساسيات خطوط النقل

الجدارة: القدرة على التعرف على أنواع خطوط النقل السلكية الرئيسية ودراسة أساسيات عملها وخصائصها الرئيسية...

الأهداف: عندما تكتمل هذه الوحدة تكون لدى المتدرب القدرة على أن:

- يعرف تركيب ومبدأ عمل خطوط النقل الثنائية والمحورية.
- يتعرف على الأنواع الرئيسية للكيبيلات المحورية.
- يتعرف على الخصائص الرئيسية لخطوط النقل.
- يتعرف على المواثمة الكلية وطرق الحصول عليها.

مستوى الاداء المطلوب: أن يصل المتدرب على إتقان الجدارة بنسبة ٩٠٪.

الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة: ٤ ساعات.

الوسائل المساعدة:

- السبورة
- استخدام برنامج "Power Point" لعرض محاضرات أساسيات خطوط النقل.

متطلبات الجدارة:- أن يكون المتدرب ملماً بمحتوى مقرر أساسيات الاتصالات.



أساسيات خطوط النقل

Basics of Transmission Lines

مقدمة

تعتبر خطوط النقل من العناصر الأساسية والأكثر تكلفة لأنظمة الاتصالات وتقوم بنقل وتوجيه الطاقة "الكهربائية أو الكهرومغناطيسية أو الضوئية" التي تحمل المعلومات المراد إرسالها من المرسل للمستقبل في نظم الاتصالات السلكية، أو من جهاز الإرسال لهوائي الإرسال أو من هوائي الاستقبال لجهاز الاستقبال في نظم الاتصالات اللاسلكية.

ويمكن تلخيص وظيفة خط النقل بأنه يتم خلاله نقل الطاقة من مكان لآخر. وتوجد مسميات كثيرة لخط النقل منها خط اتصال - خط إرسال - خط تراسل - قناة اتصال.

تتقسم خطوط النقل إلى خطوط كهربائية (الخط الثنائي، والكيبل المحوري... إلخ). وخطوط غير كهربائية (الألياف البصرية). وتوجد أنواع متعددة لخطوط النقل المستخدمة في أنظمة الاتصالات المختلفة منها:

- الخطوط الثنائية Two - Wire Lines
- الكيبل المحوري Coaxial Cable
- موجهاات الموجة Waveguides
- الخط الشريطي الدقيق Microstrip Line
- الألياف البصرية Optical Fibers

سوف نركز في هذه الوحدة على دراسة الخطوط الثنائية والكيبلات المحورية وفي الوحدات القادمة سنقوم بدراسة الألياف البصرية بالتفصيل، أما بقية الأنواع فيدرسها المتدرب في مقررات أخرى.



١ - ١ الخطوط الثنائية Two -Wire Lines

خطوط النقل الثنائية تتكون من خطين، أحدهما يسمى الذهاب ("Go" Line) والآخر يسمى الراجع ("Return" Line) بينهما مادة عازلة و تصنع هذه الخطوط من مواد موصلة مثل الأسلاك النحاسية.

تنتقل الإشارات عبر هذه الخطوط بترددات تتراوح من صفر هيرتز إلى بضع مئات (MHz) تعتمد قيمته على نوع الخط ومواصفاته القياسية ، لذلك تعتبر هذه الخطوط من ناحية كهربائية مرشحات تعمل على التردد المنخفض (Low Pass Filters-LPF). وحتى يكون هذا الخط منتظماً (Uniform) يجب أن يكون الموصلان (السلكان) من نفس المادة ولهما نفس الطول والقطر مع الحفاظ على ثبات المسافة بينهما.

تعتبر الخطوط الثنائية متوازنة كهربائياً (Balanced Lines) وذلك لأن الخط الذهاب والراجع لهما نفس السعة الكهربائية بالنسبة إلى الأرض حيث يمر فيهما نفس التيار ولكن باتجاه متعاكس. وتستخدم الخطوط الثنائية بشكل رئيسي في الشبكات الهاتفية وفي التوصيلات الكهربائية المختلفة. وتوجد أنواع متعددة من الخطوط الثنائية منها :-

- خط النقل الثنائي المفتوح Open Two-Wire Line

- يسمى خط ثنائي مفتوح لأن الموصلين لا يتم تغطيتهم بمادة عازلة ويفصل بينهما الهواء وتستخدم فواصل عازلة بانتظام على مسافات للحفاظ على ثبات المسافة بينهما حتى لا يحصل تماس (Short). ونظراً لأن الخط مكشوف فهو عرضة للتأثر بالعوامل الجوية وفقدته عالي.

- خط النقل الثنائي المغلف Shielded Pair Transmission Line

- يسمى بالمغلف لأن الموصلين يتم تغطيتهم ويفصل بينهما مادة بلاستيكية عازلة. وبالتالي يكون أقل عرضة للتأثر بالعوامل الجوية وفقدته أقل من الخط الثنائي المكشوف.

