مقدمة Introduction

الاتصالات الإلكترونية هي عبارة عن عملية معالجة، وإرسال، واستقبال للمعلومات Information بين محطتين أو أكثر باستخدام الدوائر الإلكترونية حيث يمكن لإشارة المعلومات أن تأخذ إحدى صيغتين: إما أن تكون إشارة تماثلية متصلة Analogue أو إشارة رقمية متقطعة Digital.

نمهد لهذه الوحدة بنبذة تاريخية عن الاتصالات ثم التفرقة بين أنظمة الاتصالات التماثلية التي يتم التدريب عليها في هذا المقرر وتلك الأنظمة الرقمية التي يتم تدريسها بالفصل التالي بإذن الله. يقدم الجزء الأول شرحًا موجزًا للمخطط الصندوقي العام للاتصالات، يليه التعرف على الطيف الكهرومغناطيسي وتطبيقاته المختلفة في الجزء الثاني. يعقب ذلك استعراضًا لمفهوم النطاق الترددي بالجزء الثالث، بينما يلخص الجزء الرابع أنماط الإرسال. وفي الختام من خلال الجزأين الخامس والسادس يكون التعريف بالضوضاء وأسبابها والمرشحات وأنواعها.

نبذة مختصرة عن تاريخ الاتصالات Historical Review

- في عام ١٨٣٧م استطاع العالم مورس أن يطور أول نظام للاتصالات الإلكترونية (التلغراف).
- في عام ١٨٧٦م تم ولأول مرة في التاريخ نقل صوت الإنسان عبر الأسلاك الكهربائية من طرف العالمين جراهام بل وتوماس.
- في عام ١٨٩٤م بدأت الاتصالات باستخدام موجات الراديو بواسطة العالم ماركوني.
- في عام ١٩٢٠م بدأ البث الإذاعي باستخدام موجات AM من خلال أجهزة ماركوني.
- في عام ١٩٣٣م اكتشفت موجات FM بواسطة العالم آرمسترونج.
- في عام ١٩٣٦م بدأ البث الإذاعي باستخدام موجات FM من خلال أجهزة آرمسترونج.

وأخذ التطور في عالم الاتصالات يتواصل منذ الحرب العالمية الثانية حتى تم اكتشاف أشباه الموصلات التي أحدثت تقدما هائلا في عالم الاتصالات وذلك بفضل صناعة الشرائح الإلكترونية الدقيقة والمتناهية في الصغر والتي سمحت لأنظمة الاتصالات الإلكترونية المتطورة والتي تشمل الأنظمة الرقمية، وأنظمة الميكروويف، والأقمار الصناعية، والاتصالات

الضوئية بأن تحول العالم إلى قرية صغيرة، ويمكن تصنيف أنظمة الاتصالات الإلكترونية إلى نوعين رئيسين كما يلي:

أولا: أنظمة الاتصالات التماثلية Analogue Communications Systems

وهي عبارة عن أنظمة إلكترونية ترسل الطاقة وتستقبل على شكل تماثلي (إشارة ذات تغير متصل مثل الموجات الجيبية). وهذا هو محور تدريبنا في هذه الحقيبة.

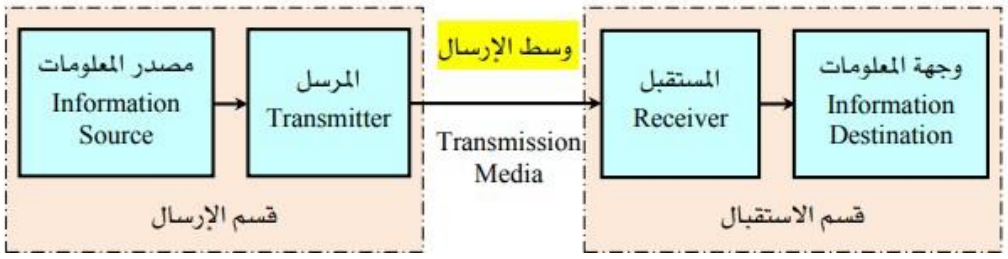
ثانيًا: أنظمة الاتصالات الرقمية Digital Communications Systems

وهي عبارة عن أنظمة إلكترونية حيث الطاقة ترسل وتستقبل على شكل رقمي، بمستويات متقطعة مثل 5V+ والأرضي، وسوف يتم التدريب عليها في المستوى الرابع بإذن الله.

١- ١ المخطط الصندوقي العام للاتصالات General Block Diagram of Communications

مهما كان نوع نظام الاتصالات فإنه يتشكل كما في الشكل (١- ١) من ثلاثة أقسام أساسية هي قسم الإرسال والوسط الناقل ثم قسم الاستقبال. يتكون قسم الإرسال من مصدر لإشارة المعلومات المطلوب إرسالها "Information Source" مثل الصوت Voice أو الصورة Picture أو الفيديو Video، أو البيانات الرقمية Digital Data بالإضافة إلى المرسل "Transmitter" والذي يقوم بمعالجة هذه المعلومات لتصبح مناسبة للوسط الناقل.

أما قسم الاستقبال فيتكون من المستقبل "Receiver" الذي ينتقي الإشارات المطلوب استقبالها ويعالجها لاستعادة أصل المعلومات المرسلة لكي تصل إلى وجهتها المقصودة والتي يطلق عليها اسم "Information Destination".



ويربط وسط الإرسال "Transmission Medium" بين كل من قسمي الإرسال والاستقبال والذي بدوره ينقسم إلى قسمين أساسيين سلكي أو لاسلكي كما يلي:

١- ١- ١ أوساط الإرسال السلكية Wire Transmission Media

- الخطوط الثنائية: وهو الذي يوصل جهاز الهاتف الثابت بالمقسم داخل القرى والمدن.
- الكيبل المحوري: يربط هوائي الطبق بجهاز التلفزيون في بيتك لنقل القنوات المختلفة.
- كيبل الألياف البصرية: وهو أحدث التقنيات السلكية ذات النطاق الترددي الواسع القادرة على نقل كمًا هائلا من المعلومات.

١- ١- ٢ أوساط الإرسال اللاسلكية Wireless Transmission Media

- موجات الراديو: موجات سماوية تستخدم في البث الإذاعي عبر طبقات الغلاف الجوي.
- موجات التلفزيون: موجات أرضية تستخدم للبث المرئي وتنتشر موازية لسطح الأرض.
- الميكروويف: لنقل الإشارات بين أبراج الجوال للمحطات الرئيسة بالمدينة أو بين المدن.
- الأقمار الصناعية: الاتصالات بين محطات أرضية عبر القمر الصناعي الثابت بالفضاء.

١- ٢ الطيف الكهرومغناطيسي وتطبيقاته Electromagnetic Spectrum Applications

يمكن تعريف الطيف الكهرومغناطيسي بأنه حيز عريض جدًّا من الترددات يبدأ من ترددات منخفضة جدًّا ويمتد إلى ترددات فائقة في العلو.

١- ٢- ١ الأقسام الثمانية للطيف الترددي Eight Sections for Frequency Spectrum

تم تقسيم الحيز الترددي للطيف الكهرومغناطيسي من قبل المنظمات والهيئات العالمية المتخصصة في مجال الاتصالات والذي يجري استخدامه في أنظمة الاتصالات المعتادة إلى ثمانية أقسام رئيسة، وتتمتع كل هذه الأقسام بمواصفات إرسال خاصة تجعلها مناسبة لعدد من التطبيقات. ويبين الجدول (١- ١) الأقسام الثمانية من الترددات وتطبيقاتها المختلفة في الاتصالات إلى جانب أطوال موجاتها. ويمكن استنتاج أطوال الموجات λ بالمتر بدلالة كل من التردد f بالهرتز وسرعة الضوء c بالمتر في الثانية بناءً على القانون التالي:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \qquad (1.1)$$

مثال (١- ١)

أوجد الطوال الموجي λ لكل من الترددات: 1MHz و 10kHz ؟ وماذا تستنتج ؟

الحـــل

يمكن حساب قيمة الطول الموجي λ بمعلومية التردد f باستخدام المعادلة (1.1) كما يلي:

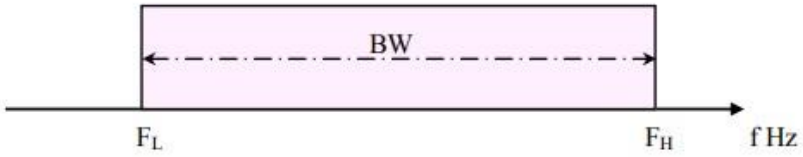
$$\begin{aligned} f &= 10 \text{ kHz} = 10000 \text{ Hz}, & \lambda &= \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{10000} = 30 \text{ km} \\ f &= 1 \text{ MHz} = 1000000 \text{ Hz}, & \lambda &= \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{1000000} = 300 \text{ m} \end{aligned} \qquad (1.2)$$

من خلال الأرقام السابقة نستنتج أنه كلما زاد التردد يقل طول الموجة. وهذا يوضح لنا لماذا تستخدم موجات الميكروويف أو الموجات الدقيقة في الاتصالات بواسطة الأقمار الصناعية لأن أطوال موجاتها قصيرة جدًّا كما بالجدول (١- ٢) وبالتالي بإمكان الموجة اختراق الغلاف الجوي بكل سهولة ولا يحدث لها انعكاس كما في الترددات المنخفضة والمتوسطة. ومن ثم تلتحق هذه الموجات بالأقمار الصناعية ليعاد إرسالها إلى المناطق البعيدة.

١- ٣ عرض النطاق وسعة المعلومات Bandwidth and Information Capacity

يعرف عرض النطاق الترددي بشكل عام بالفرق بين التردد الأعلى F_H والتردد الأدنى F_L كما هو مبين في الشكل (١ – ٣).

