

پودمان ۱

بررسی اصول مخابرات دریایی



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؟
- نحوه انتشار صوت در هوا چگونه است؟
- تجزیه و تحلیل نحوه 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:

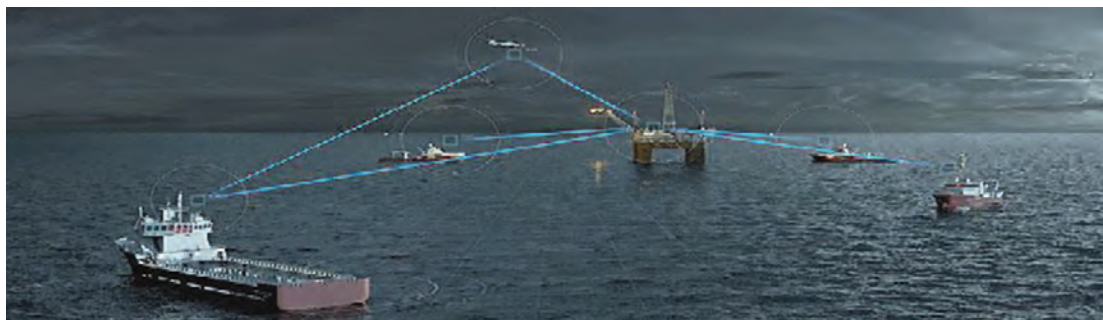
الف) فرستنده (Transmitter)؛
ب) کانال ارتباطی (channel)؛
ج) گیرنده (Receiver)؛

برای اجزای هر سیستم مخابراتی در شناور مثالی ارائه نمایید.

کار در کلاس



در یک سیستم مخابراتی، فرستنده از طریق آنتن (Antenna) امواج را در فضا پخش می‌کند. آنتن، گیرنده 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 ۱- سیستم ارتباط رادیویی

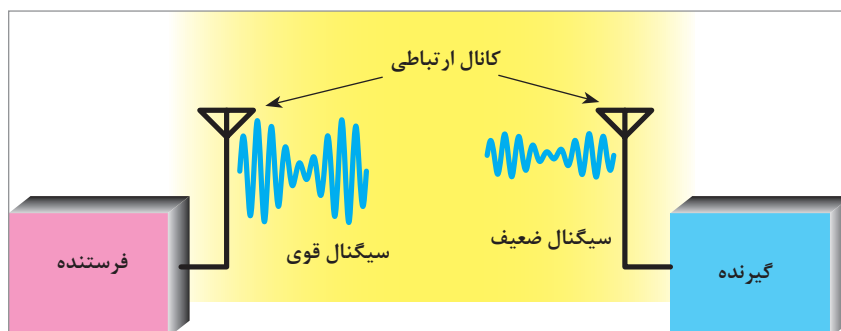
هرگونه عامل خارجی یا داخلی را که موجب اختلال در سیستم شود، نویز (Noise) یا اغتشاش می‌نامند. یادآوری می‌شود که امواج ارسالی از آنتن فرستنده از نوع امواجی است که رفتاری مشابه امواج نورانی دارد و با سرعت سیری تقریباً برابر با سرعت نور در فضا حرکت می‌کند.

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:

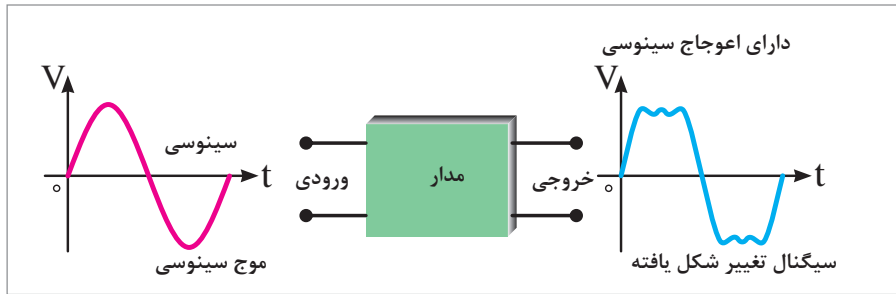
الف) تضعیف یا افت قدرت (Power Attenuation یا Power Loss)

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 ۲- 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).

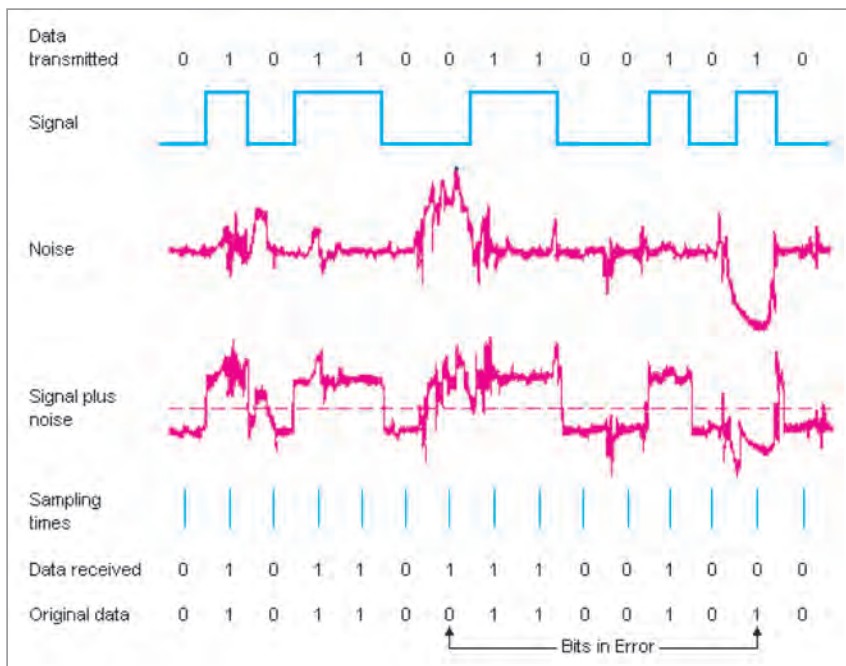


شکل ۳- در این مدار، شکل موج سینوسی دچار اعوجاج شده است.

این تغییر شکل ممکن است جزئی یا کلی باشد، قابل جبران با همسان سازی (equalizing) است. در صورتی که 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 ناخواسته معین 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 ناخواسته 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 شکل ۴، تداخل سیگنال‌های ایستگاه رادیویی و منبع نویز قوی نشان داده شده است.



شکل ۴- اثر نویز روی سیگنال



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 ۱- تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی

ردیف	محدوده فرکانس	نام باند	نماد(علامت)	نام باند به زبان اصلی
۱	۳-۳۰ Hz	بی نهایت کم	ELF	Extremely Low Frequency
۲	۳۰-۳۰۰ Hz	فوق العاده کم	SLF	Supper Low Frequency
۳	۳۰۰-۳۰۰۰ Hz	خیلی خیلی کم	ULF	Ultra Low Frequency
۴	۳-۳۰ kHz	خیلی کم	VLF	Very Low Frequency
۵	۳۰-۳۰۰ kHz	کم	LF	Low Frequency
۶	۳۰۰KHz - ۳MHz	متوسط	MF	Medium Frequency
۷	۳-۳۰ MHz	زیاد	HF	High Frequency
۸	۳۰-۳۰۰MHz	خیلی زیاد	VHF	Very High Frequency
۹	۳۰۰MHz - ۳GHz	خیلی خیلی زیاد	UHF	Ultra High Frequency
۱۰	۳GHz - ۳۰GHz	فوق العاده زیاد	SHF	Supper High Frequency
۱۱	۳۰-۳۰۰ GHz	بی نهایت زیاد	EHF	Extra High Frequency



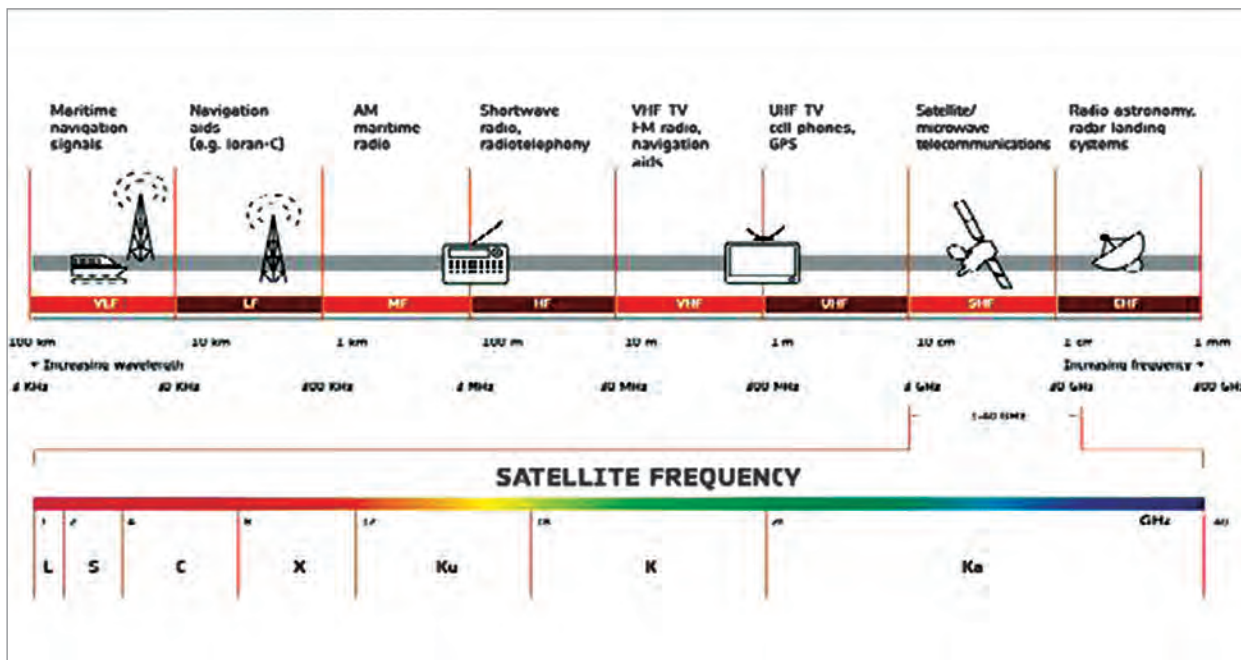
جدول زیر را کامل کنید.

محدوده فرکانس	موارد کاربرد	موارد کاربرد در زبان انگلیسی	ردیف
صفر	ولتاژ و جریان Dc	Dc voltage and current	۱
۱ KHz - ۱۰ Hz	.....	.....	۲
۲۰ KHz - ۲۰ Hz	شنوایی	Audio	۳
۲۰ MHz - ۲۰ KHz	.....	.....	۴
۳۰۰ GHz - ۳ MHz	رادیو	Radio	۵
۵ MHz - ۵۰ Hz	.....	.....	۶
۴۳۰ THz - ۱ THz	اشعه مادون قرمز	Infrared	۷
۱۰۰۰ THz - ۴۳۰ THz	.....	.....	۸
۶×10^4 THz - 1000 THz	اشعه ماورای بنفش	Ultra Violet	۹
3×10^7 THz - 6×10^4 THz	.....	.....	۱۰
5×10^8 THz - 3×10^7 THz	اشعه گاما	Gam a Ray	۱۱
8×10^9 THz - 5×10^8 THz	.....	.....	۱۲



با استفاده از منابع مختلف، اینترنت و شکل های زیر، در مورد کاربرد انواع باندهای فرکانسی بررسی کرده و نتایج را در کلاس به صورت پرده نگار به نمایش در آورید.





شکل ۵

خلاقیت مخابرات جنگال (جنگ الکترونیک)



شهید مهدی نورینی

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 زمینه 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 سمع 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 پیچیده 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 شماره دو رقمی، همه 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 صداهاى مبهم دشمن ضبط شد و در اختیار نیروهای فنی و دانشگاهی قرار گرفت. 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 هر جای 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 لیل‌القدر 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 ۶- دستگاه‌های بی‌سیم و استفاده از آنها در جریان عملیات‌های دفاع مقدس

دستگاه طیف‌نما (Spectrum Analyzer)

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.

پودمان ۱: بررسی اصول مخابرات دریایی



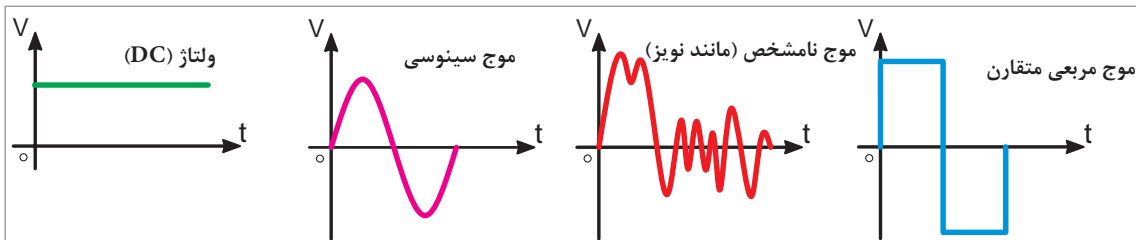
شکل ۷- تصویر واقعی و نرم افزاری دستگاه طیف‌نما

اصول کار دستگاه طیف‌نما را بررسی نمایید.