- خط النقل الثنائي المجدول Twisted Pair Transmission Line

يغطي الموصلين بطبقة من مادة بلاستيكية عازلة ويتم جدلهم معا وذلك للتقليل من أثر التداخل الكهرومغناطيسي بين الخطوط المتجاورة.



١ - ٢ الكيبل المحوري Coaxial Cable

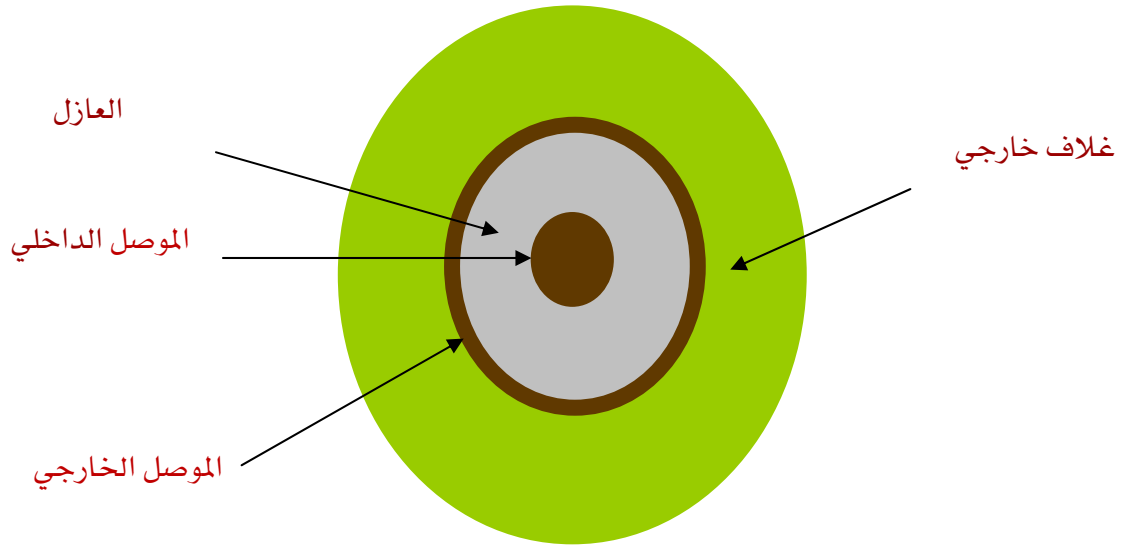
جاءت فكرة تصميم و تطوير خطوط النقل المحورية للتخلص من سلبيةات و مشاكل خطوط النقل الثنائية والتي من أهمها :

- التداخل الكهرومغناطيسي بين الخطوط الثنائية المتجاورة.
- صغر عرض النطاق الترددي الذي تعمل عليه الخطوط الثنائية وبالتالي قلة كمية المعلومات الممكن إرسالها عبر تلك الخطوط.
- الفقد العالي الذي تتعرض له الإشارات الكهربائية عند إرسالها عبر تلك الخطوط مما يوجب وضع محطات التقوية وإعادة البث على مسافات متقاربة مما يعني الزيادة الكبيرة في عددها وبالتالي ارتفاع التكاليف.
- تأثر تلك الخطوط بالعوامل الجوية من حرارة ورطوبة وأمطار وصواعق جوية مما يؤدي إلى زيادة مشاكل الإرسال وتدني مستوى الاتصال وجودته وايضا لقصر عمر تلك الخطوط.
- نتيجة لما سبق من السلبيةات فإن خطوط النقل الثنائية لا تستخدم بكثرة الآن في أنظمة الاتصالات وقد حل مكانها الخطوط المحورية أو ما يسمى الكيبلات المحورية (Coaxial Cables).

١ - ٢ - ١ التركيب الأساسي Basic Construction

يتكون الكيبل المحوري من الأجزاء الأساسية التالية انظر الشكل (١ - ١) :

- الموصل الداخلي (Inner Conductor)
- الموصل الخارجي (Outer Conductor)
- العازل (Dielectric) حيث يفصل الموصل الداخلي عن الخارجي
- الغلاف الخارجي (Jacket). تحتوي بعض الأنواع على طبقات وقاية إضافية تقع تحت الغلاف الخارجي.



الشكل (١ - ١) التركيب الأساسي للكابل المحوري

تعتبر الكيبلات المحورية خطوط اتصال غير متوازنة كهربائياً (Unbalanced Lines) ويعود ذلك إلى مبدأ تشغيل تلك الخطوط حيث يتم توصيل الجهد مع الموصل الداخلي مما يؤدي إلى شحنه بينما يبقى الموصل الخارجي خالياً من الشحنات حيث يتصل بالأرض وهذا يعني أن الموصل الداخلي والخارجي لهما سعة كهربائية مختلفة مقارنة مع الأرض وبالتالي فإن الكيبلات المحورية خطوط غير متوازنة كهربائياً.

