

خطوط النقل

Transmission

Lines

By

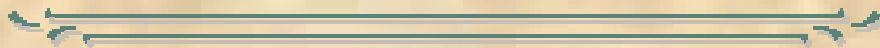
Mohammed k.b محمد

خطوط النقل T.L Transmission Lines



كلام لاسلكي

وأنت تقف على سطح الارض ناظرا بامالك نحو السماء تتطلع الى الهوائي الذي صنعته بنفسك او ركبته جاهزاً وتطيل النظر اليه ،، وقد ملاء الشوق جوانحك استعدادا منك لاختبار اتصال او تلقي مكالمه او حتى صامتا - ستاند باي ، تستمع لموجات الاثير تنقل اليك احاديث الاحبه .. وقد تفسحت اسماعك لكل كلمة او معلومة منهم ، عليها تفتح لك أفاق في الرضا من نفسك في علمك وتعلمك .. تسرك الاجواء ان كانت صافيه والاشارات نقيه قويه تصل الى هوائيك ، وتخبرك إن عملك جيد لحد الان ،، ولينال منك الرضا والحبور، بالنتائج الباهرة التي حققتها لمحطتك .. اما ان كانت تلك الاشارات في تملوج كما الرياح.. وتصلك احيانا وتنقطع اخرى .. عندها يراودك شعور، ان الموضوع لا بد له من تدقيق واعادت نظر .. وهكذا انت اخي الهاوي الكريم ، بين حال من الرضا وحال من التسليم لقضاء الله وقدره في البروبكيشن منقادا لرغباته وتذبذباته ،، ناسيا ان القضية وسرها الاول واقعا تحت قدميك .. نعم .. على تلك الارض التي تقف عليها ، تبدأ القضية .. في عالم الاشارات اللاسلكيه.



المكثف العظيم

لطالما تصورت الارض لوحا مسطحا عظيما ،، وتخيّلتها مستطيل كبير جدا بمساحته الشاسعه الواسعه .. مشحونا بشحنته الموجبه ، دوما وابدأ ومنذ الازل .. فما الأرض التي نقف عليها الا لوح مكثف كبير جدا ،، وما الطبقات في الغلاف الغازي الا الواح عظيمه ايضا، مشحونه طبقاتها العليا بالكهارب ألسالبه ، نتيجة الشحن الشمسي المستمر عليها ، وهي وسطح الارض تشكل ذلك المكثف العظيم .. المتغير في سعته على الدوام ..

ان اي شحنه تنطلق وسط هذا المكثف الكبير مصيرها الى التذبذب بين ذينيك اللوحين العظيمين ، لتنتهي بالتفريغ في لوحه الموجب .. اي الارض .. خذ البروق مثلا ،، فالغيمه تفرغ شحنتها بين اللوحين مع غيمه اخرى مختلفه الشحنه ، مرة .. وأخرى تفرغها مع الارض الموجبه ،، لتتير لك السماء بذلك الشرر المتذبذب الجميل بلونيه المميزين الازرق والوردي ، الذي يتردد بين السماء والارض بسرعه الهائله تلك ، كما حال المكثفات عند تفريغها الشرري السريع ،، .. الا .. ان القضيه تاخذ مجالا اخر من الرؤيا لو كان ذلك التيار الكهربائي المشحون في السماء له ذبذبات عاليه في حدود التردد الراديوي .. عندها ستنقل الطاقه بين لوحي مكثف الارض وفق الترددات المختلفه ،، فاما امتصاص سريع او انتقال مستمر لها ولمسافات معينه (وحتى دوران حول الارض) ، او خرقا للالواح الهوائيه على غير عوده لها .. ونتوقع من ذلك ان بعض الترددات تعمل على ذلك المكثف العظيم افضل من غيرها .. أظن الفكره وصلت اليك .. طيب نتامل اكثر لنعلم اكثر .

لو تخيلنا طبقات الهواء و سطحناها بشكل الواح عظيمه واقفه عموديا جنب لوح الارض ، وطبعا تشحن هذه الالواح باستمرار بطاقه الشمس في طبقاتها العليا ، والفراغ بينها ولوح الارض هو الهواء (بمكوناته) وهو عازل جيد جدا كما تعلم .. عندها سيكون لدينا تفريغ منتظم مع الارض التي هي اللوح الموجب حسب اوقات الليل والنهار . ففي النهار شحن كامل وفي الليل تفريغ كامل وعند الفجر والغروب تعادل شحنات وهي اسمى الاوقات للانسان وكل كائن حي آخر (كري لاين)..

اذن عندما ترفع هوائك عاليا وسط بدايه الطبقة الهوائيه الاقرب اليك فانت بالحقيقه تغرس ذلك القطب (الهوائي) في جسم ذلك اللوح وطبعا القطب الاخر هو الارض ، عندها اصبحت تتعامل مع المكثف العظيم بواسطة شحنه بتياراتك اللاسلكيه التي تعمل عليها .. ثم انك توصل ذلك الغرس الالكتروني ليس للطبقة الاقرب فقط ، بل انت تغرس الشحنات على كل الطبقات لو علمت متى تفعل ذلك حسب التردد والوقت والقدرة التي تعمل عليها ..

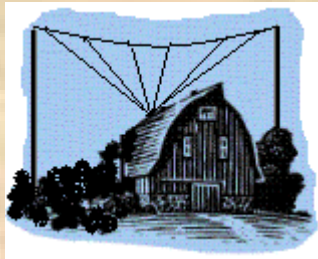
الان الصوره صارت اكثر وضوحا .. بل إن القضييه اكثر من ذلك ،، فان شحنات التردد العالي التي يطلقها هوائيك تتجول بشكل كتله كبيره جدا ، وقد تتذبذب بين السماء والارض ، اي اللوحين العظيمين وعلى عدة قفزات (تفريغات) قبل ان تنتهي ، ولا احد يمكن له ان يسمعك عندها .. بعد عدة الاف من الاميال .. وربما كان لها أن تدور تلك التفريغات (الموجات) ، الارض كلها عدة مرات .. فما اسعدك لو حصل يوما لك ذلك ..

من هنا سننطلق اليوم معا.. والعامل الاساس والمهم ، الذي يربط بين محطتك التي تجهز الطاقه الراديويه والهوائي الذي تغرسه في جسم الايونوسفير .. ما ذاك العامل .. الا خطوط نقل الطاقه الكهرومغناطيسييه التي سمينها خطوط النقل T.L.. ايها الاحبه الكرام ..

خطوط النقل الاولى

لم تكن خطوط النقل معروفه ايام الراديو الاولى بل كانت بشكلها البسيط ، عباره عن سلك ارضي وسلك اخر يمتد نحو اعلى سقف البناء ، الذي يحوي محطة الراديو طبعا ، ليغذي مجموعة الهوائي المنشور على شكل خطوط شعاعيه مركزها نقطة التغذية ، ونهاية تلك الاسلاك مثبتته على سلك افقي مشدود بين صاريين مرتفعين .. تلك الهوائيات المروحيه الكبيره ماعادت تستخدم ولغاية فترة الاربعينات والخمسينات ، لانها هوائيات فولتية تناسب كثيرا الصمامات الالكترونييه ، كونها (اي الصمامات) ادوات تتعامل مع الفولتية .

وكثيرا ما كانت المحطات الصغيره المحموله في تلك الفترات ، ترفع هوائيين مزدوجين احدهما للارسال والآخر للاستلام ، مثبتان على بدن الجهاز نفسه .. عند تلك الأوقات المميزه الأولى .. وهي الوسيله الأولى للهوائيات التلسكوبية التي شاع استخدامها لاحقا ، ، فترة الحرب العظمى الثانيه .



نعود لخطوط النقل ،، ونرى ان المشغلون الاوائل فطنوا الى ان تصرف التيار الراديوي عند خطوط النقل المفردة ، يشابه تماما تصرفه على هوائي الارسال وهو منتقلا على خط النقل ذاك ، وبالتالي فانه يشع ايضا تيارا لاسلكيا .. وهنا ولدت اولى افكار خطوط نقل الفولتيات والتيارات الراديويه بواسطة سلكين متوازيين نحو الهوائي المرغوب اشعاع الطاقه منه .. فما الهوائي الدايبول حقيقتا .. الا خط نقل مفتوح الطرفين بزاوية ١٨٠ درجة عند نهايته ، ليمثل هوائي الدايبول العادي المألوف لديكم والذي نستخدمه اساسا لمعظم الهوائيات.. ايها الاخوة الهواة الاكارم .