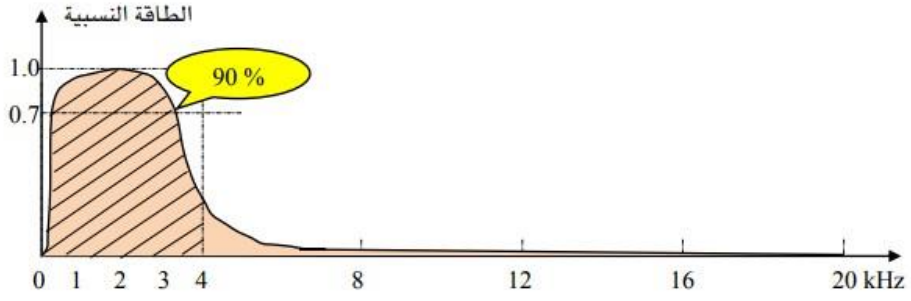
$$BW = F_H - F_L \qquad (1.3)$$



الشكل (١- ٣): الحيز أو عرض النطاق الترددي

ويجب التمييز بين نوعين من عرض النطاق، عرض نطاق إشارة المعلومات BW_{Info} وعرض نطاق قناة الإرسال BW_{Ch}. عرض نطاق إشارة المعلومات هو ذلك الحيز الترددي الذى تشغله إشارة المعلومات. ومثال ذلك الإشارة السمعية لصوت الإنسان كما في الشكل (١- ٤) والتي تمتد من الصفر إلى ٢٠ كيلو هرتز تقريبا وإن كانت معظم طاقته في النطاق الترددي من ٣٠٠ هرتز إلى ٣٤٠٠ هرتز.

أما عرض نطاق قناة الاتصال فهو الفرق بين التردد الأعلى والأدنى اللذين تسمح لهما القناة بالمرور خلالها ولذلك فهو يمثل أيضا سعة نقل المعلومات.



الشكل (١- ٤): النطاق الطيفي المتوسط لصوت الإنسان

وبالتالي نخلص إلى القاعدة الهامة التالية، لكي تنقل إشارة المعلومات عبر أي قناة لا بد أن يكون عرض نطاق إشارة المعلومات أقل من أو يساوي عرض نطاق أو سعة نقل معلومات القناة كما يلي:

$$BW_{Info} \leq BW_{Ch} \qquad (1.4)$$

مثال (١- ٢)

إذا كان نظام الإرسال التلفزيوني الذي يستخدم الكيبلات للنقل له عرض نطاق من 500 كيلو هرتز إلى 5000 كيلو هرتز.

أ. احسب عرض نطاق القناة BW_{ch}.

ب. هل هذه القناة تسمح بمرور الإشارات الصوتية ؟

جـ. هل تسمح هذه القناة بإرسال بث محطة تلفزيونية تشغل نطاق $BW_{TV} = 6MHz$ ؟

الحـــل

أ. عرض نطاق القناة: $BW_{Ch} = 5000 - 500 = 4500 \quad KHz$

ب. القناة تسمح للإشارات الصوتية بالمرور لأن: $BW_{Voice} = 20 - 0 = 20 \ KHz \leq BW_{Ch}$

ج. عرض نطاق بث المحطة التلفزيونية: $BW_{TV} = 6 \ MHz \geq BW_{Ch}$

واضح أن هذا النوع من الإشارات لا يمكنها العبور بأكملها خلال هذه القناة لأن عرض نطاقها أكبر من عرض نطاق القناة.

١- ٤ أنماط الإرسال Transmission Modes

إن الإرسال في نظام الاتصالات الإلكترونية يمكن أن يصنف حسب نمط الإرسال كالتالي:

- الإرسال المفرد في اتجاه واحد ويسمى Simplex ورمزه SX والأمثلة على ذلك أنظمة البث الإذاعي والتلفزيوني.
- الإرسال نصف المزدوج وهو المتناوب في اتجاهين لكن ليس في نفس الوقت ويسمى Half Duplex أو HDX، ومثاله الهاتف اللاسلكي لرجال الشرطة (اضغط لتتحدث).
- الإرسال المزدوج في الاتجاهين في نفس الوقت ويطلق عليه Full Duplex أو FDX، وأمثلة ذلك أنظمة الهاتف الثابت والهاتف الجوال.
- الإرسال متعدد الاتجاهات من وإلى عدة محطات وفي آن واحد أي Full/Full Duplex **أو** F/FDX وكمثال على ذلك دوائر اتصالات البيانات.

١- ٥- ٤ نسبة الإشارة إلى الضوضاء Signal-to-Noise Ratio "SNR"

يستخدم التعريف نسبة الإشارة إلى الضوضاء "SNR" كثيرا في قياس أداء وكفاءة أنظمة الاتصالات، فكلما زادت هذه النسبة ازدادت كفاءة نظام الاتصالات. تُعرّف هذه النسبة كحاصل قسمة قدرة الإشارة إلى قدرة الضوضاء، ويعبر عنها رياضيا بالعلاقة التالية:

$$\frac{S}{N} = \frac{P_s}{P_n} \qquad (1.11)$$

ويمكن التعبير عن هذه النسبة بوحدة الديسيبل كما يلي:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{dB} = 10\ \text{Log}\left(\frac{P_s}{P_n}\right) \quad \text{dB} \qquad (1.12)$$

حيث P_s قدرة الإشارة بالوات Watts، بينما P_n تمثل قدرة الضوضاء بالوات Watts أيضا.

ويمكنك بكل بساطة أن تثبت العلاقات التالية عندما تتعامل مع كل من الجهد والتيار حيث تحسب النسبة كما يلي:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{dB} = 20\ \text{Log}\left(\frac{V_s}{V_n}\right) \quad \text{dB} \qquad (1.13)$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{dB} = 20\ \text{Log}\left(\frac{I_s}{I_n}\right) \quad \text{dB} \qquad (1.14)$$

مثال (١- ٤)

إذا كانت قدرة الإشارة عند مخرج مكبر تساوي 10W كانت قدرة الضوضاء عند مخرج المكبر تساوي 0.01W. فأوجد نسبة قدرة الإشارة إلى قدرة الضوضاء، ثم احسب قيمتها عندما تكون بوحدة الديسيبل.

الحـــل

$$\left(\frac{S}{N}\right) = \frac{P_s}{P_n} = \frac{10}{0.01} = 1000 \qquad (1.15)$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{dB} = 10\ \text{Log}\left(\frac{P_s}{P_n}\right) = 10\ \text{Log}\left(\frac{10}{0.01}\right) = 10\ \text{Log}\ (1000) = 30\ \text{dB} \qquad (1.16)$$

المرشح عبارة عن دائرة إلكترونية لتمرير حيز محدد أو نطاق معين من الترددات ومنع ترددات أخرى. وتستخدم المرشحات للأسباب التالية:

- تحديد النطاق الترددي لإشارة المعلومات قبل وبعد عمليات التعديل والتكبير والخلط.
- اختيار نطاق ترددي محدد: برنامج إذاعي أو قناة تلفزيونية، مكالمة هاتفية، ... إلخ.
- حذف نطاق ترددي غير مرغوب فيه.

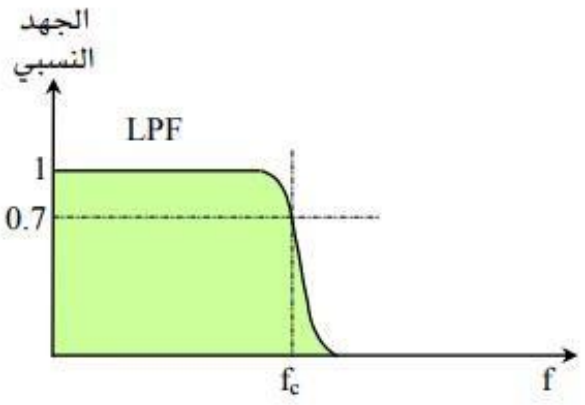
وتنقسم المرشحات في تكوينها بشكل عام إلى قسمين رئيسين:

- مرشحات غير فعالة: تتكون من العناصر غير الفعالة: المقاومات والمكثفات والملفات.
- مرشحات فعالة: حيث تتضمن العناصر الفعالة مثل مكبر العمليات بالإضافة إلى المكثفات والملفات والمقاومات.

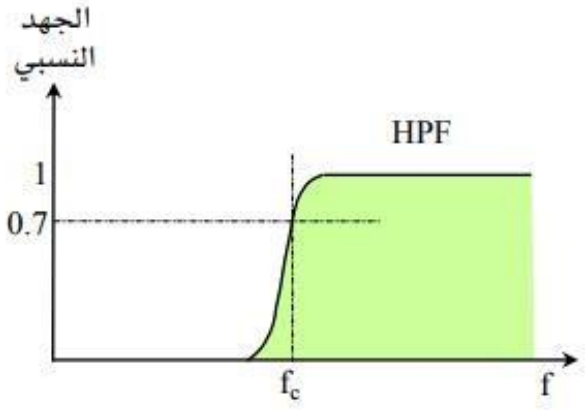
أما أنواعها فهي مرشح تمرير الترددات المنخفضة ومرشح تمرير الترددات العالية ومرشح تمرير نطاق ترددي ومرشح إيقاف نطاق ترددي كما سوف يتم تبسيطهم فيما يلي:

١- ٦- ١ مرشح تمرير الترددات المنخفضة Low Pass Filter "LPF"

مرشح التردد المنخفض يسمح بمرور الترددات المنخفضة إلى تردد محدد f_c يطلق عليه اسم تردد القطع Cutoff Frequency ويمنع مرور الترددات العالية. ويمكن توضيح خصائص المرشح المنخفض كما في الشكل (١- ٥).



