پودمان ۱

بررسی اصول مخابرات دریایی

واحد یادگیری ۱

بررسی اصول مخابرات دریایی

آیا تاکنون پی برده‌اید

- هر سیستم مخابراتی دارای چه اجزایی است؟
- عوامل تأثیرگذار در سیستم مخابراتی کدام‌اند؟
- مهم‌ترین باندهای فرکانسی در مخابرات رادیویی، تلویزیونی و تلفن همراه کدام‌اند و چگونه عمل می‌کنند؟
- تجزیه و تحلیل انواع آنتن‌های مخابراتی چگونه است؟
- نحوهٔ انتشار صوت در هوا چگونه است؟
- تجزیه و تحلیل نحوهٔ انجام مدولاسیون به‌طور عمومی و کلی چگونه می‌باشد؟
- تجزیه و تحلیل انواع مدولاسیون‌ها چگونه صورت می‌گیرد؟

استاندارد عملکرد

بعد از پایان این پودمان انتظار می‌رود هنرجو بتواند اصول مبانی مخابرات دریایی را بررسی نماید. همچنین بتواند فرکانس‌ها، طیف‌های فرکانسی و انتشار امواج همراه با انواع آنتن‌ها را دسته‌بندی نموده و عملکرد مدولاسیون و نویز را بررسی کند.

مبانی مخابرات

یکی از ساده‌ترین سیستم‌های مخابراتی، ارسال و دریافت صدای انسان است که فرستنده، دهان انسان؛ کانال ارتباطی، هوا و گیرنده، گوش انسان است.

هر سیستم مخابراتی دارای اجزایی به شرح زیر است:

الف) فرستنده (Transmitter)؛

ب) کانال ارتباطی(channel)؛

ج) گیرنده (Receiver)؛

کار در کلاس

برای اجزای هر سیستم مخابراتی در شناور مثالی ارائه نمایید.

در یک سیستم مخابراتی، فرستنده از طریق آنتن (Antenna) امواج را در فضا پخش می‌کند. آنتن، گیرندهٔ امواج رادیویی منتشر شده از فرستنده را از فضا دریافت می‌کند. کانال ارتباطی در این سیستم، فضای بین فرستنده و گیرنده است. کانال ارتباطی معمولاً تحت تأثیر عوامل خارجی قرار می‌گیرد (شکل ۱).

شکل ۱ــ سیستم ارتباط رادیویی

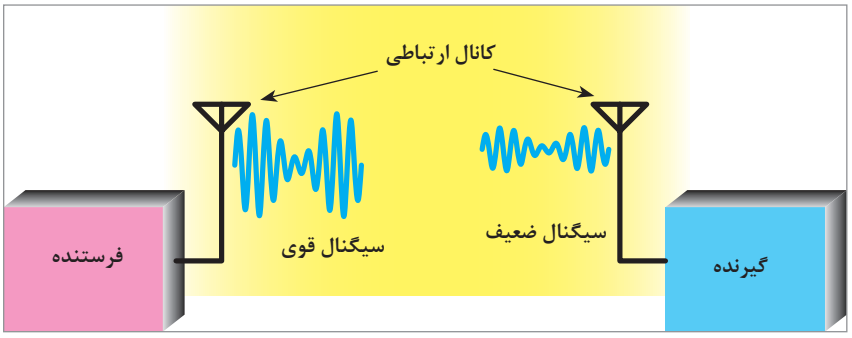
هرگونه عامل خارجی یا داخلی را که موجب اختلال در سیستم شود، نویز (Noise) یا اغتشاش می‌نامند. یادآوری می‌شود که امواج ارسالی از آنتن فرستنده از نوع امواجی است که رفتاری مشابه امواج نورانی دارد و با سرعت سیری تقریباً برابر با سرعت نور در فضا حرکت می‌کند.

عوامل تأثیرگذار در سیستم مخابراتی

سیگنال‌های مخابراتی در فرایند تولید، ارسال، انتقال و دریافت تحت تأثیر عوامل نامطلوب مختلفی قرار می‌گیرند. این عوامل، تغییراتی در سیگنال به وجود می‌آورند که عبارت‌اند از:

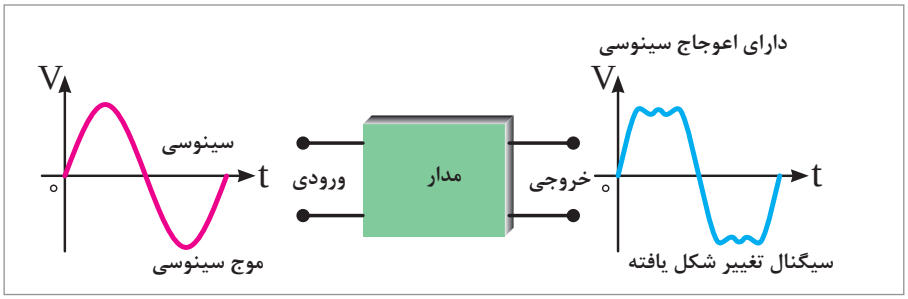
الف) تضعیف یا افت قدرت (Power Loss یا Power Attenuation)

قدرت سیگنال خروجی فرستنده، پس از عبور از کانال انتقال، افت پیدا می‌کند. این افت قدرت در کانال نباید از حدی بیشتر شود، زیرا توان بیش از حد کاهش یابد، گیرنده قادر به اجرا و دریافت فرایند مربوط به بازسازی سیگنال نیست.



شکل ۲ــ تضعیف سیگنال

ب) اعوجاج (Distortion): به تغییر شکل نامطلوب سیگنال، اعوجاج گفته می‌شود. هنگامی که سیگنال از یک مدار یا کانال ارتباطی عبور کند دچار تغییر شکل می‌شود(شکل ۳).

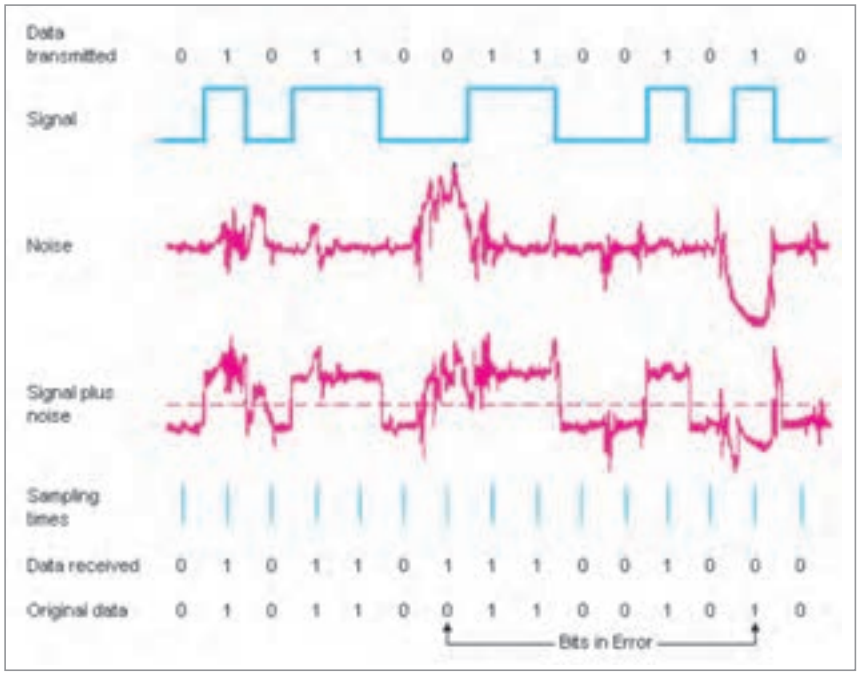


شکل ۳ــ در این مدار، شکل موج سینوسی دچار اعوجاج شده است.

این تغییر شکل ممکن است جزئی یا کلی باشد، قابل جبران با همسان‌سازی (equalizing) است. درصورتی‌که تغییر شکل سیگنال خیلی زیاد باشد، اصلاح سیگنال قابل جبران نخواهد بود؛ در این حالت می‌گویند اعوجاج سیگنال زیاد است.

ج) نویز یا پارازیت (Noise): نویز عبارت است از سیگنال‌های ناخواستهٔ معیّن یا تصادفی که در داخل یا خارج سیستم تولید می‌شوند و روی آن اثر می‌گذارند. از منابع نویز خارجی می‌توان منابع انسانی، فرستنده‌های دیگر، مدارهای کلیدزنی و جرقه‌زنی خطوط ولتاژ قوی برق شهر و... را نام برد.

د) تداخل (Interference): تداخل به معنی تأثیرگذاری فرکانس‌های ناخواستهٔ منابع نویز قوی یا فرکانس‌های رادیویی مختلف روی یکدیگر در سیستم‌های مخابراتی است. سیگنال‌های رادیویی می‌تواند مربوط به دو ایستگاه رادیویی یا یک ایستگاه رادیویی یا یک منبع نویز قوی باشد. اصطلاحاً منبع نویز قوی را پارازیت می‌نامند. در شکل۴، تداخل سیگنال‌های ایستگاه رادیویی و منبع نویز قوی نشان داده شده است.



شکل ۴ــ اثر نویز روی سیگنال

تحقیق کنید

در مورد عناصر سیستم مخابراتی و تأثیر منبع نویز و فرکانس سایر ایستگاه‌های رادیویی روی قسمت‌های مختلف آن تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

دسته‌بندی عمومی فرکانس‌ها

تنوع تقسیم‌بندی فرکانس بسیار زیاد است. در جدول ۱ تقسیم‌بندی عمومی حدود فرکانس‌های مختلف آمده است:

جدول ۱ــ تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی

ردیف	محدوده فرکانس	نام باند	نماد(علامت)	نام باند به زبان اصلی
۱	۳ـ۳۰ Hz	بی نهایت کم	ELF	Extrcmely Low Frequency
۲	۳۰ـ۳۰۰ Hz	فوق العاده کم	SLF	Supper Low Frequency
۳	۳۰۰ـ۳۰۰۰ Hz	خیلی خیلی کم	ULF	Ultra Low Frequency
۴	۳ـ۳۰ kHz	خیلی کم	VLF	Very Low Frequency
۵	۳۰ـ۳۰۰ kHz	کم	LF	Low Frequency
۶	۳۰۰KHz ـ ۳MHz	متوسط	MF	Medium Frequency
۷	۳ـ۳۰ MHz	زیاد	HF	High Frequency
۸	۳۰ـ۳۰۰MHz	خیلی زیاد	VHF	Very High Frequency
۹	۳۰۰MHz ـ ۳GHz	خیلی خیلی زیاد	UHF	Ultra High Frequency
۱۰	۳GHz ـ ۳۰GHz	فوق العاده زیاد	SHF	Supper High Frequency
۱۱	۳۰ـ۳۰۰ GHz	بی نهایت زیاد	EHF	Extra High Frequency

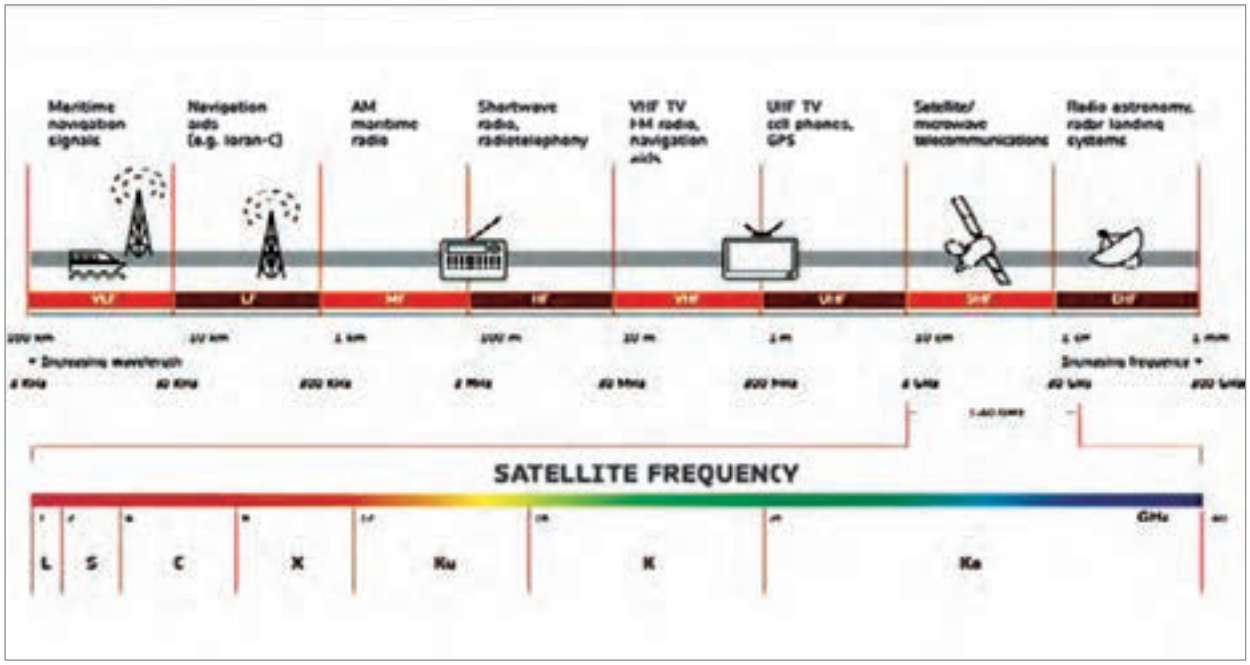
کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	محدودهٔ فرکانس	موارد کاربرد	موارد کاربرد در زبان انگلیسی
۱	صفر	ولتاژ و جریان Dc	Dc voltage and current
۲	۱۰Hz ـ ۱KHz	.....	.....
۳	۲۰Hz ـ ۲۰KHz	شنوایی	Audio
۴	۲۰KHz ـ ۲MHz	.....	.....
۵	۳MHz ـ ۳۰۰GHz	رادیو	Radio
۶	۵۰Hz ـ ۵MHz	.....	.....
۷	۱THz ـ ۴۳۰THz	اشعهٔ مادون قرمز	Infrared
۸	۴۳۰THz ـ ۱۰۰۰THz	.....	.....
۹	۱۰۰۰THz ـ ۶×۱۰^{۴} THz	اشعهٔ ماورای بنفش	Ultra Violet
۱۰	۶×۱۰^{۴} THz ـ ۳×۱۰^{۷} THz	.....	.....
۱۱	۳×۱۰^{۷} THz ـ ۵×۱۰^{۸}THz	اشعهٔ گاما	Gam a Ray
۱۲	۵×۱۰^{۸}THz ـ ۸×۱۰^{۹}THz	.....	.....

تحقیق کنید

با استفاده از منابع مختلف، اینترنت و شکل‌های زیر، در مورد کاربرد انواع باندهای فرکانسی بررسی کرده و نتایج را در کلاس به‌صورت پرده‌نگار به نمایش در آورید.



شکل ۵

خلاقیت مخابرات جنگال (جنگ الکترونیک)

شهید مهدی نریمی

یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین بخش‌های جنگ الکترونیک در دوران دفاع مقدس، مخابرات بود. شاید یکی از بهترین تعبیرها برای این واحد، «سلسله اعصاب» باشد چرا که از طریق این واحد، پیوند ارتباطی از عالی‌ترین سطوح تا پایین‌ترین رده‌ها شکل می‌گرفت. تنوع تجهیزات مخابراتی دشمن و لزوم مقابله با آن یکی از تخصصی‌ترین و علمی‌ترین بخش‌ها در زمینهٔ مخابرات جنگال شکل گرفت.

این واحد، کار خود را با بی‌سیم غنیمتی شروع کرد و فعالیت‌ها و تحرکات دشمن در خط مقدم را از طریق استراق سمعِ مکالمات دشمن رصد می‌کرد. این واحد در چند نوبت، کارایی خود را به اثبات رساند. بعد از آن با استفاده از تجهیزات به دست آمده از ساختمان‌های ساواک و سفارت آمریکا و همچنین تجهیزات ارتش و امکانات موجود در مخابرات کشور، کار خود را توسعه داد.

آموزش تخصصی و پیچیدهٔ نیروها در مدت زمان کوتاهی انجام می‌پذیرفت. استقرار دستگاه‌ها در موقعیت‌های مناسب محل دقیق فرستنده‌های دشمن را مشخص می‌کرد.

اهمیت این واحد به اندازه‌ای بود که فرماندهی ارتش بعث عراق مقرر کرده بود نیروهای شنود پس از اسارت، برای بازجویی ویژه در اختیار استخبارات قرار دهند.

یکی از ابتکارات واحد شنود، ساخت دستگاه کوچکی بود که به دستگاه بی‌سیم وصل می‌شد و با گرفتن شمارهٔ دو رقمی، همهٔ رمزهای دریافتی را کشف می‌کرد. نیروهای بعث معمولاً از بی‌سیم‌های کددار راکال انگلیسی با

قدرت شناسایی دو میلیون فرکانس استفاده می‌کردند. فرکانس‌های ارسالی و دریافتی برای گیرنده‌های دیگر در طول مسیر قابل شناسایی نبودند و تنها در مقصد صاف می‌شدند. تعدادی نوار از صداهای مبهم دشمن ضبط شد و در اختیار نیروهای فنی و دانشگاهی قرارگرفت. با همکاری این گروه، دستگاهی ساخته شد که امکان دستیابی و رمزگشایی تمام فرکانس‌ها فراهم شد.

با پیشرفت دستگاه‌های ارتباطی دشمن، نفوذ به خطوط مخابراتی و تقلید صدای فرماندهان بعثی توسط دستگاه‌های غنیمتی از ابتکارات دیگر رزمندگان بود.