خطوط النقل T.L

تستخدم خطوط النقل Transmission Lines لنقل القدره اللاسلكيه المتمثله بالتيارات والفولتيات في حدود الترددات الراديويه .. من نقطه الى اخرى .. ومثالها نقلها من جهاز الارسال الى الهوائي وكذلك من الهوائي الى جهاز الاستقبال لديك ..

وعند استخدامها للترددات العاليه ، ستعمل تلك الخطوط بمواصفات خاصه تعتمد على نوع ذلك الاستخدام وعلى القدره المنقوله بها .. وسابين لكم اليوم فقط نوعين مشهورين منها ، لندرس خواصها ، و لكي يكون لنا تصور كامل عما نريد فعله تجاه محطة الهواة التي نعمل عليها ،، ولكن قبل ذلك دعونا نشرح قضيته في غاية الاهميه بالنسبه لخطوط النقل وهي :-

فولتيه الشراره Flash Over Voltage

ان مقدار القدره الكهربائيه المنقوله بواسطة خط النقل تتمدد بواسطة مايسمى بالفولتيه التي تحدث الشراره Flash Over Voltage والتي تعتمد على المسافه بين السلكين وعلى الماده العازله لهما . فلو فرضنا ان المسافه بين السلكين ثابتة وغيرنا الماده العازله بينهما فسنجد ان استخدام الهواء كماده عازله يزيد من قابليه الخط في نقل القدره الراديويه العاليه مقارنة باستخدام العوازل الاخرى بين الاسلاك . وهذه نقطه مهمة جدا ..

إن Flash Over Voltage هي الفولتيه التي تحدث الشراره الكهربائيه ، وهي كبيره جدا في حالة استخدام الهواء عازلا عند خطوط النقل الثنائيه الاسلاك ، عن النوع الثاني الذي يستخدم المواد العازله الاخرى بين الاسلاك ، والمغلفه بالظفيره المعدنيه التي هي احد مكونات خطوط النقل ، والتي تستخدم العوازل غير الهواء طبعا ، والمحيطه بالماده العازله نفسها ، فتلك الظفيره لها عدة وظائف ، ..

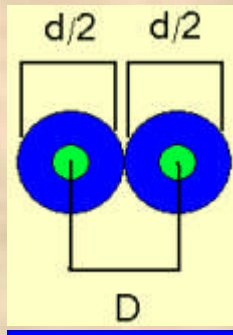
فهي تمثل خط السلك الثاني لخط النقل الكواكسيال المفرد ، كما انها تقوم بمد الخط بالقدره الميكانيكية للشد وتقوي من متانته ، اضافة إلى أنها تقوم بعكس الاشعاعات الكهرومغناطيسييه المنبعثه من السلكين في حالة خطوط النقل الثنائيه المغلفه وكذلك خط الكواكسيال وتمنع من مقاومتهما .

أما الأرضي الذي يربط لتلك الخطوط الثنائي المغلفه بالظفيره المعدنيه وبعض الكواكسيال ايضا (المحتوي على ظفيرتين معدنيتين) فيكون التاريث عند نقطة الظفيرة المعدنيه الخارجيه ،، وذلك لتسريب الفولتيات غير المرغوبه فيها نحو الأرض (عموما الفولتيات السعويه الضوضائيه .. وفولتيات الحرارة الضوضائيه ،، وفولتيات اشعة اكس الساقطة على الخط من المحيط الخارجي)..

معادلة خط النقل المتوازي:-

الآن لو أخذنا مقطع عرضي للسلك واعتبرنا ان قطره هو (d) والمسافة بين مركزي السلكين المتوازيين هي (S) بقصد قياس الممانعه المميزه له (Zo) فتكون معادلة الحساب لدينا كما يلي :-

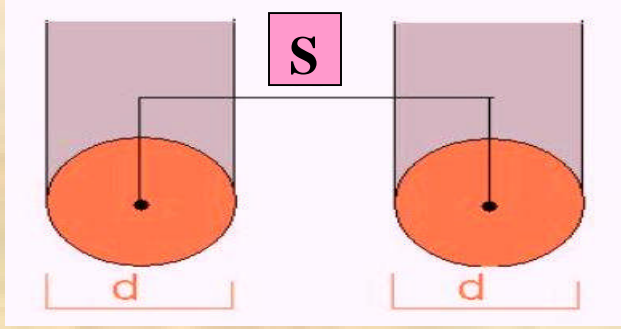
$$Z_0 = 276/\sqrt{k} \cdot \log 10^{2s/d} = \Omega$$



بصيغة الكلمات يعني قيمة الممانعه (Zo) = 276 تقسيم نسبة العزل تحت الجذر ضرب لو غارتم 10 ضرب (قيمة S * 2) تقسيم d ، على إن القيمة المعطاة في هذه الحالة نظريه ، لأنه لا يمكن أن يتلامس الموصلان عمليا .

لذا يجب أن تكون المسافة S = على الأقل 2d

كما ترى في الرسمه التوضيحه ادناه ..



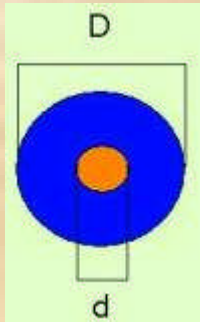
حيث $k =$ ثابت العزل ، وهي للهواء تساوي واحد وتسمى بثابت العزل (dielectric constant) ان التعامل مع هذه الصيغه والجداول المرفقه اللاحقه هي بسيطه بالتمرن عليها وتعتبر هذه المعادلة أساس قياس استخراج اي ممانعه لاي سلكين متوازيين متوفران لديك .

معادلة خط النقل الكواكسيال:-

لو أخذنا مقطع عرضي لخط نقل محوري قطر الموصل الخارجي له (D) وقطر الموصل الداخلي له (d) فان الممانعة المميزة له (Zo) هي :-

$$Z_0 = 138/\sqrt{k} \cdot \log_{10} D/d = \Omega$$

بصيغة الكلمات يعني قيمة الممانعة (Zo) = 138 تقسيم نسبة العزل تحت الجذر ضرب لوغاريتم 10 ضرب (قيمة D) تقسيم d ، كما ترى في الرسمه التوضيحه أدناه ..



أنواع خطوط النقل

إن دراسة خطوط النقل T.L ضمن مادة الهوائيات يعود الى فهم عمل الهوائيات وخواصها ،، لانه يرتبط بدراسة خطوط النقل تلك ، توزيع التيارات والفولتيات عليها ، وكيفية حدوث الاشعاع منها ، وكذلك دراسة نماذج الاشعاع لها ، والنوعين الذين سندرسهما وكما مر سابقا ، هما الاكثر استعمالا لدى الهواة وكما في ادناه:

1- خط النقل باستخدام السلكين المتوازيين.... Tow parallel wire Line

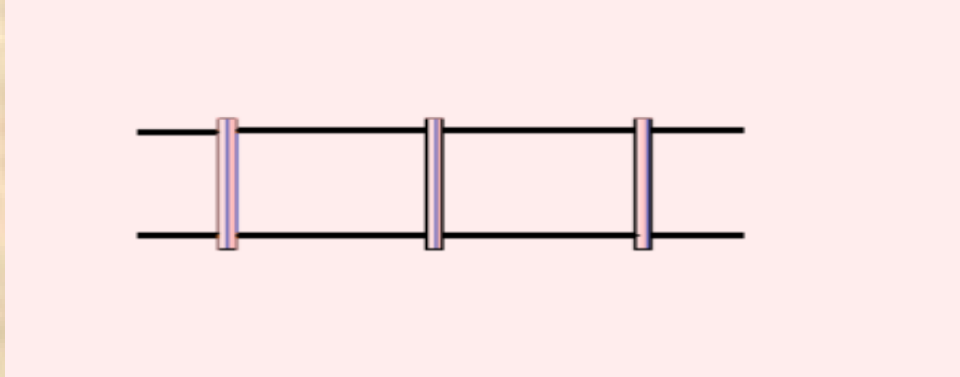
2- خط النقل المحوري Coaxial Line

خط النقل باستخدام السلكين المتوازيين Tow parallel wire Line

بدأ ،، لم يعد هذا النوع من خطوط النقل يغري الهواة او يثير حماسهم في الوقت الحاضر مع ما يملك من جماليه وفخامه للموقع المنصوب عليه (شباك سلكيه موجهه) ، مع وجود البدائل الافضل والاحسن أداءا ، واعني خطوط النقل المحوريه Coaxial Line .. لكن ساتناول هذا الموضوع بالدراسة النظرية كونه مازال يمثل اساس دراسة الهوائيات ، خصوصا السلكيه منها ،، وكذلك هو مفتاح فهم مادة الهوائيات بشكل اساس .. لذا سنركز بالدراسة على اهم خصائص هذا النوع من خطوط النقل ، وابين لكم العوامل المؤثره عليه وبالتالي ماينطبق عليها ينطبق على هوائيات الدايبول ضمنا .. والتي هي اساس الهوائيات التي نعمل عليها حاليا كما تعلمون ايها الاحب ه ..