الشكل (١- ٥): مرشح تمرير ترددات منخفضة



الشكل (١- ٦): مرشح تمرير ترددات عالية

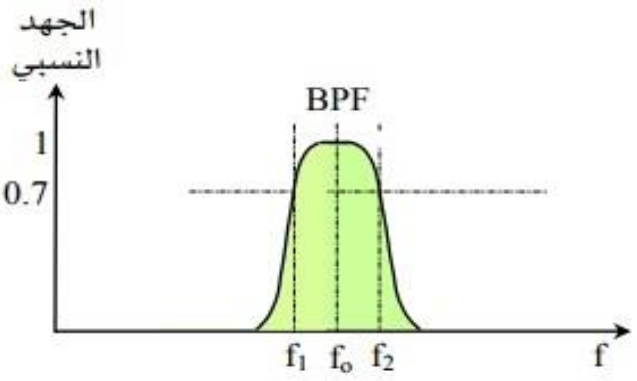
ويمكن تحديد تردد القطع عند النقطة التي ينخفض فيها قيمة خرج المرشح إلى نسبة 0.707 من قيمته القصوى حيث تنخفض القدرة عندها بمقدار 3dB.

١- ٦- ٢ مرشح تمرير الترددات العالية High Pass Filter "HPF"

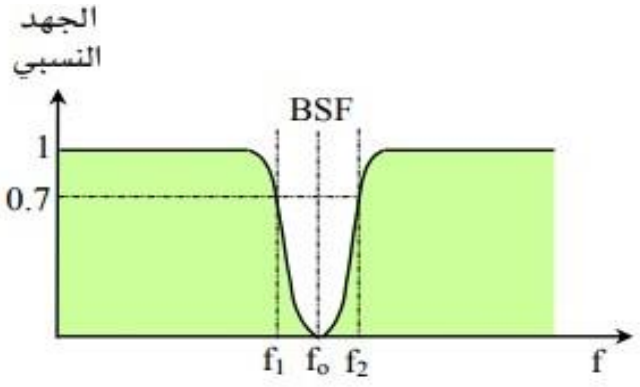
مرشح التردد العالي يعتبر عكس المرشح السابق حيث يمنع مرور الترددات المنخفضة إلى تردد القطع f_c بينما يسمح بمرور الترددات الأعلى إلى ما لا نهاية كما هو واضح في الشكل (١- ٦).

١- ٦- ٣ مرشح تمرير نطاق ترددي Band Pass Filter "BPF"

لترشيح نطاق ترددي محدد يبدأ من تردد القطع الأول f_1 وينتهي عند تردد القطع الثاني f_2 كما بالشكل (١- ٧) نحصل على ما يطلق عليه اسم مرشح تمرير نطاق ترددي. ويسمح هذا المرشح بمرور جميع الترددات المحصورة بين الترددين f_1 و f_2 ويمنع مرور جميع الترددات الأخرى المنخفضة منها والعالية. أما التردد f_o فيسمى التردد الوسيط Center Frequency.



الشكل (١- ٧): مرشح تمرير نطاق ترددي



الشكل (١- ٨): مرشح إيقاف نطاق ترددي

١- ٦- ٤ مرشح إيقاف نطاق ترددي Band Stop Filter"BSF"

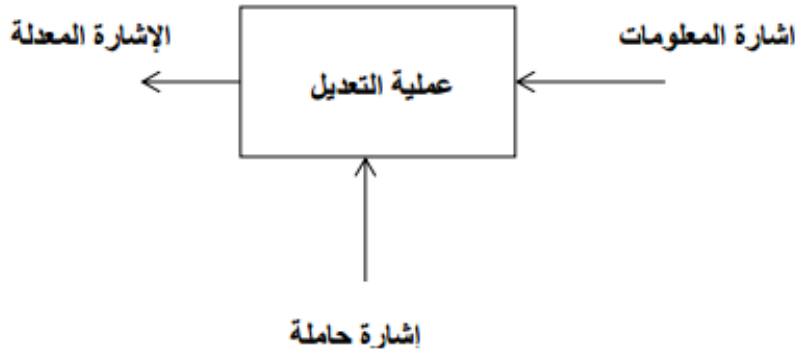
أحيانا نحتاج لحذف تردد محدد أو نطاق من الترددات، عندئذ نستخدم مرشح إيقاف النطاق الترددي. وهو معكوس المرشح السابق حيث يقوم بحذف الترددات المحصورة بين ترددي القطع f_1 و f_2 بينما يسمح بمرور ما عداها من الترددات المنخفضة منها والعالية كما هو موضح في الشكل (١- ٨).

مفهوم التعديل

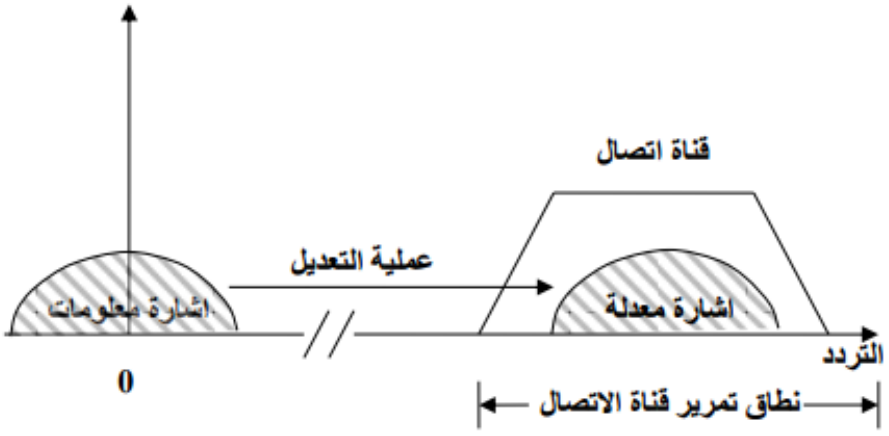
- مفهوم و مبادئ التعديل :

مفهوم التعديل :

عند خروج الإشارات الصوتية والرقمية من مصادرها تكون بوضع غير مناسب لإرسالها ، وعليه لابد من تجهيزات وإعدادها في صورة تتناسب لإرسالها عبر قنوات الاتصال المستخدمة وتسمى هذه العملية بعملية التعديل ، فالتعديل إذاً هو عملية تغير خصائص الإشارة الحاملة بما يتناسب وخصائص إشارة المعلومات المراد إرسالها وبما يضمن ملائمتها للإرسال عبر قناة الاتصال ، أي أن عملية التعديل تتطلب وجود إشارة المعلومات وإشارة حاملة كما بالشكل



إذا كانت قناة الاتصال عبارة عن مرشح تمرير حزمة ترددية عالية فإن عملية التعديل تكون عبارة عن تحويل النطاق الترددي الأساسي لإشارة المعلومات من موقعه إلى مجال التمرير الترددي العالي لقناة الاتصال كما هو موضح بالشكل



أنواع التعديل :

التعديل كما ذكر أعلاه هو عملية تغير لعنصر أو اكثر من عناصر الإشارة الحاملة بما يتناسب مع خصائص إشارة المعلومات المراد إرسالها ،ويستخدم التعديل في المنظومات التماثلية والمنظومات النبضية (الرقمية) ،وتكون الإشارة الحاملة في المنظومات التماثلية عبارة عن إشارة جيبيه وفي المنظومات الرقمية تكون على

أنواع التعديل: يصنف التعديل إلى نوعين رئيسيين

١ – التعديل التماثلي ويشتمل على :

أ – التعديل السعودي AM .

يتغير في هذا النوع من التعديل مطال الإشارة الحاملة بما يتناسب ومطال إشـــارة المعلومات (m (t ، في حين يبقى تردد وطور الإشارة الحاملة ثابتاً .

ب – التعديل الترددي FM

في هذا النظام يتغير تردد الإشارة الحاملة بما يتناسب والتغيير اللحظي لمطـــال إشارة المعلومات (t) m في حين يبقى مطال وطور الإشارة الحاملة ثابتاً .

ج – التعديل الطوري PM

يتغير هنا طور الإشارة الحاملة بما يتناسب والتغيير اللحظي لمطال إشـــارة المعلومات (m (t ، في حين يبقى مطال الإشارة الحاملة وترددها ثابتاً .

٢ – التعديل النبضي ويشتمل على الأنواع التالية :

أ – تعديل مطال النبضه PAM

في هذا النوع يتغير مطال سلسلة النبضات بما يتناسب وتغير مطال إشـــارة المعلومات مع بقاء عرض النبضات وموقعها ثابتاً .

ب – تعديل عرض النبضة PWM

يتغير في هذا النوع من التعديل عرض النبضات الحاملة بما يتناسب وتغير مطـال إشارة المعلومات مع بقاء مطال ومركز النبضات ثابتاً .

ج – تعديل موقع النبضة PPM

في هذا النظام يتغير موقع النبضات الحاملة بما يتناسب وتغير مطال إشـــارة المعلومات مع بقاء مطال النبضات وعرضها ثابتين .

٣ – التعديل الرقمي ويشتمل على الأنواع التالية :

أ – التعديل النبضي المشفر PCM

ويتم تشفير كل نبضة معدلة (PAM) بعدد من النبضات الرقمية بما يتناسب مع مطال هذه النبضة .

ب – التعديل النبضي المشفر التفاضلي DPCM

يتم تشفير كل نبضة تفاضلية معدلة بعدد من النبضات الرقمية بما يتناسب ومطـال هذه النبضة .

ج – تعديل دلتا DM

يتم تشفير الفرق بين إشارة المعلومات والإشارة التقريبية الناتجة لها بنبضـــات رقمية (1 أو 0) وفق الإشارة الجبرية لهذا الفرق .