کار در کلاس

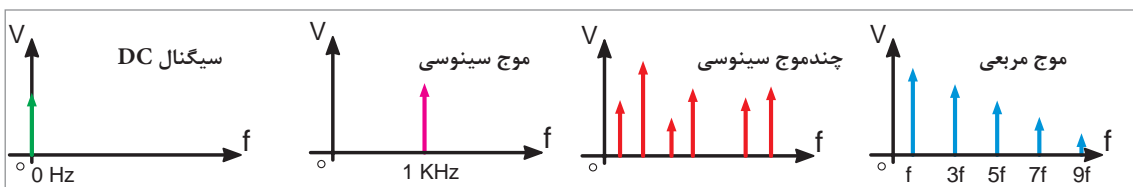


سیگنال حوزه زمان: سیگنال حوزه زمان، تغییرات دامنه موج را برحسب زمان نشان می‌دهد. در حوزه زمان محور افقی برحسب زمان و محور قائم برحسب دامنه است (شکل ۸).



شکل ۸- امواج در حوزه زمان

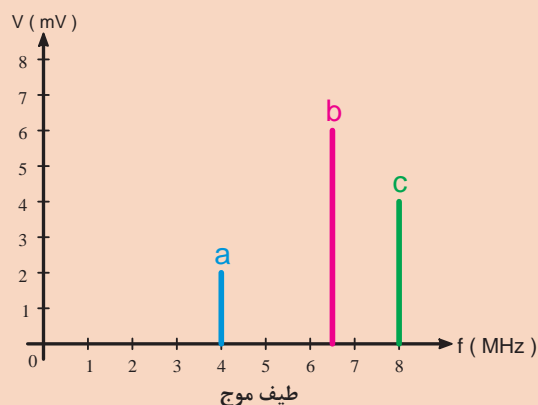
سیگنال حوزه فرکانس: در صورتی که بخواهیم چند سیگنال سینوسی را روی یک دستگاه محورهای مختصات نشان دهیم، از حوزه فرکانس استفاده می‌کنیم. در حوزه فرکانس، محور افقی برحسب فرکانس و محور عمودی برحسب دامنه درجه‌بندی می‌شود. در شکل ۹ چهار سیگنال متفاوت در حوزه فرکانس نشان داده شده است. ارتفاع هر خط قائم نشان دهنده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



شکل ۹- حوزه فرکانس



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



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



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 بر حسب میکرووات بر مترمربع یا وات بر سانتی‌مترمربع سنجیده می‌شود.
۶	ارتفاع یا آهنگ صوت	.....
۷	طنین صوت	.....
۸	محدوده 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.

جدول زیر را کامل کنید.

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

کار در کلاس



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

تحقیق کنید



فیبر نوری (Optical Fiber): امروزه فیبر نوری به عنوان یک محیط انتقال برای ارسال داده‌ها و پیام‌های اطلاعاتی در صنعت مخابرات، تحول زیادی را به وجود آورده است. یک نگاه گذرا به فناوری فیبر نوری در دو دهه اخیر نشان می‌دهد که به کارگیری و تحقیقات مرتبط با آن در سطوح مختلف صنایع نوین به ویژه مخابرات، بی سابقه بوده است؛ به طوری که 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.

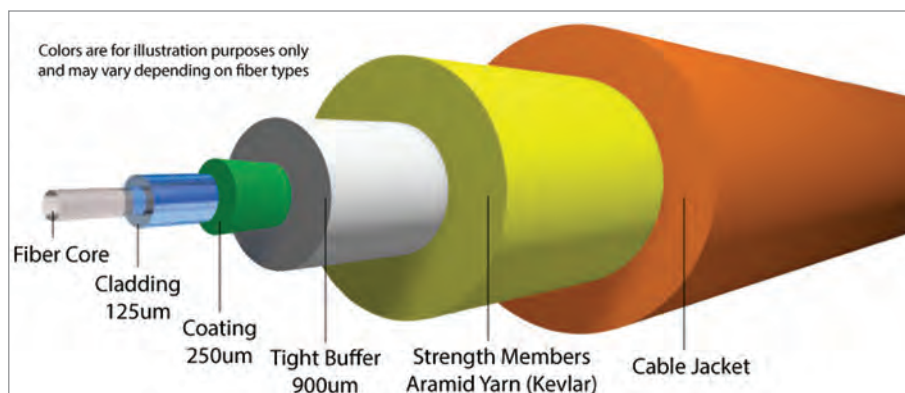


اساس یک سیستم ارتباط فیبر نوری: به طور کلی یک سیستم فیبر نوری دارای یک فرستنده، محیط انتقال (فیبر نوری) و یک گیرنده است.



شکل ۱۰- اساس یک سیستم فیبر نوری

فرستنده، یک چشمه نوری مانند LED یا دیود لیزری است. گیرنده یک نوع فتودیود یا فتوترانزیستور است. ساختمان فیبر نوری: امروزه تقریباً کلیه 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.



شکل ۱۱- ساختمان فیبر نوری

با توجه به شکل ۱۱، اجزای مختلف یک فیبر نوری را تشریح و مزایای استفاده از آن را نسبت به سایر خطوط انتقال بررسی کنید.

کار در کلاس



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

تحقیق کنید



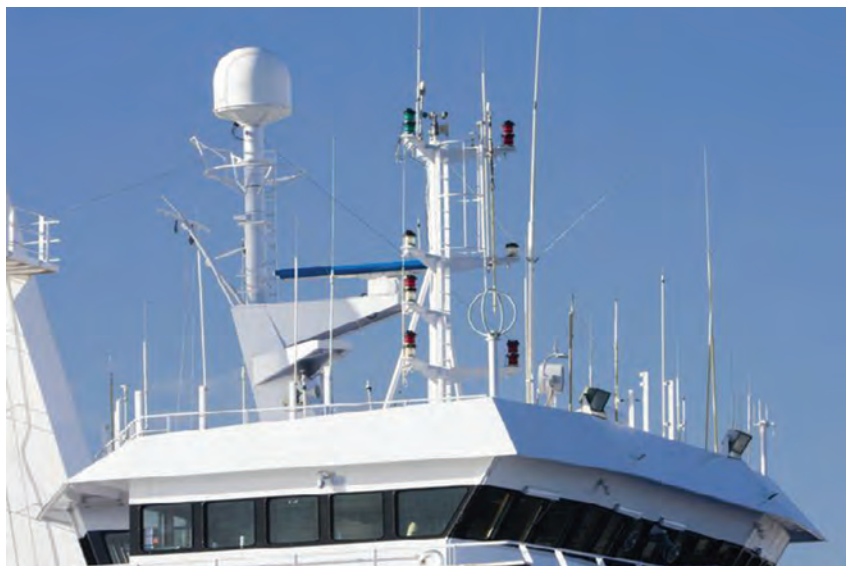
فیلم مربوط به آنتن‌ها را مشاهده کنید.

فیلم



آنتن

آنتن وسیله‌ای است که برای دریافت یا انتشار امواج الکترومغناطیسی به کار می‌رود. خواص آنتن در حالت فرستنده و گیرنده شبیه به هم است و از قضیه هم پاسخی تبعیت می‌کند (شکل ۱۲).



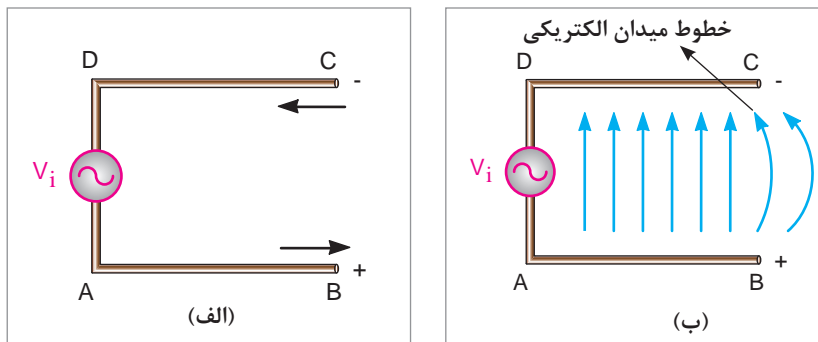
شکل ۱۲- انواع آنتن‌ها بر روی یک شناور

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 به خروجی آن، جریان I هم باید از ورودی عبور کند. چنین مداری از قضیه هم پاسخی تبعیت می‌کند. مثالی ساده برای مدارهای هم پاسخی، ترانسفورماتور متقارن ایده‌آل یک به یک است.

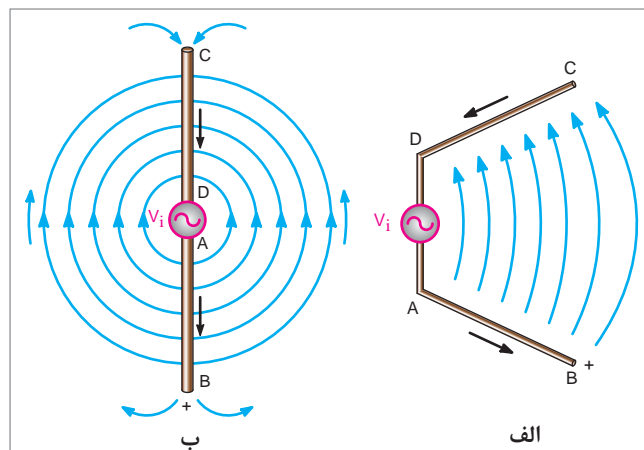
میدان الکتریکی آنتن

فرستنده رادیویی را به صورت منبع سینوس V_i و آنتن را به صورت دو میله هادی یا دو سیم موازی که به دو سر منبع V_i اتصال دارند، در نظر می‌گیریم (شکل ۱۳- الف). هنگامی که سیگنال ورودی، نیم سیکل منفی را طی می‌کند، میله بالایی دارای بار منفی و میله پایینی دارای بار مثبت می‌شود (شکل ۱۳- 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 به صورت ABCD مشخص شده است.



شکل ۱۳- خطوط میدان الکتریکی آنتن

اگر فاصله دو انتهای باز میله آنتن را به تدریج زیاد کنیم، خطوط میدان الکتریکی به سمت خارج آنتن خم می‌شوند و پس از طی مسیر منحنی، وارد میله منفی می‌شوند (شکل ۱۴- الف). اگر میله آنتن را در یک امتداد قرار دهیم، خطوط میدان الکتریکی به صورت دایره متحدالمركز، میله مثبت را ترک کرده و وارد میله منفی می‌شوند. جهت خطوط میدان الکتریکی برای حالتی که میله‌ها باز است در شکل ۱۴- ب نشان داده شده است. اگر دو قطب سیگنال V_i وارونه شوند میله AB منفی و میله 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 ۱۴- خطوط میدان الکتریکی آنتن

میدان مغناطیسی در آنتن

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

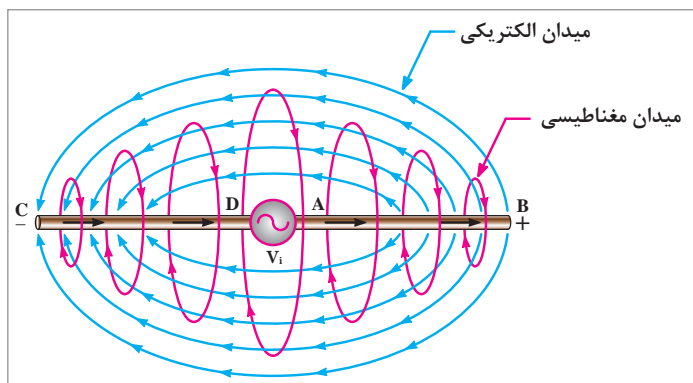
جهت خطوط میدان‌های مغناطیسی را به کمک چه قانونی می‌توان به دست آورد؟

کار در کلاس



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 (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- میدان الکترومغناطیسی در آنتن

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

کار در کلاس



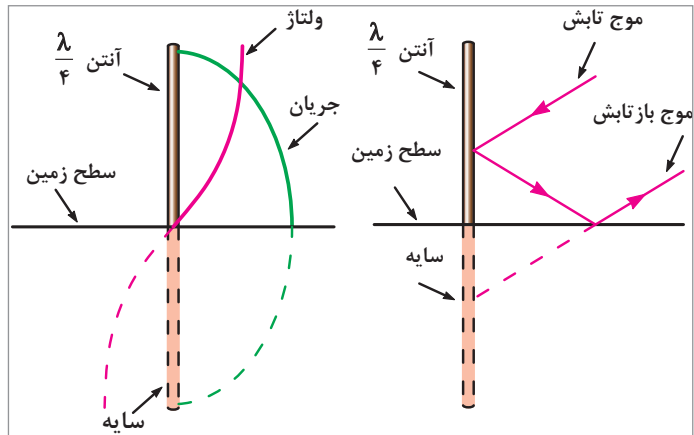
شرح	اصطلاح انگلیسی	مشخصه‌های آنتن
آنتن در فرکانس کار خود به صورت یک مقاومت R_r در مدار ظاهر می‌شود که به آن، مقاومت تابشی آنتن گفته می‌شود.	Antenna Radiation Resistance	مقاومت تابشی آنتن
اگر جریان عبوری آنتن I و مقاومت تابشی آن R_r باشد، توان تابشی از رابطه $P=R_r \times I^2$ به دست می‌آید.	Antenna Radiation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

انواع آنتن

آنتن مارکونی (Marconi Antenna): آنتن مارکونی، یک آنتن تک قطبی با طول $\frac{\lambda}{4}$ است که به طور 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 به عنوان یک آنتن فرضی در نظر می‌گیریم که قرینه آنتن اصلی نسبت به سطح زمین است. این آنتن فرضی را سایه آنتن اصلی می‌نامند. در شکل ۱۶- الف، چگونگی تشکیل سایه آنتن $\frac{\lambda}{4}$ و در شکل ۱۶- ب، منحنی‌های توزیع ولتاژ و جریان و در شکل ۱۶- ج، یک نمونه آنتن اتومبیل نشان داده شده است.