تتميز خطوط النقل الثنائية المتوازية الأسلاك بأنها تستخدم لنقل الترددات الراديوية التي هي أقل من ٣٠٠ Mhz أي انه لا يستخدم في نظام المايكرويف (Microwave) وينقسم هذا النوع الى نوعين اساسيين هما :-

١. خط النقل المتوازي الذي يستخدم الهواء كمادة عازله وتستخدم فيه العوازل الفاصله ليمر السلكين المتوازيين عبرها ،، ومازال هذا النوع يستخدم مع هوائيات ٣٠٠ اوم كون ممانعته ٣٠٠ اوم تقريبا .
والذي يتميز بنقله للقدرات العاليه.. وفي أدناه جدول بالمواد العازلة وتحملها الكهربى..

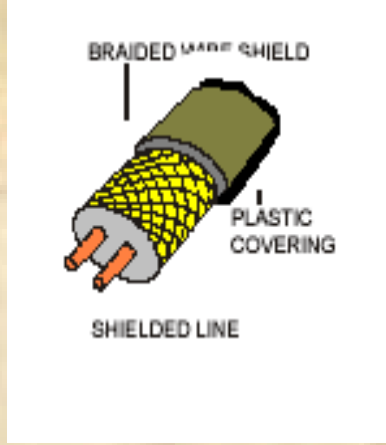


خط النقل المتوازي بالأسلاك الثنائية الذي يستخدم الهواء عازلا

جدول المواد العازله وتحملها للضغط الكهربائي

ألماده العازله	ثابت العزل	التحمل للضغط الكهربائي بالكيلو فولت / ملم مربع
هواء	١	٣
مايكا	٧-٥	١٧٥ - ٩٨
زيت برافين	٢.٥-٢	٢٠ - ١٥
ورق مزيت	٣	٨
زجاج	٨-٧.٦	١٠ - ٨
بولستيرين	٢.٦	٢٨ - ٢٠
فخار	٥	٤٠
فورميكا	٤.٩ - ٤.٦	١٨
فيبير	٧.٥ - ٥	٧ - ٥.٨
رخام	٩ - ٨	٤ - ١
اسبستوس	٨ - ٦	٣ - ٢
صوف زجاجي	٣.٥ - ٣	١٢٠ - ٨٠
فازلين	٢.٦ - ٢.٢	٢٥ - ٢٠
سفول/عازل محولات	٥ - ٤.٨	١٨ - ١٤

٢. خط النقل المتوازي الذي يستخدم المواد العازله بين السلكين وحولهما والمواد العازله المغلفه للخط كله مع الظفيره المعدنيه المحيطه طبعا .



خط النقل المتوازي بالأسلاك
الثنائية الذي يستخدم المواد
العازله و الضفيرة المعدنية

خط النقل المحوري Coaxial Line

يتميز خط النقل المحوري (Coaxial Line) بانه الاكثر شيوعا واستخداما اليوم بين الهواة عبر العالم ، وكونه الخط العملي الأكثر مرونة مع متطلبات هاوي اللاسلكي ، لاسباب عديده لاتخفى عليكم ، لما تتمتع به هذه الخطوط من خصائص جمه مع تعدد انواعها وممانعاتها المختلفه والتي تشكل اساس عمل كل محطه .. ويقسم هذا النوع الى ثلاثة اقسام فرعيه وحسب متطلبات هاوي الراديو ..

١ - خط النقل المرن (جدا) Flexible Coaxial Line

لعل هذا النوع هو اكثر الانواع شيوعا واستخداما من قبل الهواة لما يتميز به من مواصفات ومرونة عاليه جدا وعملي جدا خصوصا مع المحطات الثابته ، والمحطات المتنقله عند المخيمات والرحلات ، ، وكذلك محطات (QRP) التي تناسبها الانواع الرفيعه منه . ولما يتمتع به من مقاومه جيده جدا للظروف الجويه المختلفه ، اذا تم التعامل معه بشكل جيد ، لان تركه في الشمس والرطوبه فترات طويله جدا دون معاينه وحمايه له ، ممكن ان تتيسر مادته العازله وينكسر او تحدث عليه شقوق تسبب تلف للظفيره المعدنيه المغلفه للخط وربما تاكل لها نتيجة الماء والرطوبه ، فيبدأ الخط يسرب راديويا ، وهذا يسبب تداخلات بامواج موقوفه ، ناهيك من خطر (short) الذي قد يحدث على الخط ..

عمليا يراجع الخط في كل سنه مرتين او ثلاثه خصوصا عند نهايتيه واجراء الصيانه اللازمه عليه (لفات بالتيب العازل ، تثبيت عوازل تحميه من الإطراف نهاية الموصلات ، تثبيت عوازل أفقيه بشكل قنوات افقيه تحت وفوق الخط .. تحميه من تاثيرات الارض وحرارة الاسمنت) واسوء ما يمكن حدوثه لهذا الخط ، هوان يحدث له طيا على مقطعه العرضي ، ليفقد خصائصه عند تلك النقطة (تغير سعته الافتراضيه) وبالتالي تصبح تلك النقطة قيمه من معاوقه كهربائيه مربوطه كانما على الخط نفسه . . عموما تعمل هذه الخطوط على ترددات لغاية ١٨ كيكاهيرتز ($1\text{GHz}=10^{12}\text{ Hz}$) وتتحمل طاقه تصل لغاية عدة كيلو واط للانواع الغاليه الكبيره منها .

ثانيا - خط النقل المرن (الصلب جزئيا) Flexible soled Coaxial Line

هذا الخط يكاد يتميز بمواصفات عالية جدا للمحطات الثابتة وذات الحركة الجزئية ، كونه يتمتع بصلابة مغلفه البلاستيكي الخارجي وسماكة مقطعه ، فهو كبير ، قد يصل لنصف بوصة وهو من الخطوط الحديثه مثالها واير طراز (LMR400) ، علما ان اقطاره تبدا من أجزاء من ألبوصه وتصل لغاية ٩ بوصات وحتى اكثر للترددات الأعلى من ١٠٠٠ ميكا هيرتز ، الا انه يجب ان يربط على نهايته وصله مرنه من اجل حرية حركة الهوائي ، ويفضل ان تكون تلك الوصله من الانواع الجيده (دبل سيل) اي ان لها ظفريتين معدنيتين بدل واحده ، لاتمام كمال الخط وعدم تسريبه في تلك النقطة من اجل التداخل ، كون تلك الوصله فيها كثرة حركة ودوران .

أما عند ربطه عبر بوكس السيطرة (يحوي متمات كهربائيه توزع لعدة هوائيات بالتحكم الكهربائي عند مفتاح يمتد منها الى قرب الراديو) فيمكن الربط المباشر لها عبر الكونكتر المخصص للدخول في ذلك الصندوق..

ومعلوم لديكم ان هذا الخط يتكون من موصل داخلي (Inner conductor) وموصلا خارجيا بشكل ظفيره (Outer conductor) مغلفه بالعازل تمنع تأثير الرطوبة والحراره والرياح اضافة لفوائدها المشار اليها في اعلاه ، كما ان مساحة مقطعه الداخلي صغير ومحاط بماده عازله ايضا تحدد مع قطر السلك قيمة الممانعه المميزه له (ZO) من خلالها .