در ابتدا باید مشخصات و کدهای تمام واحدها، صداها، اسامی واقعی و مستعار افسران و درجه‌داران دشمن به دست می‌آمد.

یک سیستم قدرتمند ساخته شده که صدای سیستم‌های عراقی را قطع می‌کرد و آنها هرچه فرکانس خود را تغییر می‌دادند، این سیستم آن را پیدا می‌کرد. در نهایت سیستم دیگری به نام تامسون می‌توانست صدای باند HF را تا هرجای دنیا ارسال کند و نیروهای دشمن را هدایت کند. مثلاً در جریان عملیات فتح‌المبین، نیروهای خودی با استفاده از ترفندهای جنگ الکترونیک با دادن مسیر اشتباه، یک گردان تانک دشمن را به باتلاق کشاندند.

جهت شارژ تجهیزات مخابراتی از انواع روش‌ها مانند سری کردن باتری خودرو و حتی سلول خورشیدی استفاده می‌شد.

یکی از شهدای این عرصه، شهید مهدی نریمی بود. وی جهت جلوگیری از شنود بی‌سیم‌های خودی، ارتباط تلفنی باسیم را در دورترین مناطق نیز راه‌اندازی نمود (مرکز تلفن لیله‌القدر در جزایر مجنون). این امر در سخت‌ترین شرایط و حتی در زیر آب با روش‌های خلاقانه‌ای انجام پذیرفت. شکل ۶ تعدادی از تجهیزات جنگال را نشان می‌دهد.

شکل ۶ـ دستگاه‌های بی‌سیم و استفاده از آنها در جریان عملیات‌های دفاع مقدس

دستگاه طیف‌نما (Spectrum Analizer)

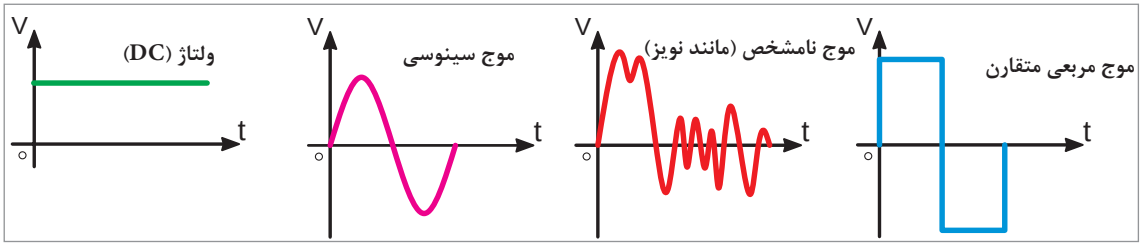
دستگاه طیف‌نما وسیله‌ای است که توسط آن می‌توان طیف فرکانسی یا مجموعه‌ای از فرکانس‌ها را مشاهده و اندازه‌گیری کرد. در شکل ۷ تصویر ظاهری یک دستگاه طیف‌نما ملاحظه می‌شود.

شکل ۷ــ تصویر واقعی و نرم افزاری دستگاه طیف‌نما

کار درکلاس

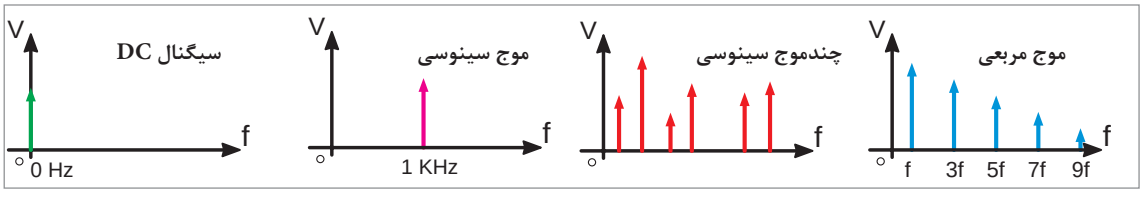
اصول کار دستگاه طیف‌نما را بررسی نمایید.

سیگنال حوزهٔ زمان: سیگنال حوزهٔ زمان، تغییرات دامنهٔ موج را برحسب زمان نشان می‌دهد. در حوزهٔ زمان محور افقی برحسب زمان و محور قائم برحسب دامنه است (شکل ۸).



شکل۸ــ امواج در حوزه زمان

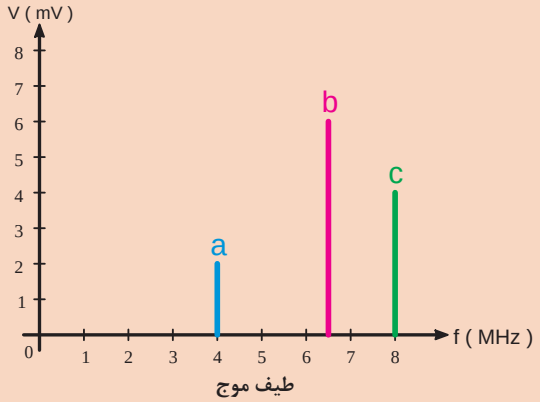
سیگنال حوزهٔ فرکانس: درصورتی‌که بخواهیم چند سیگنال سینوسی را روی یک دستگاه محورهای مختصات نشان دهیم، از حوزهٔ فرکانس استفاده می‌کنیم. در حوزهٔ فرکانس، محور افقی برحسب فرکانس و محور عمودی برحسب دامنه درجه‌بندی می‌شود. درشکل ۹ چهار سیگنال متفاوت در حوزهٔ فرکانس نشان داده شده است. ارتفاع هر خط قائم نشان دهندهٔ دامنهٔ سیگنال و تقاطع هر خط قائم با محور افقی فرکانس آن را نشان می‌دهد.



شکل۹ــ حوزهٔ فرکانس

کار در کلاس

یک دستگاه طیف‌نما مطابق شکل زیر اطلاعاتی را به ما نشان می‌دهد. با توجه به آن، موارد زیر را انجام دهید.



طیف موج

الف) تعداد سیگنال‌های سینوسی و مقادیر فرکانس آنها را معیّن نمایید.
ب) کدام سیگنال سینوسی دارای بیشترین دامنه است ؟
پ) کدام سیگنال سینوسی دارای کمترین دامنه است ؟

کار در کلاس

جدول زیر را کامل کنید.

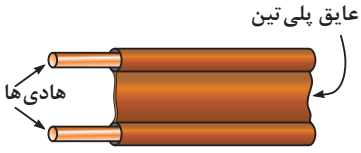
ردیف	طیف فرکانسی صوت	تشریح
۱	موج	.....
۲	صوت	صوت مجموعه‌ای از ارتعاشات مکانیکی است.
۳	بلندی صوت	.....
۴	انرژی صوت	.....
۵	شدت صوت	مقدار توان صوتی در واحد سطح را شدت صوت می‌گویند. شدت صوت برحسب میکروواوت بر مترمربع یا وات بر سانتی‌مترمربع سنجیده می‌شود.
۶	ارتفاع یا آهنگ صوت	.....
۷	طنین صوت	.....
۸	محدودهٔ فرکانس صوتی و طیف آن	.....

خطوط انتقال مخابراتی و انواع آنها (Transmission Lines)

در فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی برای انتقال امواج رادیویی از فرستنده به گیرنده یا اتصال آنتن به دستگاه فرستنده یا گیرنده‌های رادیویی از خطوط انتقال استفاده می‌شود. خطوط انتقال در انواع خط انتقال دو سیمه (متعادل)، خط انتقال هم‌محور (کابل کواکسیال) موج بر و فیبر نوری استفاده می‌شود.

کار درکلاس

جدول زیر را کامل کنید.

ردیف	انواع خط انتقال	شرح	شکل
۱	خط انتقال دو سیمه Parallel wire (balanced line)	.....	
۲	خط انتقال هم محور (coaxial)	.....	

تحقیق کنید

در مورد انواع کابل‌های کواکسیال و مشخصات آنها تحقیق نموده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

فیبر نوری (Optical Fiber): امروزه فیبر نوری به عنوان یک محیط انتقال برای ارسال داده‌ها و پیام‌های اطلاعاتی در صنعت مخابرات، تحول زیادی را به‌وجود آورده است. یک نگاه گذرا به فناوری فیبر نوری در دو دهۀ اخیر نشان می‌دهد که به‌کارگیری و تحقیقات مرتبط با آن در سطوح مختلف صنایع نوین به‌ویژه مخابرات، بی‌سابقه بوده است؛ به‌طوری‌که سهم اطلاع‌رسانی را از چند صد ارتباط در شبکه‌های مرسوم، به مرز میلیونی در شبکه‌های نوری رسانده است.

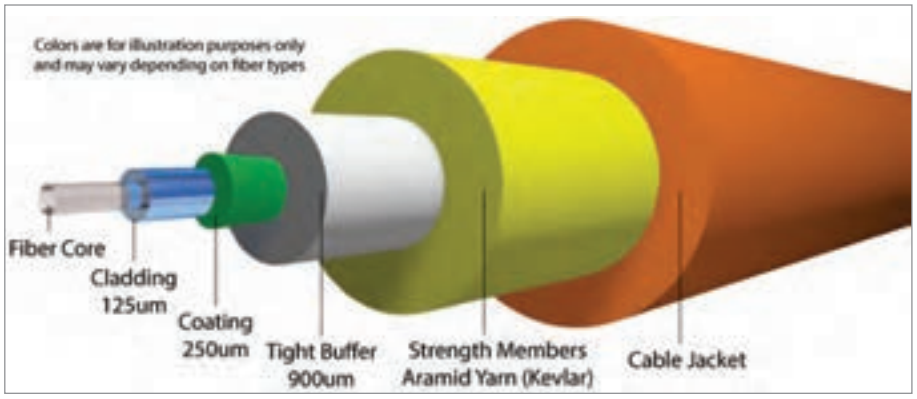
فیلم

فیلم مربوط به فیبر نوری را مشاهده کنید.

اساس یک سیستم ارتباط فیبر نوری: به‌طور کلی یک سیستم فیبر نوری دارای یک فرستنده، محیط انتقال (فیبر نوری) و یک گیرنده است.

شکل ۱۰ــ اساس یک سیستم فیبر نوری

فرستنده، یک چشمهٔ نوری مانند LED یا دیود لیزری است. گیرنده یک نوع فتودیود یا فتو ترانزیستور است.
ساختمان فیبر نوری: امروزه تقریباً کلیهٔ فیبرهای مورد استفاده در مخابرات از جنس شیشه یا پلاستیک‌اند. در شکل ۱۱، ساختمان یک فیبر نوری نشان داده شده است. فیبر نوری از یک قسمت اصلی شامل مغزی و غلاف (عایق) و یک قسمت پوششی شامل پوشش میانی و خارجی تشکیل شده است.



شکل۱۱ــ ساختمان فیبر نوری

کار در کلاس

با توجه به شکل۱۱، اجزای مختلف یک فیبر نوری را تشریح و مزایای استفاده از آن را نسبت به سایر خطوط انتقال بررسی کنید.

تحقیق کنید

با مراجعه به منابع مختلف اطلاعاتی، تصاویر مربوط به فیبر نوری را تهیه و با پرده‌نگار در کلاس نشان دهید.

فیلم

فیلم مربوط به آنتن‌ها را مشاهده کنید.

آنتن

آنتن وسیله‌ای است که برای دریافت یا انتشار امواج الکترومغناطیسی به‌کار می‌رود. خواص آنتن در حالت فرستنده و گیرنده شبیه به هم است و از قضیهٔ هم پاسخی تبعیت می‌کند (شکل۱۲).

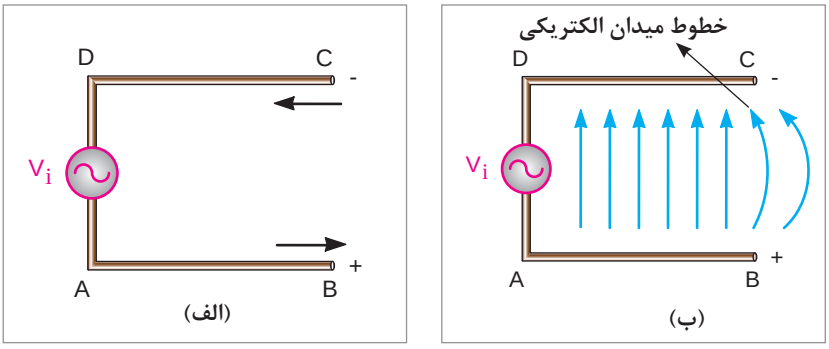
شکل ۱۲ـ انواع آنتن‌ها بر روی یک شناور

قضیه هم پاسخی

هم پاسخی (Reciprocity) به معنی پاسخ همگن یک مدار از نظر ورودی و خروجی است. یعنی اگر به ورودی یک مدار، ولتاژ V داده شود و از خروجی آن، جریان I دریافت شود، در صورت اعمال ولتاژ V به‌خروجی آن، جریان I هم باید از ورودی عبور کند. چنین مداری از قضیهٔ هم پاسخی تبعیت می‌کند. مثالی ساده برای مدارهای هم پاسخی، ترانسفورماتور متقارن ایده‌آل یک به یک است.

میدان الکتریکی آنتن

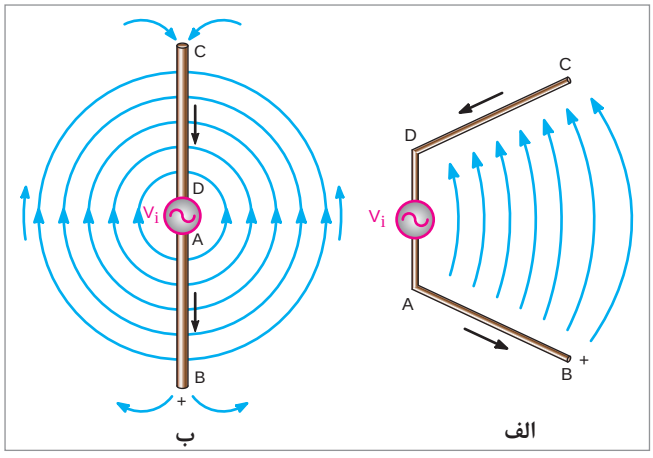
فرستندهٔ رادیویی را به‌صورت منبع سینوس V_i و آنتن را به‌صورت دو میلهٔ هادی یا دو سیم موازی که به دو سر منبع V_i اتصال دارند، در نظر می‌گیریم (شکل ۱۳ـ الف). هنگامی که سیگنال ورودی، نیم سیکل منفی را طی می‌کند، میلهٔ بالایی دارای بار منفی و میلهٔ پایینی دارای بار مثبت می‌شود (شکل ۱۳ـ ب). در این حالت می‌توان دو میله را مشابه دو جوشن یک خازن در نظر گرفت که از طریق دی الکتریک هوا از یکدیگر جدا شده‌اند. خطوط میدان الکترواستاتیک بین دو جوشن خازن، از جوشن مثبت به سمت جوشن منفی رسم شده است. جهت جریان سیگنال در جهت خطوط میدان الکتریکی است که در شکل به‌صورت ABCD مشخص شده است.



شکل ۱۳ـ خطوط میدان الکتریکی آنتن

اگر فاصلهٔ دو انتهای باز میلهٔ آنتن را به تدریج زیاد کنیم، خطوط میدان الکتریکی به سمت خارج آنتن خم می‌شوند و پس از طی مسیر منحنی، وارد میلهٔ منفی می‌شوند (شکل ۱۴ـ الف).

اگر میلهٔ آنتن را در یک امتداد قرار دهیم، خطوط میدان الکتریکی به‌صورت دوایر متحدالمرکز، میلهٔ مثبت را ترک کرده و وارد میلهٔ منفی می‌شوند. جهت خطوط میدان الکتریکی برای حالتی که میله‌ها باز است در شکل ۱۴ـ ب نشان داده شده است. اگر دو قطب سیگنال V_i وارونه شوند میلهٔ AB منفی و میلهٔ CD مثبت خواهد بود. در این حالت، خطوط میدان الکتریکی نیز معکوس می‌شوند و جهت جریان سیگنال در مسیر DCBA برقرار خواهد شد.



الف شکل ۱۴ـ خطوط میدان الکتریکی آنتن

میدان مغناطیسی در آنتن

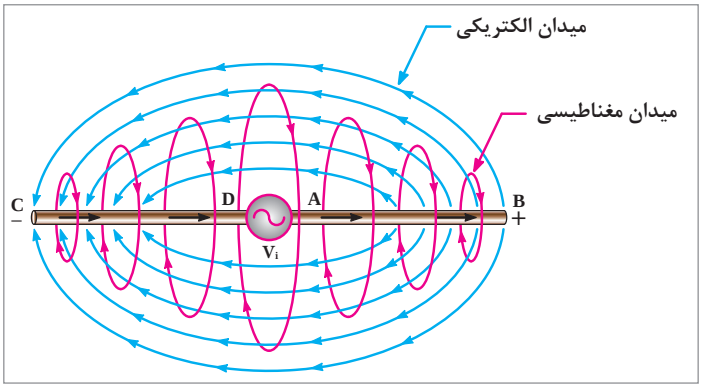
هنگامی که جریان از میله‌های آنتن عبور می‌کند، در اطراف میله‌ها میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود.

کار در کلاس

جهت خطوط میدان‌های مغناطیسی را به کمک چه قانونی می‌توان به دست آورد؟

میدان الکترومغناطیسی در آنتن

به میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در آنتن توجه کنید. جهت این دو میدان همواره به یکدیگر عمود است. ترکیب میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را میدان الکترومغناطیسی در آنتن می‌گویند(شکل۱۵).