وتنقسم الكيبلات المحورية إلى:

- كيبلات محورية هوائية أو صلبة Rigid or Air Coaxial Cables

تستخدم فواصل عازلة بانتظام على مسافات ثابتة لتثبيت الموصل الداخلي وعزله عن الخارجي حتى لا يحصل تماس (Short). والعازل بين الموصلين يكون إما هواء أو غاز خامل وفي هذه الحالة يكون الموصل الخارجي عبارة عن سطح أسطواني مصمت.

- كيبلات محورية مرنة Flexible Coaxial Cables

تستخدم مادة عازلة (بوليثلين أو غيرها) بين الموصلين الداخلي والخارجي. والموصل الخارجي يصنع من شبكة من الأسلاك الرفيعة ملفوفة فوق طبقة رقيقة من الألومنيوم. مثل الكيبل المستخدم مع جهاز استقبال القنوات الفضائية بالمنزل.



١ - ٢ - ٢ مميزات وعيوب الكيبلات المحورية

Advantages and Disadvantages of Coaxial Cables

■ أولاً: المميزات Advantages

١ - وجود الموصل الخارجي الذي يمنع دخول أي موجات كهرومغناطيسية خارجية وبالتالي عدم حدوث التداخل بين الخطوط المتجاورة.

٢ - ذات وثوقية عالية (Reliable) ، مما يعني أن العمر التشغيلي لها طويل نسبياً حيث يتراوح من ١٢ إلى ١٥ سنة عمل.

٣ - البساطة في الاستخدام والتركيب (Installation) حيث إنها لا تحتاج إلى فنيين مهرة.

٤ - إمكانية عملها على ترددات عالية مما يعني الحصول على نطاق ترددي (Bandwidth) عريض نسبياً وبالتالي إمكانية نقل أكبر كم ممكن من المعلومات.

■ ثانياً العيوب Disadvantages

١ - ذات فقد عالي نسبياً (Insertion Loss).

٢ - ذات إمكانيات محدودة في تحمل القدرة (Power Limitations).

ملاحظة عملية: كلما زاد قطر الكيبل: كلما قل الفقد وكلما زاد تحمل الكيبل للقدرة.

لذلك من الأفضل أن نتعامل مع الكيبلات ذات القطر الأكبر ولكن في هذه الحالة تزيد تكلفة ووزن الكيبل.

١ - ٣ المعاملات الأساسية لخطوط النقل Main Parameters of Transmission Lines

هنالك مجموعة من المعاملات أو الخصائص الأساسية لخطوط النقل الكهربائية والتي تتغير حسب نوع وشكل ومقاسات الخط وتتأثر بالظروف والعوامل المحيطة بها و أهمها:



١ - ٣ - ١ تردد التشغيل Operating Frequency

يعتبر التردد المعامل الهام الذي يجب معرفته عن خط النقل والذي بدوره يحدد عرض النطاق الترددي (Bandwidth) للخط وبالتالي سعة الإرسال (كمية المعلومات التي يمكن نقلها عبر الخط).
و تختلف قيمة تردد التشغيل باختلاف نوع الخط حيث تصل إلى بضع مئات (MHz) للخطوط الثنائية (حوالي 200MHz) بينما تصل إلى بضع آلاف (MHz) للكيبيلات المحورية حوالي (3GHz)

١ - ٣ - ٢ الدائرة الكهربائية المكافئة Electrical Equivalent Circuit

إن القيم الكهربائية الأساسية لخط النقل هي قيم موزعة على طول الخط وليست مركزة كممثل الدوائر العادية ولذلك فإنها تعتمد على طول الخط (ℓ) وتتكون الدائرة الكهربائية المكافئة تكون لطول معين من الخط نرمز له (dx) وتتكرر هذه الدائرة مع تكرار هذا الطول. ولا بد من الإشارة إلى أننا نفترض بأن خط النقل هو خط متجانس (Homogeneous Line) وبالتالي القيم الكهربائية ثابتة ولا تتغير على طول القطعة الواحدة (dx). وسوف نعبر عن تلك القيم بالرموز التالية:

$$R' = R / \ell \text{ ohm/m}$$

$$G' = G / \ell \text{ mho/m}$$

$$C' = C / \ell \text{ F/m}$$

$$L' = L / \ell \text{ H/m}$$

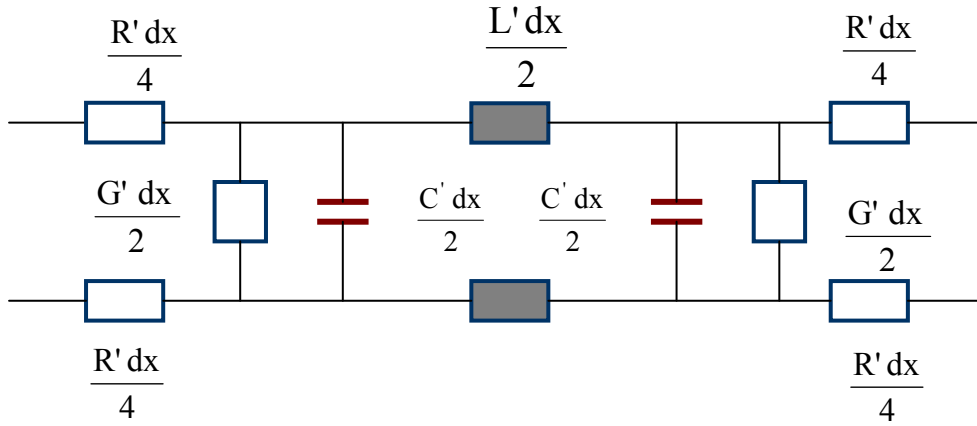
حيث إن R المقاومة (Resistance)، (تعتمد على نوع الموصل وتزداد مع زيادة التردد)