لماذا نلجأ إلى التعديل ؟ :

توجد عدة اعتبارات وفوائد تحتم علينا استخدام التعديل في منظومات الاتصالات

نذكر منها ما يلي :

أ – لتسهيل عملية البث اللاسلكي :

نعلم بأن الطول الفعلي المناسب لهوائي الإرسال يجب أن يكون بطول $\frac{\lambda}{10}$ على الأقل حيث أن λ هي طول الموجة لذلك للحصول على إشعاع جيد لإشارة صوتية ذات تردد 1 كيلو هرتز فإننا بحاجة إلى هوائي بطول 3.10^4 متر أي 30 كيلومتر على الأقل ، وإذا كان تردد الإشارة الصوتية 100 هرتز فإن طول الهوائي يكون 300 كيلو متر على الأقل ($\lambda = \frac{v}{F}$) ، وهذه الأطوال غير عملية ومن الصعب تنفيذها ، إذا استخدمنا التعديل أي تحويل الحزمة الترددية المنخفضة إلى مجال ترددي عالي تصبح هوائيات الإشعاع الجيد ذات أطوال عملية فمثلا في البث الإذاعي للموجة المتوسطة عند تردد 1MHZ يكون طول الهوائي $(\lambda = \frac{v}{F}), \frac{\lambda}{10} = 30m$ ، حيث أن $v = 3.10^8 m \setminus sec$ ، وإذا استخدمنا هوائي بطول ($\frac{\lambda}{2}$) فيكون بذلك طوله (150 m) وهي من الأطوال المستخدمة في البث الإذاعي .

ب- يستخدم التعديل لغرض التجميع (الإرسال المتعدد) :

نستخدم التعديل عند تجميع الإشارات وفق التقسيم الترددي FDM ، ثم إرسالها عبر قناة الاتصال ، ومن ثم نقوم باستقبالها وتوزيع هذه الإشارات للأماكن المرسلة إليها ، وتعتبر منظومات القنوات الهاتفية مثالاً تطبيقياً لطريقة التجميع وفق التقسيم الترددي

جـ- لفحص تحديد وتوزيع الترددات :

يساعد التعديل على عملية توزيع الترددات وفق محطات الإرسال ووفق الاستخدامات المختلفة ، فعملية بث عدة قنوات تلفزيونية وعدة محطات إذاعية في منطقة واحدة وفي آن واحد أصبحت ممكنة بوجود عملية التعديل ، وبدونها لايمكن السماح إلا لمحطة أو إذاعة واحدة للبث في آن واحد وإلا سيحدث التداخل بينها

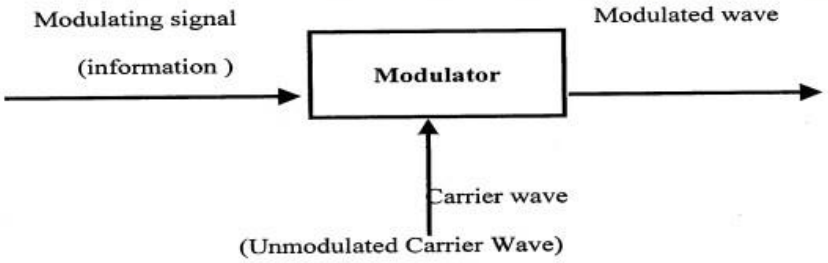
ء - للتغلب على الضجيج والتداخل :

يستخدم التعديل كأداة للتقليل من تأثير الضجيج والتداخل على جودة الاستقبال كما هو الحال في نظام التعديل الترددي الذي يمتاز بقدرته على التغلب على الضجيج

والتداخل

٢-٢ أساسيات تعديل السعة Amplitude Modulation

تعديل السعة **(AM)**: هو تغيير اتساع الموجة الجيبية الحاملة ذات التردد المرتفع حيث يتناسب طردياً مع إشارة المعلومات الأساسية $V_m(t)$. شكل ٢- ١ يعطينا وصف مبسط لتعديل السعة حيث يتألف من المعدّل السعوي (Modulator)، و إشارة المعلومات $V_m(t)$، و الموجة الحاملة $V_c(t)$، و أخيراً الموجة المعدّلة.



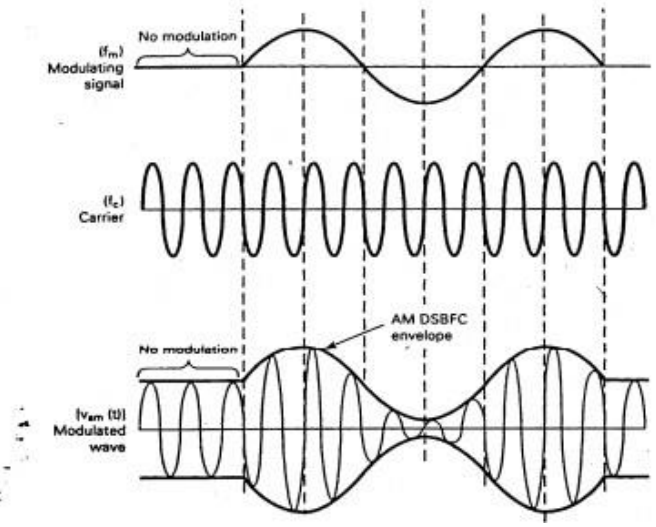
الشكل ٢- ١ : رسم توضيحي للمعدّل السعوي.

٢- ٢- ١ المعدّل السعوي AM Modulator

هو عبارة عن جهاز غير خطي ذي دخلين إحداهما مخصص لإشارة المعلومات والآخر مخصص للموجة الحاملة، وخرج نحصل عن طريقه على الموجة المعدّلة (Modulated wave) كما هو موضح في شكل٢- ١.

٢- ٢- ٢ توليد إشارات تعديل السعة (الاتساع)

الشكل ٢- ٢ يبين كيفية إنتاج موجة AM، وذلك عندما إشارة المعلومات ذات التردد المنخفض تؤثر في الإشارة الحاملة ذات التردد العالي. نلاحظ كما هو مبين في الشكل ٢- ٢ أنه عند انعدام إشارة المعلومات التي نطلق عليها من الآن فصاعداً إشارة التعديل، فإن الموجة الناتجة هي فقط الموجة الحاملة. ونظراً لأن من الصعوبة نقل الإشارات بشكل عام عند الترددات المنخفضة فإن إنتاج موجة AM بواسطة التعديل تسمح بنقل إشارة المعلومات خلال جهاز نظام الاتصالات.



٢- ٢- ٣ خصائص الموجة المعدّلة Modulated Wave Characteristics

تتميز الموجة الناتجة عن طريق عملية التعديل (الموجة المعدّلة) بما يلي:

١- الموجة المعدّلة $V_{AM}(t)$ لها نفس تردد الموجة الحاملة (f_c).

٣- تردد الغلاف الخارجي (الكاشف) للموجة المعدّلة $V_{AM}(t)$ يساوي تردد إشارات التعديل $V_m(t)$.

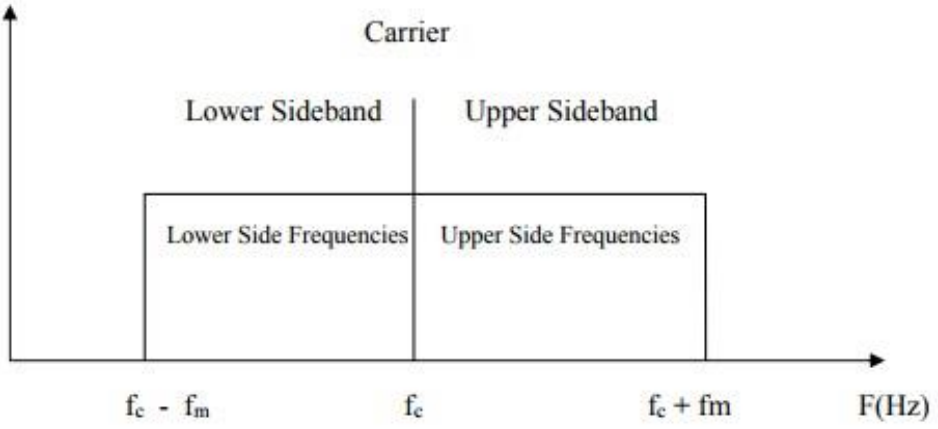
٤- سعة الغلاف الخارجي (الكاشف) للموجة المعدّلة $V_{AM}(t)$ تساوي سعة إشارة التعديل $V_m(t)$.

٢-٣ الطيف الترددي وعرض النطاق لتعديل السعة

AM Frequency Spectrum and Bandwidth

٢- ٣- ١الطيف الترددي AM Frequency Spectrum

كما ذكرنا آنفاً أنه من الصعوبة إرسال الإشارات ذات الترددات المنخفضة، لأن هذا يتطلب هوائية تبلغ من الضخامة حداً غير معقول، لأن طول هوائي الإرسال يجب أن يكون في حدود (10٪) من طول موجة الإشارة المرسلة. لهذا السبب فإن إزاحة طيف الإشارة إلى مدى ترددي مرتفع بواسطة التعديل يعتبر شيئاً مرغوباً. فمن هنا نقول إن تأثير عملية التعديل هو إزاحة تردد إشارة المعلومات في المجال الطيفي حيث ينعكس بالتساوي حول محور تردد الموجة الحاملة (f_c) كما هو موضح في الشكل٢- ٣.



الشكل ٢- ٣ الطيف الترددي لموجة AM

نلاحظ من الشكل ٢- ٣ أن طيف الموجة المعدّلة والمتمركز عند التردد f_c يتكون مما يلي:

عرض النطاق الجانبي العلوي Upper Sideband (USB)

هو عبارة عن عرض النطاق المحصور بين الترددين f_c و f_c+f_m (النهاية الترددية) كما هو موضح في المعادلة التالية :

$$f_c \leq USB \leq f_c + f_m \qquad (2\text{-}1)$$

وكل إشارة لها تردد f_m يقع في USB فإنه يدعى تردد الجانب العلوي Upper Side Frequency (USF) ويرمز لها بـ USF ومعطاة بالعلاقة التالية:

$$f_{usf} = f_c + f_m \qquad (2\text{-}2)$$

حيث :

f_{USF}: تردد الجانب العلوي

f_c: تردد الموجة الحاملة

f_m: تردد إشارة التعديل (إشارة المعلومات الأساسية).