ج) تصویری از آنتن اتومبیل



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

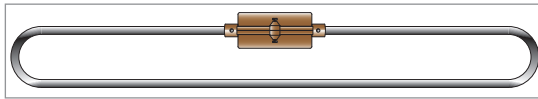
شکل ۱۶- یک نمونه آنتن اتومبیل

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

کار در کلاس



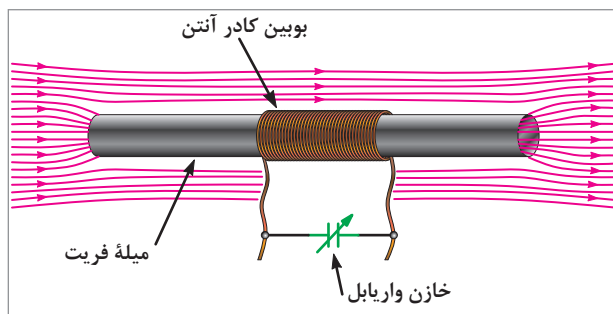
حدود ۳۰۰ اهم است. از این آنتن برای تطبیق خط انتقال دو سیمه ۳۰۰ اهمی در تلویزیون سیاه و سفید استفاده می‌شود.



شکل ۱۷- تصویر آنتن دیپل نیم موج خمیده

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 $\frac{\lambda}{4}$ را تشکیل می‌دهد (شکل ۱۷). در وسط آنتن بریدگی کوچکی که در مقایسه با طول آنتن ناچیز است، وجود دارد. امیدانس آنتن دیپل خمیده در

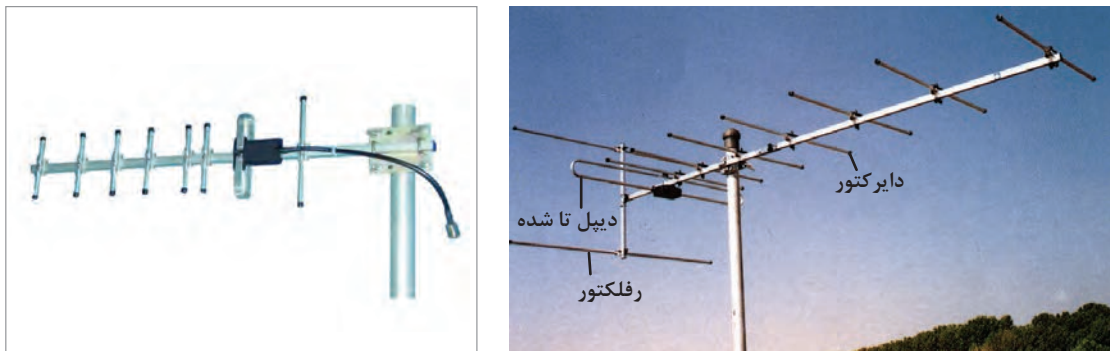
آنتن با میله فریت: آنتن با میله فریت در تمام گیرنده‌های رادیویی MW و SW به کار می‌رود. فریت (Ferrite) ماده‌ای با قابلیت نفوذ مغناطیسی زیاد است. آنتن با میله فریت آنتن کوچکی است که در داخل گیرنده‌های رادیویی جای می‌گیرد. استفاده از بوبین با هسته فریت، دریافت امواج الکترومغناطیسی را آسان می‌کند (شکل ۱۸). دریافت امواج الکترومغناطیسی زمانی حداکثر است که میله فریت و میدان مغناطیسی در یک جهت قرار گیرند.



شکل ۱۸- آنتن با میله فریت

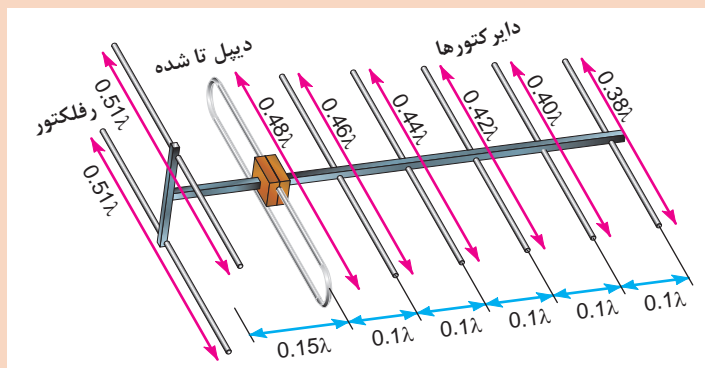
بودمان ۱: بررسی اصول مخابرات دریایی

آنتن یاگی (Yagi Antenna): در شکل ۱۹، میله خم شده را که روی آنتن قرار دارد، دیپل تا شده (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 تا شده کوچک‌تر است، دایرکتور گویند. قرار دادن این اجزا باعث می‌شود آنتن جهت‌دار شود. از آنتن یاگی برای دریافت امواج VHF و UHF تلویزیونی استفاده می‌شود.



شکل ۱۹- تصویر آنتن یاگی

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



کار در کلاس



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.

تحقیق کنید



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



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

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



شکل ۲۰- آنتن‌های بشقابی



در مورد آنتن‌های منعکس‌کننده سهموی و ساختمان آنها تحقیق کنید و نتیجه را به صورت پرده‌نگار در کلاس نمایش دهید.

تبدیل فرکانس در آنتن بشقابی: امواجی را که طول موج آنها در محدوده 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 محدوده فرکانس پایین‌تری تبدیل شوند تا بتوان آنها را برای موارد خاص مانند تلویزیون مورد استفاده قرار داد. برای این منظور، از یک مدار مبدل استفاده می‌کنند. این مبدل‌ها را اصطلاحاً LNB می‌نامند.



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 ۲۱- بلوک دیاگرام ساده LNB

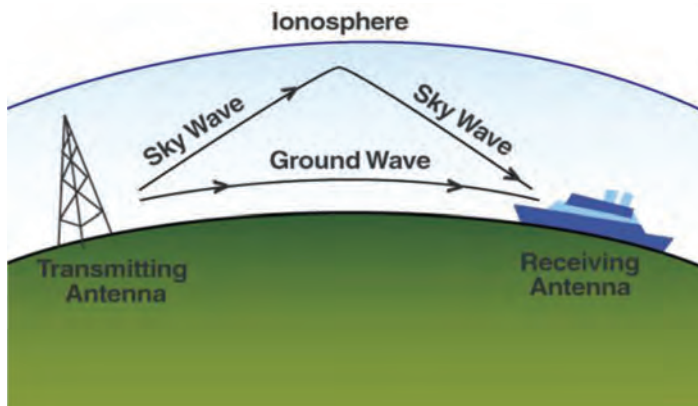
در شکل ۲۲ چند نمونه LNB را ملاحظه می کنید.



شکل ۲۲ - LNB و اتصالات آن

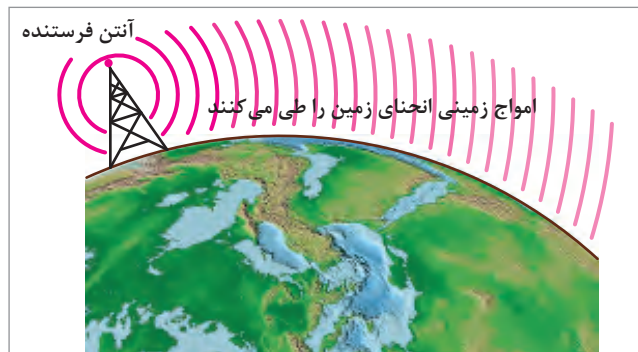
انتشار امواج رادیویی

امواج رادیویی، فاصله بین فرستنده و گیرنده را از مسیرهای متفاوتی طی می کنند که مهم ترین آنها عبارتند از: امواج زمینی، امواج آسمانی و امواج فضایی (شکل ۲۳).



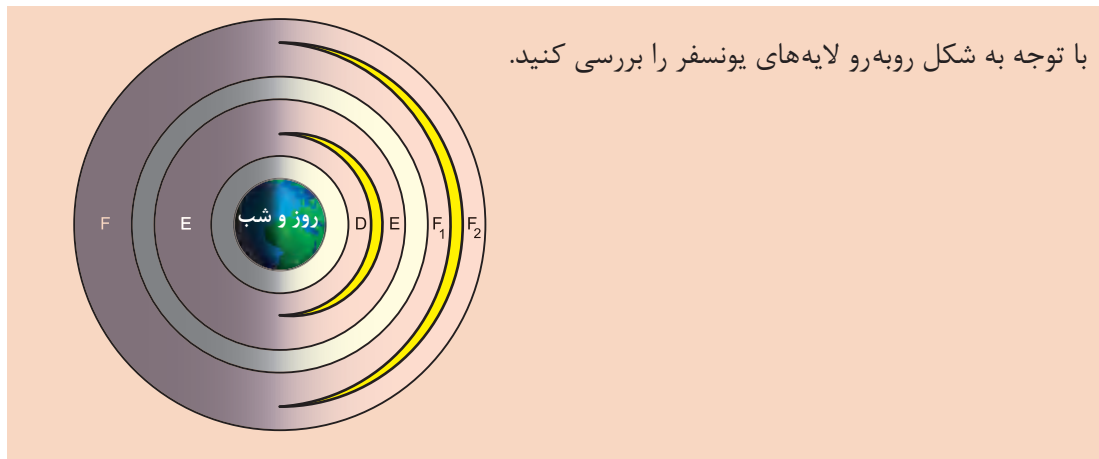
شکل ۲۳- انتشار امواج رادیویی

امواج زمینی (Ground wave): امواج زمینی، امواجی هستند که مسیر حرکتشان در سطح زمین است و انحنای زمین را طی می کنند. این امواج به امواج سطحی نیز معروف اند. امواج زمینی موقعی وجود دارند که آنتن های گیرنده و فرستنده، نزدیک سطح زمین باشند (شکل ۲۴). چون فرکانس این امواج کم است آن را LF می نامند. امواج LF به علت اتلاف زیاد انرژی در سطح زمین، برای ارسال در مسافت کوتاه به کار می روند. در سطوحی مانند آب دریا، به دلیل وجود مقاومت الکتریکی، تلفات انرژی کمتر شده و امواج LF مسافت بیشتری را طی می کند لذا این امواج در مخابرات دریایی کاربرد دارد.

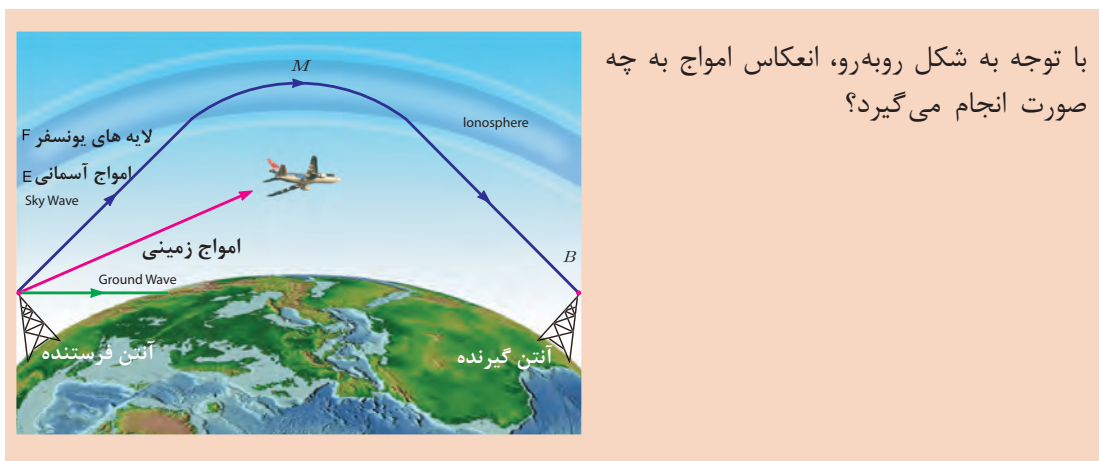


شکل ۲۴- امواج زمینی

امواج آسمانی (Sky Wave): انتشار امواج آسمانی به نوعی انتشار اطلاق می گردد که امواج رادیویی منتشر شده در فضا، بعد از برخورد با لایه های یونیزه جو (یونسفر) مجدداً به طرف زمین منعکس می شوند. ناحیه یونیزه جو از ۵۰ کیلومتری سطح زمین شروع می شود و تا ارتفاع ۴۰۰ کیلومتری ادامه دارد.