G الموصلية (Conductance)، (تعتمد على نوع العازل وتزداد مع زيادة التردد)

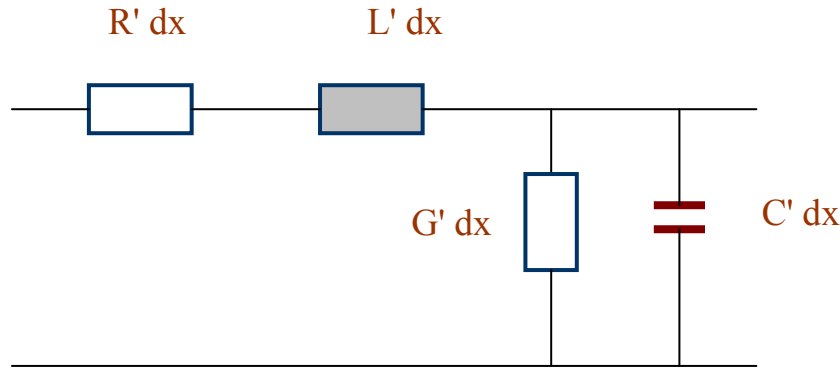
C السعة (Capacitance)، (تعتمد على نوع وحجم الموصل والمسافة بينهما وعلى نوع العازل)

L المحاثية (Inductance)، (تعتمد على نوع وحجم الموصل)

يوضح الشكل (١ - ٢) الدائرة الكهربائية المكافئة لخط اتصال ثنائي بطول (dx). ويوضح الشكل (١ - ٣) الدائرة الكهربائية المكافئة لكابل محوري بطول (dx) ويمكننا قياس خط النقل بدلالة وحدات الطول العادية (بالمتر أو الكيلومتر) أو بوحدة الطول الموجي.



الشكل (١- ٢) الدائرة الكهربائية المكافئة لخط الاتصال الشائ بطول (dx)



الشكل (١- ٣) الدائرة الكهربائية المكافئة للكيل المحوري لقطعة بطول (dx)

١- ٣- ٣ الممانعة المميزة "Z_c" Characteristic Impedance

بشكل عام فإن قيمة الممانعة المميزة لخط النقل تحسب من القيم الكهربائية للخط (R',L',C',G')، ويتم قياسها بوحدة الاوم.

و تعرف الممانعة المميزة لخطوط النقل Z_c حسب العلاقة (1.1)

$$Z_c = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}} \quad \Omega \quad (1.1)$$

ويمكن إيجاد قيمة الممانعة المميزة لخط النقل إما بالطريقة الحسابية أو بالطريقة العملية كالتالي:



▪ أولاً الطريقة الحسابية لإيجاد الممانعة المميزة

Mathematical Determination of Characteristic Impedance

- في حالة الخط الثنائي:

$$Z_c = \frac{276}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \left(\frac{2x}{d} \right) \quad \Omega \quad (1.2)$$

حيث إن x المسافة بين الموصلين.

d قطر الموصل.

ϵ_r ثابت العزل.

- في حالة الكيبل المحوري:

$$Z_c = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log_{10} \left(\frac{D}{d} \right), \quad \Omega \quad (1.3)$$

حيث إن d قطر الموصل الداخلي.

D قطر الموصل الخارجي.

ملحوظات:

- للحصول على كيبل محوري بمواصفات جيدة يجب أن تكون نسبة قطر الموصل الخارجي للدخلي ($D/d \approx 3.6$)

- في الواقع العملي، تقسم الكيبلات المحورية إلى مجموعتين:

▪ مجموعة ذات ممانعة مميزة تساوي ($Z_c = 50 \Omega$) وعادة ما تستخدم في أنظمة الاتصالات المختلفة.