شکل۱۵ـ میدان الکترو مغناطیسی در آنتن

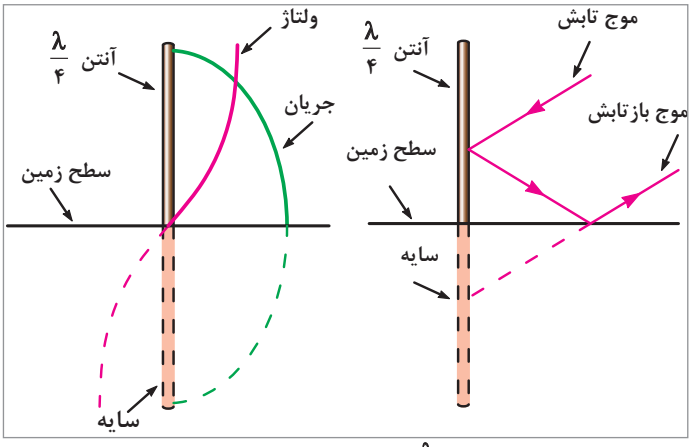
کار درکلاس

جدول زیر را که مربوط به مشخصه‌های آنتن می‌باشد، تکمیل کنید.

مشخصه‌های آنتن	اصطلاح انگلیسی	شرح
مقاومت تابشی آنتن	Antenna Radiation Resistance	آنتن در فرکانس کار خود به‌صورت یک مقاومت R_r در مدار ظاهر می‌شود که به آن، مقاومت تابشی آنتن گفته می‌شود.
توان تابشی آنتن	Antenna Radiation Power	اگر جریان عبوری آنتن I و مقاومت تابشی آن R_r باشد، توان تابشی از رابطهٔ $P=R_r \times I^2$ به دست می‌آید.
بهرهٔ آنتن	Antenna Gain	.....
امپدانس آنتن	Antenna Impedance	.....

انواع آنتن

آنتن مارکُنی (Marconi Antenna): آنتن مارکنی، یک آنتن تک قطبی با طول $\frac{\lambda}{4}$ است که به‌طور عمودی بر روی زمین نصب می‌شود. زمین، انرژی تابیده شده بر خود را بازتاب می‌کند. در اثر این بازتاب امواج، تصویر آنتن $\frac{\lambda}{4}$ در زمین ظاهر می‌شود و تمام آن را به‌عنوان یک آنتن فرضی در نظر می‌گیریم که قرینهٔ آنتن اصلی نسبت به سطح زمین است. این آنتن فرضی را سایهٔ آنتن اصلی می‌نامند. در شکل ۱۶ـ الف، چگونگی تشکیل سایهٔ آنتن $\frac{\lambda}{4}$ و در شکل ۱۶ـ ب، منحنی‌های توزیع ولتاژ و جریان و در شکل ۱۶ـ ج، یک نمونه آنتن اتومبیل نشان داده شده است.



الف) تشکیل سایه در آنتن $\frac{\lambda}{4}$ ب) منحنی‌های توزیع ولتاژ و جریان در آنتن $\frac{\lambda}{4}$

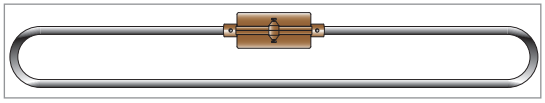
ج) تصویری از آنتن اتومبیل

شکل ۱۶ــ یک نمونه آنتن اتومبیل

کار در کلاس

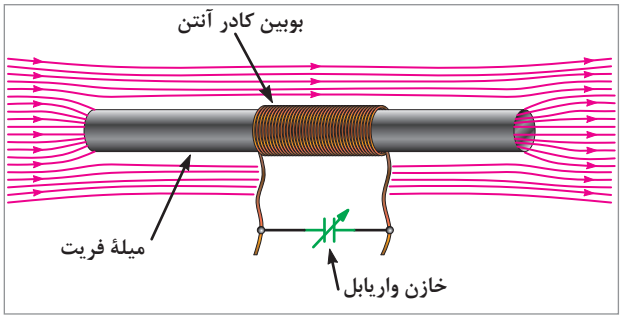
آنتن رادیوی اتومبیل از کدام نوع آنتن است و عملکرد آن چگونه است؟

آنتن دیپل نیم موج خمیده (Folded Dipole): آنتن دیپل خمیده یا تا شده از یک میله به طول λ تشکیل شده است که پس از خم شدن آنتن، طول $\frac{\lambda}{2}$ را تشکیل می دهد (شکل ۱۷). در وسط آنتن بریدگی کوچکی که در مقایسه با طول آنتن ناچیز است، وجود دارد. امپدانس آنتن دیپل خمیده در حدود ۳۰۰ اهم است. از این آنتن برای تطبیق خط انتقال دو سیمه ۳۰۰ اهمی در تلویزیون سیاه و سفید استفاده می‌شود.



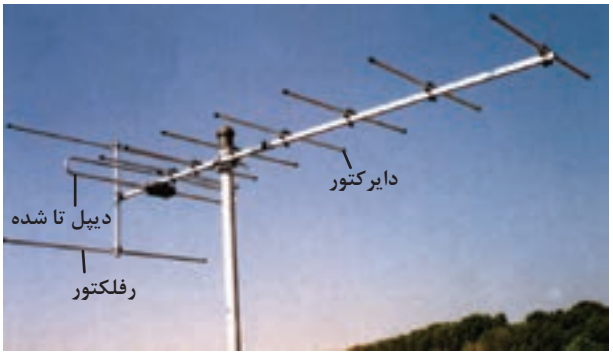
شکل ۱۷ــ تصویر آنتن دیپل نیم موج خمیده

آنتن با میلهٔ فریت: آنتن با میلهٔ فریت در تمام گیرنده‌های رادیویی MW و SW به کار می‌رود.
فریت (Ferrite) ماده‌ای با قابلیت نفوذ مغناطیسی زیاد است. آنتن با میلهٔ فریت آنتن کوچکی است که در داخل گیرنده‌های رادیویی جای می‌گیرد. استفاده از بوبین با هستهٔ فریت، دریافت امواج الکترومغناطیسی را آسان می‌کند (شکل۱۸). دریافت امواج الکترومغناطیسی زمانی حداکثر است که میلهٔ فریت و میدان مغناطیسی در یک جهت قرار گیرند.



شکل ۱۸ــ آنتن با میلهٔ فریت

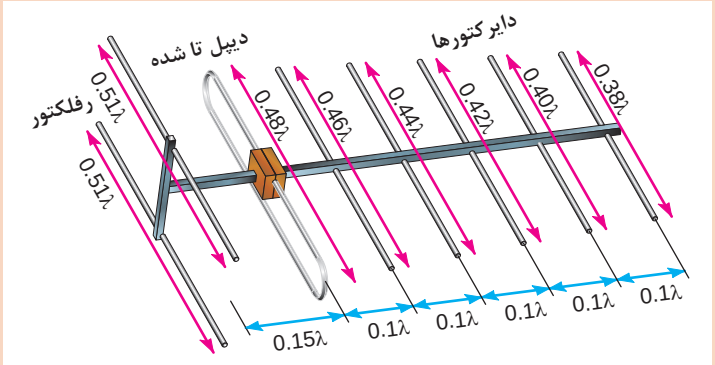
آنتن یاگی (Yagi Antenna): در شکل۱۹، میله خم شده را که روی آنتن قرار دارد، دیپل تاشده (Folded Dipole) می‌نامند. همچنین به میله‌هایی که در پشت دیپل قرار دارند و طول آنها بزرگ‌تر است، رفلکتور یا منعکس‌کننده (Reflector) و میله‌هایی که در جلوی دیپل تا شده قرار دارند و طول آنها از دیپل تاشده کوچک‌تر است، دایرکتورگویند. قرار دادن این اجزا باعث می‌شود آنتن جهت‌دار شود. از آنتن یاگی برای دریافت امواج VHF و UHF تلویزیونی استفاده می‌شود.



شکل۱۹ــ تصویر آنتن یاگی

کار درکلاس

در مورد شکل زیر و همچنین اجزای آنتن یاگی بحث و تبادل نظر کنید.



تحقیق کنید

با مراجعه به منابع مختلف، تعداد کارخانه‌های داخلی را که آنتن تولید می‌کنند، شناسایی کنید و مشخصات محصولات آنان به خصوص انواع آنتن یاگی را بیابید.

آنتن‌های بشقابی (Dish Antennas): آنتن گیرنده‌ها و فرستنده‌هایی که در طیف میکروویو و ماکروویو کار می‌کنند (محدودهٔ فرکانسی ۱ تا ۱۰۰ گیگا هرتز) آنتن‌های جهت‌دار می‌گویند. یکی از انواع این آنتن‌ها، آنتن‌های بشقابی است.

کار در کلاس

به چه دلایلی آنتن‌های بشقابی را معمولاً به‌صورت برش سهمی یا کره می‌سازند؟

در شکل ۲۰، نمونه‌هایی از آنتن بشقابی را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۰ــ آنتن‌های بشقابی

تحقیق کنید

در مورد آنتن‌های منعکس‌کنندهٔ سَهمَوی و ساختمان آنها تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت پرده‌نگار در کلاس نمایش دهید.

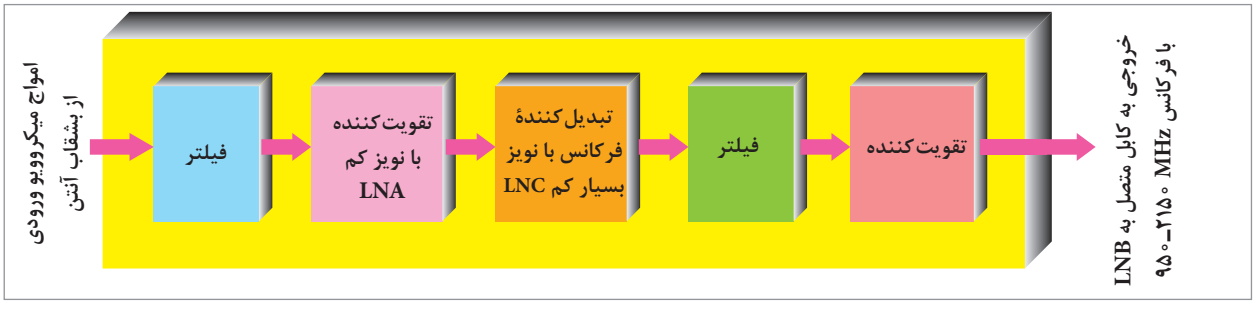
تبدیل فرکانس در آنتن بشقابی: امواجی را که طول موج آنها در محدودهٔ متر، سانتی‌متر و میلی‌متر قرار دارد، را امواج مایکروویو و میکروویو می‌نامند. پس از دریافت این امواج و تمرکز آنها در کانون سهمی لازم است امواج به محدودهٔ فرکانس پایین‌تری تبدیل شوند تا بتوان آنها را برای موارد خاص مانند تلویزیون مورد استفاده قرار داد.

برای این منظور، از یک مدار مبدّل استفاده می‌کنند. این مبدل‌ها را اصطلاحاً LNB می‌نامند.

کار در کلاس

LNB از اول حروف چه کلماتی است و مفهوم آن چیست و شامل چند بخش می‌باشد؟

در شکل ۲۱، بلوک دیاگرام LNB به اختصار رسم شده است.



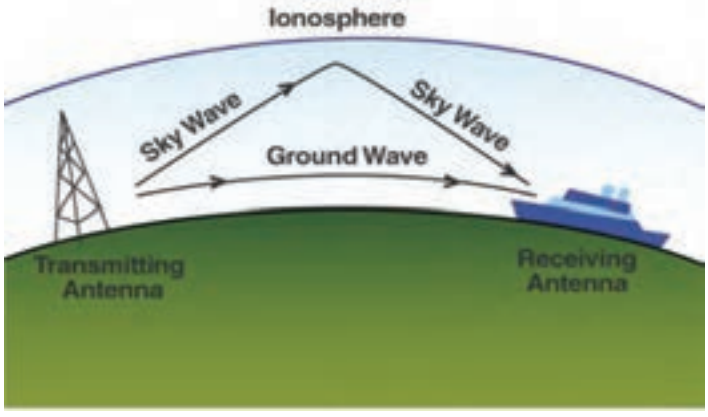
شکل ۲۱ــ بلوک دیاگرام ساده LNB

در شکل ۲۲ چند نمونه LNB را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۲۲ ـ LNB و اتصالات آن

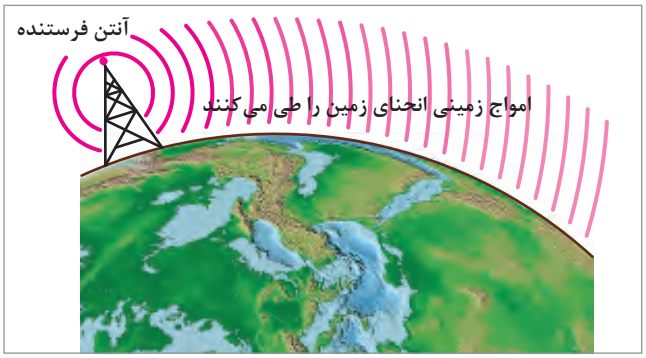
انتشار امواج رادیویی

امواج رادیویی، فاصلهٔ بین فرستنده و گیرنده را از مسیرهای متفاوتی طی می‌کنند که مهم‌ترین آنها عبارت‌انداز: امواج زمینی، امواج آسمانی و امواج فضایی (شکل۲۳).



شکل۲۳ـ انتشار امواج رادیویی

امواج زمینی (Ground wave): امواج زمینی، امواجی هستند که مسیر حرکتشان در سطح زمین است و انحنای زمین را طی می‌کنند. این امواج به امواج سطحی نیز معروف‌اند. امواج زمینی موقعی وجود دارند که آنتن‌های گیرنده و فرستنده، نزدیک سطح زمین باشند (شکل۲۴). چون فرکانس این امواج کم است آن را LF می‌نامند. امواج LF به علت اتلاف زیاد انرژی در سطح زمین، برای ارسال در مسافت کوتاه به‌کار می‌روند. در سطوحی مانند آب دریا، به دلیل وجود مقاومت الکتریکی، تلفات انرژی کمتر شده و امواج LF مسافت بیشتری را طی می‌کند لذا این امواج در مخابرات دریایی کاربرد دارد.

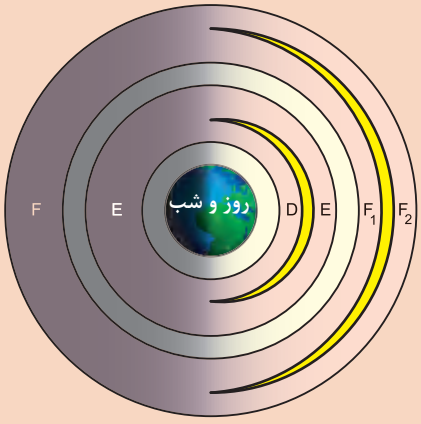


شکل ۲۴ـ امواج زمینی

امواج آسمانی (Sky Wave): انتشار امواج آسمانی به نوعی انتشار اطلاق می‌گردد که امواج رادیویی منتشر شده در فضا، بعد از برخورد با لایه‌های یونیزه جو (یونسفر) مجدداً به طرف زمین منعکس می‌شوند.
ناحیهٔ یونیزه جو از ۵۰ کیلومتری سطح زمین شروع می‌شود و تا ارتفاع ۴۰۰ کیلومتری ادامه دارد.

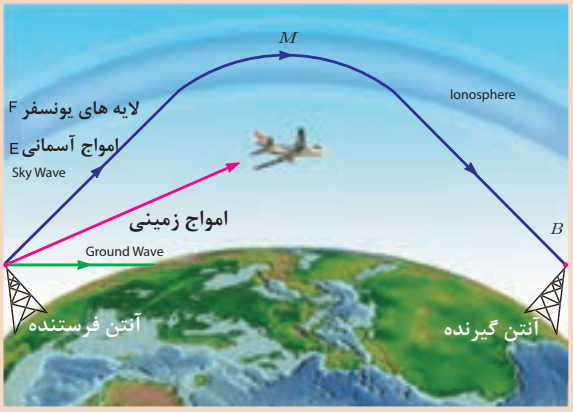
کار در کلاس

با توجه به شکل روبه‌رو لایه‌های یونسفر را بررسی کنید.

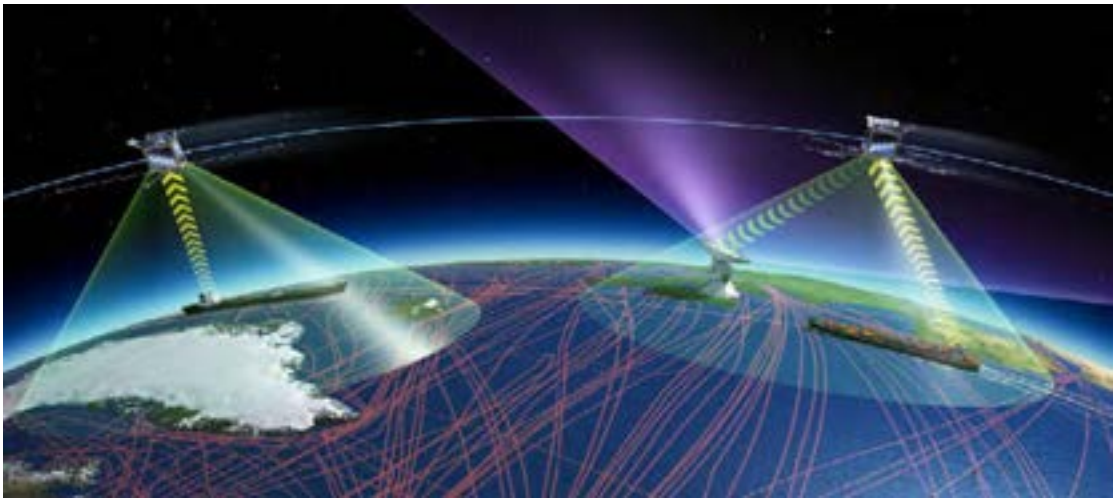


تحقیق کنید

با توجه به شکل روبه‌رو، انعکاس امواج به چه صورت انجام می‌گیرد؟



امواج فضایی (Space Wave): امواج فضایی به امواجی گفته می‌شود که فاصلهٔ بین فرستنده و گیرنده را در ناحیهٔ تروپسفر زمین طی می‌کنند. تروپسفر به ناحیه‌ای از آتمسفر گفته می‌شود که از سطح زمین تا ارتفاع ۱۶ کیلومتری آن قرار دارد(شکل ۲۵).