ثالثا- خط النقل الصلب Rigid Coaxial Line

لا يستخدم معظم الهواة هذا النوع من الخطوط كونه كبيرا وثابت لا يمكن نقله وهو عبارة عن انابيب معدنيه في داخلها يربط الموصل الداخلي ومسدودة من النهايتين ويجري ربط الانبوب باخر ثاني عن طريق وصلات شد محكمه . حيث توجد داخل كل انبوب عوازل قرصيه مهمتها تثبيت الموصل الداخلي ، و حيث يملأ الانبوب تحت ضغط منخفض ، بأحد الغازات الخاملة كالنتروجين أو الهليوم .
عموما لاتستخدم هذه الانواع الا في الابراج الثابته العاليه ، وهي كفوءه جدا في تحمل القدرات العاليه ، حيث تعتمد (Flash Over Voltage) على نوعيه الغاز والضغط داخل الانبوب . ولنطلع معا على اهم العوامل المؤثره لخطوط النقل ..

العوامل المؤثره لخطوط النقل

١. فقد الطاقه في الاسلاك..... Power Losses
أ.فقد الموصل..... conductor Losses
ب. الفقد الاشعاعي..... Radiation Losses
ج. الفقد في العازل..... Dielectric Losses
٢. الممانعة المميزة Characteristic Impedance
٣. الايصاليه Conductance
٤. السماحيه Admittance
٥. عامل السرعة Velocity Factor
٦. ممانعة الدخول..... Input Impedance

الآن لنشرح هذه العوامل :-

أولاً:- فقد الطاقة في الأسلاك

معلوم لديكم ان نقل الطاقه عبر الاسلاك يعاني من فقد فيها ، بمختلف الاشكال خصوصا عند الترددات الراديويه ، ويمكن لنا ان نجمل هذا الفقد في ثلاثة انواع وحسب مايلي:

١.فقد الموصل:-

يحصل هذا النوع من الفقد نتيجة وجود المقاومة الاوميه في السلك نفسه ، وكلما كان مقطع السلك كبير زادت تلك المقاومة .. على انه في نطاق الترددات الراديويه المرتفعه ستكون تلك النسبه منخفضة لان التيارات اللاسلكية ستفضل عندها الانتقال عبر الجسم الخارجي للسلك حسب الظاهره المعروفه (بالتاثير القشري) Skin effect وهي الظاهره الفيزياويه التي تحدث عند الامواج الراديويه المتناهية الصغر، لان خطوط النقل العاديه لايمكن استخدامها لهذا النوع ، بسبب الطول الموجي القصير لها فتكون المسافة بين السلكيين مقاربه لنصف الطول الموجي ، لذلك يحصل فقدان على شكل إشعاع إضافة لحصول تضاؤل في الاشارة عند الترددات الراديويه التي بحدود ٣ كيكاهرتز فما فوق ، حيث يتركز المجال الكهربائي والمغناطيسي عند قشرة السطح الخارجي للموصل ، وبذلك تقل المساحة الحقيقيه للموصل وتقل مقاومه مرة اخرى وحسب العلاقه التاليه

$$R=P*L/A$$

A = مساحة السلك

P = المقاومة النوعيه للسلك

L = طول السلك

R = مقاومة السلك

فائده: لزيادة الكفاءه من اجل زيادة الاشعاع نلجا لتكبير مقطع المادة للنانابيب خصوصا عند الهوائيات الموجهه..

وبالتالي يمكن حساب تلك المقاومة حسب المعادله اعلاه .. وبصيغة
الكلمات تكون المقاومة = المقاومة النوعيه * طول السلك / مساحة
المقطع ، ، لذلك لايمكن استخدام خطوط النقل العاديه فوق ترددات
٣ كيكاهرتز كما اشرت ، بل يجب استخدام (موجة الموجة) لنقل
هذه القدره الراديويه (خط النقل ، موجة الموجه هذا ، عباره عن
انبوب نهايته مفتوحة الشفتين نحو الخارج كما في هوائي الدايبول
ولكن ب ٩٠ درجه لزاوية انفتاحه) ..

٢- الفقد الإشعاعي

Radiation Losses يحدث عندما تكون هناك امواج موقوفه على
الهوائي ، ونتوقع في نقطه معينه ، إن الخط الذي ينقل التيارات
والفولتيات اللاسلكيه يسرب تلك الاشعاعات ولا يوصلها نحو الهوائي،
كما ان الارضي يمكن له ان يفعل ذلك اذا ما وجدت SWR بشكل
كبير على الخط نفسه ..

لان الطاقة لا بد لها ان تصرف على مقاومة ما لكي تتبدد ، وطبعاً هذا
شيء غير مقبول لأنها تعتبر خسائر في الطاقه ، كما انها تسبب
تداخل ينتج عنه امواج موقوفه على الخط نفسه ، نتيجة عدم تصحيح
الممانعه بين جهاز الارسال والاستقبال وخط النقل والهوائي .

٣- فقد العازل

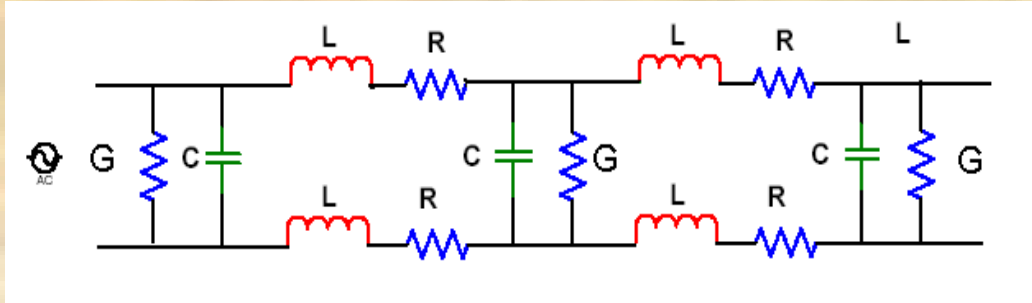
فقد العازل Dielectric losses يحدث نتيجة وجود مقاومة العازل بين الموصلين او كما يعبر عنها ب (G) وهي مقلوب المقاومة حيث يمر التيار من احد الموصلين الى الاخر عبر قيمة (G) ويكون الفقد بصورة عامة في خط النقل المحوري أقل من الفقد في خط النقل الذي يستخدم السلكين المتوازيين .

ثانيا :- الممانعة المميزة

تعرف الممانعة المميزة Characteristic Impedance او كما تسمى ممانعة الخواص لخطوط النقل ، والتي هي عباره عن ممانعه الدخول لخط نقل يمتد الى ما لانهايه ، ويرمز لها ب (Z o) وهي طبعا غير ممانعه الدخول التي يرمز لها ب (Z in) ف (Z o) هي (out Z) نحو ما لانهايه ∞ .
ان هذه القضية مرتبطة بوجود الممانعه السعويه $j\omega C$ والممانعه الحثيه $j\omega L$ ، حيث ان الممانعه السعويه تكون كبيره جدا بالنسبه ل (R) التي هي المقاومة للخط ، وكذلك الممانعه الحثيه تكون ايضا كبيره جدا بالنسبه ل (G) اي الايصاليه .

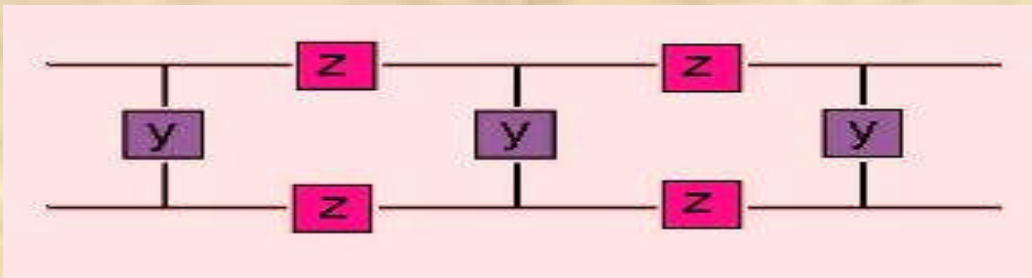
ويمكن لنا حساب ممانعه (Z o) من المعادله التاليه $Z_o = z / y$ تحت الجذر للخط الذي نعمل عليه ، والذي يمتد إلى ما لانهايه في السماء ، وطبعا نحن نحتاج طول معين لخط النقل ، له كميته من z و y ويعني هذا بكلام اخر ان $j\omega L + R = Z_o$ و $j\omega C + G = y$ وبالكلمات نعبّر عنه بان .. Z o هي المقاومة + الممانعه الحثيه و y هي الايصاليه + الممانعه السعويه وكما ذكرت الايصاليه هي G ..