▪ مجموعة ذات ممانعة مميزة تساوي ($Z_c = 75 \Omega$) وعادة ما تستخدم في كيبلات البث التلفزيوني (CTVD)



من المعادلات السابقة يتضح لنا أن الممانعة المميزة لخط النقل لا تعتمد على طول الخط ولا التردد الذي يعمل عنده الخط ولكن قيمة التردد تحدد مقدار التوهين الحادث للإشارة المنقولة عبر خط النقل ولكن تعتمد على:-

- حجم الموصلات

- المسافة بين الموصلات

- نوع العازل بين الموصلات

▪ ثانياً الطريقة العملية لإيجاد الممانعة المميزة

Practical Determination of Characteristic Impedance

تستخدم هذه الطريقة لجميع أنواع خطوط النقل وتحسب من العلاقة التالية:

$$Z_c = \sqrt{Z_{i,0} Z_{i,\infty}} \quad (1.4)$$

حيث إن:

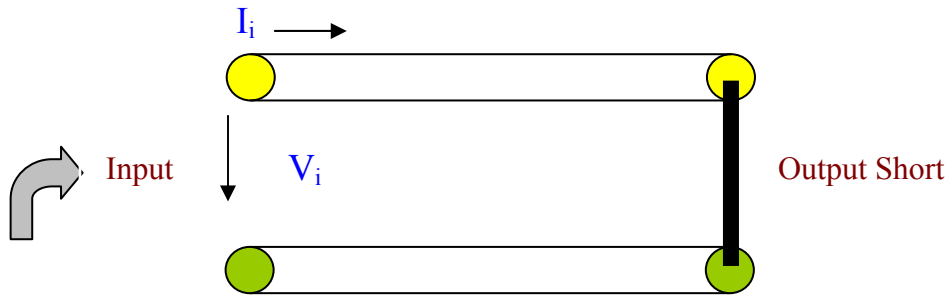
$Z_{i,0}$ ممانعة الدخول للخط عندما تكون ممانعة الخرج للخط ($Z_{out} = 0 \Omega$) الشكل (١ - ٤).

$Z_{i,\infty}$ ممانعة مدخل الخط عندما تكون ممانعة مخرج الخط ($Z_{out} = \infty \Omega$) الشكل (١ - ٥).

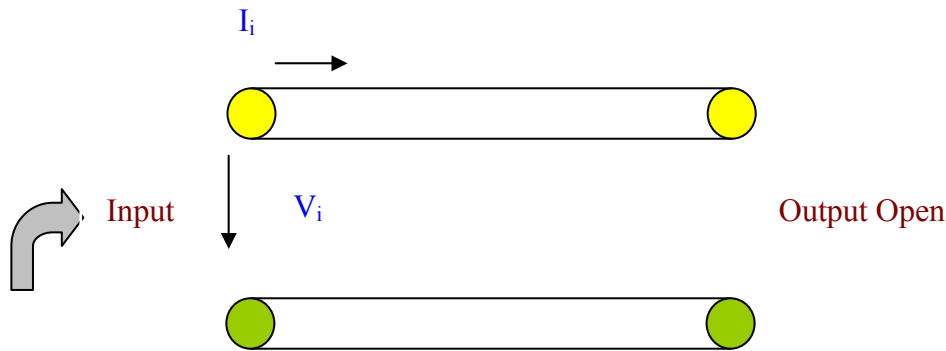
ويتم قياس التيار (I_i) و الجهد (V_i) باستخدام (Multimeter) وذلك حتى نتمكن من حساب ($Z_{i,0}$) و ($Z_{i,\infty}$) وفقاً للعلاقات التالية:

$$Z_{i,0} = \frac{V_i}{I_i} \quad \text{when} \quad (Z_{out} = 0 \Omega) \quad (1.5)$$

$$Z_{i,\infty} = \frac{V_i}{I_i} \quad \text{when} \quad (Z_{out} = \infty \Omega) \quad (1.6)$$



الشكل (١ - ٤) حالة نهاية الخط Short



الشكل (١ - ٥) حالة نهاية الخط Open

١ - ٣ - ٤ التوهين وفقد الخط Attenuation and Line Loss

- في الواقع العملي، انتشار الإشارات الكهربائية عبر خطوط النقل يصاحبه تناقص في مستوى الإشارة أو ما يسمى التوهين (Attenuation) وذلك نتيجة لحدوث الفقد (Loss) الذي ينقسم إلى:
- الفقد المرتبط بمقاومة الموصلات:- ويعتمد على نوع الموصل المصنوع منه خط النقل حيث تعتمد قيمته على قيمة المقاومة (R) ويظهر هذا الفقد في صورة انبعاث حراري.
 - الفقد المرتبط بالعازل المستخدم:- وتعتمد قيمته على نوع العازل بناء على قيمة ثابت العزل الكهربائي لمادة العازل ("ε" Dielectric Constant).
 - فقد الإشعاع:- ينتج عن خروج جزء من المجال الكهرومغناطيسي إلى خارج الخط دون عودة، لذلك يتم اللجوء لعملية التغليف (Shielding) وهي إحاطة خط النقل بغلاف معدني يوصل بالأرضي للتقليل من هذا الفقد وفي حالة الكيبل المحوري يعمل الموصل الخارجي كغلاف حماية من تداخل الموجات الكهرومغناطيسية.



- فقد الانعكاس:- وينتج عن إرتداد جزء من الموجات الكهرومغناطيسية المنقولة عبر خط النقل بإتجاه بداية الخط والسبب في ذلك هو عدم موافقة الممانعات (عدم مساواة ممانعة الخط مع ممانعة أجهزة الإرسال والاستقبال أو عدم تساوي الممانعة عبر الخط نفسه في مناطق الربط والتوصيل) كما سيتضح لاحقاً. ويقاس فقد الانعكاس عن طريق تحديد معامل الانعكاس والذي يحدد نسبة الموجة المنعكسة الى الموجة الساقطة.