کار در کلاس

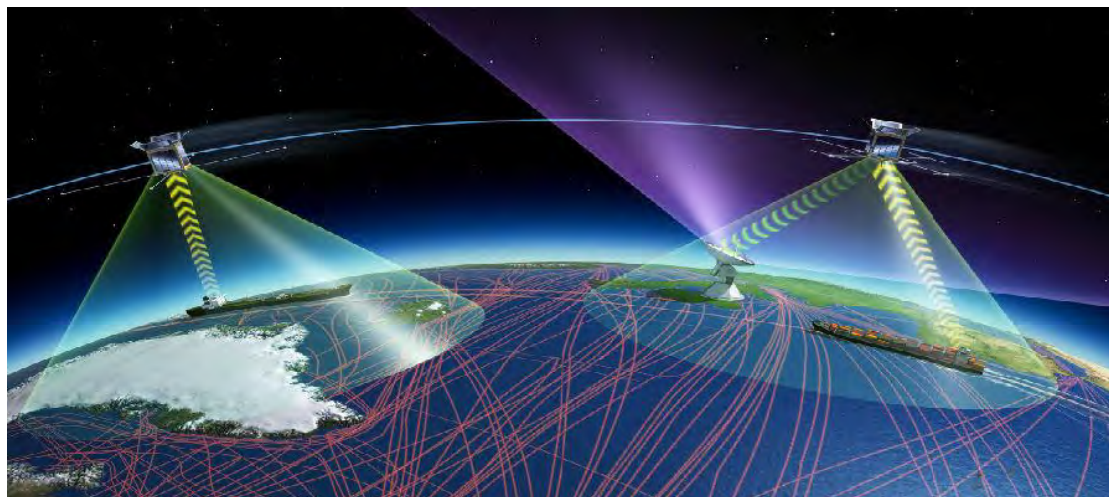


تحقیق کنید



پودمان ۱: بررسی اصول مخابرات دریایی

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



شکل ۲۵- انتشار امواج فضایی

پدیده فدینگ (Fading) یا محو شدن

اگر امواج زمینی و آسمانی که از یک مرکز فرستنده منتشر می‌شوند هم‌زمان به گیرنده 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.

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

کار در کلاس



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

تحقیق کنید



فریب امواج مخابراتی در جنگ تحمیلی



خلاقیت در ساخت سازه منحرّف کننده 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

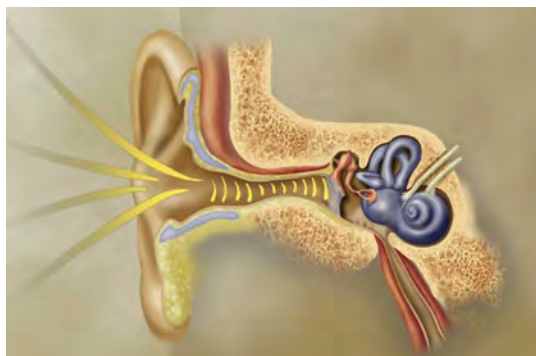
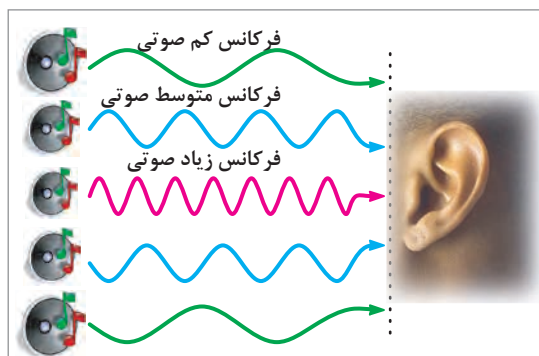
و قدرت انهدام بالای آن با استفاده از موشک‌های اگزوست (برگرفته از کلمه فرانسوی به معنای ماهی پرنده) در شهرت این جنگ‌افزار بی‌تأثیر نبوده است. اگزوست با برد ۱۱ کیلومتری خود به خلبان اجازه می‌داد بدون کمترین خطری، شناورها و کشتی‌ها را هدف قرار دهد. همچنین پس از شلیک، بر روی هدف قفل می‌کند و آن را تعقیب 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 پیشرفته غرب می‌رود. در بین طرح‌های ارائه شده، ایده شهید حسین قاسمی با توجه به هزینه 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 خود موشک بازتاب می‌داد و موشک را در انتخاب هدف به اشتباه می‌انداخت و به جای کشتی‌ها به این صفحات اصابت می‌کرد. این طرح در گستره وسیعی به کار گرفته شد و هواپیمای سوپراتاندارد فرانسوی در مواجهه با نبوغ و ابتکار ایرانی در عرصه جنگ دریایی اعتبار خود را از دست داد و ناکام شد.

سیگنال صوتی و نحوه 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 با به صدا درآوردن بوق کشتی‌ها خروج از اسکله را اعلام می‌نماییم. امواج صوتی در محدوده 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 مادی مانند هوا داریم. در واقع امواج صوتی، ارتعاشات مکانیکی اند که از طریق ارتعاش ملکول‌های هوا از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل می‌شوند. نوسان ملکول‌های هوا از طریق حفره گوش به پرده گوش برخورد می‌کند و صدا شنیده می‌شود. هر قدر شدت صوت بیشتر باشد ارتعاشات هوا قوی‌تر و صدا بلندتر است.



شکل ۲۶- 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 رابطه $\lambda = \frac{V}{F}$ به دست می‌آید. در این رابطه، V سرعت سیر صوت است که در هوا حدود ۳۴۰ متر در ثانیه در نظر گرفته می‌شود. F فرکانس صوت برحسب هرتز است.

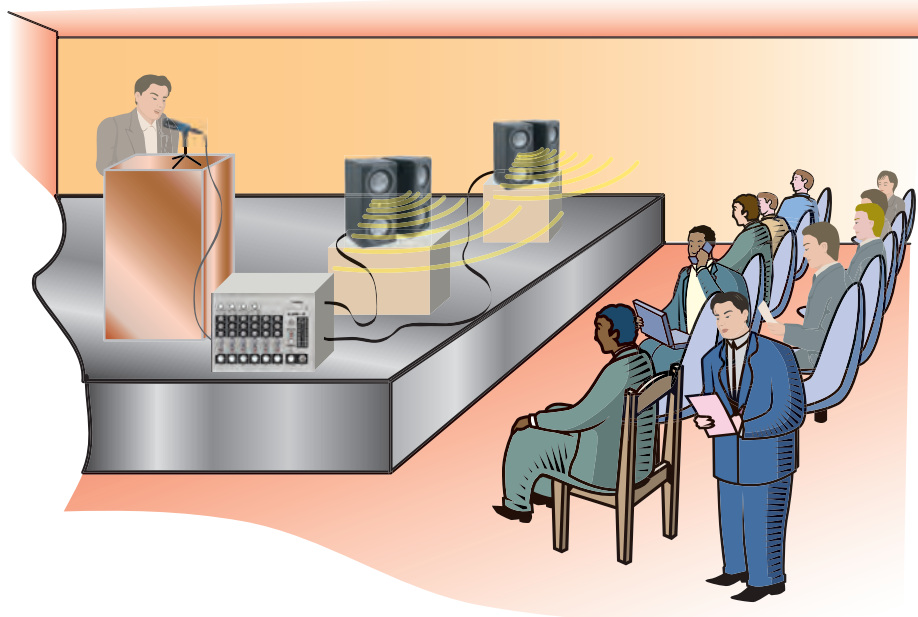
برای کمترین و بیشترین فرکانس صوتی (AF)، طول موج را محاسبه کنید.

کار در کلاس



انتقال صوت به فاصله‌های دور توسط سیم یا کابل

فیزیولوژی حنجره انسان به گونه‌ای است که نمی‌تواند دامنه حاصل از تارهای صوتی را از حد معینی 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 کار می‌رود سیم یا کابل است (شکل ۲۷). 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.

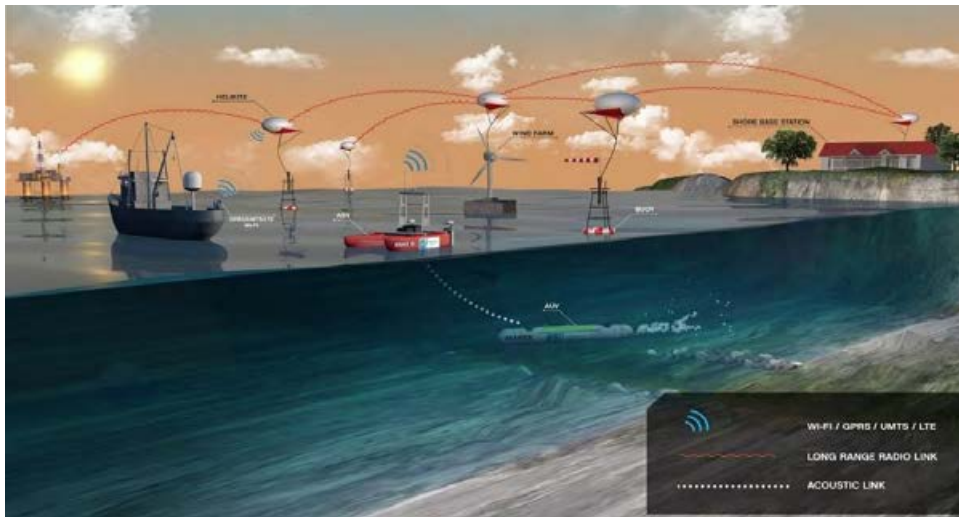


شکل ۲۷- انتشار صوت از طریق دستگاه تقویت کننده، کابل و بلندگو برای فاصله‌های دور

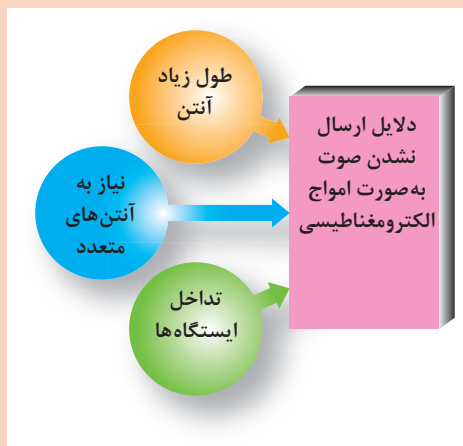


چرا سیگنال‌های صوتی را نمی‌توان به فاصله‌های خیلی دور (بین دو شهر) منتقل کرد؟

انتقال سیگنال‌های صوتی به فاصله‌های دور توسط امواج الکترومغناطیسی
ساده‌ترین روش برای انتقال سیگنال‌های صوتی به فاصله‌های دور، تبدیل آنها به امواج الکترومغناطیسی و انتشار آن از طریق آنتن می‌باشد.



شکل ۲۸- تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیسی



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



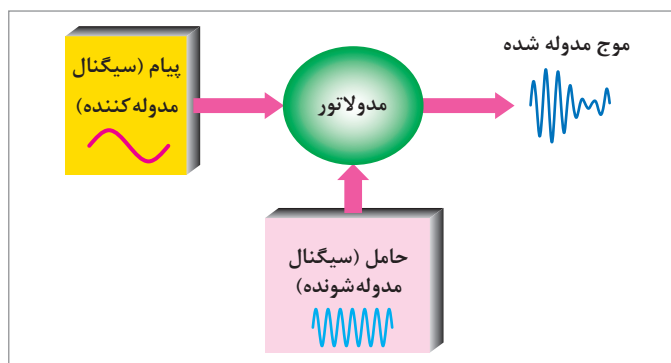
در صورتی که بخواهیم یک سیگنال صوتی با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز را با استفاده از آنتن $\frac{\lambda}{4}$ منتشر کنیم، طول آنتن چقدر باید باشد؟



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 نحوه انجام مدولاسیون را به صورت بلوکی نشان می‌دهد.



شکل ۲۹- بلوک دیاگرام نحوه انجام مدولاسیون

اگر صوت به صورت امواج الکترومغناطیس در فضا انتشار یابد، مسافت 600 Km را در چه زمانی طی می‌کند؟



در صورتی که فرکانس حامل، برابر با 100 مگاهرتز باشد، طول آنتن $\frac{\lambda}{4}$ را به دست آورید.



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

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

در صورتی که فرکانس حامل برابر با ۱۲۰۰ کیلوهرتز باشد، طول آنتن $\frac{\lambda}{4}$ را به دست آورید.

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

کار در کلاس



تحقیق کنید



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

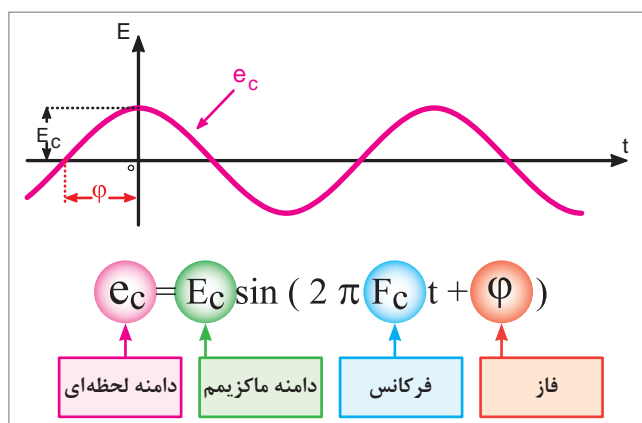
سیگنال حامل معمولاً به دو صورت مربعی یا سینوسی تولید می‌شود. در فرستنده‌های محلی معمولاً از سیگنال سینوسی به عنوان حامل استفاده می‌کنند. بنابراین، بحث ما بیشتر درباره حامل سینوسی خواهد بود. می‌دانیم که هر سیگنال سینوسی دارای سه مشخصه اصلی به شرح زیر است:

۱ دامنه (Amplitude)

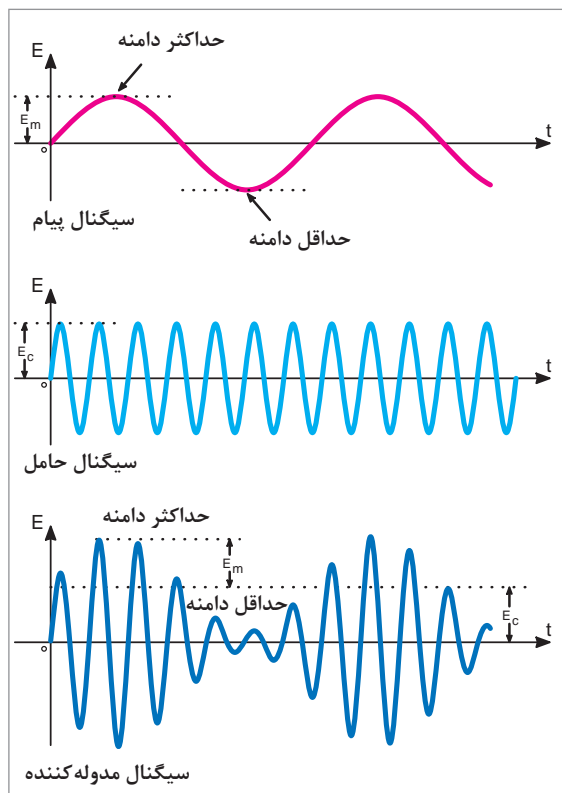
۲ فرکانس (Frequency)

۳ فاز (Phase)

در شکل ۳، سیگنال حامل را با ذکر معادله موج و مشخصه‌های اصلی آن مشاهده می‌کنید.