عرض النطاق الجانبي السفلي: Lower Sideband (LSB)

هو عبارة عن النطاق (النهاية الترددية) المحصور بين:

$$f_c - f_m \leq LSB \leq f_c \qquad (2\text{-}3)$$

وكل إشارة لها تردد f_m يقع في LSB فإنه يدعى تردد الجانب السفلي Lower Side Frequency (LSF) ويرمز لها بـ LSF وهو معطى بالعلاقة التالية:

$$f_{Lsf} = f_c - f_m \qquad (2\text{-}4)$$

٢- ٣- ٢ عرض النطاق لتعديل السعة AM Bandwidth

إن عرض نطاق إشارة التعديل الاتساعي (السعوي) يمكن أن تستخرج تبعاً للشكل**٢- ٣** كما يلي:

$$BW_{AM} = (f_c + f_m) - (f_c - f_m) = 2 f_m$$

إذا عرض نطاق موجة AM هو:

$$BW_{AM} = 2 f_m \quad [\text{Hz}] \qquad (2\text{-}5)$$

حيث :

BW_{AM}: هو عرض نطاق موجة AM ويعطى بالهرتز(Hz).

f_m: تردد إشارة التعديل (المعلومات) بالهرتز(Hz).

مثال ٢- ١

إذا كان لدينا جهاز التعديل (المعدّل السعوي AMDSBFC modulator) ذو الدخلين، الأول الموجه الحاملة ذات تردد f_c=100kHz و الثاني موجة المعلومات الأساسية ذات تردد f_m= 5kHz.

احسب ما يلي:

أ. النهايات الترددية لكل من USB و LSB.

ب. عرض النطاق BW_{AM}

ج. التردد الجانبي العلوي (USF) عندما f_m = 3kHz .

د. التردد الجانبي السفلي (LSF) عندما f_m = 3kHz.

ه. ارسم الطيف الترددي للخرج.

حل المثال ٢- ١

أ. نوجد النهاية الترددية لـ USB من المعادلة (2-1)

$$f_c \leq USB \leq f_c + f_m$$

$$100 \ kHz \leq USB \leq 105 \ KHz$$

و نوجد النهاية الترددية لـLSB من المعادلة (2-3)

$$f_c - f_m \leq LSB \leq f_c$$

$$95 \ KHz \leq LSB \leq 100 \ KHz$$

ب. حسب المعادلة (2-5) فإن

جـ. حسب المعادلة (2-2)

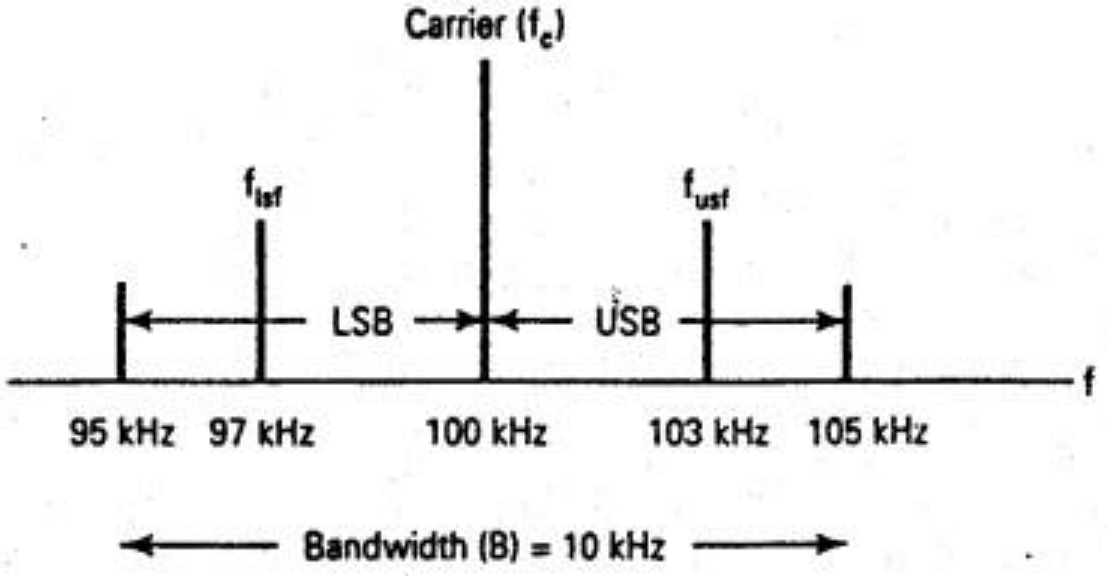
$$f_{usf} = f_c + f_m = 100 \ KHz + 3 \ KHz = 103 \ KHz$$

د. حسب ا لمعادلة (2-4)

$$f_{Lsf} = f_c - f_m$$
$$= 100 \text{ KHz} - 3 \text{ KHz} = 97 \text{ KHz}$$

هـ. رسم الطيف الترددي

$$BW_{AM} = 2 f_m = 2 \times 5 \ KHz = 10 \ KHz$$



٢-٤ معامل التعديل والنسبة المئوية لتعديل السعة

Coefficient of Modulation and Percent Modulation

٢- ٤- ١ معامل التعديل Coefficient of Modulation

هو عبارة عن معامل نستطيع من خلاله قياس ما مدى التغير الذي يحدث في سعة موجة AM أثناء عملية التعديل. ويعبر عليه رياضياً بالعلاقة التالية:

$$m = \frac{E_m}{Ec} \qquad (2\text{-}6)$$

حيث

m: معامل التعديل (بدون وحدة)

E_m: سعة إشارة المعلومات الأساسية $Vm(t)$وتقاس بالفولت.

E_c: سعة الموجة الحاملة $Vc(t)$ و تقاس بالفولت.

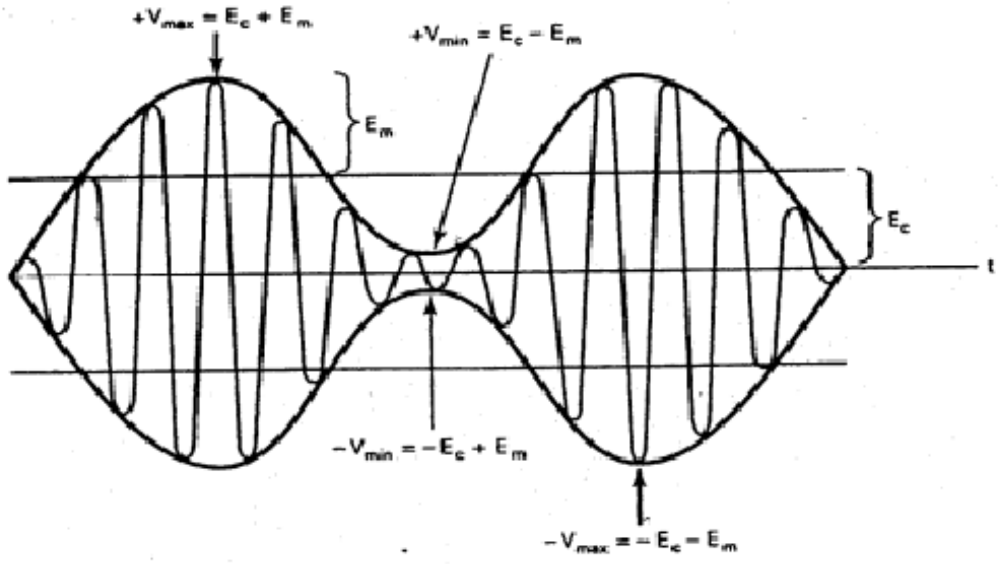
٢- ٤- ٢ النسبة المئوية للتعديل Percent Modulation (M)

هي عبارة عن النسبة المئوية لمعامل التعديل، حيث تعطى بالعلاقة التالية:

$$M = \frac{E_m}{E_c} \times 100 \quad \% \qquad (2\text{-}7)$$

العلاقة بين m , E_m , E_c مبينة في الشكل٢- ٤.

العلاقة بين m , E_m , E_c مبينة في الشكل٢- ٤.



الشكل ٢- ٤ يوضح معامل التعديل، E_c و E_m .

من الشكل٢- ٤ نستنتج ما يلي:

$$V_{max} = E_c + E_m \qquad (2\text{-}8)$$

$$V_{min} = E_c - E_m \qquad (2\text{-}9)$$

بجمع المعادلتين (2-8) , (2-9) طرف إلى طرف نجد

$$E_c = \frac{1}{2}(V_{max} + V_{min}) \qquad (2\text{-}10)$$

ثم بطرح المعادلة 2-8 من 2-9 نجد

$$E_m = \frac{1}{2}(V_{max} - V_{min}) \qquad (2\text{-}11)$$

حيث

V_{max} : يمثل قيمة الجهد الأقصى لموجة AM

V_{min} : يمثل قيمة الجهد الأدنى لموجة AM

لقد سبق أن بينا بأن الموجة المعدّلة (موجه AM) تتكون من الجانب العلوي والجانب السفلي، فبالتالي أي تغيير يطرأ على الموجة المعدّلة هو ناتج من كلا الجانبين وهذا يقودنا إلى التعبير على E_m بما يلي:

$$E_m = E_{USF} + E_{LSF} \qquad (2\text{-}12)$$

حيث:

E_{USF}: جهد الجانب العلوي [Volts]

E_{LSF} : جهد الجانب السفلي [Volts]

أي المعادلة (2-12) تنص على أن التغيير الأقصى في الجهد الذي يطرأ على الموجة المعدّلة هو حاصل جمع مركبتي الجهد الناتجين من الجانب العلوي والجانب السفلي.