حسب التمثيل البياني الآتي :-



كما ترى أخي الهاوي الكريم ان (R) هي المقاومة الاومية الخالصة للسلك لوحدة الطول (لكل متر) . اما (G) فهي تمثل الايصالية لوحدة الطول ايضا او كما يعبر عنها ب مقلوب مقاومة العازل بين السلكين لوحدة الطول (conductance) ويمكننا حساب سعة السعة الكلية للخط الذي نعمل عليه من حاصل ضرب السعة C لوحدة الطول بالطول الكلي لخط النقل الذي نملكه وبنفس الطريق يمكننا ايضا حساب الحث الكلي لخطنا من حاصل ضرب الحث L لوحدة الطول بالطول الكلي له .

نبسط التمثيل البياني اعلاه بالآتي :-



الآن صار لديك صورته واضحه لخط النقل الذي تعمل عليه ان كان سلكين او كواكسيال فان قيمة Z هي ممانعة التوالي لوحدة الطول ... وتقاس بالاووم /متر

Z=series Impedance per unit length Ω/m

وكما أشرت سابقا بشأن ممن تتكون Z و علمنا انها من قيمة (R) المقاومة الخالصه لوحدة الطول + الممانعه الخياليه (j) للحث يعني ممانعه الملف XL وطبعا الحث له فرق طور (٩٠) درجه مع المقاومه . اما (y) فعلمنا انها من قيمة G الايصاليه لوحدة الطول + الممانعه الخياليه (j) للسعه (يعني ممانعة المكثف) XC .. ولمن يريد المعادله فنتمثل كما ادناه :

$$XL = \omega l = 2 \pi fL$$

يعني ممانعة الملف = ω التردد * الحث = 2π * النسبه الثابته * ممانعه الحث

$$XC = 1 / \omega c = 1 / 2 \pi fc$$

يعني ممانعة المكثف = $1 / \omega$ التردد * السعه = 2π * النسبه الثابته * ممانعه السعه

ولا يفوتني ان اذكر لكم ان قيمة (j) الخياليه يمثل دائما قيمه من -١ تحت الجذر .

إن ممانعة التوالي الظاهره في الرسم السابق بشكل من Z..Z هي الممانعه الكليه لخط النقل من مجموع المقاومه الاوميه (R) + الممانعه الخياليه للملف XL (الحثيه) .

كما إن ممانعة التوازي الظاهرة في الرسم السابق ايضا بشكل من V..V هي مجموع الايصاليه G + الممانعه الخياليه XC (السعويه) والمحصله النهائيه هي مواصفه (RG) والتي نقيس بها ممانعة خطوط النقل كما تعلمون ..

ونحن نستخدم قيمه من Ω ٥٠ RG لمعدات HF وكذلك قيمه من Ω ٧٥ RG لمعدات uhf & vhf قياسيا ونستطيع استخدام قيمه من خطوط Ω ٣٠٠ RG لكن مع اعداد محولات خاصه بذلك واعني محولات البالون كما تعرف بين الهواة ، لكي يتم التوافق بين مختلف الممانعات لنقل القدره الراديويه التي نريد ، عبر خط النقل الذي نعمل عليه أيها الاحبه الكرام . .

ثالثا :- الايصاليه

تعرف الايصاليه conductance على أنها مقلوب مقاومة العازل ويرمز لها (G) لوحدة الطول ، وبكلام آخر هي تلك النسبة الضئيلة الموجودة بين الموصلين عبر المادة العازلة .

رابعا:- السماحيه

تعرف السماحيه Admittance على أنها مقلوب مقاومة العازل يعني (G) الايصاليه + مقلوب ممانعة المكثف الخيالية للأسلاك والنتيجة تساوي السماحيه ، وكما هي ظاهره في التمثيل البياني بقيمة من y الظاهره ايضا على طول خط النقل كما مر توضيحه ، وتتأثر هذه القيمه كما هو واضح بالماده العازله ونوعيتها والبعد بين الأسلاك .

خامسا :- عامل السرعة

ان سرعة الالكترونات بالاسلاك هي اقل بقليل من سرعة الضوء وبما ان السرعة تؤثر على طول الموجه الحقيقي،، من العلاقه التاليه :-

$$V = 1 * \sqrt{Lc}$$

لذلك يجب حساب سرعة الالكترونات بدقه .
ففي حالة وجود الهواء عازلا بين السلكين لخط النقل تكون المعادله كما في اعلاه حيث :-

$$\begin{aligned} V &= \text{سرعة الالكترونات} \\ L &= \text{الحث لوحدة الطول وتقاس بالهنري لكل متر} \\ C &= \text{السعه لوحدة الطول وتقاس بالفرااد لكل متر} \end{aligned}$$

أما في حالة وجود عازلا بين الموصلين تكون سرعة الالكترونات اقل من ذلك و حسب المعادلة التاليه :-

$$V = 1/\sqrt{k} * \sqrt{Lc}$$

$$\begin{aligned} K &= \text{ثابت العزل لتلك المادة (للهواء قيمتها 1)} \\ L &= \text{الحث لوحدة الطول وتقاس بالهنري لكل متر} \\ C &= \text{السعه لوحدة الطول وتقاس بالفرااد لكل متر} \end{aligned}$$

سادسا:- ممانعة الدخول

تعرف ممانعة الدخول لخط النقل على انها النسبة بين الفولتية الداخلة الى نسبة التيار الداخل ويعبر عنه بدلالة المعادله ($Z = v_{in} / I_{in}$) وتحدد هذه الممانعة مقدار الفولتية التي يجب وضعها على الخط للحصول على التيار المطلوب ، بمعنى الحصول على القدرة الراديوية التي يتحملها ذلك الكيل.

فالتيار ينتقل إلى الهوائي عبر خط النقل الذي ينقل القدرة الراديوية من المرسل إلى ذلك الهوائي كما تعلم ، فاذا كانت ممانعة الدخل للهوائي (Z_{in}) تساوي الممانعة المميزة (Z_0) لخط النقل (كما تعلمون القياسية منها 50-75-300-600 أوم وأخرى) فسوف لن تكون هناك امواج موقوفة (Standing Wave) على ذلك الخط ويكون هناك توافق بين الممانعتين ، وهذه الممانعة عند الرنين تساوي حاصل جمع مقاومة الاشعاع (R_r) + مقاومة الفقد او الخسارة (R_{loss}) . (

توزيع التيار والفولتية على خط النقل Current and Voltage distribution

في أية قطعه واير او موصل ، يمتلك ذلك الموصل خصائص ماديه تتمثل بطوله ومساحة مقطعه العرضي .. لذا فان الموصل هذا يمتلك خصائص كهربائيه مميزه عند الترددات الراديويه.. تلك الخصائص هي الخاصية السعويه والخاصية الحثيه بالاضافه الى خاصيته كمقاومه طبيعيه ، موجوده نسبتها حسب كمية ماده المصنوع منها ونوع المعدن التي هي منه ..

بكله أخرى إن أي سلك نستخدمه لنقل أو اشعاع الطاقه الراديويه يملك من خصائص المكثف وخصائص المحث وخصائص المقاومه نسبة ما ، عند ادخاله لنقل أو اشعاع طاقه كهرومغناطيسييه وبتحدود التردد الراديوي.

لذا اننا لانتوقع مرور كامل الطاقه الراديويه من جهاز الارسال الى الهوائي عبر خط النقل ، الا بوجود توازن في تلك المؤثرات السعويه والحثيه والاوميه ، المكونه على خط النقل وعلى الهوائي الذي هو الآخر خط نقل مفتوح الطرفين .. وحسب طول خط النقل ، والهوائي الذي نعمل عليه ، وضمن ترددات الهواة العامله لدينا .