شکل ۳- مشخصه‌های اصلی سیگنال حامل و معادله موج



شکل ۳۱- سیگنال AM

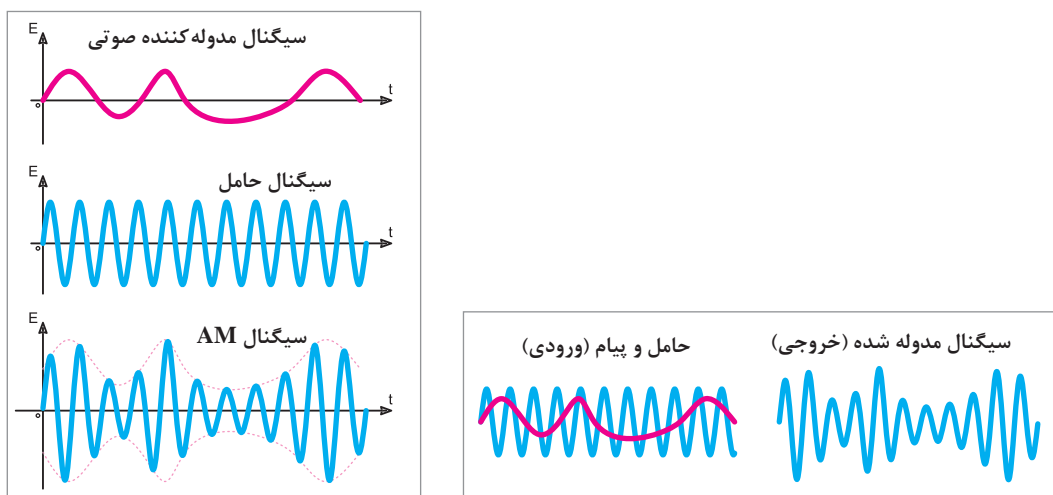
تعریف مدولاسیون

مدولاسیون عبارت است از کنترل یکی از مشخصه‌های اصلی حامل توسط پیام، به طوری که 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 مشخصه 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

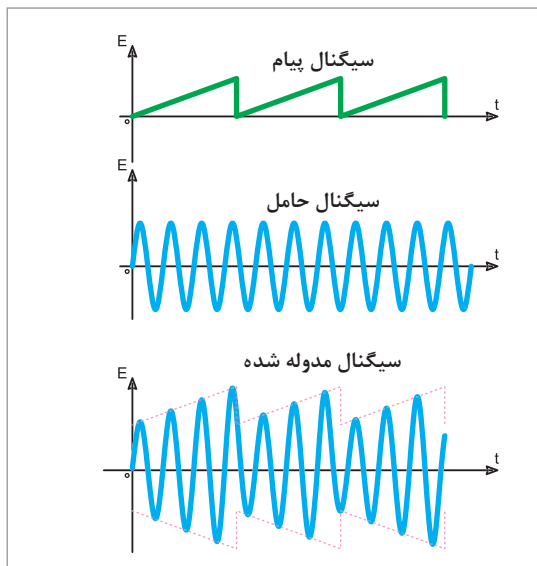
در مدولاسیون دامنه (Amplitude Modulation)، فرکانس موج حامل (و دامنه حامل متناسب با دامنه پیام) و موج مدوله کننده تغییر می‌کنند. سرعت تکرار تغییرات دامنه حامل، متناسب با فرکانس پیام خواهد بود. مدولاسیون دامنه را به اختصار به صورت AM می‌نویسند. در شکل ۳۱ سیگنال پیام سینوسی، سیگنال حامل سینوسی و سیگنال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

در شکل‌های ۳۲، دو نوع پیام غیرسینوسی و حامل سینوسی و موج مدوله شده AM مربوط به آن‌ها را مشاهده می‌کنید.

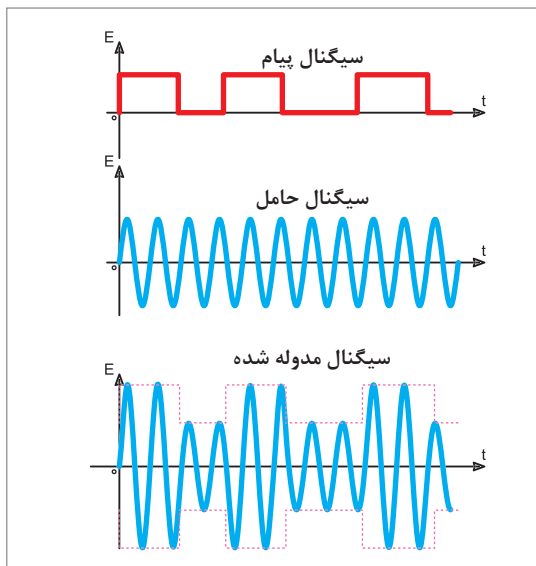


شکل ۳۲- مدولاسیون AM با سیگنال غیر سینوسی و ترکیب آنها

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

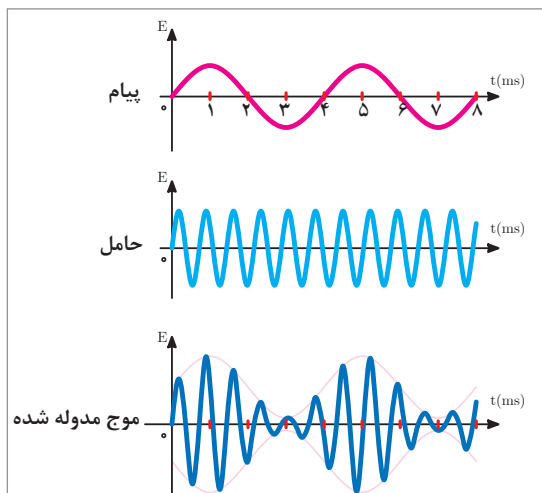


شکل ۳۴- مدولاسیون AM با سیگنال دندانه‌اره‌ای

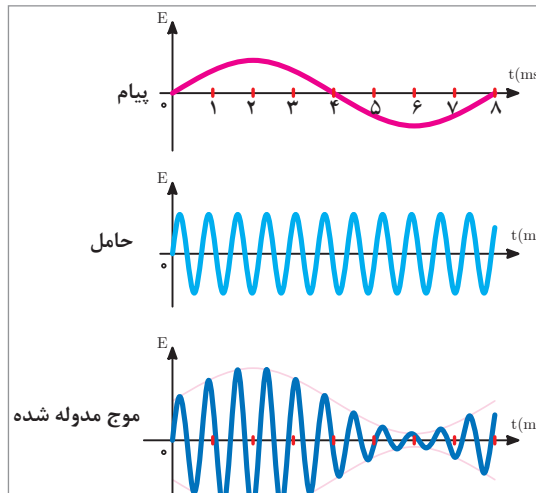


شکل ۳۳- مدولاسیون AM با سیگنال مربعی

شکل‌های ۳۵ الف و ب، نشان می‌دهند که سرعت تغییرات دامنه 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 مدوله شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود سرعت تغییرات دامنه موج حامل در شکل ۳۵ ب، دو برابر سرعت تغییرات دامنه موج حامل در شکل ۳۵ الف می‌باشد.



(ب) فرکانس پیام ۲۵۰ هرتز



(الف) فرکانس پیام ۱۲۵ هرتز

شکل ۳۵

معادله موج AM

اگر پیام و حامل را به صورت موج سینوسی در نظر بگیریم، معادله پیام و حامل به صورت معادله های زیر است:

$$em = E_m \sin \omega_m t \text{ (پیام)}$$

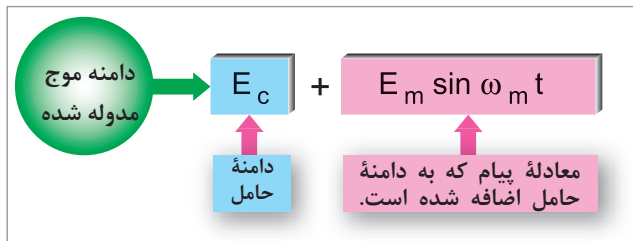
$$ec = E_c \sin \omega_c t \text{ (حامل)}$$

فعالیت کلاسی



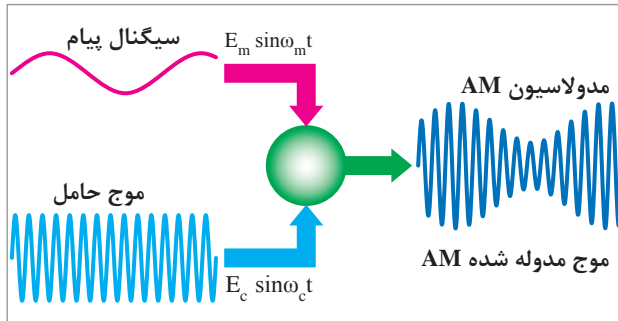
چگونگی به دست آمدن معادله موج مدوله شده زیر را بررسی کنید.

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



در شکل ۳۶، نمودار معادله موج مدوله شده نشان داده شده است.

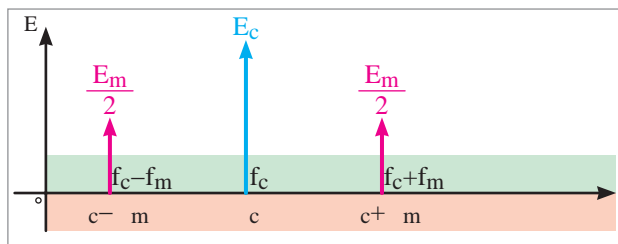
شکل ۳۶- نمودار معادله موج مدوله شده



در شکل ۳۷، سیگنال پیام، سیگنال حامل و موج مدوله شده را مشاهده می کنید.

شکل ۳۷- سیگنال های پیام، حامل و موج مدوله شده

معادله هر یک از سیگنال ها در مقابل آنها نوشته شده است. مشاهده می شود دامنه سیگنال حامل دقیقاً با پیام تغییر کرده است. به طور کلی به این نتیجه می رسیم که طیف موج مدوله شده AM با سیگنال سینوسی خالص، شامل فرکانس های حامل، مجموع فرکانس حامل و پیام و تفاضل آن دو می باشد. لذا طیف فرکانس موج AM با پیام سینوسی خالص به صورت شکل ۳۸ خواهد بود که با استفاده از دستگاه طیف نما می توان این طیف فرکانسی را مشاهده کرد.



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

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

شکل ۳۸- طیف موج مدوله شده AM

شاخص مدولاسیون (Modulation Index)

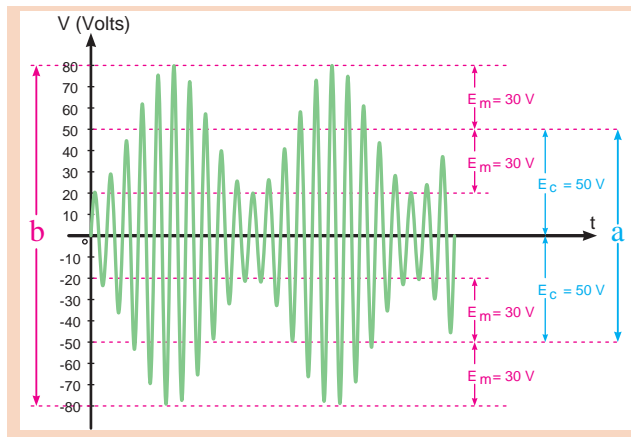
نسبت دامنه سیگنال پیام به سیگنال حامل را شاخص مدولاسیون یا ضریب مدولاسیون می نامند. اگر دامنه ماکزیمم حامل E_c و دامنه ماکزیمم پیام E_m باشد، شاخص مدولاسیون برابر است با:

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

درصد مدولاسیون (Percent of Modulation)

چون ضریب مدولاسیون در عمل کوچک تر از واحد انتخاب می شود، برای سادگی در محاسبات معمولاً آن را بر حسب درصد مدولاسیون بیان می کنند. درصد مدولاسیون را با M یا m_p و به شکل زیر نشان می دهند:

$$M = m_p = \frac{E_m}{E_c} \times 100$$



ضریب و درصد مدولاسیون را با توجه به شکل روبه رو به دست آورید.