بما أن

$$E_{USF}=E_{LSF} \qquad (2\text{-}13)$$

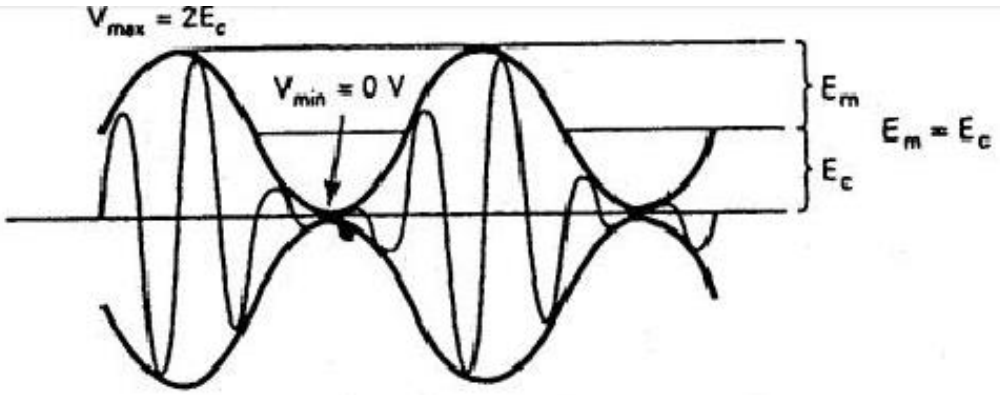
نعوض المعادلة (2-13) في المعادلة (2-12) نجد

$$E_{USF} = E_{LSF} = \frac{E_m}{2} \qquad (2\text{-}14)$$

ثم نعوض (2-11) في المعادلة (2-14) لكي نخلص إلى ما يلي:

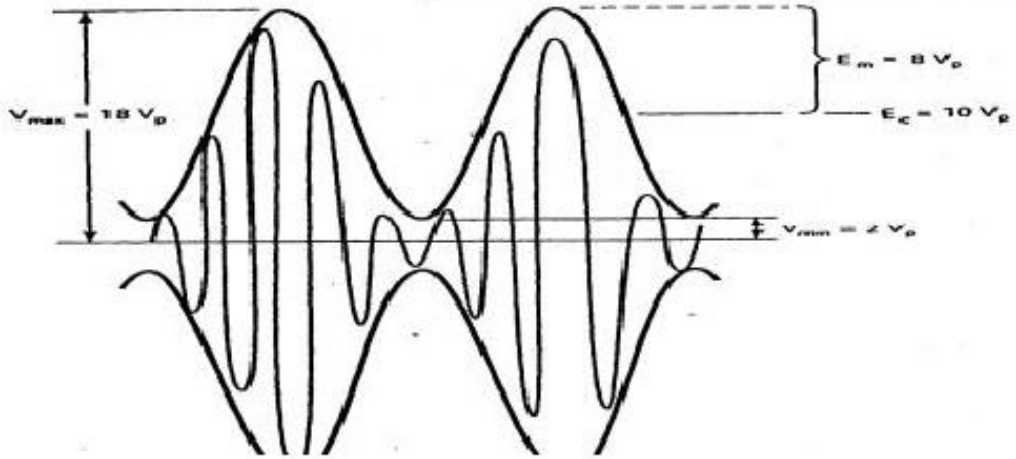
$$E_{USF} = E_{LSF} = \frac{1}{4}(V_{max} - V_{min}) \qquad (2\text{-}15)$$

نود أن التنبيه إلى أنه من المعادلة (2-7) يتضح أن نسبة التعديل تصل إلى 100% عندما $E_m=E_c$ و في هذه الحالة نستطيع القول من المعادلة (2-8) أن $V_{max}=2E_c$ وكذلك من المعادلة(2-9) أن $V_{min}=0$ كما هو موضح في الشكل٢- ٥.



الشكل ٢- ٥ يوضح موجة AM عندما تبلغ نسبة التعديل 100%.

مثال ٢- ٢ من أجل موجة AM المبينة في الشكل التالي



أوجد ما يلي:

أ- السعة القصوى للجانب العلوي E_{USF} والسفلي E_{LSF}.

ب- السعة القصوى للموجه الحاملة قبل التعديل $(Ec)_{unmod.}$.

ج- التغيير الأقصى في سعة الغلاف الخارجي لموجة AM E_m

د- معامل التعديل **m**.

هـ- نسبة التعديل **M%**.

الحل

أ- بتطبيق المعادلة (2-15) وبالرجوع إلى الشكل المعطى في المثال:

$$E_{USF} = E_{LSF} = \frac{1}{4}(V_{max} - V_{min}) = \frac{1}{4}(18 - 2) = 4V$$

ب- السعة القصوى للموجه الحاملة قبل التعديل تساوي السعة القصوى للموجه الحاملة بعد التعديل

أي $(Ec)_{unmod.} = (Ec)_{mod.}$

و بتطبيق المعادلة (2-10)

$$E_c = \frac{1}{2}(V_{max} + V_{min}) = \frac{1}{2}(18 + 2) = 10V$$

أو تقرأ مباشرة من الشكل E_c=10V

ج- بتطبيق المعادلة (2-11)

$$E_m = \frac{1}{2}(V_{max} - V_{min}) = \frac{1}{2}(18 - 2) = 8V$$

د- بتطبيق المعادلة (2-6)

$$M = \frac{E_m}{E_c} = \frac{8}{10} = 0.8$$

هـ- بتطبيق المعادلة (2-7)

$$M = \frac{E_m}{E_c} \times 100\ \% = 0.8 \times 100\ \% = 80\ \%$$

٢-٥ توزيع جهد موجة AM

AM Voltage Distribution (AM) $V_{am(t)}$

كما هو معروف لكل موجة كهربائية تحمل في طياتها، جهد، تيار، وطاقة، من خلال هذا الجزء نريد أن نعبر رياضياً عن توزيع جهد موجة تعديل السعة $V_{am}(t)$. حتى يتسنى لنا ذلك، نعبر عن الجهد اللحظي الجيبي للموجه الحاملة قبل التعديل بالمعادلة الرياضية التالية:

$$V_c(t) = E_c \sin(2\pi f_c t) \qquad (2\text{-}16)$$

حيث

$V_c(t)$: هو الجهد اللحظي للموجة الحاملة (Volts)

E_c: السعة القصوى للموجةالحاملة قبل التعديل (Volts)

f_c: تردد الموجة الحاملة (Hz).

لقد مر معنا ما يلي:

أ- معدل الإعادة (repetition rate) لغلاف الخارجي لموجة $V_{am}(t)$ يساوي تردد إشارة التعديل (المعلومات)$V_m(t)$.

ب- سعة الغلاف الخارجي لموجة $V_{am}(t)$تتغير تبعاً لسعة إشارة التعديل $V_m(t)$.

ج- السعة القصوى لغلاف الخارجي لموجة $V_{am}(t)$ تساوي $V_{max} = E_m + E_c$،

ومن هنا يمكن التعبير على السعة اللحظية لموجة $V_{am}(t)$ بالعلاقة الرياضية التالية:

$$V_{am}(t) = [Ec + E_m \sin(2\pi f_m t)] \sin 2\pi f_c t \qquad (2\text{-}17)$$

حيث

$[Ec + E_m \sin(2\pi f_m t)]$: تمثل سعة الموجة المعدّلة (Volts)

E_m: التغيير الأقصى في الغلاف (Volts)

f_m: تردد إشارة التعديل (Hz)

من المعادلة (2.6) يمكن أن نكتب

$$E_m = mE_c \qquad (2\text{-}18)$$

بتعويض المعادلة (2.18) في المعادلة (2.17) نجد:

$$V_{am}(t) = [Ec + mE_c \sin(2\pi f_m t)] \sin(2\pi f_c t) \qquad (2\text{-}19)$$

يمكن كتابتها على الشكل التالي

$$V_{am}(t) = [1 + m \sin(2\pi f_m t)] E_c \sin(2\pi f_c t)$$

$$V_{am}(t) = E_c \sin(2\pi f_c t) + mE_c \sin(2\pi f_m t)(E_c \sin(2\pi f_c t)) \qquad (2\text{-}20)$$

❖ تذكرة

$$\sin\alpha \sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)] \qquad (2\text{-}21)$$

باستعمال المعادلة القصيرة (2-21) فإن المعادلة (2-20) يمكن كتابتها على الشكل التالي:

$$V_{am}(t) = E_c \sin 2\pi f_c t - \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi(f_c + f_m)t + \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi(f_c - f_m)t \qquad (2\text{-}22)$$

حيث

$E_c \sin(2\pi f_c t)$: يمثل الموجة الحاملة (Volts)

$-\frac{mE_c}{2}\cos 2\pi(f_c + f_m)t$: يمثل إشارة الجانب العلوي (Volts)

$\frac{mE_c}{2}\cos 2\pi(f_c - f_m)t$: يمثل شارة الجانب السفلي (Volts)

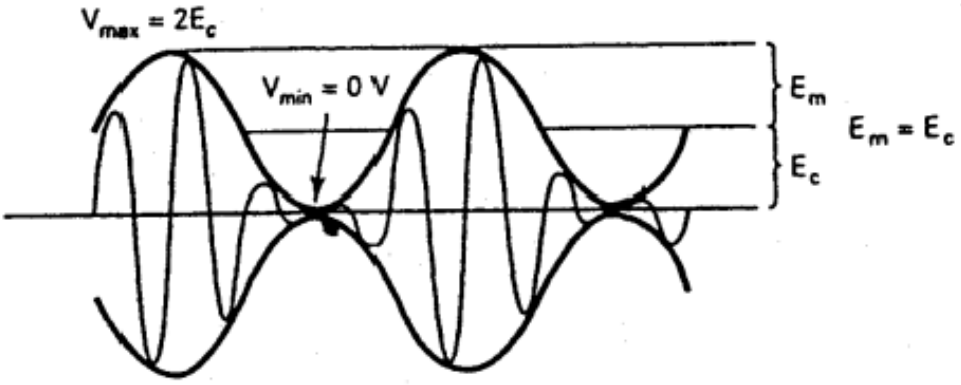
هناك عدة نقاط مهمة يمكن استخلاصها من المعادلة (2-22) وهي:

أ. سعة إشارة الموجة الحاملة بعد التعديل تساوي سعة الموجة الحاملة قبل التعديل.

$$Ec_{(\text{mod ulated})} = Ec_{(\text{un mod ulated})} \qquad (2\text{-}23)$$

ب. سعتا الجانب العلوي والسفلي متساويتان وترتبطان بمعامل التعديل وسعة الموجة الحاملة.