▪ معامل الانعكاس Reflection Coefficient

يمكننا تحديد معامل الانعكاس والذي يرمز له (Γ) وتكون قيمته مركبة (Complex) وللحصول على القيمة الحقيقية لمعامل الانعكاس نأخذ القيمة المطلقة وفقاً للعلاقة التالية:

$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_L - Z_C}{Z_L + Z_C} \right| \quad (1.7)$$

حيث إن

Z_C هي الممانعة المميزة لخط النقل.

Z_L ممانعة الحمل (Load) الموصل مع نهاية الخط.

في حالة حصول الانعكاس نحصل على الموجة المستقرة (Standing Wave) والتي هي النسبة بين القيم القصوى والصغرى للمجموع الجبري لكل من الموجة الأمامية (Forward Wave) والمنتقلة من المصدر باتجاه الحمل والموجة العكسية (Reverse Wave) المنعكسة في اتجاه المصدر والتي تتواجد على خط النقل نتيجة عدم الموافقة ويمكن حساب معدلها من خلال معامل الانعكاس وفقاً للعلاقة التالية:-

$$SWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad (1.8)$$



عبارة عن قيمة القدرة الكهربائية بالوات التي يتحملها خط النقل دون أن يتلف والتي تعتمد على نوعية المواد المستخدمة في التصنيع، وحجم الخط.

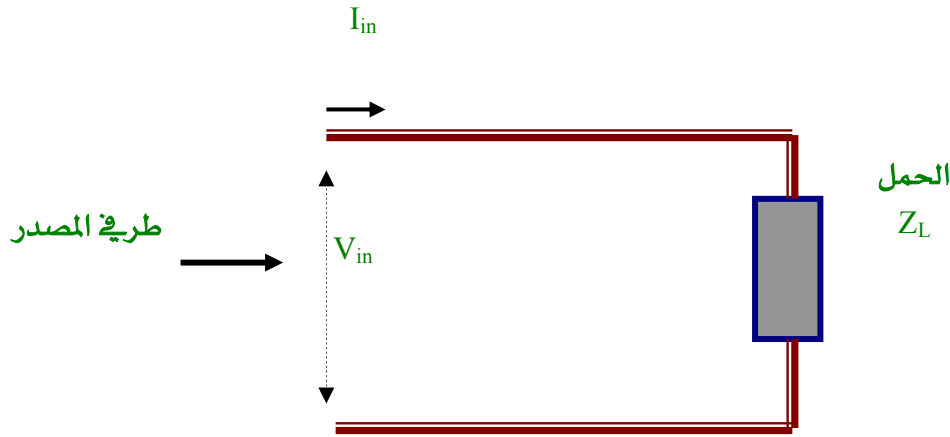
١ - ٣ - ٦ ممانعتي الدخل والخرج Input and Output Impedance

كما هو معلوم فإن لخطوط النقل طرفان، الدخل (Input) والذي يتم وصله مع المصدر والخرج (Output) الذي يتم وصله مع الحمل. كخط كهربائي يمكننا إيجاد ممانعة الدخل (Z_{in}) وممانعة الخرج (Z_{out}) كالآتي:

أ - ممانعة الدخل Z_{in} - Input Impedance

وهي ممانعة طرف الدخل للخط والتي تظهر من جهة المصدر (Source) وتتكون من ممانعة الخط وممانعة الحمل (Z_L) انظر الشكل (١ - ٦) وتقاس حسب العلاقة التالية

$$Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} \quad (1.9)$$



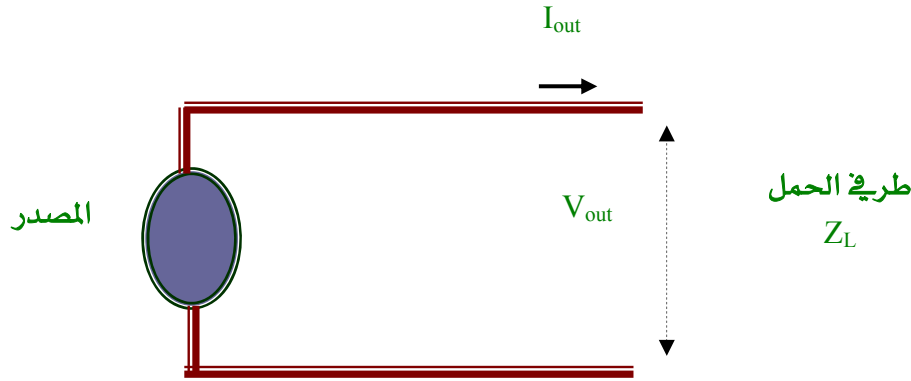
الشكل (١ - ٦) قياس ممانعة الدخل لخط النقل