کار در کلاس



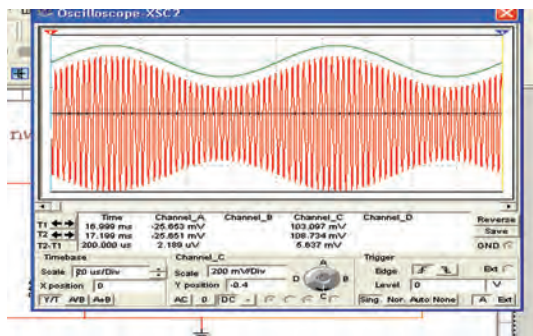
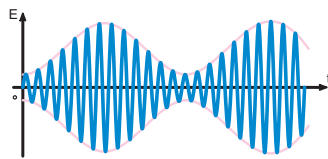
درجه بندی مدولاسیون

در صورتی که علاوه بر سیگنال پیام، سیگنال دیگری روی موج حامل سوار شود، حالت مدولاسیون تداخلی (Inter Modulation) رخ می دهد که برای سیگنال مدوله شده اشکال به وجود می آورد. به طور کلی برای مدولاسیون سه درجه بندی به شرح زیر تعریف می شود:

۱- مدولاسیون کمتر از صد درصد

(Less than Hundredpercent Modulation):

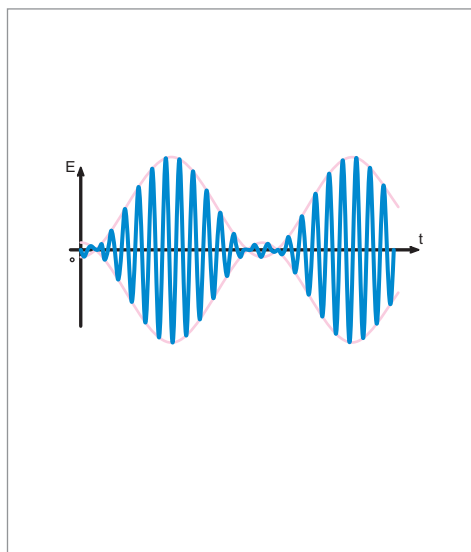
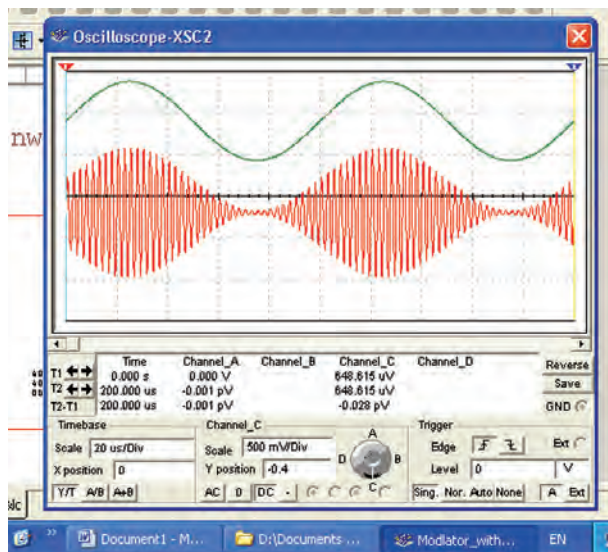
در این نوع مدولاسیون، دامنه حامل هرگز به صفر نمی رسد. به عبارت دیگر دامنه پیام کمتر از حامل است (شکل ۳۹).



شکل ۳۹- مدولاسیون کمتر از ۱۰۰٪

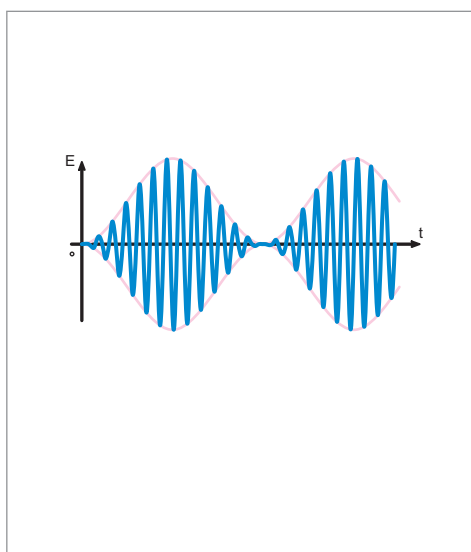
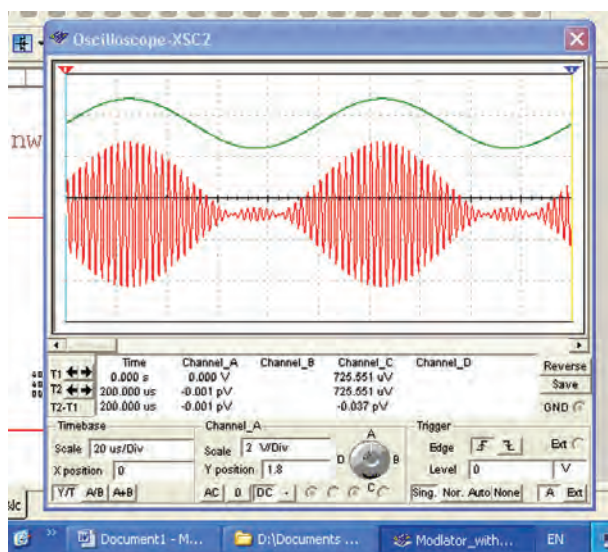
پودمان ۱: بررسی اصول مخابرات دریایی

۲- مدولاسیون صددرصد (One hundred Percent modulation): در این درجه‌بندی از مدولاسیون، دامنه سیگنال حامل در یک لحظه کوتاه به صفر می‌رسد (شکل ۴۰). این شرایط هنگامی پدید می‌آید که دامنه حامل و دامنه پیام با هم برابر باشند.



شکل ۴۰- مدولاسیون ۱۰۰٪

۳- مدولاسیون بیشتر از صددرصد (More than hundred percent modulation): در صورتی که دامنه پیام بیشتر از دامنه حامل باشد، مدولاسیون بیشتر از صددرصد حاصل خواهد شد (شکل ۴۱). 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 به وجود می‌آید.

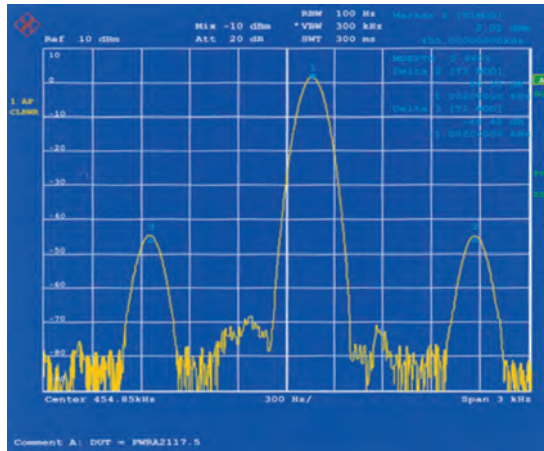


شکل ۴۱- مدولاسیون بیشتر از ۱۰۰٪

طیف فرکانسی سیگنال AM

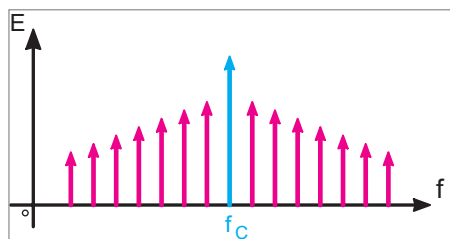
در صورتی که یک سیگنال AM با فرکانس حامل F_C و پیام به صورت \sin صوتی با فرکانس F_m و ضریب مدولاسیون m را به ورودی دستگاه طیف نما متصل کنیم، روی صفحه دستگاه طیف نما فرکانس‌هایی به شرح زیر ظاهر می‌شود:

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. در طیف فرکانسی، دامنه سیگنال حامل برابر با E_C و دامنه فرکانس‌های $F_m + F_C$ و $F_m - F_C$ هر کدام برابر با $\frac{mE_C}{2}$ است. شکل ۴۲ طیف فرکانسی سیگنال AM را نشان می‌دهد.



شکل ۴۲- طیف فرکانسی AM

همان‌طور که 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 (Upper Side Frequency) USF و فرکانس تفاضل را فرکانس کناری پایین (Lower Side Frequency) LSF می‌نامند. در صورتی که پیام از چند سیگنال سینوسی جداگانه تشکیل شده باشد، برای هر سیگنال سینوسی، فرکانس‌های کناری بالا و پایین مستقلی به وجود می‌آید. در این حالت مجموعه‌ای از طیف فرکانسی پدید می‌آید. شکل ۴۳ مجموعه طیف فرکانسی را نشان می‌دهد.



شکل ۴۳- مجموعه طیف فرکانسی

پودمان ۱: بررسی اصول مخابرات دریایی

کار در کلاس



یک سیگنال حامل با فرکانس ۷۵۰ کیلوهرتز توسط یک موج سینوسی خالص با فرکانس ۳ کیلوهرتز مدوله می‌شود. مقادیر فرکانس‌های موجود در طیف فرکانسی را به دست آورید. کدام فرکانس، فرکانس کناری بالا و کدام فرکانس، فرکانس کناری پایین است؟

مثال



مثال: سیگنال یک پیام شامل فرکانس‌های $F_{m_1}=3\text{KHz}$ ، $F_{m_2}=1\text{KHz}$ و $F_{m_3}=2\text{KHz}$ است. در صورتی که این سیگنال‌ها را روی حامل $F_c = 500\text{ KHz}$ مدوله کنیم و سیگنال مدوله شده را به دستگاه طیف نما بدهیم چه فرکانس‌هایی روی صفحه دستگاه ظاهر می‌شود؟ فرکانس‌های کناری بالا و فرکانس‌های کناری پایین کدام‌اند؟ دامنه طیف فرکانسی بستگی به چه عواملی دارد؟

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

$$F_2 = F_c + F_{m_2} = 500 + 1 = 501\text{ KHz}$$

$$F_3 = F_c - F_{m_1} = 500 - 3 = 497\text{ KHz}$$

$$F_4 = F_c - F_{m_2} = 500 - 1 = 499\text{ KHz}$$

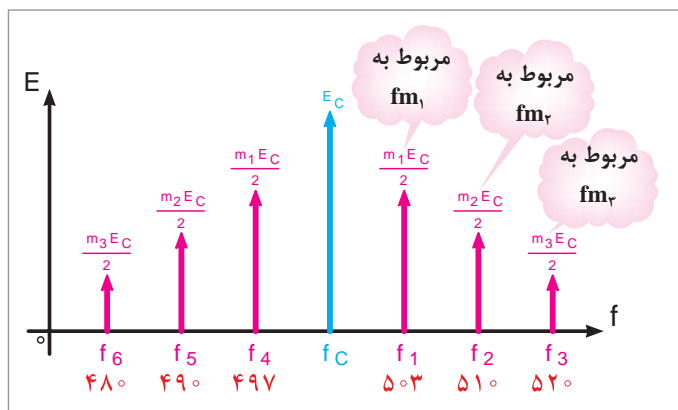
$$F_5 = F_c - F_{m_3} = 500 - 2 = 498\text{ KHz}$$

$$F_6 = F_c - F_{m_3} = 500 - 2 = 498\text{ KHz}$$

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

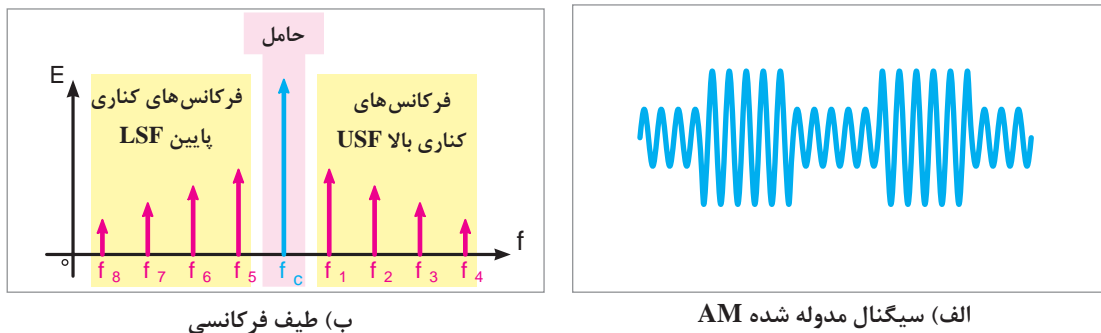
$F_c \Rightarrow$	فرکانس حامل
$F_1, F_2, F_3 \Rightarrow$	فرکانس‌های کناری بالا
$F_4, F_5, F_6 \Rightarrow$	فرکانس‌های کناری پایین

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



شکل ۴۴- طیف فرکانسی حاصل از سیگنال پیام مرکب

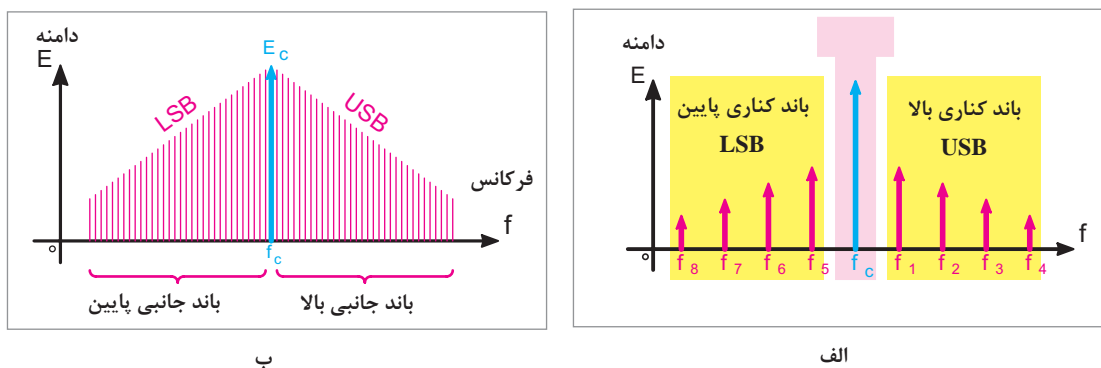
اگر سیگنال پیام، یک سیگنال غیرسینوسی مثلاً مربعی باشد، در این حالت در باندهای کناری بالا و پایین مجموعه‌هایی از طیف فرکانسی را خواهیم داشت که از ترکیب هماهنگ موج غیرسینوسی به وجود می‌آیند. در شکل ۴۵ طیف فرکانسی یک موج مدوله شده را که پیام آن یک سیگنال مربعی است، مشاهده می‌کنید.