ج. عندما تبلغ نسبة التعديل 100% (أي $E_m=E_c$,$m=1$) فإن سعتا الجانب العلوي والسفلي تساوي كل واحدة منهما نصف سعة الموجة الحاملة ($\frac{E_c}{2}$).



الشكل ٢- ٥ يوضح موجة AM عندما تبلغ نسبة التعديل 100%.

ومن هنا نكتب:

$$E_m = E_{usf} + E_{Lsf}$$

$$E_m = \frac{E_c}{2} + \frac{E_c}{2} = E_c$$

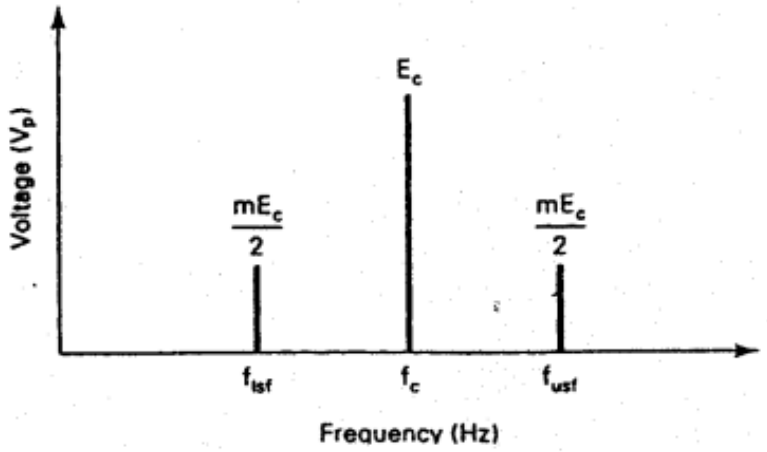
وبما أن:

$$V_{max} = E_c + E_m = E_c + E_c = 2E_c$$

$$V_{min} = E_c - E_m = E_c - E_c = 0$$

مما سبق، فإنه من الواضح أنه عندما يساوي معامل التعديل الواحد(m=1) فإن السعة القصوى للغلاف الخارجي هي $V_{max}= 2\ E_c$ والسعة الدنيا $V_{min}=0$، هذه الحالة موضحة في الشكل ٢- ٥.

د. إن الشكل ٢- ٦ يمثل الطيف الترددي للنطاق الجانبي المزدوج ذي الموجة الحاملة الكاملة (AM DSBFC) وذلك بالرجوع إلى المعادلة (2-22)



الشكل ٢- ٦ يوضح الطيف الترددي لجهد موجة AM DSBFC

مثال ٢- ٣

أحد المدخلين لمعدل موجة AM هو عبارة عن الموجة الحاملة ذات تردد 500KHz ذات السعة $20V_p$. أما المدخل الثاني فهو مخصص لإشارة التعديل ذات تردد 10kHz والتي تكفي لإحداث التغيير في موجة الخرج قدره $\pm 7.5V_p$. أوجد ما يلي:

أ- تردد الجانب العلوي f_{usf} والسفلي f_{lsf}.

ب- معامل التعديل m والنسبة المئوية للتعديل M.

ج- السعة القصوى للموجه الحاملة بعد التعديل $(Ec)_{modulated}$.

د- جهد الجانب العلوي E_{usf} والسفلي E_{lsf}.

هـ- السعة القصوى V_{max} والدنيا للغلاف V_{min}.

و- علاقة الموجة المعدّلة $V_{am}(t)$.

ز- ارسم الطيف الترددي.

ح- ارسم الغلاف الخارجي.

الحل

أ- حسب المعادلتين (2-2) , (2-4) نكتب

$$f_{usf} = f_c + f_m = 500\ K + 10\ K = 510\ KHz$$
$$f_{Lsf} = f_c - f_m = 500\ K - 10\ K = 490\ KHz$$

ب- معامل التعديل ونسبة التعديل: حسب المعادلتين (2-6) ,(2-7) يكتب:

$$m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{7.5}{20} = 0.375$$
$$M = \frac{E_m}{E_c} \times 100\ \% = \frac{7.5}{20} \times 100\ \% = 37.5\%$$

ج- حسب المعادلة (2-23)

$$Ec_{(modulated)} = Ec_{(unmodulated)} = 20V$$

د- من المعادلة (2-22) يمكن كتابة:

$$E_{USF} = E_{LSF} = \frac{mE_c}{2} = \frac{0.375 \times 20}{2} = 3.75V$$

هـ- حسب المعادلتين (2-8) , (2-9) يمكن كتابة:

$$V_{max} = E_c + E_m = 20 + 7.5 = 27.5V$$

$$V_{\min} = E_c - E_m = 20 - 7.5 = 12.5V$$

و- علاقة الموجة المعدّلة معطاة بالمعادلة (2-22) وهي:

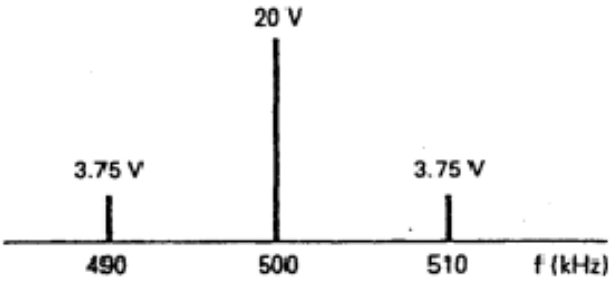
$$V_{am}(t) = E_c \sin 2\pi f_c t - \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi(f_c + f_m)t + \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi(f_c - f_m)t$$

الآن نعوض بالمعطيات المتوفرة لدينا نحصل على:

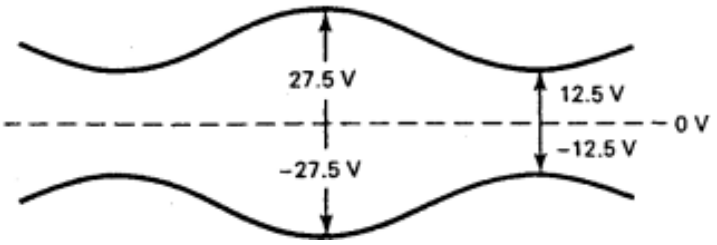
$$V_{am}(t) = 20 \sin(2\pi\, 500\ Kt) - 3.75 \cos(2\pi\, 510\ Kt) + 3.75 \cos(2\pi\, 490\ Kt)$$

وهي العلاقة المطلوبة.

ز- الطيف الترددي مبين بالشكل التالي:



ح- رسم الغلاف الخارجي مبين بالشكل اسفل



في أي دائرة كهربائية فإن القدرة المستهلكة تعطى بالعلاقة التالية:

$$P = \frac{V^2}{R} \qquad (2\text{-}24)$$

أما القيمة المتوسطة للقدرة:

$$P_{av} = \frac{V_{rms}^2}{R} \qquad (2\text{-}25)$$

حيث

$$V_{rms} = \frac{V}{\sqrt{2}} \qquad (2\text{-}26)$$

نعوض المعادلة (2-26) في المعادلة (2-25) نجد

$$P_{av} = \frac{V^2}{2R} \qquad (2\text{-}27)$$

تبعاً للمعادلة (2-27) يمكننا استنتاج قيمة القدرة المتوسطة للموجه الحاملة المستهلكة في الحمل **R**.

$$P_C = \frac{E_C^2}{2R} \qquad (2\text{-}28)$$

حيث:

P_c : طاقة الموجة الحاملة (Watts)

E_c: السعة القصوى للموجه الحاملة (Volts)

R: مقاومة الحمل (Ohm)

أما القدرة لكل من الجانب العلوي والسفلي.

$$P_{usf} = P_{Lsf} = \frac{\left(\frac{mE_C}{2}\right)^2}{2R} = \frac{m^2E_C^2}{8R} \qquad (2\text{-}29)$$

نعوض المعادلة (2-28) في المعادلة (2-29) نجد:

$$P_{Usf} = P_{Lsf} = \frac{1}{4}m^2P_C \qquad (2\text{-}30)$$

أما القدرة الكلية لموجة AM

$$P_T = P_C + P_{Usf} + P_{Lsf}$$

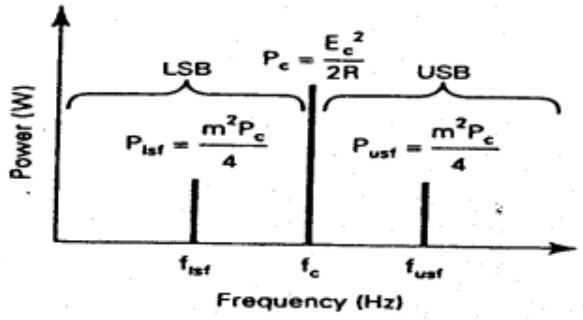
$$P_T = P_C + \frac{1}{4}m^2 P_C + \frac{1}{4}m^2 P_C \qquad (2\text{-}31)$$

$$P_T = \left[1 + \frac{m^2}{2}\right] P_C \qquad (2\text{-}32)$$

يمكن ملاحظة من المعادلة (2-31) أن الموجة الحاملة تحافظ على نفس القدرة بعد التعديل، أما المعادلة (2-32) تسمح لنا باستنتاج ما يلي :

أن القدرة الكلية تزداد بازدياد معامل التعديل.