ب - ممانعة الخرج Z_{out} - Output Impedance



وهي ممانعة طرف الخرج للخط والتي تظهر من جهة الحمل (Load) وتتكون من ممانعة الخط وممانعة المصدر (Z_S) انظر الشكل (٧ - ١) وتقاس حسب العلاقة التالية:

$$Z_{out} = \frac{V_{iout}}{I_{out}} \quad (1.10)$$



الشكل (٧ - ١) قياس ممانعة الخرج لخط النقل

١ - ٣ - ٧ موائمة الممانعة Impedance Matching

عند توصيل خطوط النقل مع بعضها البعض أو توصيل خط النقل مع المصدر أو الحمل يجب مراعاة أن تتحقق موائمة الممانعة وهي مساواة الممانعة المميزة للخط مع ممانعة المصدر أو الحمل أو الخط الآخر المراد التوصيل معه. ومن المهم تحقيق موائمة الممانعة وذلك للأسباب التالية:-

- الحصول على أقصى قيمة لتحويل القدرة من المصدر للحمل وهذه الحالة تسمى الموائمة الكلية.
- التقليل من الفقد في خط النقل .
- التقليل من ظاهرة الانعكاس عبر خط النقل والذي يؤثر سلباً على جودة النقل.

ملاحظة:- يتضح من العلاقات (1.7) و (1.8) أنه عند حدوث موائمة فإن ($\Gamma = 0$ & $SWR = 1$)

عند عدم وجود موائمة يجب استخدام طرق لتحقيق شرط الموائمة منها الطرق التالية:

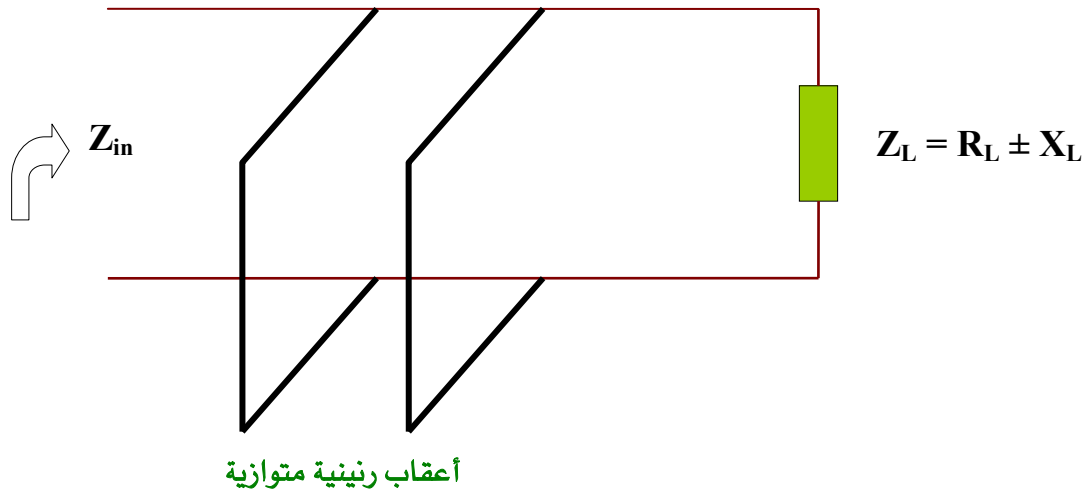


أ- طريقة المحول ذي الطول $\lambda/4$ $\lambda/4$ Transformer

تستخدم هذه الطريقة في حالة كون ممانعة الحمل ذات طبيعة مقاومية (Resistive Load) وفي حالة عدم مساواة ممانعتي الخط والحمل ($Z_c \neq Z_L$)، وتعتمد هذه الطريقة على استخدام قطعة من خط نقل بطول يساوي ربع الطول الموجي ($\lambda/4$) ويتم توصيلها بين خط النقل والحمل.

ب- طريقة الأعقاب الرنينية المتوازية Shunt Stubs Method

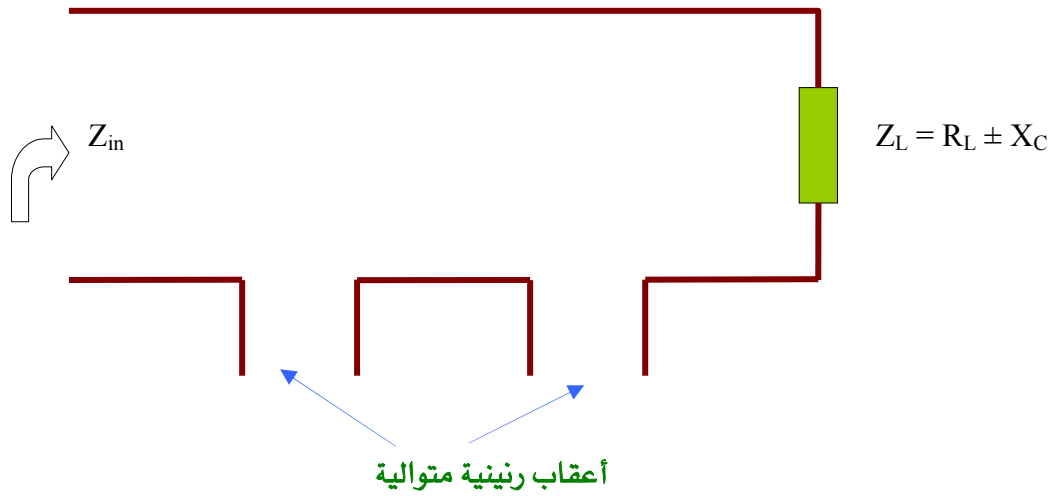
تستخدم هذه الطريقة في حالة كون ممانعة الحمل ذات طبيعة حثية (مقاومة وملف) حيث يتم توصيل عقب أو اثنين (الشكل ٨ - ١) بشكل مواز لخط النقل حيث يتم التخلص من الجزء التخيلي من الممانعة وبذلك تصبح ممانعة الخط تساوي ممانعة الحمل ($Z_c = Z_L$).