شکل۲۵ـ انتشار امواج فضایی

پدیده فدینگ (Fading) یا محو شدن

اگر امواج زمینی و آسمانی که از یک مرکز فرستنده منتشر می‌شوند هم‌زمان به گیرندهٔ رادیویی برسند، ممکن است در صورت هم فاز بودن، باعث زیاد شدن صدای بلندگو شوند. این امواج اگر در فاز مخالف باشند باعث ضعیف شدن یا قطع شدن صدای بلندگو می‌شوند. این پدیده به فدینگ معروف است.

کار درکلاس

در مورد محدودهٔ فرکانسی امواج رادیویی و نوع انتشار آنها بحث و تبادل نظر کنید.

تحقیق کنید

بررسی کنید که ارتباط رادیویی بین کشتی‌ها در سطح دریا با چه روش‌هایی صورت می‌گیرد؟

فریب امواج مخابراتی در جنگ تحمیلی

خلاقیت در ساخت سازهٔ منحرف کنندهٔ موشک: هواپیمای سوپراتاندارد، از پیشرفته‌ترین و مدرن‌ترین هواپیماهای اروپایی است که به دلیل کارایی و قدرت بالای آن در اختیار نیروهای ناتو بود و بیشترین شهرت آن در غرق کردن چند رزم‌ناو در جنگ آرژانتین و انگلیس است. همچنین دقت در هدف‌گیری

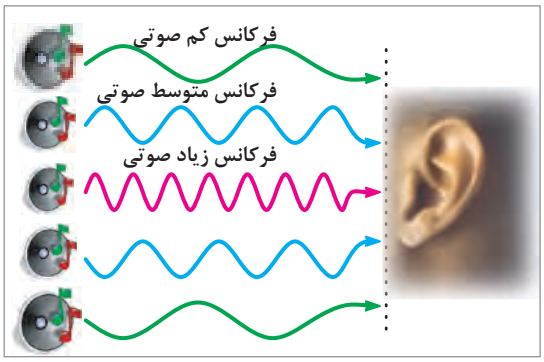
و قدرت انهدام بالای آن با استفاده از موشک‌های اگزوست(برگرفته از کلمهٔ فرانسوی به معنای ماهی پرنده) در شهرت این جنگ‌افزار بی‌تأثیر نبوده است. اگزوست با برد ۱۱کیلومتری خود به خلبان اجازه می‌داد بدون کمترین خطری، شناورها و کشتی‌ها را هدف قرار دهد. همچنین پس از شلیک، بر روی هدف قفل می‌کند و آن را تعقیب و منهدم می‌سازد.

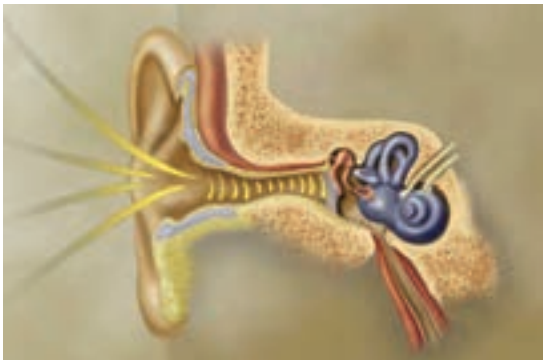
دشمنان ایران با تبلیغات فراوان این سلاح را در اختیار صدام قرار دادند تا ایران را وادار به پذیرش خواسته‌های نامعقول خود نمایند. در این مقطع هوش و ذکاوت رزمندگان به نبرد با فناوری‌های نوین و پیشرفتهٔ غرب می‌رود. در بین طرح‌های ارائه شده، ایدهٔ شهید حسین قاسمی با توجه به هزینهٔ کم و سادگی آن پذیرفته شد. در این طرح به منظور فریب امواج رادیویی منتشره از رادار موشک، با استفاده از مقدار زیادی میل گرد، صفحات بزرگ فلزی و یونالیت شناوری را طراحی و با نام خارپشت در نزدیکی کشتی‌ها و شناورهای ایرانی به آب انداختند. در اولین آزمایش، امواج فریب می‌خورند و موشک به یکی از همین خارپشت‌های شناور اصابت می‌کند. مهندسان جهاد با تکمیل طرح، برای منحرف کردن رادار این موشک‌ها، صفحه‌های عمود برهم فلزی نیز طراحی کردند که امواج فرستاده شده از طرف موشک را به سمت خودِ موشک بازتاب می‌داد و موشک را در انتخاب هدف به اشتباه می‌انداخت و به‌جای کشتی‌ها به این صفحات اصابت می‌کرد. این طرح در گسترهٔ وسیعی به‌کارگرفته شد و هواپیمای سوپراتاندارد فرانسوی در مواجه با نبوغ و ابتکار ایرانی در عرصهٔ جنگ دریایی اعتبار خود را از دست داد و ناکام شد.

سیگنال صوتی و نحوهٔ انتقال آن

یکی از مهم‌ترین موج‌هایی که ما در زندگی روزمره با آن سروکار داریم امواج صوتی است. از طریق این موج‌هاست که با هم گفت‌وگو می‌کنیم و یا به صدا درآوردن بوق کشتی‌ها خروج از اسکله را اعلام می‌نماییم. امواج صوتی در محدودهٔ فرکانسی ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارند. شکل ۲۶ امواج صوتی با فرکانس‌های کم، متوسط و زیاد را نشان می‌دهد که گوش قادر به شنیدن آنهاست.

برای انتشار امواج صوتی نیاز به محیطی مادّی مانند هوا داریم. در واقع امواج صوتی، ارتعاشات مکانیکی‌اند که از طریق ارتعاش ملکول‌های هوا از یک نقطه به نقطهٔ دیگر منتقل می‌شوند. نوسان ملکول‌های هوا از طریق حفرهٔ گوش به پردهٔ گوش برخورد می‌کند و صدا شنیده می‌شود. هر قدر شدت صوت بیشتر باشد ارتعاشات هوا قوی‌تر و صدا بلندتر است.





شکل ۲۶ــ امواج صوتی با فرکانس‌های مختلف

سرعت صوت

سرعت انتشار امواج در یک محیط، به ویژگی‌های محیط انتشار موج بستگی دارد. سرعت صوت نیز به ویژگی‌های فیزیکی محیطی که صوت در آن منتشر می‌شود وابسته است. صوت علاوه بر گازها، در مایعات و جامدات نیز منتشر می‌شود.

انتشار صوت در هوا را می‌توان به انتشار امواج در آب تشبیه کرد.

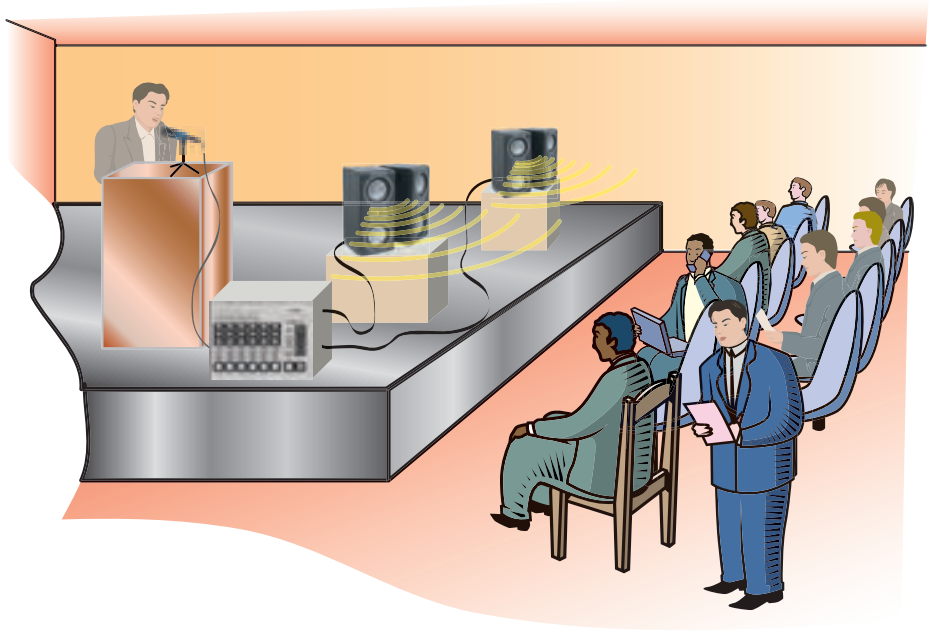
طول موج برای امواج صوتی از رابطهٔ $\lambda = \frac{V}{F}$ به دست می آید. در این رابطه، V سرعت سیر صوت است که در هوا حدود ۳۴۰ متر در ثانیه درنظر گرفته می‌شود. F فرکانس صوت برحسب هرتز است.

کار درکلاس

برای کمترین و بیشترین فرکانس صوتی (AF)، طول موج را محاسبه کنید.

انتقال صوت به فاصله‌های دور توسط سیم یا کابل

فیزیولوژی حنجرهٔ انسان به گونه‌ای است که نمی‌تواند دامنهٔ حاصل از تارهای صوتی را از حد معیّنی افزایش دهد. این محدودیت باعث می‌شود که انسان برای انتقال صوت خود به فاصله‌های دور (حدوداً تا ۵۰۰ متری) از دستگاه‌های تقویت کننده (آمپلی فایر) استفاده کند. برای انتقال صوت از دستگاه آمپلی فایر به بلندگو به خط انتقال نیاز داریم. خط انتقالی که برای این منظور به کارمی‌رود سیم یا کابل است (شکل۲۷). استفاده از سیم یا کابل برای انتقال صوت به فاصله‌های دور، موجب افت ولتاژ و توان در مسیر می‌شود. از طرف دیگر به دلایل متعدد، کاربرد این سیستم مقرون به صرفه نیست و در پاره‌ای از موارد ناممکن است.



شکل۲۷ـ انتشار صوت از طریق دستگاه تقویت‌کننده، کابل و بلندگو برای فاصله‌های دور

کار در کلاس

چرا سیگنال‌های صوتی را نمی‌توان به فاصله‌های خیلی دور (بین دو شهر) منتقل کرد؟

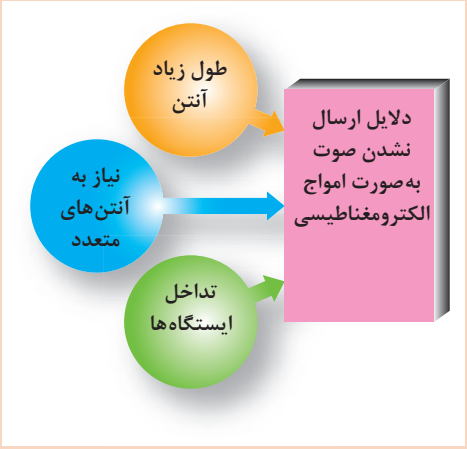
انتقال سیگنال‌های صوتی به فاصله‌های دور توسط امواج الکترومغناطیسی

ساده‌ترین روش برای انتقال سیگنال‌های صوتی به فاصله‌های دور، تبدیل آنها به امواج الکترومغناطیس و انتشارآن از طریق آنتن می‌باشد.

شکل ۲۸ــ تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیس

فعالیت کلاسی

با توجه به شکل زیر، پیرامون دلایلی که مانع ارسال امواج الکترومغناطیسی به فاصله‌های دور دست می‌شوند بحث و تبادل نظر نمایید.



کار در کلاس

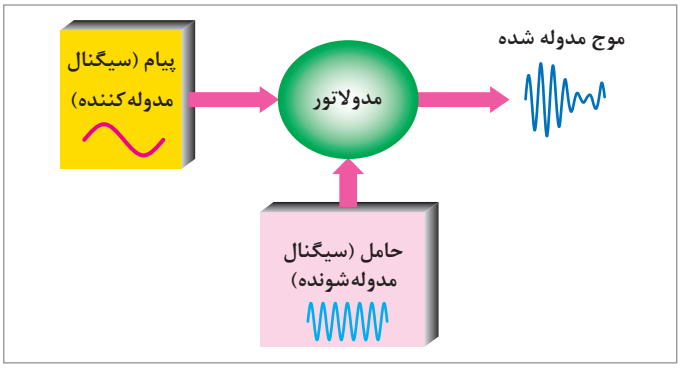
در صورتی که بخواهیم یک سیگنال صوتی با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز را با استفاده از آنتن $\frac{\lambda}{۴}$ منتشر کنیم، طول آنتن چقدر باید باشد؟

تحقیق کنید

با توجه به اینکه نمی‌توان سیگنال صوتی را به‌طور مستقیم در فضا انتشار داد؛ پس برای انتقال آن چه باید کرد؟ در این مورد تحقیق کنید.

مدولاسیون

اگر سیگنال صوتی (سیگنال پیام) را روی سیگنال دیگری که فرکانس بالایی دارد سوار کنیم، می‌توانیم آن را به صورت امواج الکترومغناطیس در فضا پخش کنیم. به این عمل در اصطلاح عمومی، مدولاسیون (Modulation) می‌گویند. سیگنال پیام را سیگنال مدوله کننده(Modulating Signal) و سیگنالی را که پیام روی آن سوار می‌شود سیگنال حامل (carrier) یا سیگنال مدوله شونده (Modulation Signal) می‌نامند. به مدار یا دستگاهی که این عمل را انجام می‌دهد مدولاتور (Modulator) می‌گویند. شکل ۲۹ نحوهٔ انجام مدولاسیون را به‌صورت بلوکی نشان می‌دهد.



شکل ۲۹ــ بلوک دیاگرام نحوهٔ انجام مدولاسیون

کار در کلاس

اگر صوت به‌صورت امواج الکترومغناطیس در فضا انتشار یابد، مسافت ۶۰۰ Km را در چه زمانی طی می‌کند؟

کار در کلاس

در صورتی که فرکانس حامل، برابر با ۱۰۰ مگاهرتز باشد، طول آنتن $\frac{\lambda}{۴}$ را به دست آورید.

در جدول صفحه بعد، مزایای استفاده از سیگنالRF به عنوان حامل، در مقایسه با انتشار مستقیم پیام آمده است.

انتشار مستقیم	انتشار با استفاده از سیگنال RF
۱ـ به سبب کم بودن فرکانس سیگنال صوتی، نیاز به آنتن طویل است.	۱ـ به سبب زیاد بودن فرکانس، طول آنتن به شدت کاهش می‌یابد.
۲ـ به علت تعدد فرکانس‌های صوتی و وسیع بودن محدودهٔ فرکانس صوتی، آنتن‌های زیادی لازم است.	۲ـ استفاده از سیگنال RF به عنوان عامل اصلی انتشار، وابستگی طول آنتن به فرکانس‌های صوتی را از بین می برد.
۳ـ به سبب مشابه بودن باند فرکانس صوتی، نمی‌توان بیش از یک ایستگاه رادیویی در منطقه داشت.	۳ـ با استفاده از سیگنال‌های حامل متفاوت، می‌توان چندین ایستگاه رادیویی را در یک منطقه دایر کرد.

کار در کلاس

در صورتی که فرکانس حامل برابر با ۱۲۰۰ کیلوهرتز باشد، طول آنتن $\frac{\lambda}{۴}$ را به دست آورید.

تحقیق کنید

چند مثال دیگر برای محاسبهٔ طول آنتن درمحدودهٔ باند فرکانس FM طراحی و حل کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

چگونگی عمل مدولاسیون (Modulation)

در مدولاسیون، همواره شکل سیگنال ارسالی با سیگنال حامل و پیام کاملاً متفاوت است؛ به عبارت دیگر، در هنگام انجام مدولاسیون یکی از مشخصه‌های سیگنال حامل متناسب با پیام تغییر می‌کند.

مشخصه‌های سیگنال حامل

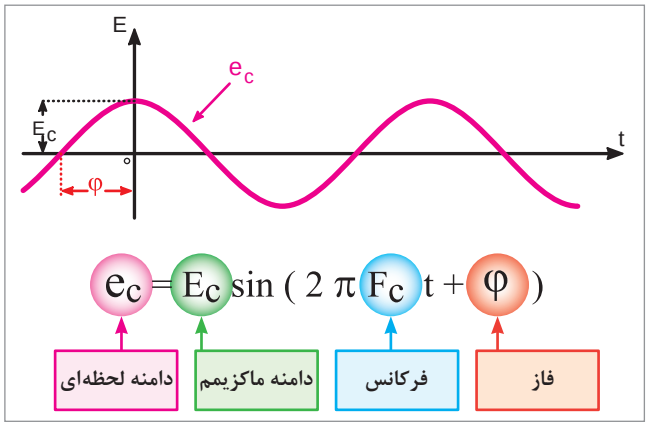
سیگنال حامل معمولاً به دو صورت مربعی یا سینوسی تولید می‌شود. در فرستنده‌های محلی معمولاً از سیگنال سینوسی به عنوان حامل استفاده می‌کنند. بنابراین، بحث ما بیشتر دربارهٔ حامل سینوسی خواهد بود. می‌دانیم که هر سیگنال سینوسی دارای سه مشخصهٔ اصلی به شرح زیر است:

۱ دامنه (Amplitude)

۲ فرکانس (Frequency)

۳ فاز (Phase)

در شکل ۳۰، سیگنال حامل را با ذکر معادلهٔ موج و مشخصه‌های اصلی آن مشاهده می‌کنید.