إن التبدلات التي تحدث للمؤثرات السعويه والحثيه عند الترددات الراديويه ، تجعل من الممكن نقل الطاقه لاي طول نستخدمه من الخط ، لان قيمة الحث تعاكس قيمة السعه عند الترددات الراديويه ، فان زادت احدهما نقصت الاخرى ، وهكذا يبقى الخط متوازنا ، ولكن الخسائر تبدأ تظهر مع ازدياد مؤثرات المقاومه نتيجة ازدياد كمية الماده ، وكذلك تلعب اطوار التيار والفولتيه دورا حاسما في الخسارة والربح كما مرت الاشاره اليه ، لان تلك الاطوار تبدأ تبدلاتها تظهر مع كل ربع طول موجي من الخط ، وعلى طول خط النقل نفسه ..

ولندرس ادناه نوعين من التوزيع لهما :-

١ خط النقل لدائره مفتوحه

٢ خط النقل لدائره مغلقه

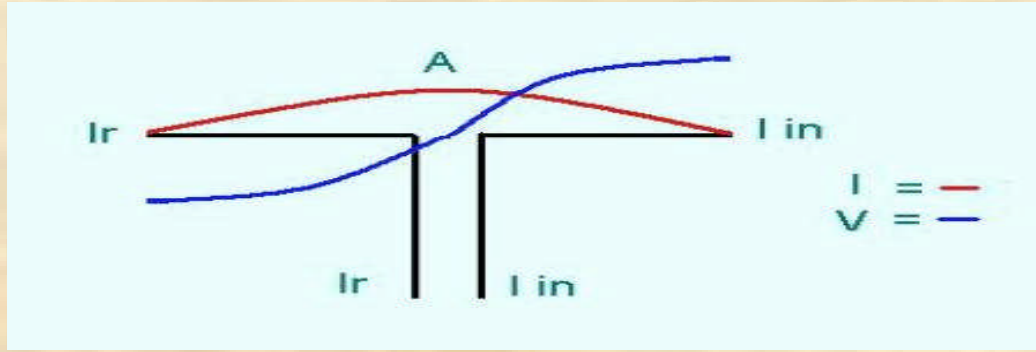
خط النقل لدائرة مفتوحة Open circuit T.L

بكل بساطه نقول ان الفولتية المتناوبه التي تجهزها محطتك نحو طرفي خط النقل ، والذي تكون نهايتيه مفتوحتين ، مثل الدايبول ، او الهوائي العمودي (احد جناحيه مخفي تحت الارض كهربائيا) ، أي إن الحمل لديك (ZL) تساوي ما لانهايه .. فاننا نتوقع ان الفولتية على نهاية السلكين تكون اكبر ما يمكن وان التيار اقل ما يمكن او صفرا .

وعندما تصل موجة التيار التي يعطيها المصدر إلى أُنقطه الاخيره من السلك ، فانها سوف تنعكس بزوايه ١٨٠ درجة كما تعلم ، وان محصلة التيار في تلك النقطه من نهاية الاسلاك سيساوي صفرا . اذ اننا اعتبرنا ان التيار الواصل من المرسله هو التيار الساقط نحو النهايتين (I in) سوف ينعكس عند رجوعه نحو المصدر (المرسله) بفرق صفحة ١٨٠ مع (IR) يعني التيار الراجع .

إن وجود هذه العلاقه بين التيار الساقط على الهوائي والتيار المنعكس منه ستكون محصلتهما صفرا عند نهاية الخط المفتوح ، وستكون الفولتية اعظم مايمكن على هوائي الدايبول عند الاطراف ، والتيار اقل مايمكن عند الاطراف لان الفولتية عند تلك النقطه تكون اكبر مايمكن لاشتراكها مع التيار بنفس الطور للتيار الداخل ، واختلافها بالطور مع الفولتية المنعكسه والتيار المنعكس .. لذا يحو احدهما الاخر .

وبما أن الفولتية الساقطة مع التيار الداخل بنفس الطور لذا يقويان عند تلك النقطة ، لتحصل اعظم فولتية عليها .. تحصل هذه العملية على طول خط النقل وعلى كل ربع طول موجي اثناء الانتقال عبر الخط .

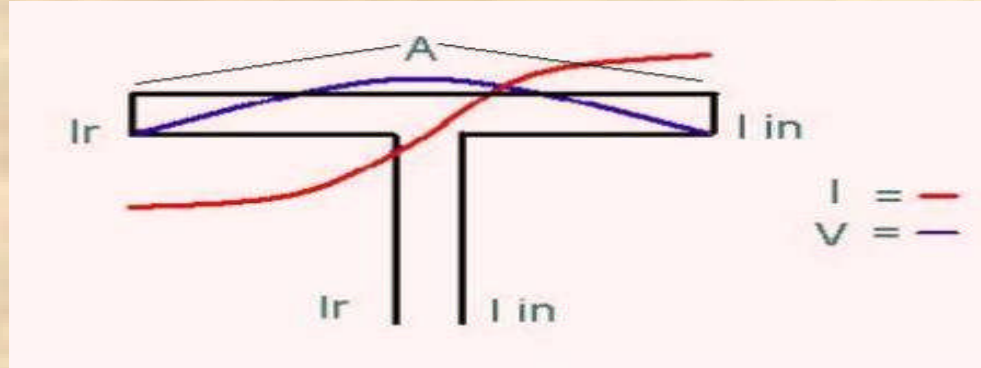


هوائي الدايبول وتوزيع التيار والفولتية عليه

خط النقل لدائرة قصيرة Short circuit T.L

نفس مصدر الفولتية السابق (جهاز الارسال) يولد فولتية متناوبه الى خط النقل المفتوح السابق ولكن هذه المره عملنا على نهايتيه دائره قصيره ،، بان نضع موصل افقي يربط النهايتين .. نتوقع عند ذلك في نقطة (A) حيث نهاية السلكين ، موضع الاتصال او دوره القصيره ..

إن الفولتية الساقطة (المجهزه من المرسله نحو الهوائي) ستنعكس عنها ويكون هناك فرق طور 180° درجه بين الفولتية الساقطه والمنعكسه ، وبما ان سعة الفولتية الساقطه والمنعكسه بنفس القدر ستكون المحصله صفرا عند النهايه (A) وستكون محصله التيار عند النهايتين اعظم ما يمكن ، لان التيار الساقط (I_{in}) يكون بنفس الطور دائما مع الفولتية الساقطه (V_{in}) اما التيار المنعكس (I_r) سيكون مع الفولتية المنعكسه بفرق طور 180° درجه ، لذا ترى اعظم تيار عند نهايتي الخط .



هوائي فولدد دايبول وتوزيع التيار والفولتية عليه

إن الفرق الأساسي والجوهري بين هاتين الحالتين هي اساس عمل هوائيات الدايبول وهوائيات الفولدد دايبول اي الهوائيات المحمله .

معامل الانعكاس

الآن صار لدينا فهما واضحا ، للفولتيات والتيارات المنعكسه والداخله وان هناك فروق بالطور بينهما ، يمكن قياسها بمعامل جديد اسمه معامل الانعكاس (R) Reflection Index ومعامل الانعكاس هذا هو النسبه بين الفولتية او التيار المنعكس الى النسبه بين الفولتية والتيار الساقط (المجهز) .

$$R = v_r/v_{in} = i_r/i_n$$

وكذلك من الممكن تعيين معامل الانعكاس من القانون التالي

$$R = (z_l - z_0) / (z_l + z_0)$$

حيث:-

$$Z_l = \text{ممانعه الحمل}$$

$$Z_0 = \text{الممانعه المميزه لخط النقل}$$

اذا كانت قيمة R موجبه يعني ان الفولتية المجهزه والمنعكسه عند الحمل في نفس الطور او ان الفولتية اكبر مايمكن والتيار اقل مايمكن . اما ان كانت قيمة R سالبه يعني ذلك ان الفولتية المجهزه تكون بفرق طور مع الفولتية المنعكسه عند الحمل او ان الفولتية اقل مايمكن والتيار اكبر ما يمكن وبالتالي الخط الذي نهايته مفتوحه معامل انعكاسه (ا موجب) والخط بنهايته دائره قصيره معامل انعكاسه (- ا سالب) .