تبعاً للمعادلة (2-31) يمكن رسم الطيف الترددي للقدرة الموضح في الشكل٢- ٧:



الشكل ٢- ٧ يوضح الطيف الترددي لقدرة الموجة AM DSBFC وذلك باستعمال إشارة التعديل ذات أحادية التردد.

عندما يحدث التعديل 100% فإن :

$$P_{Usf} = P_{Lsf} = \frac{P_C}{4} \qquad (2\text{-}33)$$

وذلك بتعويض قيمة m=1 في المعادلة (2-30)

أما القدرة الكلية المحمولة في كلا الجناحين

$$P_{tsf} = \frac{P_C}{2} \qquad (2\text{-}34)$$

من المعادلتين (2-33) و (2-34) نستنتج ما يلي: عندما يحدث التعديل 100% فإن القدرة المحمولة في كل جانب تساوي ربع قدرة الموجة الحاملة أما القدرة المحمولة في كلا الجانبين فهي تصبح نصف قدرة

الموجة الحاملة.

هنا نشير بأن إحدى العيوب الرئيسة عند الإرسال باستعمال AM BSBFC أن المعلومات محتواه في الجانبين بالرغم من أن معظم القدرة تستهلك بواسطة الموجة الحاملة، لكن فعلياً فإن قدرة الموجة الحاملة لا تضيع كلية بل جزء منها يسمح باستعمال دائرة فكك التعديل البسيطة وبأقل تكلفة وهذا يعتبر في حد ذاته أحد الخواص المميزة لموجة AM DSBFC.

مثال ٢- ٤

وليكن لدينا المعطيات التالية لموجة AM DSBFC :

سعة الموجة الحاملة $10V_p$ ، مقاومة الحمل 10Ω والتعديل تم عند 100%:

أوجد ما يلي:

أ. قدرة الموجة الحاملة P_c.

ب. قدرة كل من الجانبين العلوي P_{usf} والسفلي P_{lsf}

ج. القدرة الكلية للجانبين P_{tsf}.

د. القدرة الكلية للموجه المعدّلة P_T.

هـ. ارسم الطيف الترددي للقدرة .

الحل

أ. باستخدام المعادلة (2-28)

$$P_C = \frac{E_C^2}{2R} = \frac{10^2}{2 \times 10} = 5 \ W$$

ب. باستخدام المعادلة (2-30)

$$P_{Usf} = P_{Lsf} = \frac{1}{4} m^2 P_C = \frac{1}{4}(1^2)5 = 1.25W$$

حيث m=1 لأن التعديل تم عند 100%.

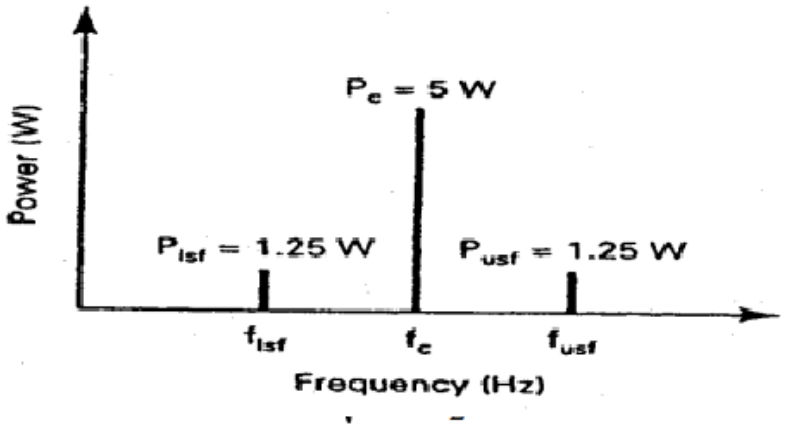
جـ.

$$P_{tsf} = \frac{P_C}{2} = \frac{5}{2} = 2.5W$$

د. باستخدام المعادلة (2-30)

$$P_T = \left[1 + \frac{m^2}{2}\right] P_C = (1 + \frac{1^2}{2}) \times 5 = 7.5W$$

هـ. الطيف الترددي للقدرة

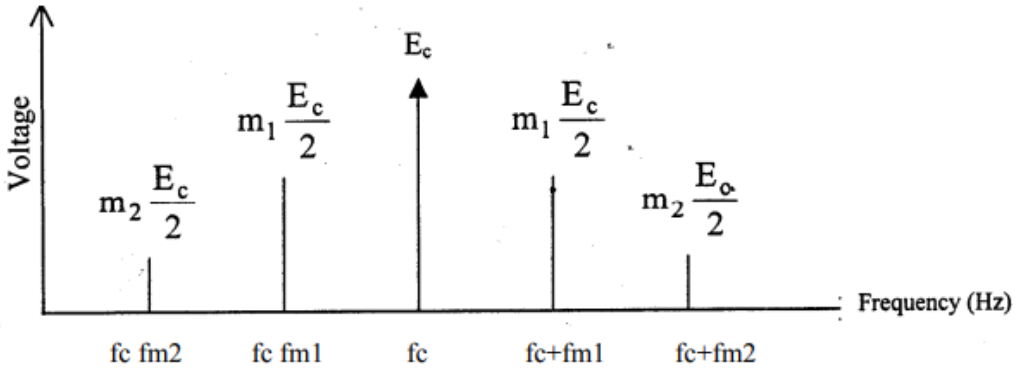


٢-٨ تعديل السعة بواسطة الإشارة المركبة AM Modulation by a Complex information

في الأجزاء السابقة من هذه الوحدة ، قمنا بدراسة الطيف الترددي، وعرض النطاق، ومعامل التعديل، وتوزيع كل من الجهد والقدرة وهذا بواسطة استعمال إشارة التعديل ذات أحادية التردد.

أما من الناحية التطبيقية، ففي الغالب تكون إشارة التعديل مركبة أي تكون عبارة عن مجموعة من الإشارات الجيبية ذات سعات وترددات مختلفة.

لنفترض إن إشارة التعديل تحتوي على ترددين (f_{m1}, f_{m2}) ففي هذه الحالة فإن الموجة الناتجة من عملية التعديل ستحتوي على مركبة الموجة الحاملة بالإضافة إلى مجموعتين من الأجنحة حيث ستقع على مسافات متساوية وبشكل تناظري حول مركبة الموجة الحاملة. والشكل ٢- ٨ يوضح الطيف الترددي الجهد في حالة إشارة التعديل مركبة من ترددين f_{m1}, f_{m2}.



الشكل ٢- ٨ الطيف الترددي للجهد لإشارتين تعديل بإستخدام تعديل السعة بواسطة الإشارة المركبة.

بالرجوع إلى المعادلة (2-22)التي وبأخذ بعين الاعتبار الشكل ٢- ٨ يمكن استنتاج معادلة الجهد لموجة AM في حالة إشارة التعديل تكون مركبة من ترددين f_{m1}, f_{m2} .

$$V_{am}(t) = E_c \sin 2\pi f_c t - \frac{m_1 E_c}{2}\cos 2\pi (f_c + f_{m1})t + \frac{m_1 E_c}{2}\cos 2\pi (f_c - f_{m1})t - \frac{m_2 E_c}{2}\cos 2\pi (f_c + f_{m2})t + \frac{m_2 E_c}{2}\cos 2\pi (f_c - f_{m2})t \quad (2\text{-}39)$$

حيث يمكن تعميم هذه المعادلة لإشارة التعديل التي تتكون من أكثر من ترددين.

عند استعمال إشارات التعديل ذات ترددات مختلفة في تعديل الموجة الحاملة على التوالي فإن معامل التعديل في هذه الحالة يعطى بالعلاقة التالية:

$$m_t = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + \ldots + m_n^2} \quad (2\text{-}40)$$

حيث

m_t: معامل التعديل الكلي

$m_1, m_2, \ldots m_n$: معاملات التعديل لإشارات الدخل.

هذا يقودنا إلى إدخال تغييرات طفيفة على معادلات القدرة التي درستها في الجزء السادس في حالة الإشارة ذات أحادية التردد ، ففي حالة الإشارة المركبة تكتب كما يلي:

$$P_T = \left[1 + \frac{m_t^2}{2}\right] P_C \quad (2\text{-}41)$$

$$P_{Usf} = P_{Lsf} = \frac{1}{4} m_t^2 P_C \quad (2\text{-}42)$$

$$P_{tsf} = \frac{1}{2} m_t^2 P_C \quad (2\text{-}43)$$

مثال ٢- ٦

لدينا AM DSBFC ذو الموجة الحاملة ذات القدرة 200 W ضمنت على التوالي بواسطة ثلاث إشارات التعديل ذوات معاملات التعديل التالية:

. $m_3 = 0.5$, $m_2 = 0.4$, $m_1 = 0.2$

أوجد ما يلي:

أ. المعامل الكلي للتعديل m_t.

ب. القدرة الكلية للجانبين P_{tsf}.

ج. القدرة الكلية المرسلة P_T.

الحل

أ. باستعمال المعادلة (2-40) تكتب

$$m_t = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2} = \sqrt{(0.2)^2 + (0.4)^2 + (0.5)^2} = 0.67$$

ب. باستعمال المعادلة (2-43)

$$P_{tsf} = \frac{1}{2} m_t^2 P_C = \frac{1}{2}(0.67)^2 (200) = 45\ W$$

جـ. باستعمال المعادلة (2.41)

$$P_T = \left[1 + \frac{m_t^2}{2}\right] P_C = \left[1 + \frac{(0.67)^2}{2}\right](200) = 245\ W$$