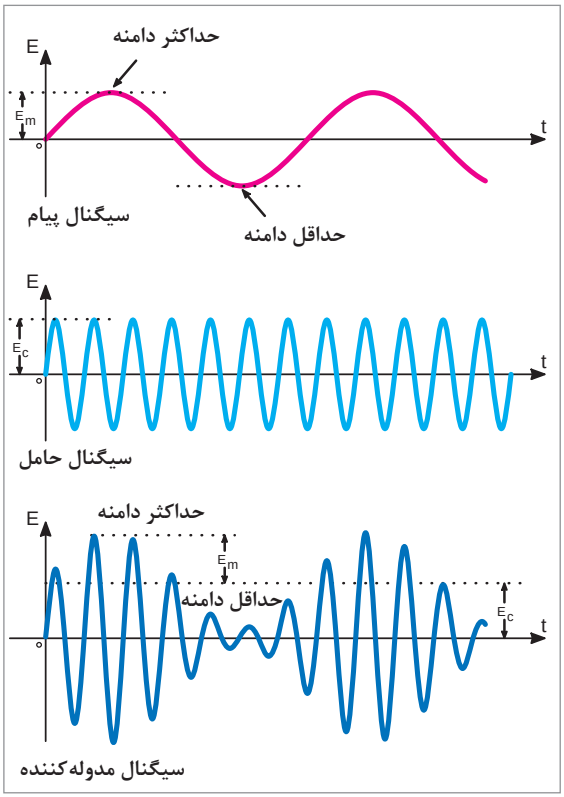
شکل ۳۰ـ مشخصه‌های اصلی سیگنال حامل و معادلهٔ موج

تعریف مدولاسیون

مدولاسیون عبارت است از کنترل یکی از مشخصه‌های اصلی حامل توسط پیام، به طوری‌که گیرنده بتواند اطلاعات ارسال شده از قبیل صوت، موسیقی و... را مجدداً بازسازی کند .چون سیگنال حامل، یک سیگنال سینوسی با فرکانس بالاست، بنابراین می‌توان سه مشخصهٔ دامنه، فاز و فرکانس را با سیگنال پیام، تحت کنترل درآورد و در صورت نیاز آن را بازسازی کرد. بنابراین، سه نوع مدولاسیون دامنه، فاز و فرکانس شکل می‌گیرد.

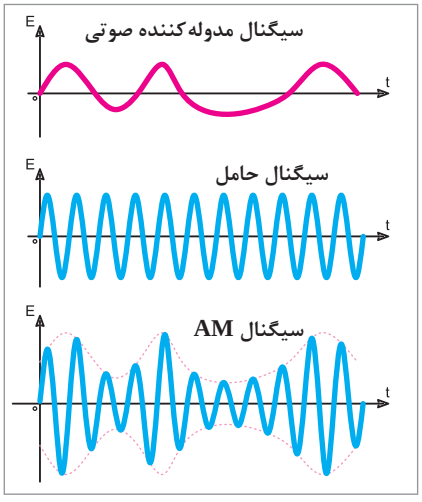
مدولاسیون دامنه

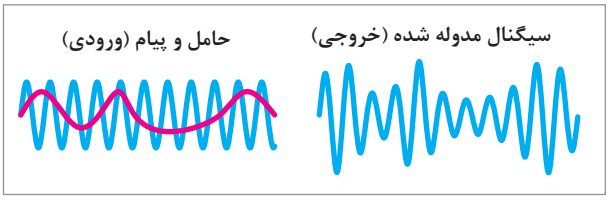
در مدولاسیون دامنه (Amplitude Modulation)، فرکانس موج حامل (و دامنهٔ حامل متناسب با دامنهٔ پیام) و موج مدوله‌کننده تغییر می‌کنند. سرعت تکرار تغییرات دامنهٔ حامل، متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون دامنه را به اختصار به‌صورت AM می‌نویسند. در شکل ۳۱ سیگنال پیام سینوسی، سیگنال حامل سینوسی و سیگنال مدوله شدهٔ AM را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۱ـ سیگنال AM

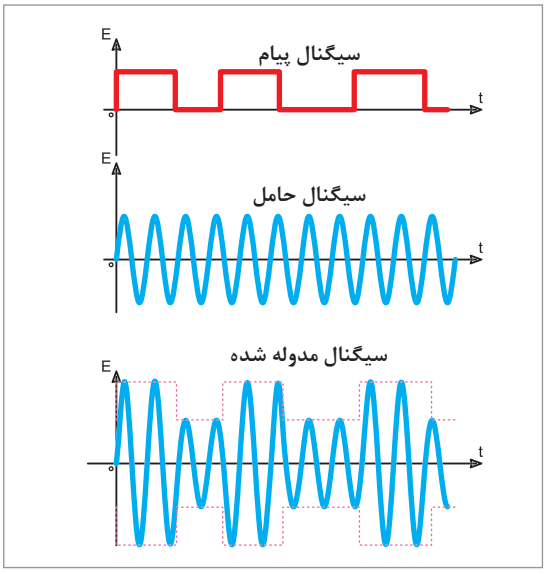
در شکل‌های۳۲، دو نوع پیام غیرسینوسی و حامل سینوسی و موج مدوله شدهٔ AM مربوط به آن‌ها را مشاهده می‌کنید.



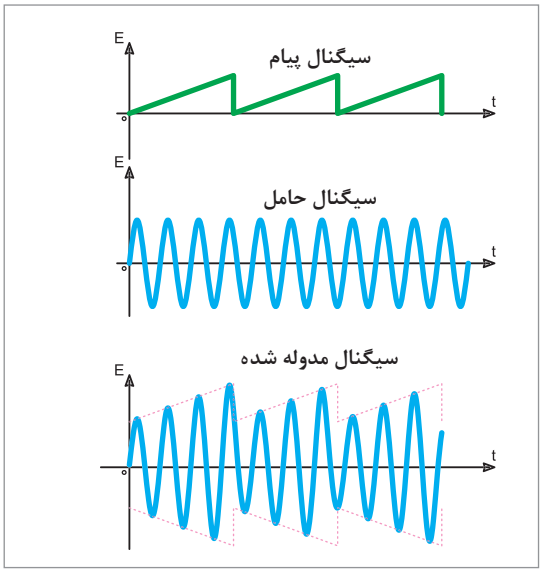


شکل ۳۲ـ مدولاسیون AM با سیگنال غیر سینوسی و ترکیب آنها

در شکل‌های ۳۳ و ۳۴، پیام‌های مربعی و دندانه اره‌ای که به صورت AM روی حامل سینوسی مدوله شده‌اند، نشان داده شده است.

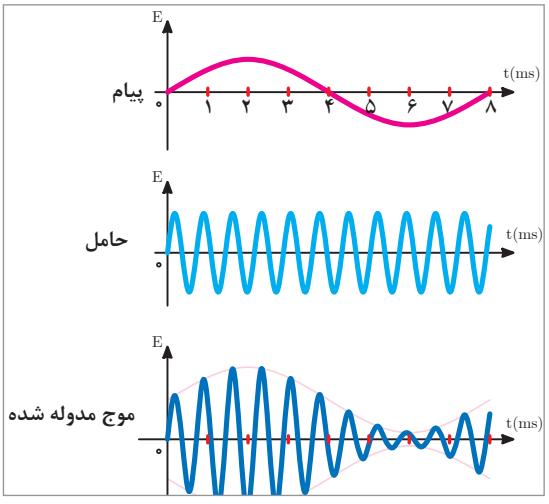


شکل ۳۳ـ مدولاسیون AM با سیگنال مربعی

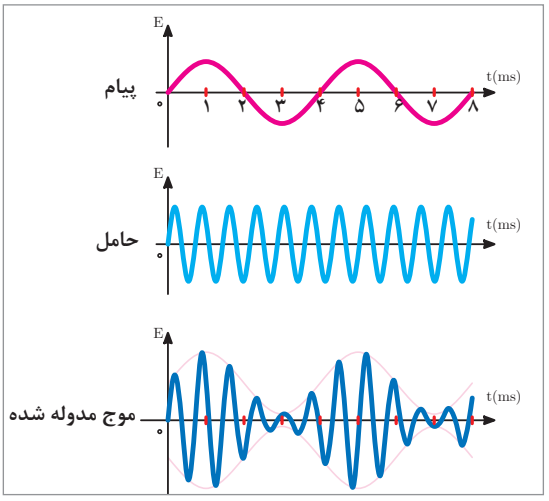


شکل ۳۴ـ مدولاسیون AM با سیگنال دندانه اره‌ای

شکل‌های ۳۵ الف و ب، نشان می‌دهندکه سرعت تغییرات دامنهٔ حامل، به فرکانس پیام بستگی دارد. شکل (الف) موج پیام را با پریود ۸ میلی ثانیه (فرکانس ۱۲۵ هرتز) نشان می‌دهد که روی حامل سینوسی به صورت AM مدوله شده است. شکل (ب) پیام را با پریود ۴ میلی ثانیه (فرکانس ۲۵۰ هرتز) نشان می‌دهد که روی حامل سینوسی به صورت AM ـ مدوله شده است. همان طور که مشاهده می‌شود سرعت تغییرات دامنهٔ موج حامل در شکل ۳۵ ب، دو برابر سرعت تغییرات دامنهٔ موج حامل در شکل ۳۵ الف می‌باشد.



الف) فرکانس پیام ۱۲۵ هرتز



ب) فرکانس پیام ۲۵۰ هرتز

شکل ۳۵

معادلهٔ موج AM

اگر پیام و حامل را به‌صورت موج سینوسی درنظر بگیریم، معادلهٔ پیام و حامل به‌صورت معادله‌های زیر است:

(پیام) $em = E_m \sin\omega_m t$

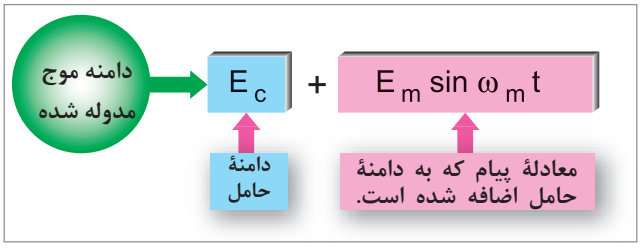
(حامل) $ec = E_c \sin\omega_c t$

فعالیت کلاسی

چگونگی به‌دست آمدن معادلهٔ موج مدوله شدهٔ زیر را بررسی کنید.

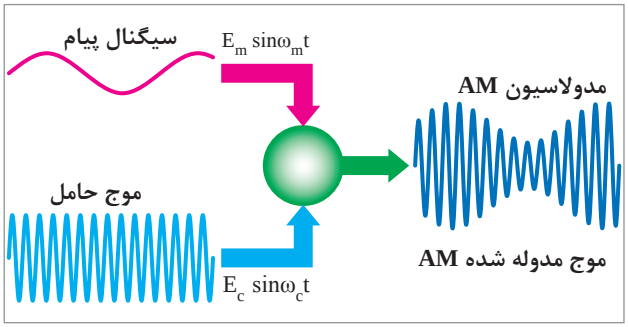
$e_{mod}=(E_c+E_m \sin\omega_m t).\sin\omega_c t$

در شکل۳۶، نمودار معادلهٔ موج مدوله شده نشان داده شده است.



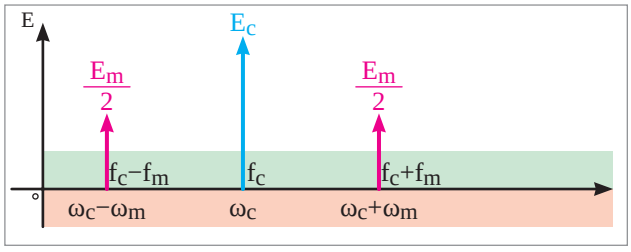
شکل ۳۶ــ نمودار معادلهٔ موج مدوله شده

در شکل۳۷، سیگنال پیام، سیگنال حامل و موج مدوله شده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۷ــ سیگنال‌های پیام، حامل و موج مدوله شده

معادلهٔ هر یک از سیگنال‌ها در مقابل آنها نوشته شده است. مشاهده می‌شود دامنهٔ سیگنال حامل دقیقاً با پیام تغییرکرده است. به‌طور کلی به این نتیجه می‌رسیم که طیف موج مدوله شدهٔ AM با سیگنال سینوسی خالص، شامل فرکانس‌های حامل، مجموع فرکانس حامل و پیام و تفاضل آن دو می‌باشد. لذا طیف فرکانس موج AM با پیام سینوسی خالص به‌صورت شکل ۳۸ خواهد بود که با استفاده از دستگاه طیف‌نما می‌توان این طیف فرکانسی را مشاهده کرد.



فرکانس مجموع حامل و پیام
(فرکانس کناری بالا) $f_e + f_m$ =

فرکانس تفاضل حامل و پیام
(فرکانس کناری پایین) $f_e - f_m$ =

شکل ۳۸ــ طیف موج مدوله شدهٔ AM

شاخص مدولاسیون (Modulation Index)

نسبت دامنهٔ سیگنال پیام به سیگنال حامل را شاخص مدولاسیون یا ضریب مدولاسیون می‌نامند. اگر دامنهٔ ماکزیمم حامل E_C و دامنهٔ ماکزیمم پیام E_m باشد، شاخص مدولاسیون برابراست با:

$$\text{شاخص مدولاسیون} = \frac{\text{دامنهٔ پیام}}{\text{دامنهٔ حامل}} = \frac{E_m}{E_c} \quad m$$

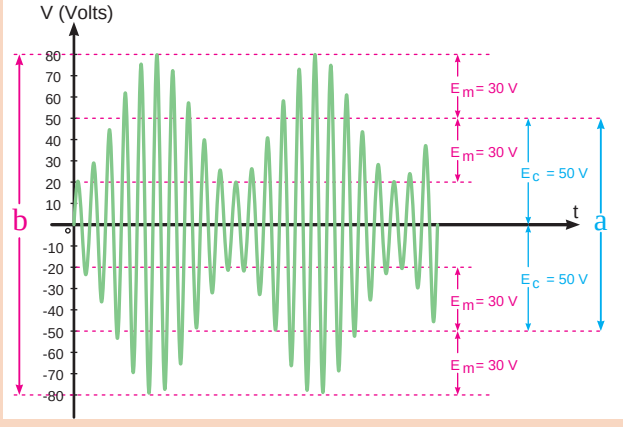
درصد مدولاسیون (Percent of Modulation)

چون ضریب مدولاسیون در عمل کوچک‌تر از واحد انتخاب می‌شود، برای سادگی در محاسبات معمولاً آن را برحسب درصد مدولاسیون بیان می‌کنند. درصد مدولاسیون را با M یا m_p و به شکل زیر نشان می‌دهند:

$$M = m_p = \frac{E_m}{E_c} \times ۱۰۰$$

کار در کلاس

ضریب و درصد مدولاسیون را با توجه به شکل روبه‌رو به‌دست آورید.

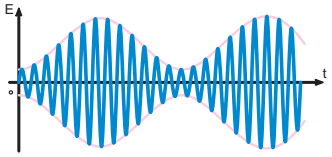


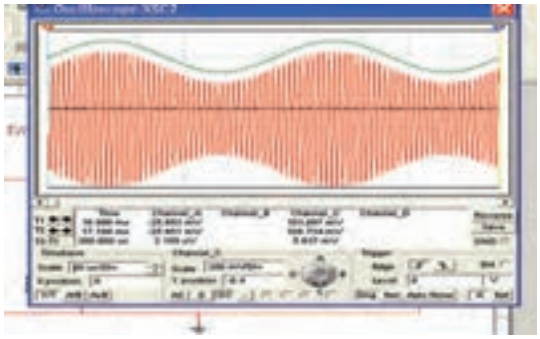
درجه‌بندی مدولاسیون

در صورتی‌که علاوه بر سیگنال پیام، سیگنال دیگری روی موج حامل سوار شود، حالت مدولاسیون تداخلی (Inter Modulation) رخ می‌دهد که برای سیگنال مدوله شده اشکال به‌وجود می‌آورد. به‌طورکلی برای مدولاسیون سه درجه‌بندی به شرح زیر تعریف می‌شود:

۱ـ مدولاسیون کمتر از صددرصد (Less than Hundredpercent Modulation):

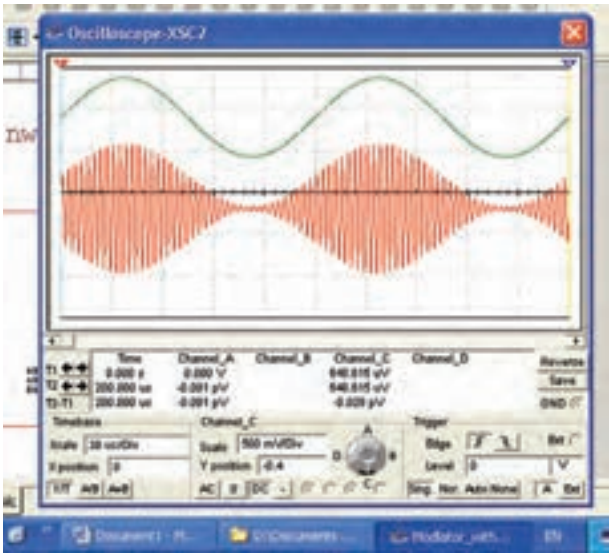
در این نوع مدولاسیون، دامنهٔ حامل هرگز به صفر نمی‌رسد. به عبارت دیگر دامنهٔ پیام کمتر از حامل است (شکل ۳۹).