شکل ۴۵- طیف فرکانسی حاصل از مدولاسیون موج مربعی

باندهای کناری سیگنال AM: در صورتی که سیگنال مدوله کننده (پیام) از چند سیگنال سینوسی تشکیل شده باشد، در صورت انجام مدولاسیون، هر یک از سیگنال‌ها 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، باند کناری پایین (LSB) یا (Lower Side Band) شکل می‌گیرد (شکل ۴۶- الف).

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



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

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

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

که در آن:

پهنای باند بر حسب هرتز، کیلوهرتز یا مگاهرتز $BW =$

بالاترین فرکانس باند کناری بالا $F_{USB} =$

پایین ترین فرکانس باند کناری پایین $F_{LSB} =$

طرز به دست آوردن رابطه دیگر پهنای باند $(BW = 2 F_m \max)$ را بررسی کنید.

فعالیت کلاسی



کار در کلاس



با توجه به رابطه $BW = 2 F_m \max$ در می یابیم که پهنای باند بیشترین فرکانس پیام است. به عبارت دیگر، در سیگنال AM پهنای باند فرکانس پیام است. در فرستنده های AM تجارتي پهنای باند را ده کیلوهرتز در نظر می گیرند. بنابراین، سیگنال پیام نباید از ۵ کیلوهرتز بیشتر شود. بدین ترتیب بیشترین فرکانس پیام در فرستنده های AM برابر است.

کار در کلاس

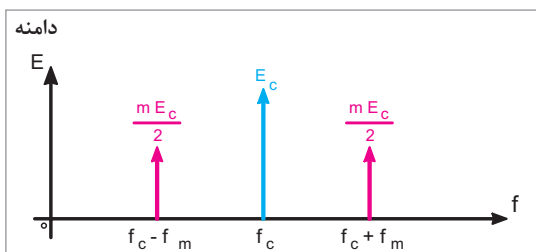


اگر فرکانس سیگنال حامل در یک فرستنده رادیویی ۱۰ مگاهرتز باشد و بخواهیم آن را با فرکانس ۵ کیلوهرتز مدوله کنیم، پهنای باند سیگنال AM ارسالی چقدر خواهد شد؟

تحقیق کنید



در سیگنال مدوله شده AM، درصد توان در سیگنال حامل و باندهای کناری به چه میزان می باشد؟



شکل ۴۷- طیف موج مدوله شده AM

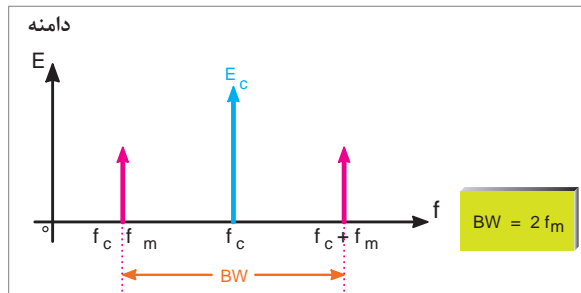
انواع روش های ارسال در مدولاسیون AM

به طور کلی در تولید موج AM با سیگنال سینوسی خالص، فرکانس حامل و فرکانس جانبی ایجاد می شود. شکل ۴۷ طیف موج مدوله شده AM را نشان می دهد.

در صورتی که هنگام ارسال موج مدوله شده قسمت هایی از سیگنال های موجود در سیگنال AM، مثلاً فرکانس حامل حذف شود، پنج روش ارسال به شرح زیر به وجود می آید:

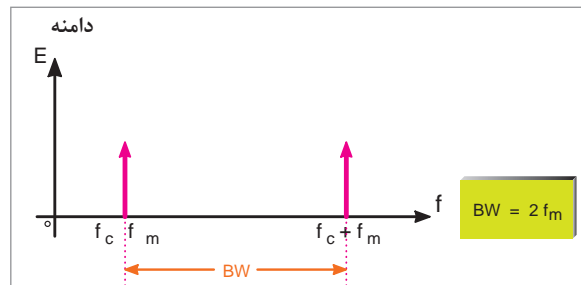
۱- ارسال مدولاسیون دامنه به صورت کامل (Amplitude Modulation – Full Carrier) AM-FC: در این روش، هر دو فرکانس جانبی بالا و پایین و سیگنال حامل ارسال می شود. این روش مدولاسیون در فرستنده

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



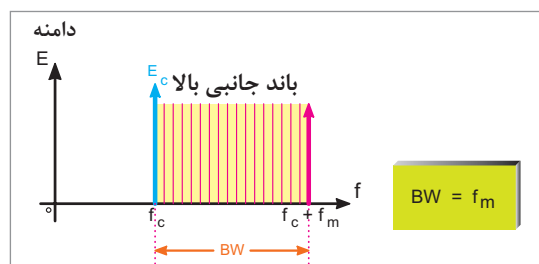
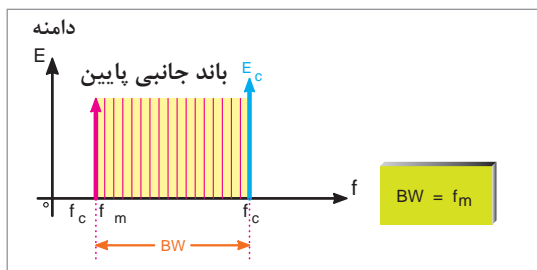
شکل ۴۸- طیف موج مدوله شده به روش AM-CF

۲- 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. پهناي باند در این روش نیز برابر با $2F_m$ است. شکل ۴۹ طیف فرکانس در این روش را نشان می‌دهد.



شکل ۴۹- طیف موج مدوله شده به روش DSB

۳- ارسال مدولاسیون دامنه به روش یک باند کناری SSB (Single Side Band): چون در هر یک از باندهای جانبی بالا و پایین کلیه اطلاعات وجود دارند، برای صرفه جویی در توان، افزایش راندمان و کاهش پهناي 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 به صورت SSB نشان می‌دهد.



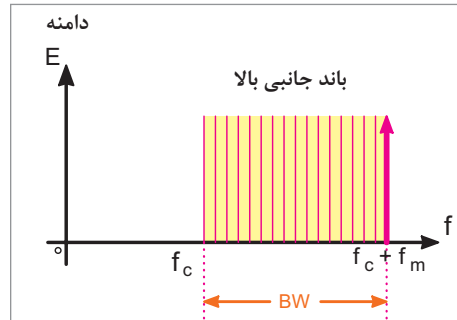
شکل ۵۰- باند جانبی بالا به روش SSB در طیف موج مدوله شده شکل ۵۱- باند جانبی پایین در طیف موج مدوله شده به روش SSB

$$BW = F_m$$

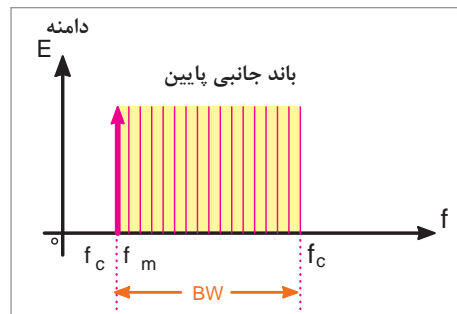
در مدولاسیون SSB پهناي باند موج مدوله شده برابر با F_m است.

پودمان ۱: بررسی اصول مخابرات دریایی

۴- ارسال مدولاسیون AM با باند کناری مستقل (Independent – Side Band) ISB: 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.

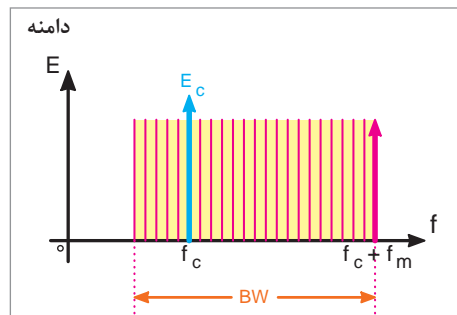


شکل ۵۲- باند جانبی بالا بدون حامل



شکل ۵۳- باند جانبی پایین بدون حامل

۵- ارسال مدولاسیون AM به روش (Vestigial – Side Band) VSB: 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 ۵۴- 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.



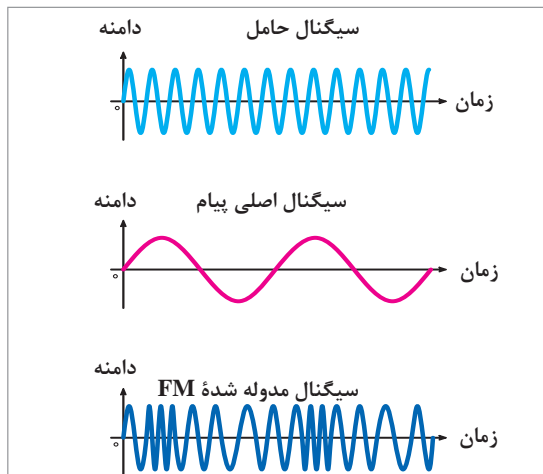
جدول زیر را کامل کنید:

نوع مدولاسیون AM	تیف موج مدوله شده	پهنای باند BW	کاربرد
		$2 f_m$	فرستنده‌های رادیویی محلی
		$2 f_m$	در مواردی که برای تولید انرژی در فرستنده، محدودیت وجود دارد؛ مانند بی سیم پلیس.
		f_m	در مواردی که محدودیت پهنای باند وجود دارد. مانند ارتباطات ناوبری دریایی، رادیو آماتوری و نظامی
		f_m	در مواردی که در توان و پهنای باند، محدودیت وجود دارد؛ مانند مخابرات نقطه به نقطه و رادیوی تلفنی.
		اندکی بیشتر از f_m	در فرستنده تلویزیونی

مدولاسیون فرکانس (Frequency Modulation)

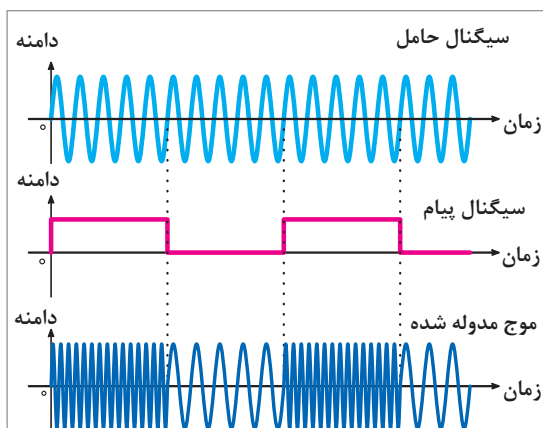
در صورتی که فرکانس سیگنال حامل، متناسب با تغییرات دامنه پیام تغییر کند، مدولاسیون فرکانس ایجاد می‌شود. در این حالت سرعت تکرار تغییرات فرکانس موج حامل متناسب با فرکانس پیام خواهد بود و مدولاسیون فرکانس را با FM نشان می‌دهند. در شکل ۵۵ مدولاسیون FM با پیام سینوسی نشان داده شده

پودمان ۱: بررسی اصول مخابرات دریایی



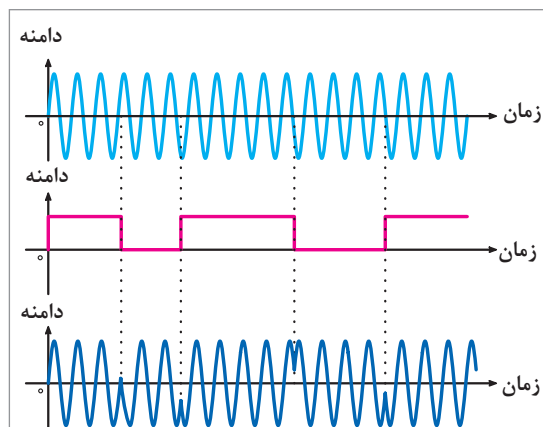
شکل ۵۵- سیگنال مدوله شده FM با پیام سینوسی

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



شکل ۵۶- سیگنال مدوله شده FM با پیام مربعی

شکل ۵۶، پیام مربعی را که روی سیگنال حامل سینوسی که به صورت FM مدوله شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۵۷- مدولاسیون فاز

مدولاسیون فاز (Phase Modulation)

اگر فاز سیگنال حامل، متناسب با دامنه 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. شکل ۵۷، مدولاسیون فاز (PM) را نشان می‌دهد.

مدولاسیون های پالس و دیجیتال (Pulse and Digital Modulation)

در روش های جدید مدولاسیون، از مدولاسیون پالس و مدولاسیون دیجیتال استفاده می شود. در این نوع مدولاسیون ها، سیگنال های آنالوگ پیام به نوعی از سیگنال های پالسی یا دیجیتالی که منشأ آن موج های حامل یا کریر است تبدیل می شود. این نوع مدولاسیون ها انواع متنوع و گسترده ای دارند که در این قسمت به تشریح اختصاری و اجمالی آنها می پردازیم.