لذا أساس فهم هذه القيمة اي معامل الانعكاس ، يحدد نوع التعامل مع الهوائي الذي تستخدمه (دايبول) او (فولدد دايبول) وبالتالي يحدد لك مع ماذا تتعامل ، مع هوائيات الفولتية الدايبولية ذات الممانعه ٥٠ او ما ، ام مع هوائيات الفولدد دايبول التيارية ذات ممانعة ال ٣٠٠ اوم، والقضيه طبعاً مرتبطه مع نظام التوجيه لديك اي نظام التحكم بالفولتية والتيار، لتحديد شكل فص البث وطريقة توجيه وعرض الشعاع واخيراً زاوية البث .

الأمواج الموقوفة Standing Wave

إذا كان خط النقل يمتد الى ما لانهايه ، او في حالة ربط ممانعه على نهايتيه بقدر الممانعه المميزه لخط النقل كما مر توضيحه ، ففي كلتا الحالتين هنالك امواج للفولتية والتيار تذهب من المصدر عبر خط النقل وليس هناك امواج منعكسه باتجاه المصدر . ففي حالة حدوث التوافق بين ممانعه الحمل (الهوائي) والممانعه المميزه لخط النقل (Z_0) فان جميع الامواج او قدره التي تصل من المصدر (جهاز الارسال) الى الحمل (الهوائي) سوف تمتص من قبل ذلك الهوائي ، وليس هناك امواج او قدره منعكسه الى المصدر . اما في حالة كون ممانعه الحمل لاتبسوي الممانعه المميزه لخط النقل الذي نعمل عليه ، ففي هذه الحالة ستكون هناك مجموعتين من الامواج .

المجموعة الأولى : هي امواج الفولتية والتيار التي تسري باتجاه الهوائي من المصدر .

المجموعة الثانية: هي امواج الفولتية والتيار التي تنعكس وتسري من الهوائي باتجاه المصدر (جهاز الارسال).

إن نموذج التداخل بين هاتين المجموعتين على طول خط النقل يسمى بالأمواج الموقوفة ، وهي الأمواج التي تبدو وكأنها واقفة في مكانها لكنها تتحرك في مواقعها ، كما ان جزء من القدره التي تصل الحمل من المصدر، سوف تمتص من قبل الحمل نفسه ، وينعكس الجزء الاخر الى المصدر من جهة الحمل ، وذلك كلما زادت نسبتها وحال تحركها باتجاه المصدر فتكون هناك خسائر بالطاقة ، لان الأمواج الموقوفة تتكون من عقد وبطنون ، تضطرب فيها الطاقة على شكل مناطق تقويه واخفات .. إن مقدار القدرة المنعكسه الى المصدر تعتمد على مقدار القدره الواصله للخطوط من المصدر، ومقدار الممانعه المميزه لخط النقل ، وبالتالي فان هناك نسبه يعين من خلالها مقدار الأمواج الراجعه ، وتسمى نسبة الأمواج الراجعه **SWR Ratio** .

نسبة الأمواج الموقوفة Standing Wave ratio

هي النسبة بين اكبر فولتيه الى اقل فولتيه للقدره المشعه أو ألقدره المنعكسة يعني:-

$$Swr = v \max / v \min$$

حيث تكون نسبة الموجه الموقوفه اكبر من واحد او تساوي واحد ، عند حالة حدوث التوافق بين الممانعه المميزه لخط النقل (Z_0) وبين الممانعه للحمل (Z_L) حيث لا توجد قدره مرتده او امواج منعكسه ، فهي تسير للامام باتجاه الفضاء الخارجي لذلك تكون $SWR = 1$.

اما عند عدم حصول التوافق بين Z_0 و Z_L فستكون نسبة الموجه الموقوفه اكثر من واحد ، حيث تتصاعد الى القيمة التي تكون عندها خطرته جدا على خط النقل ، وكذلك على جهاز الارسال الذي نعمل عليه ، وعموما ان نسبة ٢ هي نسبه يبدا معها القلق .

حيث يمكن أن يحدث شورت على الخط ويقطع القدره في احسن الاحوال ، وتكون خسارة الخط اكيدة خصوصا خطوط الكواكسيال الرفيعة ، لأنك لاتعرف كم شورت حصل له وفي اية نقطه ، (يحدث عندما يكون خط النقل مقطوع سلكه الداخلي صغير جدا) ، اما خساره الكبيره عندما يتحمل الخط تلك القدره الراجعه الكبيره فيوصلها الى جهاز الارسال لكي يتخلص من عبئها . عندها تصبح مرحلة القدره الاخيريه للجهاز هي الضحيه وعضك على الله ..

تدرج معظم المقاييس لقياس القدره الراجعه من صفر الى خمسة واحيانا عشره درجات ويكون الواحد اساس التوافق . لكن ان نقص عن الواحد يصبح ايضا خطرا ، فاذا زاد النقصان عن الواحد يجب استعمال اسلاك غليظه لزياده المقاومه فيها لتحمل ذلك التيار ، وإرسال تلك القدره المتبقية لديك ،، على فرض ان القدره الراجعه تتبدد على خط النقل ، وطبعا المحصلة النهائيه توافقيات كثيره وسخونه للخط وقدره منخفضه جدا للارسال ، وهذا كله ضياع للطاقه غير نافع فليس من المعقول ان ادع ذلك يحدث لغرض بث قدرة 20w و 80w ضائعة وانا لا ادري ما لقضية إلا بعد فوات الاوان .

لذا تصح باستمرار تلك الحالة عن طريق قياسات الهوائيات وخطوط النقل بشكل صحيح ، او باستخدام دوائر التوفيق (التيونر او الماتشنگ) لغرض التغلب على القدره الحقيقيه للارسال من القدرة الظاهريه ، ومعرفة القدره التي تعمل عليها ، يعني البث بقدرة 100w ظاهريا بينما القدره الحقيقيه اقل من ذلك بكثير وذلك لوجود ضائع في القدره بسبب عدم التوافق يتحول الى حراره للمنظومه كلها والقدره الحقيقيه ستصبح قليله قد تصل للنصف في احسن الاحوال ، والحاله اكثر سوءا عند القدرات العاليه للبث .

طول خط النقل T.L

يستخدم معظم الهواة أطوال مختلفة لخط النقل ، بغية ربط المحطة مع الهوائي المستعمل ، أو الهوائيات المستخدمة بموزع لخط نقل واحد ، وربما زادت أطوال خطوط النقل تلك عن طول موجي كامل .. ترى ما هي تأثيرات الزيادة الفائضة وماهية تأثيرات انتقال الأمواج عبر تلك الخطوط ثم ماهي خصائص كل طول بالنسبة لتوزيع التيار والفولتية على خط النقل .. سأتناول خصائص طول خط النقل حسب الطول الموجي .. وحسب ممانعة الدخول..

طول خط النقل لنصف طول موجي

عندما يكون طول خط النقل يساوي نصف طول الموجه ففي هذه الحالة تكون ممانعة الدخول لخط النقل (zin) تساوي ممانعة الحمل أي ممانعة الهوائي .

وكمثال على ذلك:-

لو أردنا نقل أكبر قدره ممكنه من مصدر فولتية راديوية ترددها (١٠) ميكاهيرتز إلى حمل مقاومته (٢٠) اوما فما هو طول خط النقل المناسب استخدامه ..؟

الحل :-

$$C = 3 \cdot 10^8 / \text{sec}$$

سرعة الضوء = متر / ثانيه

التردد = ١٠ ميكاهرتز

$$c/f = 3 \cdot 10^8 / 10 \cdot 10^6 = 30\text{m}$$

الطول الموجي لهذا التردد =

لذلك يجب استخدام خط نقل طوله بقدر نصف طول الموجه أي (١٥) مترا لكي يكون ممانعة الدخول $Z_{in} = 20$ او ما ، أي بقدر ممانعة الحمل للهوائي Z_l .