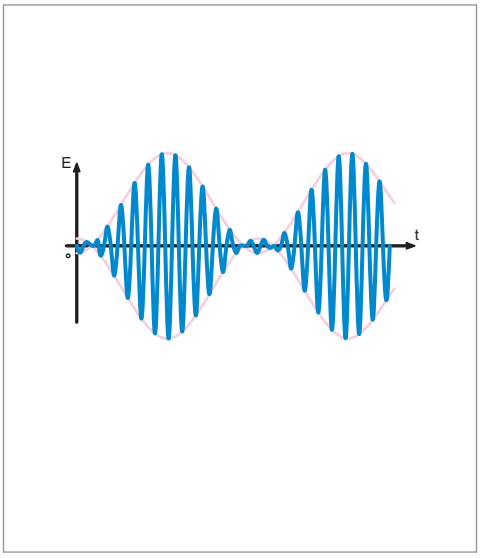




شکل ۳۹ـ مدولاسیون کمتر از ٪۱۰۰

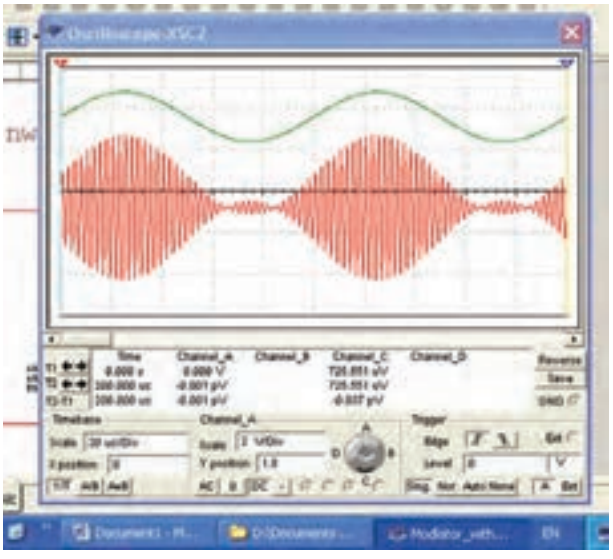
۲ـ مدولاسیون صددرصد (One hundred Percent modulation): در این درجه‌بندی از مدولاسیون، دامنهٔ سیگنال حامل در یک لحظهٔ کوتاه به صفرمی‌رسد (شکل ۴۰). این شرایط هنگامی پدید می‌آید که دامنهٔ حامل و دامنهٔ پیام با هم برابر باشند.

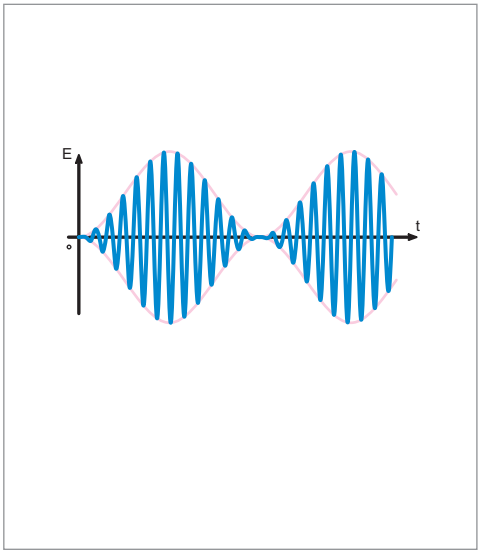




شکل ۴۰ـ مدولاسیون ٪۱۰۰

۳ـ مدولاسیون بیشتر ازصددرصد (More than hundred percent modulation): در صورتی که دامنهٔ پیام بیشتر از دامنهٔ حامل باشد، مدولاسیون بیشتر از صددرصد حاصل خواهد شد (شکل۴۱). این نوع مدولاسیون عملاً قابل قبول نیست، زیرا هنگام بازسازی سیگنال پیام درگیرنده، قسمتی از آن حذف می‌شود. به عبارت دیگر، در سیگنال پیام، اعوجاج یا پارازیت به‌وجود می‌آید.





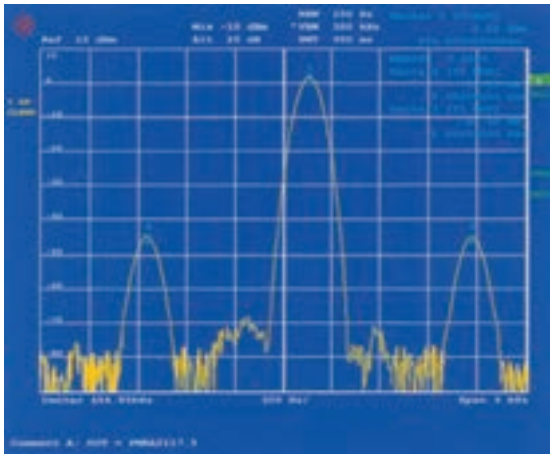
شکل۴۱ـ مدولاسیون بیشتر از ٪۱۰۰

طیف فرکانسی سیگنال AM

درصورتی‌که یک سیگنال AM با فرکانس حامل F_C و پیام به‌صورت تُن صوتی با فرکانس F_m و ضریب مدولاسیون m را به ورودی دستگاه طیف نما متصل کنیم، روی صفحهٔ دستگاه طیف نما فرکانس‌هایی به شرح زیر ظاهر می‌شود:

F_C	فرکانس حامل
$F_C + F_m$	مجموع فرکانس‌های حامل و پیام
$F_C - F_m$	تفاضل فرکانس‌های حامل و پیام

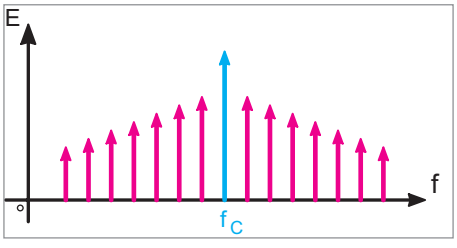
مجموع فرکانس‌های فوق را طیف فرکانسی سیگنال AM می‌نامند. درطیف فرکانسی، دامنهٔ سیگنال حامل برابر با Ec و دامنهٔ فرکانس‌های $F_m + F_C$ و $F_m - F_C$ هرکدام برابر با $\frac{mE_c}{2}$ است. شکل۴۲ طیف فرکانسی سیگنال AM رانشان می‌دهد.



شکل ۴۲ـ طیف فرکانسی AM

همان‌طورکه مشاهده می‌شود، فرکانس‌های مجموع $(F_C + F_m)$ و تفاضل $(F_C - F_m)$ در دو طرف فرکانس حامل قرار دارند. فرکانس مجموع را فرکانس کناری بالا USF (Upper Side Frequency) و فرکانس تفاضل را فرکانس کناری پایین LSF (Lower Side Frequency) می‌نامند.

درصورتی‌که پیام ازچند سیگنال سینوسی جداگانه تشکیل شده باشد، برای هر سیگنال سینوسی، فرکانس‌های کناری بالا و پایین مستقلی به‌وجود می‌آید. در این حالت مجموعه‌ای از طیف فرکانسی پدید می‌آید. شکل ۴۳ مجموعهٔ طیف فرکانسی را نشان می‌دهد.



شکل ۴۳ـ مجموعه طیف فرکانسی

کار درکلاس

یک سیگنال حامل با فرکانس ۷۵۰ کیلوهرتز توسط یک موج سینوسی خالص با فرکانس۳ کیلوهرتز مدوله می‌شود. مقادیر فرکانس‌های موجود در طیف فرکانسی را به‌دست آورید. کدام فرکانس، فرکانس کناری بالا وکدام فرکانس، فرکانس کناری پایین است؟

مثال

مثال: سیگنال یک پیام شامل فرکانس‌های $F_{m_1}=3KHz$، $F_{m_2}=10KHz$ و $F_{m_3}=20KHz$ است. در صورتی که این سیگنال‌ها را روی حامل $Fc = 500\ KHz$ مدوله کنیم و سیگنال مدوله شده را به دستگاه طیف نما بدهیم چه فرکانس‌هایی روی صفحهٔ دستگاه ظاهر می‌شود؟ فرکانس‌های کناری بالا و فرکانس‌های کناری پایین کدام‌اند؟ دامنهٔ طیف فرکانسی بستگی به چه عواملی دارد؟

$F_1 = F_C + F_{m_1} = 500 + 3 = 503\ KHz$

$F_2 = F_C + F_{m_1} = 500 + 10 = 510 KHz$

$F_3 = F_C - F_{m_1} = 500 + 20 = 520 KHz$

$F_4 = F_C - F_{m_1} = 500 - 3 = 497\ KHz$

$F_5 = F_C - F_{m_1} = 500 - 10 = 490\ KHz$

$F_6 = F_C - F_{m_3} = 500 - 20 = 480\ KHz$

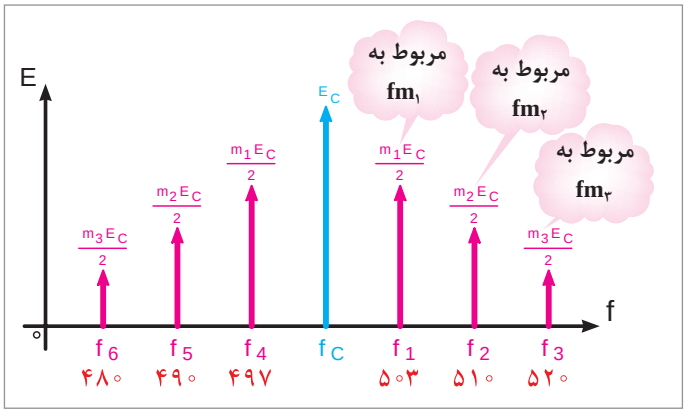
دامنهٔ فرکانس‌های کنار، بستگی به ضریب مدولاسیون m و E_C دارد، طیف سیگنال مدوله شده، حاوی هفت فرکانس به شرح زیر است:

$F_c \Rightarrow$ فرکانس حامل

$F_1, F_2, F_3 \Rightarrow$ فرکانس‌های کناری بالا

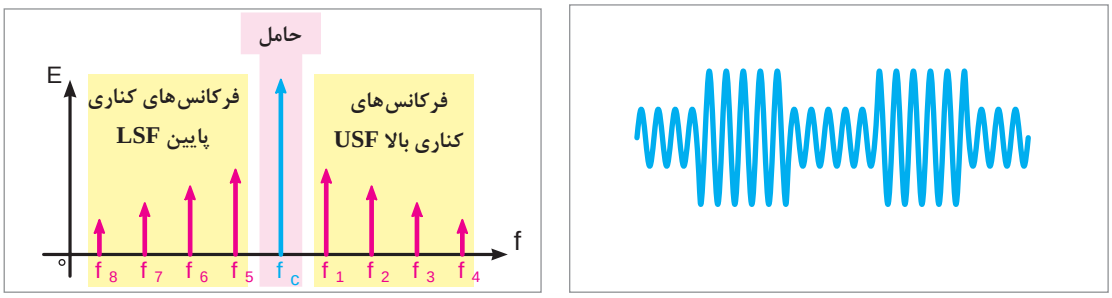
$F_4, F_5, F_6 \Rightarrow$ فرکانس‌های کناری پایین

در شکل ۴۴، یک طیف فرکانسی نشان داده شده است.



شکل ۴۴ـ طیف فرکانسی حاصل از سیگنال پیام مرکب

اگر سیگنال پیام، یک سیگنال غیرسینوسی مثلاً مربعی باشد، در این حالت در باندهای کناری بالا و پایین مجموعه‌هایی ازطیف فرکانسی را خواهیم داشت که از ترکیب هماهنگ موج غیرسینوسی به وجود می‌آیند. در شکل ۴۵ طیف فرکانسی یک موج مدوله شده را که پیام آن یک سیگنال مربعی است، مشاهده می‌کنید.



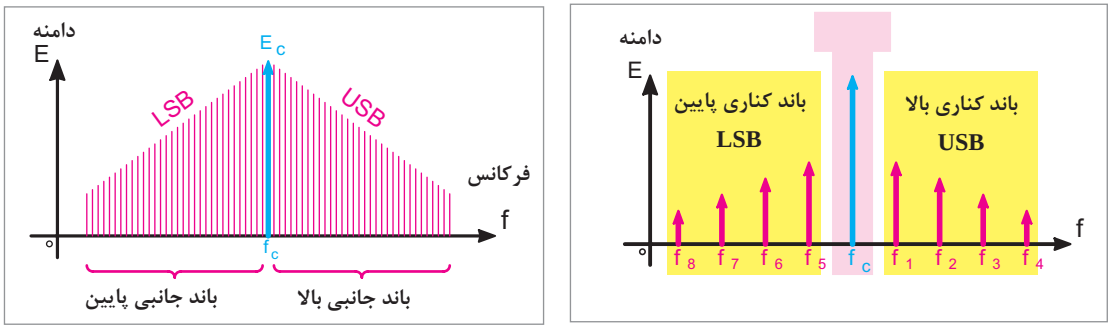
الف) سیگنال مدوله شده AM

ب) طیف فرکانسی

شکل ۴۵ـ طیف فرکانسی حاصل از مدولاسیون موج مربعی

باندهای کناری سیگنال AM: درصورتی‌که سیگنال مدوله کننده (پیام) از چند سیگنال سینوسی تشکیل شده باشد، در صورت انجام مدولاسیون، هریک ازسیگنال‌ها به تنهایی یک طیف فرکانسی را به وجود می‌آورد. در این حالت، تعداد فرکانس‌های کناری بالا و پایین بیشتر از یک فرکانس می‌شوند و باند فرکانسی را تشکیل می‌دهند. از مجموع فرکانس‌های پیام و حامل، باند کناری بالا(**USB**) **یا** (Upper Side Band) و از تفاضل فرکانس‌های پیام و حامل، باندکناری پایین (**LSB**) **یا** (Lower Side Band) شکل می‌گیرد (شکل۴۶ـ الف).

اگر تعداد فرکانس‌های پیام آنقدر زیاد شود که مؤلفه‌های فرکانس‌های کناری بالا و پایین به هم بچسبند، باند فرکانسی پیوسته تشکیل می‌شود. (شکل ۴۶ـ ب)



الف

ب

شکل ۴۶ـ الف ـ باندهای کناری بالا و پایین ، ب ـ باند فرکانسی پیوسته

پهنای باند (Band Width) سیگنال مدوله شده: پهنای باند عبارت است از محدودهٔ فرکانس‌هایی که در فاصلهٔ بین کمترین فرکانس کناری پایین و بیشترین فرکانس کناری بالا قرار می‌گیرد. پهنای باند از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$BW = F_{USB} - F_{LSB}$$

که درآن:
پهنای باند برحسب هرتز،کیلوهرتز یامگاهرتز = BW
بالاترین فرکانس باند کناری بالا = F_{USB}
پایین ترین فرکانس باند کناری پایین = F_{LSB}

فعالیت کلاسی

طرز به دست آوردن رابطهٔ دیگر پهنای باند ($BW = ۲ F_m max$) را بررسی کنید.

کار درکلاس

با توجه به رابطهٔ $BW = ۲ F_m max$ در می‌یابیم که پهنای باند ..... بیشترین فرکانس پیام است. به عبارت دیگر، در سیگنال AM پهنای باند ..... فرکانس پیام است. در فرستنده‌های AM تجارتی پهنای باند را ده کیلوهرتز در نظر می‌گیرند. بنابراین، سیگنال پیام نباید از ۵ کیلوهـرتز بیشترشود. بـدین ترتیب بیشترین فرکانس پیام در فرستنده‌های AM برابر ..... است.

کار درکلاس

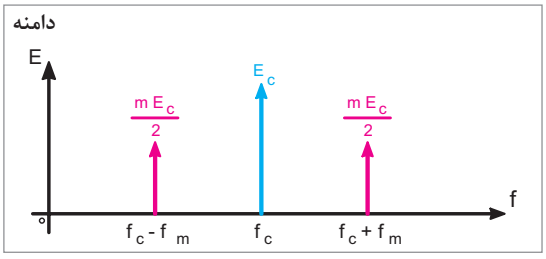
اگر فرکانس سیگنال حامل در یک فرستندهٔ رادیویی ۱۰مگاهرتز باشد و بخواهیم آن را با فرکانس ۵ کیلوهرتز مدوله کنیم، پهنای باند سیگنال AM ارسالی چقدر خواهد شد؟

تحقیق کنید

درسیگنال مدوله شدهٔ AM، درصد توان در سیگنال حامل و باندهای کناری به چه میزان می‌باشد؟

انواع روش‌های ارسال در مدولاسیون AM

به‌طور کلی در تولید موج AM با سیگنال سینوسی خالص، فرکانس حامل باد و فرکانس جانبی ایجاد می‌شود. شکل ۴۷طیف موج مدوله شدهٔ AM را نشان می‌دهد.