الشكل (٨ - ١) طريقة الأعقاب الرنينية المتوازية للحصول على الموازنة الكلية

ج - طريقة الأعقاب الرنينية المتوالي Series Stubs Method

تستخدم هذه الطريقة في حالة كون ممانعة الحمل ذات طبيعة سعوية (مقاومة ومكثف) حيث يتم توصيل عقب أو اثنين (الشكل ٩ - ١) على التوالي مع خط النقل حيث يتم التخلص من الجزء التخيلي من الممانعة وبذلك تصبح ممانعة الخط تساوي ممانعة الحمل ($Z_c = Z_L$).



الشكل (١- ٩) طريقة الأعقاب الرنينية المتوالية للحصول على الموائمة الكلية

١- تطبيقات خطوط النقل Transmission Lines Applications

■ أولا تطبيقات الخطوط الثنائية:

- الشبكات الهاتفية لتوصيل الخدمة من المقاسم للمباني (خطوط المشتركين)
- التمديدات داخل المباني
- الشبكات المحلية (LAN)

■ ثانيا تطبيقات الكيبلات المحورية:

- خطوط نقل المعلومات للمسافات البعيدة (أكثر من 10,000) مكاملة عبر الكيبل الواحد
- شبكات توزيع برامج التلفزيون (CTVD)
- للربط بين أجهزة الكمبيوتر
- الشبكات المحلية (LAN)



تدريبات على الوحدة الأولى

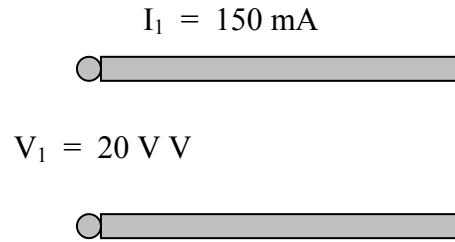
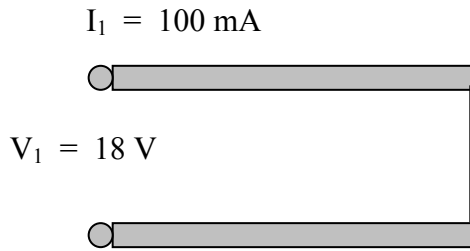
تمرين ١: أوجد الممانعة المميزة لخط نقل ثنائي له المواصفات التالية:

$$X=1 \text{ cm} \quad d=2 \text{ mm}$$
$$f=100 \text{ MHz} \quad \epsilon_r=2$$

تمرين ٢: أوجد الممانعة المميزة لكابل محوري بالمواصفات التالية:

$$D=10 \text{ mm} \quad d=1 \text{ mm}$$
$$f=100 \text{ MHz} \quad \epsilon_r=4$$

تمرين ٣: أوجد الممانعة المميزة لخط النقل الموضح أدناه:



تمرين ٤: لديك كابل محوري تم وصله إلى جهاز استقبال برامج المحطات الفضائية (Satellite Receiver). أوجد معامل الانعكاس كنسبة مئوية إذا علمت أن ممانعة الجهاز (70Ω) والممانعة المميزة للكابل (75Ω).

تمرين ٥: وضّح المعلومات التالية:

- خط النقل الثنائي يعتبر خطأ متوازناً كهربائياً.
- خط النقل الثنائي المفتوح يعتبر أسوأ خطوط النقل.
- سعة نقل المعلومات عبر الكابل المحوري عالية نسبياً.
- نوعية النقل عبر الكابل المحوري أفضل منها بكثير عبر الخطوط الثنائية المفتوحة.
- يمكننا اعتبار خط النقل الثنائي كمرشح للترددات المنخفضة (LPF).
- عند ربط وتوصيل خطوط النقل مع بعضها البعض يجب مراعاة موثمة الممانعات.



- يستخدم في بعض الكيبلات المحورية طبقة من الألمنيوم تحت الغطاء الخارجي.
- يفضل من ناحية عملية استخدام الكيبلات المحورية ذات القطر الأكبر.
- العمر التشغيلي لخطوط النقل الثنائية المفتوحة أقل بكثير منه للكيبلات المحورية.