ثانيا- طول خط النقل لربع طول موجي

عندما يكون طول خط النقل يساوي ربع طول موجي فان ممانعة الدخول Z_{in} تساوي مربع الممانعة المميزه (Z_0) لخط النقل / ممانعة الحمل.

$$Z_{in} = (Z_0)^2 / Z_l$$

وهذه علاقة رياضية مبرهنة : إذ تسمى هذه الحالة بمحوالة ربع طول الموجه ويستخدم في ترددات uhf & vhf بدل المحوله لان نقل ألقدره ضمن هذه الترددات بواسطة المحولات العاديه يحصل فيه فقد كبير بالطاقة نتيجة تأثير السعات الخيالية وتأثير تسريب الملفات

leaking inductance و Stray capacitance

ثالثا- ممانعة الدخول لخط نقل في نهايته دائرة قصيرة

١- إن ممانعة الدخول لخط نقل نهايته موصلتان بدائرة قصير، هوان مقاومة الحمل له Z_1 تساوي صفرا ، فيكون طول خط النقل الذي يساوي ربع طول الموجه ، انه يعمل كدائرة رنين على التوازي عند تلك الحالة ..

٢- أما إن كان طول خط النقل نصف الطول الموجي لذلك الخط الذي عملنا على نهايته دائرة قصيره ، أي بقدر نصف طول الموجه فان ممانعة الدخول له تكون مكافئه لدائرة رنين على التوالي حيث تكون ممانعة رنين التوالي اقل ما يمكن ..

٣- عندما يكون طول خط النقل اصغر من ربع طول الموجه ، تكون ممانعة الدخول عندها موجبه ($+j$) أي أن الخط يكون مكافئ لملف فقط .

٤- أما عندما يكون طول خط النقل اكبر بقليل من ربع طول الموجه واصغر من نصف طول الموجه ، فان ممانعة الدخول له تكون في هذه أحواله سالبه ($-j$) أي كأنها ممانعة الدخول لمكثف .

رابعاً - ممانعة الدخول لخط نهايته مفتوحة

١- عندما يكون طول خط النقل ونهايته مفتوحتين وطوله بقدر ربع

طول موجي ، فان ممانعة الدخول له تساوي صفراً ، أي انه يكافئ دائرة رنين على التوالي .

٢- اما ان كان طول خط النقل بقدر نصف الطول الموجي ، أي أن ممانعته في هذه الحالة تكون لانهاية ، فانه يكافئ دائرة رنين التوازي .

٣- وعندما يكون طول ذلك الخط بقدر اقل من ربع طول موجي، فان ممانعته ستكون سالبه (-j) أي انه يعمل كمكثف.

٤- لكن في حالة طول ذلك الخط بقدر اكبر من ربع طول موجي و اقل من نصف طول موجي ، فان ممانعة الدخول له تكون موجبه (+j) ويعني هذا انه يكافئ ملف.

إن اختيار الحالة الثالثة و الرابعة ، لجعل خط النقل يعمل كمكثف ، عندما يكون طوله اقل من ربع طول موجي لخط مفتوح الطرفين .. بينما لخط النقل وعليه دائرة قصيرة فان الخط يعمل كمكثفه ، عندما يكون طوله اكبر من ربع طول موجي ، و اقل من نصف طول موجي هو مطلب ايجابي للتخلص من تاثير الملفات .. وينتخب احد النوعين حسب الحالة التي يجب استعمالها ومع أي النوعين من الهوائيات العاملة لدينا .. عموماً يفضل خط النقل الذي تكون دائرته مغلقة وعلى

نهايته دائرة قصيرة - لان الفقد في الطاقة على شكل إشعاع يكون قليل في هذه الحالة .

صيانة خط النقل T.L

تتأثر خطوط النقل غالبا بالمحيط الخارجي المنصوبة فيه وذلك بحكم موقعها من منظومة هاوي اللاسلكي وطريقة تشغيله لذلك الخط ، لذا فهي تتعرض لشتى الظروف الطبيعية والمتباينة على طول مواسم ألسنه . فانخفاض درجات الحرارة شتاءا يقابلها ارتفاع كبير جدا صيفا ، مما يؤدي إلى توترات وضغوط ميكانيكية على جسم الخط وعموما فان الأنواع الغالية الثمن تقترب مواصفاتها من مواصفات خطوط النقل ذات الطابع العسكري ، كون صناعتها مميزه وغالية .. وبقصد حماية تلك الخطوط من الاجهادات الميكانيكية وتبدلات الحرارة والرطوبة ، اذكر لكم بعض خطوات الصيانة الدورية الضرورية لإدامة الخط أطول فتره ممكنه .

وكما في أدناه:-

١. عدم إدخال خط النقل في الزوايا والأماكن الضيقه وحشره فيها .
ولا ينشر الخط في الأماكن والزوايا بحيث يشكل زاوية ٩٠
درجه.

٢. طلاء الخط بمادة زيت الغاز بنسبه قليله (الزيادة تسبب تيبس)
مع خلط زيت خفيف معه او شمع الفازلين لغرض ترسيب
طبقة من الغبار عليه .. تعتبر عازلا جيدا للحرارة والرطوبة
أثناء الأوقات الماطرة وذلك للقسم الخارجي منه خارج
البناء الذي يحوي الشاك ..

٣. يفضل حماية الخط الخارجي بوضعه داخل أنابيب بلاستيك إثناء

مدہ علی السطوح المستویة لتجنیبه حرارة تلك السطوح .

٤. تجنب وضعه موازیا لخطوط النقل الكهربائیة وكذلك الخطوط التلّفونیة .

٥. عدم وضعه فی طریق مرور الأشخاص من اجل عدم طیبه وحدث نقطه تغیر ممانعة سعویه فی تلك المواضع .

٦. لا یترك الخط معلقا تتجاذبه الریاح ویحتك بالجدران القریبة له مما یعري الظفیره الخارجیة وتآكلها.

٧. تغلیف نهاية الوصلات المعدنیة لطرفی الخط بأشرطة البلاستك الحراریة (سلیف) وتغلیفها مجددا بالاشرطه اللاصقه لضمان عدم تسرب الرطوبة .

٨. تاریرث نقاط خط النقل من خلال نهاية وصلات الشد (كونكترز) قبل تغلیفه بالسلیف الحراری واشرطه البلاستك المصمغة .

والان .. بوصولنا الی أطوال خطوط النقل .. نكون قد انهینا معا أهم عوامل ومتغیرات خطوط النقل T.L التي تعتبر أول دراسة تتطرق للموضوع لما لها من أهمية کبیره جدا لهاوی اللاسلكی الذي ربما تكون خطوط النقل آخر اهتماماته ، لشروط نصب وتشغیل محطته ...

كلمه أخيره**

في الوقت الذي اشكر فيه لكم حسن قراءة هذا الموضوع الذي صار مطولا عليكم ، فقد يتسائل الاخوه الهواة ، فيما نكد أنفسنا بهذه المواضيع النظرية والبديل جاهز وموجود في السوق والقاعدة العملية تقول كلما غلى ثمنه صارت جودته أحسن وأفضل ، وربما هذا كلام صحيح .. إلا أن القضية تبعد أكثر من استعمال الجاهز وحل المشاكل الفورية ، بان نجعل لعملنا على محطات الهواة بعدا علميا يبين لنا الخصائص والتطبيقات المختلفة وبالتالي التمتع بالعلم والعمل ، ولن ينتهي شغفنا بهذا الفن الجميل .. بمجرد شراء المعدات والمهارة في نصبها والتعامل معها وبالتالي تركها سنوات طويلة .. بل قد يجمعنا معها الحنين بين فتره وأخرى ، وربما يمضي وقت طويل ، قبل ان نتذكر اننا تركنا عملا تمنينا لو إننا فعلناه بطريقة أخرى.. لذا إدامة زخم العلم والتعلم هي غاية نبيلة . . كما تعلمون أيها الأخوة الكرام ..

شكر وتقدير**

أقدم جزيل شكري وامتناني لجمعية العراق لهواة اللاسلكي
متمثله بشخص أخي أبا فيصل yilqea وكذلك الأخ أبا محمد
yilmar لدعمهم الكبير للهواية والهواة .. كما أوجه شكري
وامتناني لهواة اللاسلكي العرب وطاقم الاداره المتميز دائما
على حسن رعايتهم لكل مانشرته سابقا ودعمهم المتواصل
لهواية والهواة متمنيا لهم ولكم إخواني الهواة الاحبه الكرام
الرفعه والتقدم .. وتقبلوا مني فائق الاحترام والتقدير..
وأينما كانت الأوطان .. أقول لكم .. حياكم الله جميعا ..

73's



Best regards ☺