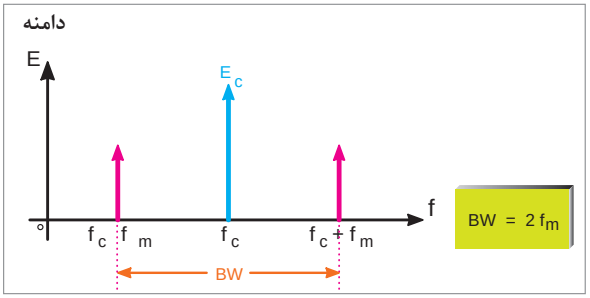


شکل ۴۷ـ طیف موج مدوله شدهٔ AM

درصورتی‌که هنگام ارسال موج مدوله شده قسمت‌هایی از سیگنال‌های موجود در سیگنال AM، مثلاً فرکانس حامل حذف شود، پنج روش ارسال به شرح زیر به وجود می‌آید:

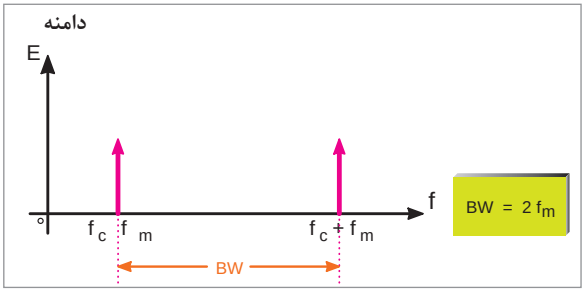
۱ـ ارسال مدولاسیون دامنه به صورت کامل AM-FC (Amplitude Modulation – Full Carrier): دراین روش، هردو فرکانس جانبی بالا و پایین و سیگنال حامل ارسال می‌شود. این روش مدولاسیون در فرستندهٔ

رادیویی تجارتی به کار می‌رود. پهنای باند در این روش $2F_m$ است. شکل ۴۸، فرکانس حامل و فرکانس‌های جانبی بالا و پایین و پهنای باند را در روش ارسال به صورت DSBFC نشان می‌دهد.



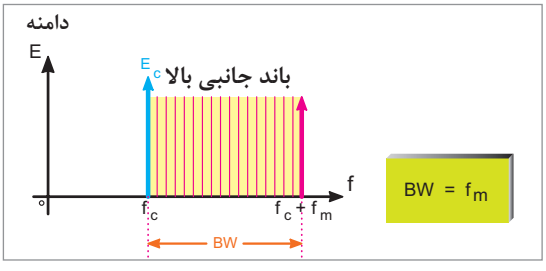
شکل ۴۸ـ طیف موج مدوله شده به روش AM-CF

۲ـ ارسال مدولاسیون دامنه به روش دو باند کناری AM_SC یا DSB با حذف سیگنال حامل (Amplitude Modulation_Suppressed Carrier Double side Band): در این روش فقط باندهای کناری بالا و پایین ارسال می‌گردد و سیگنال حامل حذف می‌شود. پهنای باند در این روش نیز برابر با $2F_m$ است. شکل ۴۹طیف فرکانس در این روش را نشان می‌دهد.

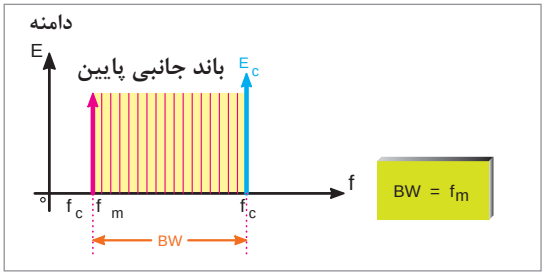


شکل ۴۹ـ طیف موج مدوله شده به روش DSB

۳ـ ارسال مدولاسیون دامنه به روش یک باند کناری SSB (Single Side Band): چون در هر یک از باندهای جانبی بالا و پایین کلیهٔ اطلاعات وجود دارند، برای صرفه جویی درتوان، افزایش راندمان وکاهش پهنای باند می‌توان فقط یکی از باندهای جانبی و حامل را ارسال نمود. این روش ارسال مدولاسیون را به اختصار SSB می‌نامند . شکل‌های ۵۰ و ۵۱ یکی از باندهای جانبی را در روش ارسال مدولاسیون به‌صورت SSB نشان می‌دهد.



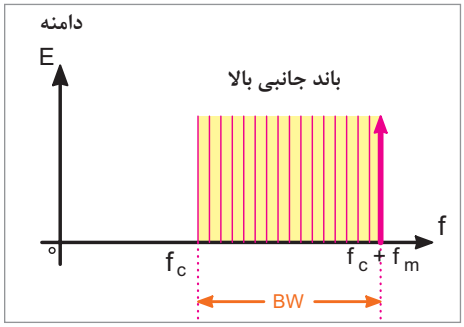
شکل ۵۰ـ باند جانبی بالا به روش SSB در طیف موج مدوله شده



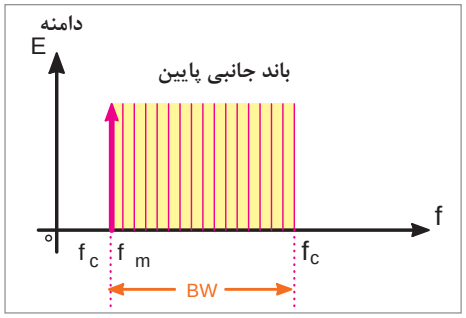
شکل ۵۱ـ باند جانبی پایین در طیف موج مدوله شده به روش SSB

در مدولاسیون SSB پهنای باند موج مدوله شده برابر با F_m است. $BW = F_m$

۴ـ ارسال مدولاسیون AM با باند کناری مستقل ISB (Independent – Side Band): در این روش ارسال مدولاسیون، فقط یکی از باندهای جانبی بالا یا پایین را ارسال می‌نمایند و سیگنال حامل را حذف می‌کنند. شکل‌های ۵۲ و ۵۳ طیف این روش ارسال را نشان می‌دهند. پهنای باند در این روش نیز برابر است.

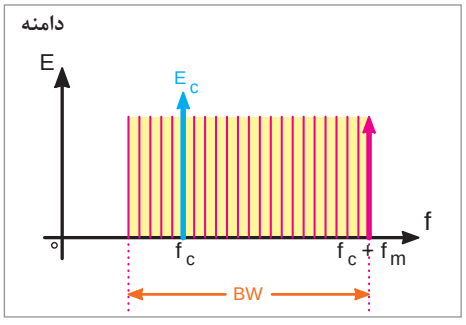


شکل ۵۲ـ باند جانبی بالا بدون حامل



شکل ۵۳ـ باند جانبی پایین بدون حامل

۵ـ ارسال مدولاسیون AM به روش VSB (Vestigial – Side Band): در این روش ارسال، تمام باند جانبی بالا و قسمتی از باند جانبی پایین را ارسال می‌کنند. شکل ۵۴ طیف موج مدوله شده به صورت VSB را نشان می‌دهد.

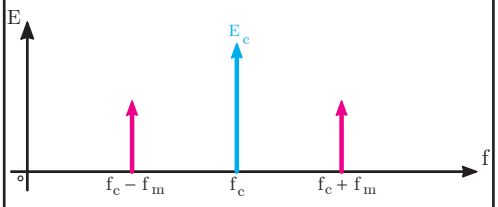
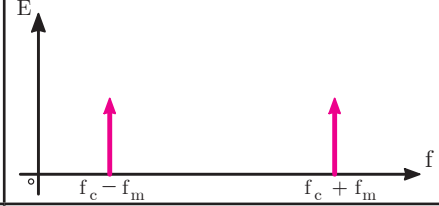
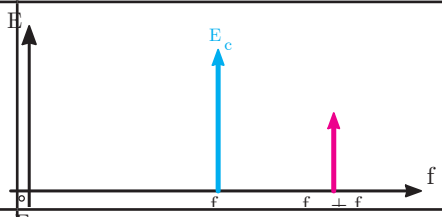
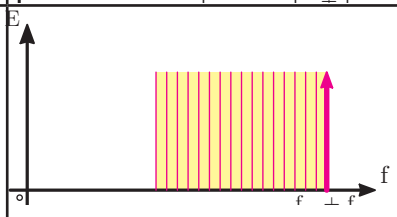
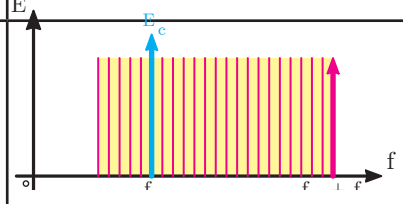


شکل ۵۴ـ طیف موج مدوله شده به روش VSB

از این روش ارسال مدولاسیون، در ارسال تصاویر تلویزیونی استفاده می‌شود. پهنای باند در این روش، اندکی بیشتر از F_m است.

کار در کلاس

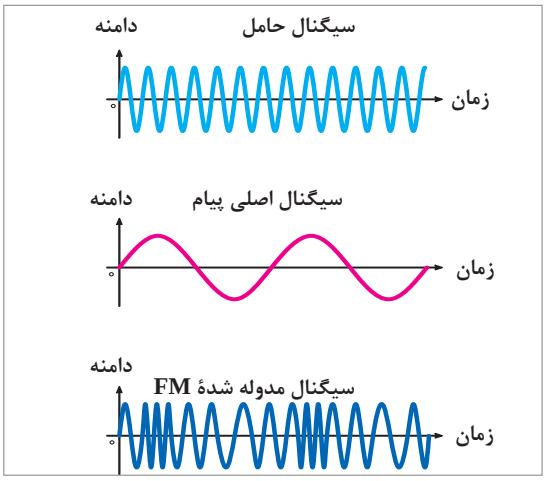
جدول زیر را کامل کنید:

کاربرد	پهنای باند BW	طیف موج مدوله شده	نوع مدولاسیون AM
فرستنده‌های رادیویی محلی	$۲f_m$		
در مواردی که برای تولید انرژی در فرستنده، محدودیت وجود دارد؛ مانند بی‌سیم پلیس.	$۲f_m$		
در مواردی که محدودیت پهنای باند وجود دارد.مانند ارتباطات ناوبری دریایی، رادیوآماتوری و نظامی	f_m		
در مواردی که در توان و پهنای‌باند، محدودیت وجود دارد؛ مانندمخابرات نقطه به نقطه و رادیوی تلفنی.	f_m		
در فرستندهٔ تلویزیونی	اندکی بیشتر از f_m		

مدولاسیون فرکانس (Frequency Modulation)

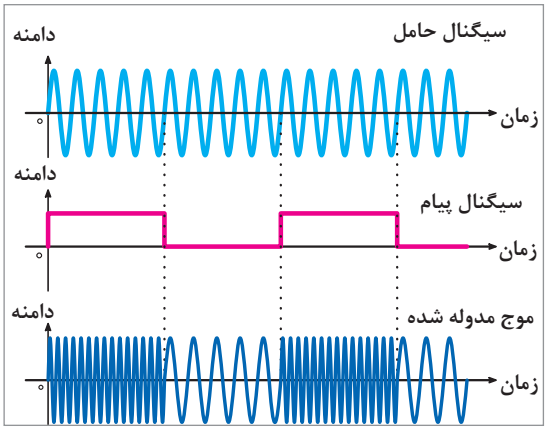
درصورتی‌که فرکانس سیگنال حامل، متناسب با تغییرات دامنهٔ پیام تغییرکند، مدولاسیون فرکانس ایجاد می‌شود. در این حالت سرعت تکرار تغییرات فرکانس موج حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود و مدولاسیون فرکانس را با FM نشان می‌دهند. درشکل ۵۵ مدولاسیون FM با پیام سینوسی نشان داده شده

است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، هنگامی که دامنهٔ پیام صفر است، فرکانس موج مدوله شده برابر با موج حامل می‌شود. با افزایش دامنهٔ سیگنال پیام، فرکانس حامل افزایش می‌یابد (فشرده می‌شود) و با کاهش‌دامنهٔ پیام، فرکانس حامل کم می‌شود.



شکل۵۵ــ سیگنال مدوله شدهٔ FM با پیام سینوسی

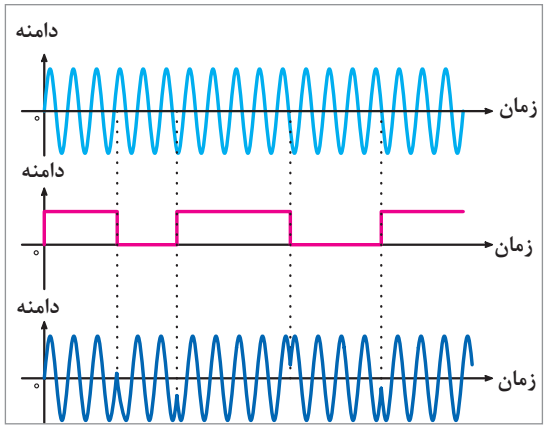
شکل۵۶، پیام مربعی را که روی سیگنال حامل سینوسی که به‌صورت FM مدوله شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۵۶ ــ سیگنال مدوله شدهٔ FM با پیام مربعی

مدولاسیون فاز(Phase Modulation)

اگر فاز سیگنال حامل، متناسب با دامنهٔ سیگنال پیام تغییر کند مدولاسیون فاز به وجود می‌آید. در این حالت، سرعت تکرار تغییرات فاز برابر با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون فاز از پاره‌ای جهات مشابه مدولاسیون FM است. شکل۵۷، مدولاسیون فاز (PM) را نشان می‌دهد.



شکل۵۷ــ مدولاسیون فاز

مدولاسیون‌های پالس ودیجیتال(Pulse and Digtal Modulation)

در روش‌های جدید مدولاسیون، از مدولاسیون پالس و مدولاسیون دیجیتال استفاده می‌شود. در این نوع مدولاسیون‌ها، سیگنال‌های آنالوگ پیام به نوعی از سیگنال‌های پالسی یا دیجیتالی که منشأ آن موج‌های حامل یا کریر است تبدیل می‌شود. این نوع مدولاسیون‌ها انواع متنوع و گسترده‌ای دارند که در این قسمت به تشریح اختصاری و اجمالی آنها می‌پردازیم.

اگر سیگنال کریر (حامل) به‌صورت پالس (منفصل) باشد، در این صورت، مدولاسیون‌های پالسی شکل می‌گیرند مدولاسیون‌های پالسی به دو دسته تقسیم می‌شوند.

الف) مدولاسیون‌های منفصل: این نوع مدولاسیون‌ها به‌صورت PAM ، PPM و PWM (PDM) هستندکه کاربردهای مخابراتی و صنعتی دارند. از کاربردهای مخابراتی می‌توان کاربرد PPM را در اندازه‌گیری‌های رادار نام برد .از کاربردهای صنعتی این نوع مدولاسیون می‌توان کنترل دور و سرعت موتور را با روش‌های PWM نام برد.

تحقیق کنید

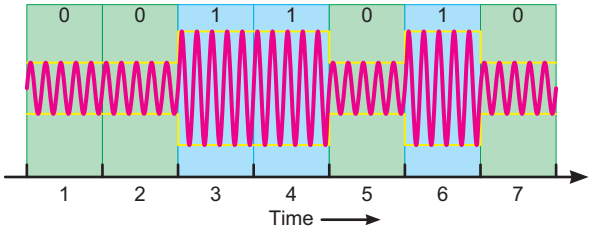
در مورد مدولاسیون پالسی کد شده PCM تحقیق کنید و نتیجه را به‌صورت پرده‌نگار در کلاس به نمایش درآورید.

ب) مدولاسیون‌های دیجیتال: این‌نوع مدولاسیون بسیار متداول است؛ مثلاً برای ارسال علائم صفر و یک منطقی (PCM) به منظور کاهش پهنای باند بهتر است از سیگنال سینوسی استفاده کنیم. در ادامه به شرح این نوع مدولاسیون‌ها (ASK، PSK و FSK) می‌پردازیم. سیگنال مورد استفاده در این نوع مدولاسیون‌ها را سیگنال حامل اولیه می‌نامند.

مدولاسیون ASK (Amplitude Shift Keying)

در مدولاسیون ASK برای نمایش صفر یا یک باینری، دامنهٔ سیگنال حامل تغییر می‌کند و فرکانس و فاز حامل ثابت می‌مانند. مقدار دامنهٔ کاریر در مقادیر صفر و یک باینری به عهدهٔ طراحان سیستم است.

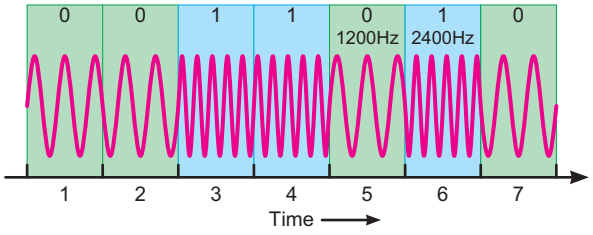
شکل۵۸، یک نمونه سیگنال مدوله شدهٔ ASK را نشان می‌دهد. ASK بسیار نویزپذیر است؛ زیرا نویز می‌تواند روی دامنه قرار گیرد و ۰ را به ۱ و ۱ را به ۰ تبدیل کند.



شکل۵۸ـ مدولاسیون ASK

مدولاسیون FSK (Frequency Shift Keying)

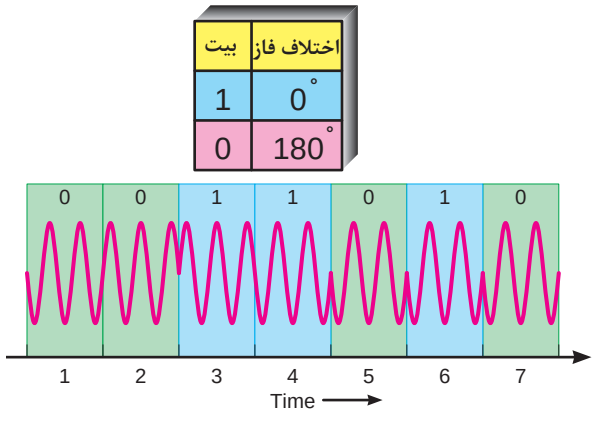
در مدولاسیون FSK برای نمایش صفر یا یک باینری، فرکانس سیگنال حامل تغییر داده می‌شود و دامنه و فاز حامل ثابت باقی می‌ماند. فرکانس حامل در فاصلهٔ زمانی هر بیت مقدار ثابتی است. شکل۵۹ مدولاسیون FSK را نشان می‌دهد. FSKنسبت به نویز مقاوم‌تر از ASK است.



شکل ۵۹ـ مدولاسیون FSK

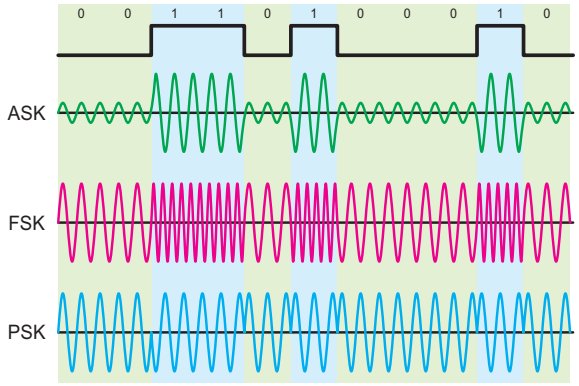
مدولاسیون PSK (Phase Shift Keying)

در مدولاسیون PSK فاز سیگنال سینوسی را برای نمایش باینری صفر و یک تغییر می‌دهند. دراین حالت دامنه و فرکانس حامل ثابت است. به عنوان مثال اگر برای نمایش عدد باینری (۱)، سیگنال حامل با فاز صفر درجه شروع شود، می‌توان فاز سیگنال حامل را ۱۸۰ درجه تغییر داد تا عدد باینری (۰) را ارسال نمود. فاز سیگنال حامل در طول هربیت باینری ثابت است.
در شکل ۶۰ مدولاسیون PSK برای یک نمونه سیگنال دیجیتالی رسم شده است.



شکل ۶۰ـ مدولاسیون PSK

در شکل۶۱، یک نمونه سیگنال دیجیتالی و سه نوع مدولاسیون ASK، FSK و PSK حاصل از آن را مشاهده می‌کنید.



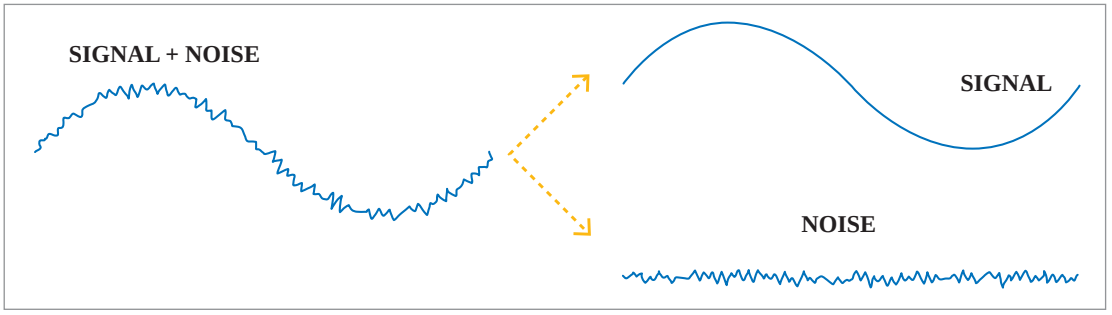
شکل۶۱ـ سیگنال دیجیتالی و سه نوع مدولاسیون ASK، FSK و PSK

تحقیق کنید

در مورد سایرانواع مدولاسیون پالس تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

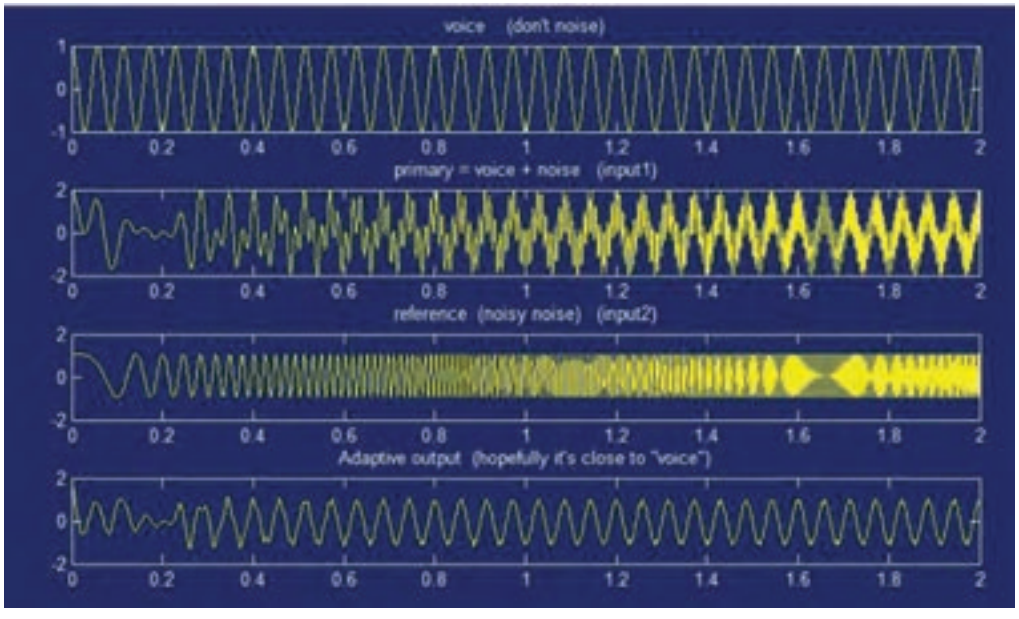
نویز و منابع آن

به‌طور کلی یکی از منابع ایجاد اختلال در سیستم‌های مخابراتی، نویز است. نویز ممکن است از منابع مختلفی تولید شود. بعضی از این منابع طبیعی و بعضی مصنوعی هستند. نویز حاصل از رعد و برق نویز طبیعی و نویز ناشی از سیستم‌های جرقه زنی در اتومبیل و موتورهای الکتریکی نویز مصنوعی است. (شکل ۶۲).



شکل ۶۲ـ نویز ومنابع آن

نسبت سیگنال به نویز: نسبت توان سیگنال مورد نظر به توان نویز را Signal to Noise Ratio (SNR) گویند و به صورت S/N نشان می‌دهند. هر قدر نسبت S/N بیشتر باشد ، سیستم مخابراتی از نظر تأثیر نویز مقاوم‌تر است. لذا S/N یک شاخص مهم برای سیستم‌های مخابراتی محسوب می‌شود. برای کاهش نویز در طبقات تقویت‌کننده، از فیلتر استفاده می‌شود. این فیلترها را حذف کنندهٔ نویز یا noise canceller می‌گویند (شکل ۶۳).



شکل ۶۳ـ حذف کننده‌های نویز

مثال

ولتاژ خروجی یک تقویت کنندهٔ RF برابر ۰/۵ ولت و دامنهٔ نویز خروجی آن ده میلی ولت است. اگر مقاومت بار خروجی برابر R_L باشد، نسبت سیگنال به نویز را محاسبه کنید.

$$\frac{S}{N}=\frac{(V_S)^2/R_L}{(V_n)^2/R_L}=\frac{V_S^2}{V_N^2}$$

$$\frac{S}{N}=\frac{۰/۲۵}{(۱۰\times۱۰^{-۳})}$$

$$\rightarrow \frac{S}{N}=۲۵۰۰$$

ضریب تقویت یا گین(GAIN)

نسبت ولتاژ، جریان یا توان خروجی به ولتاژ، جریان یا توان ورودی را در تقویت کننده‌ها ضریب تقویت یا گین ولتاژ، جریان یا توان می‌نامند. در زیر رابطهٔ ضریب تقویت ولتاژ، جریان و توان، نشان داده شده است.

$$G_V=\frac{V_o}{V_i}=\frac{V_۲}{V_۱}$$

$$G_i=\frac{I_o}{I_i}=\frac{I_۲}{I_۱}$$

$$G_P=\frac{P_o}{P_i}=\frac{P_۲}{P_۱}$$

ضریب بهرهٔ تقویت کنندهٔ چند طبقه: در تقویت کننده‌های زنجیره‌ای، ضریب بهره از حاصل ضرب گین طبقات در یکدیگر به دست می‌آید .در زیر رابطهٔ ضریب تقویت ولتاژ، ضریب تقویت جریان و ضریب تقویت توان آمده است. در این روابط، GVT (Gain Voltage total) ضریب بهرهٔ ولتاژ کل، GIT (Gain Intensity total) ضریب بهرهٔ جریان کل و GPT (Gain Power total) ضریب بهرهٔ توان کل است.

$$G_{VT}=G_{V۱}\,.\,G_{V۲}\,.\,G_{V۳}\,.\,....\,.\,G_{VN}$$

$$G_{IT}=G_{I۱}\,.\,G_{I۲}\,.\,G_{I۳}\,.\,....\,.\,G_{IN}$$

$$G_{PT}=G_{P۱}\,.\,G_{P۲}\,.\,G_{P۳}\,.\,....\,.\,G_{PN}$$

مثال

یک تقویت‌کنندهٔ سه طبقه، دارای ضریب تقویت توان $G_{P۱}=۱۰۰$ ، $G_{P۲}=۵۰$ و $G_{P۳}=۱۰$ است. گین توان کلی سیستم چقدر است؟

$$G_{PT}=G_{P۱}\,.\,G_{P۲}\,.\,G_{P۳}$$

$$G_T=۱۰۰\times۵۰\times۱۰$$

$$G_T=۵۰۰۰۰$$

مشاهده می‌شود که عدد به دست آمده، عدد نسبتاً بزرگی است.

افت توان (Power Loss): در خطوط انتقال، خطوط تلفنی و مواردی از این قبیل، هنگامی که انرژی از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر انتقال می‌یابد، به دلیل عواملی مانند مقاومت‌های موجود در خط انتقال، مقداری از توان کاهش می‌یابد. این کاهش توان را افت توان Power Loss می‌نامند.

در این شرایط، در صورتی‌که تقویت کننده‌ای در مسیر نباشد عملاً هیچ‌گونه تقویتی در مسیر انتقال صورت نمی‌گیرد و سیگنال، تضعیف (Attenuation) می‌شود.

ضریب تضعیف (Attenuation Factor): اگر توان خروجی از توان ورودی کمتر باشد، نسبت توان ورودی به خروجی، ضریب تضعیف نامیده می‌شود. ضریب تضعیف برای فیلترها، خطوط انتقال و... مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ مثلاً اگر ضریب تضعیف ولتاژ مداری برابر ۱۰۰۰ باشد معنی آن این است که ولتاژ خروجی مدار به اندازهٔ ۱۰۰۰ برابر تضعیف شده است. به عبارت دیگر ولتاژ خروجی $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ ولتاژ ورودی است.

نشان دادن ضریب تقویت و ضریب تضعیف، با توجه به اینکه اعداد بزرگی هستند مشکلاتی را در محاسبات

مثال

در صورتی که توان صوتی تولید شده در یک خط تلفنی برابر با ۰/۰۰۰۱ وات باشد و در صورت انتقال این توان به فاصلهٔ ۱۶ کیلومتری، مقدار آن به ۰/۰۰۰۰۰۰۱ وات کاهش یابد، ضریب تضعیف مدار را به‌دست آورید.

$$\text{ضریب تضعیف} = \frac{\text{توان ابتدای خط}}{\text{توان انتهای خط}}$$

$$\text{ضریب تضعیف} = \frac{۰/۰۰۰۱}{۰/۰۰۰۰۰۰۱}$$

یعنی توان در انتهای خط به نسبت ۱۰۰ برابر کاهش یافته است. ضریب تضعیف = ۱۰۰

به وجود می‌آورند. برای غلبه بر این مشکلات از واحدهای دیگری از قبیل بل(Bell) و دسی بل (decibel) استفاده می‌کنند.

کار در کلاس

اگر توان صوت در ابتدای یک خط تلفنی به طول ۱۰ کیلومتر برابر با ۲۰ میلی‌وات و در انتهای خط ۰/۰۰۲ وات باشد، ضریب تضعیف خط کدام است؟

ارزشیابی

۱ اصطلاحات Transmitter و Message، Channel، VMS و SMS، MMS را معنی کنید و برای هر یک مثالی بزنید؟

۲ محدودهٔ فرکانس‌های صوتی چقدر است؟

۳ نمودارهای روی دستگاه طیف نما چه پارامترهایی را نشان می‌دهد؟

۴ محدودهٔ فرکانسی گویش و شنوایی انسان چقدر است؟

۵ خطوط انتقال نامتعادل و متعادل را توضیح دهید.

۶ مزایای استفاده از فیبر نوری را بنویسید؟

۷ مشخصه‌های مهم آنتن را بررسی کنید؟

۸ آنتن‌های بشقابی در چه فرکانس‌هایی کار می‌کنند؟

۹ ساختمان آنتن سهموی (بشقابی) را رسم کنید و اجزای آن را نام ببرید.

۱۰ امواج FM دارای چه پخشی هستند؟

۱۱ برای کمترین و بیشترین فرکانس صوتی (AF) طول موج را محاسبه کنید.

۱۲ طول موج صوت با سرعت ۳۴۰ m/sec و فرکانس ۸/۵ KHZ چند سانتی‌متر است؟

۱۳ اگر صوت به‌صورت امواج الکترومغناطیس در فضا انتشار یابد، مسافت ۶۰۰ km را در چه مدتی طی می‌کند؟

۱۴ در صورتی که فرکانس تن صوتی برابر با ۳ کیلوهرتز باشد طول آنتن $\frac{\lambda}{۴}$ برای انتشار آن چقدر است؟

۱۵ چند مثال دیگر برای محاسبهٔ طول آنتن در محدودهٔ باند فرکانس FM طراحی و حل کنید.

۱۶ به چه دلیل از مدولاسیون بیشتر از ۱۰۰٪ نمی‌توان استفاده کرد؟

۱۷ در صورتی که F_C = ۶۰۰KH، E_C =۱۰V، m =۰/۳ باشد ، مقدار دامنهٔ فرکانس‌های کناری بالا و پایین، در صورتی‌که F_m = ۲KHz باشد، برابر با چند کیلوهرتز است؟

۱۸ پهنای باند روش‌های مختلف مدولاسیون AM را با هم مقایسه کنید.

۱۹ در فاصلهٔ ۶۰۰ کیلوهرتز تا ۱۸۰۰ کیلوهرتز چند ایستگاه رادیویی می‌توان جای داد؟ (بدون باند محافظ)

۲۰ اگر توان صوتی در ابتدای خط تلفنی برابر با ۲۰ میلی وات و در انتهای خط به طول ۱۰Km برابر ۰/۰۰۲ وات باشد ضریب تضعیف خط کدام است؟

جدول ارزشیابی پودمان بررسی اصول مخابرات دریایی

عنوان پودمان (فصل)	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
بررسی اصول مخابرات دریایی	شناسایی اجزای سیستم‌های مخابراتی	بررسی مبانی مخابراتی وکاربرد آنها در آنتن‌ها و عملکرد انواع مدولاسیون‌ها	بالاتر از حدّ انتظار	۱ـ اجزای یک سیستم مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید. ۲ـ انواع آنتن‌های مخابراتی را تجزیه وتحلیل نماید. ۳ـ نحوهٔ انجام مدولاسیون و انواع آنها را به‌طور عمومی و کلی تجزیه وتحلیل نماید. ■ **هنرجو، توانایی بررسی همهٔ شاخص‌های بالا را داشته باشد.**	۳
	عملکرد سیستم‌های مخابراتی		در حدّ انتظار	۱ـ اجزای یک سیستم مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید. ۲ـ انواع آنتن‌های مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید. ۳ـ نحوه انجام مدولاسیون وانواع آنها را به طور عمومی و کلی تجزیه وتحلیل نماید. ■ **هنرجو، توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های بالا را داشته باشد.**	۲
			پایین‌تر از حدّ انتظار	۱ـ اجزای یک سیستم مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید. ۲ـ انواع آنتن‌های مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید. ۳ـ نحوه انجام مدولاسیون و انواع آنهارا به‌طور عمومی و کلی تجزیه وتحلیل نماید. ■ **هنرجو، توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های بالا را داشته باشد.**	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

ارزشیابی شایستگی بررسی اصول مخابرات دریایی

۱ـ شرح کار:

- اجزای یک سیستم مخابراتی را بررسی نماید.
- انواع آنتن‌های مخابراتی را بررسی نماید.
- نحوهٔ انجام مدولاسیون را بررسی نماید.
- انواع مدولاسیون‌ها را تجزیه وتحلیل نماید.

۲ـ استاندارد عملکرد

بررسی وتجزیه وتحلیل کردن اصول مخابرات دریایی.

۳ـ شاخص‌ها

تشریح کامل از مدارهای مخابراتی

۴ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات

شرایط: کلاس مناسب همراه با پرده‌نگار باشد.

ابزار و تجهیزات

۵ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	حداقل نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ هنرجو
۱	اجزای یک سیستم مخابراتی را تجزیه وتحلیل نماید.	۲	
۲	انواع آنتن‌های مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید.	۱	
۳	نحوهٔ انجام مدولاسیون را بررسی نماید.	۲	
۴	انواع مدولاسیون‌ها را بررسی نماید.	۱	
شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی و توجهات زیست‌محیطی: ۱ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۲ـ دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛ ۴ـ اخلاق حرفه‌ای.		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.