اگر سیگنال کریر (حامل) به صورت پالس (منفصل) باشد، در این صورت، مدولاسیون های پالسی شکل می گیرند مدولاسیون های پالسی به دو دسته تقسیم می شوند.

الف) مدولاسیون های منفصل: این نوع مدولاسیون ها به صورت PAM، PPM و PWM (PDM) هستند که کاربردهای مخابراتی و صنعتی دارند. از کاربردهای مخابراتی می توان کاربرد PPM را در اندازه گیری های رادار نام برد. از کاربردهای صنعتی این نوع مدولاسیون می توان کنترل دور و سرعت موتور را با روش های PWM نام برد.

در مورد مدولاسیون پالسی کد شده PCM تحقیق کنید و نتیجه را به صورت پرده نگار در کلاس به نمایش در آورید.

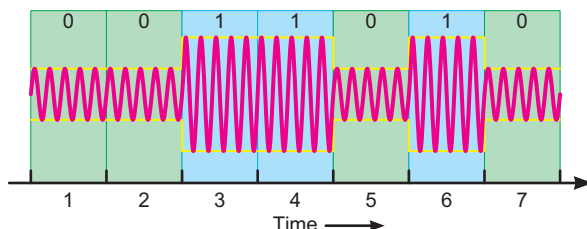
تحقیق کنید



ب) مدولاسیون های دیجیتال: این نوع 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 مدولاسیون ها (ASK، PSK و FSK) می پردازیم. سیگنال مورد استفاده در این نوع مدولاسیون ها را سیگنال حامل اولیه می نامند.

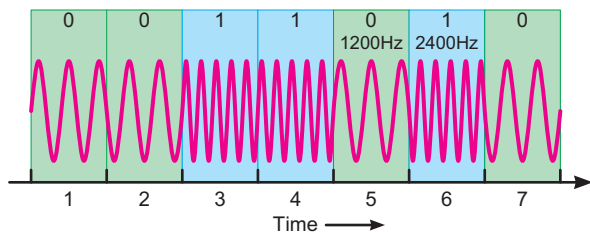
مدولاسیون ASK (Amplitude Shift Keying)

در مدولاسیون ASK برای نمایش صفر یا یک باینری، دامنه سیگنال حامل تغییر می کند و فرکانس و فاز حامل ثابت می ماند. مقدار دامنه کاریر در مقادیر صفر و یک باینری به عهده طراحان سیستم است. شکل ۵۸، یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را نشان می دهد. ASK بسیار نویز پذیر است؛ زیرا نویز می تواند روی دامنه قرار گیرد و ۰ را به ۱ و ۱ را به ۰ تبدیل کند.



شکل ۵۸- مدولاسیون ASK

مدولاسیون FSK (Frequency Shift Keying)

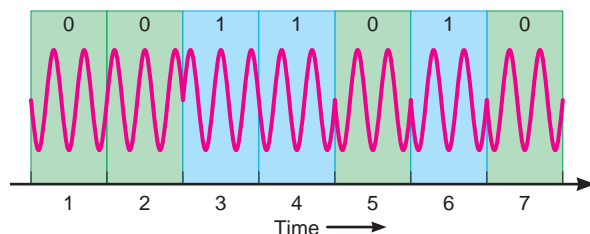


شکل ۵۹- مدولاسیون FSK

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 فاصله زمانی هر بیت مقدار ثابتی است. شکل ۵۹ مدولاسیون FSK را نشان می‌دهد. FSK نسبت به نویز مقاوم‌تر از ASK است.

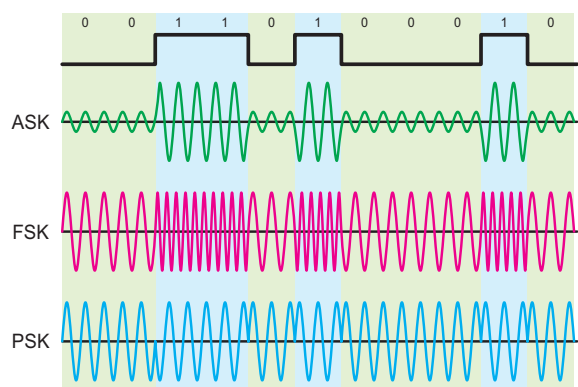
مدولاسیون PSK (Phase Shift Keying)

اختلاف فاز	بیت
0°	1
180°	0



شکل ۶۰- مدولاسیون PSK

در مدولاسیون PSK فاز سیگنال سینوسی را برای نمایش باینری صفر و یک تغییر می‌دهند. در این 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 180° درجه تغییر داد تا عدد باینری (۰) را ارسال نمود. فاز سیگنال حامل در طول هر بیت باینری ثابت است. در شکل ۶۰ مدولاسیون PSK برای یک نمونه سیگنال دیجیتالی رسم شده است.



شکل ۶۱- سیگنال دیجیتالی و سه نوع مدولاسیون ASK، FSK و PSK

در شکل ۶۱، یک نمونه سیگنال دیجیتالی و سه نوع مدولاسیون ASK، FSK و PSK حاصل از آن را مشاهده می‌کنید.

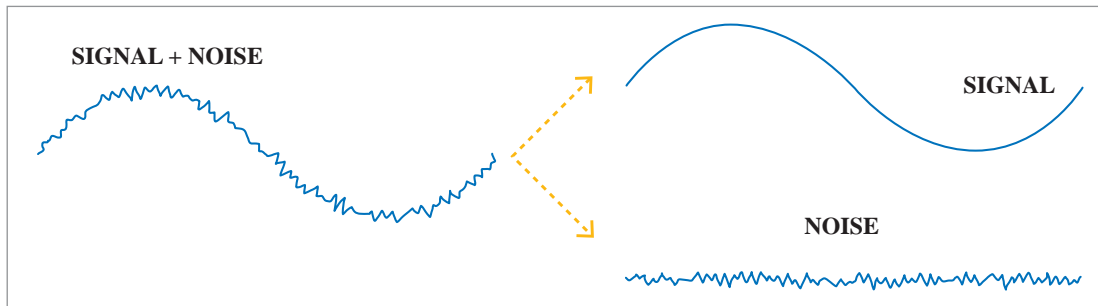
در مورد سایر انواع مدولاسیون پالس تحقیق کرده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

تحقیق کنید



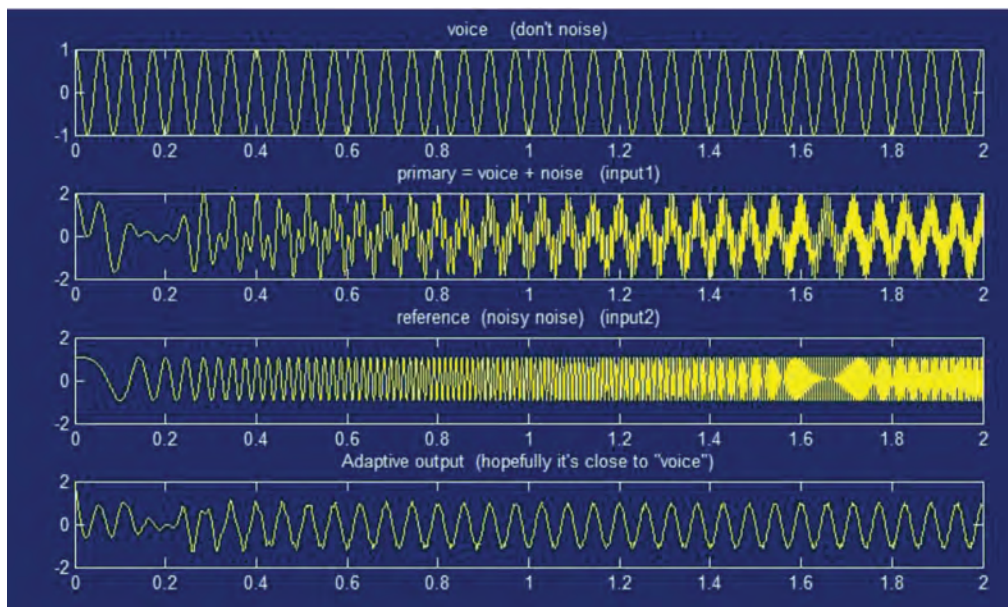
نویز و منابع آن

به طور 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 ۶۲- نویز و منابع آن

نسبت سیگنال به نویز: نسبت توان سیگنال مورد نظر به توان نویز را (SNR) Signal to Noise Ratio 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 حذف‌کننده نویز یا noise canceller می‌گویند (شکل ۶۳).



شکل ۶۳- حذف‌کننده‌های نویز

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

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

$$\frac{S}{N} = \frac{0.25}{(10 \times 10^{-3})^2}$$

$$\rightarrow \frac{S}{N} = 2500$$

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 رابطه ضریب تقویت ولتاژ، جریان و توان، نشان داده شده است.

$$G_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$G_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$G_P = \frac{P_o}{P_i} = \frac{P_2}{P_1}$$

ضریب بهره تقویت کننده چند طبقه: در تقویت کننده‌های زنجیره‌ای، ضریب بهره از حاصل ضرب گین طبقات در یکدیگر به دست می‌آید. در زیر رابطه ضریب تقویت ولتاژ، ضریب تقویت جریان و ضریب تقویت توان آمده است. در این روابط، G_{VT} (Gain Voltage total) ضریب بهره ولتاژ کل، G_{IT} (Gain Intensity total) ضریب بهره جریان کل و G_{PT} (Gain Power total) ضریب بهره توان کل است.

$$G_{VT} = G_{V1} \cdot G_{V2} \cdot G_{V3} \cdot \dots \cdot G_{VN}$$

$$G_{IT} = G_{I1} \cdot G_{I2} \cdot G_{I3} \cdot \dots \cdot G_{IN}$$

$$G_{PT} = G_{P1} \cdot G_{P2} \cdot G_{P3} \cdot \dots \cdot G_{PN}$$

یک تقویت کننده سه طبقه، دارای ضریب تقویت توان $G_{P1} = 100$ ، $G_{P2} = 50$ و $G_{P3} = 10$ است. گین توان کلی سیستم چقدر است؟

$$G_{PT} = G_{P1} \cdot G_{P2} \cdot G_{P3}$$

$$G_T = 100 \times 50 \times 10$$

$$G_T = 50000$$

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 نقطه 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 صورتی که 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 اندازه ۱۰۰۰ برابر تضعیف شده است. به عبارت دیگر ولتاژ خروجی $\frac{1}{1000}$ 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 فاصله ۱۶ کیلومتری، مقدار آن به ۰/۰۰۰۰۰۱ وات کاهش یابد، ضریب تضعیف مدار را به دست آورید.

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

$$\text{ضریب تضعیف} = \frac{0/0001}{0/000001}$$

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؟

- ۱ اصطلاحات Transmitter و Channel، Message، VMS و SMS، MMS را معنی کنید و برای هر یک مثالی بزنید؟
- ۲ محدوده فرکانس های صوتی چقدر است؟
- ۳ نمودارهای روی دستگاه طیف نما چه پارامترهایی را نشان می دهد؟
- ۴ محدوده 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 مشخصه های مهم آنتن را بررسی کنید؟
- ۸ آنتن های بشقابی در چه فرکانس هایی کار می کنند؟
- 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 340 m/sec و فرکانس $8/5 \text{ KHZ}$ چند سانتی متر است؟
- ۱۳ اگر صوت به صورت امواج الکترومغناطیس در فضا انتشار یابد، مسافت 600 km را در چه مدتی طی می کند؟
- ۱۴ در صورتی که فرکانس تن صوتی برابر با 3 کیلوهرتز باشد طول آنتن $\frac{\lambda}{4}$ برای انتشار آن چقدر است؟
- ۱۵ چند مثال دیگر برای محاسبه طول آنتن در محدوده باند فرکانس FM طراحی و حل کنید.
- ۱۶ به چه دلیل از مدولاسیون بیشتر از 100% نمی توان استفاده کرد؟
- ۱۷ در صورتی که $F_C = 600 \text{ KH}$ ، $E_C = 10 \text{ V}$ ، $m = 0/3$ باشد، مقدار دامنه فرکانس های کناری بالا و پایین، در صورتی که $F_m = 2 \text{ KHZ}$ باشد، برابر با چند کیلوهرتز است؟
- ۱۸ پهنای باند روش های مختلف مدولاسیون AM را با هم مقایسه کنید.
- ۱۹ در فاصله 600 کیلوهرتز تا 1800 کیلوهرتز چند ایستگاه رادیویی می توان جای داد؟ (بدون باند محافظ)
- ۲۰ اگر توان صوتی در ابتدای خط تلفنی برابر با 20 میلی وات و در انتهای خط به طول 10 Km برابر $0/002$ وات باشد ضریب تضعیف خط کدام است؟

جدول ارزشیابی پودمان بررسی اصول مخابرات دریایی

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

ارزشیابی شایستگی بررسی اصول مخابرات دریایی

<p>۱- شرح کار:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ اجزای یک سیستم مخابراتی را بررسی نماید. ■ انواع آنتن‌های مخابراتی را بررسی نماید. ■ نحوه انجام مدولاسیون را بررسی نماید. ■ انواع مدولاسیون‌ها را تجزیه و تحلیل نماید. <p>۲- استاندارد عملکرد</p> <p>بررسی و تجزیه و تحلیل کردن اصول مخابرات دریایی.</p> <p>۳- شاخص‌ها</p> <p>تشریح کامل از مدارهای مخابراتی</p>																															
<p>۴- شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات</p> <p>شرایط: کلاس مناسب همراه با پرده‌نگار باشد.</p> <p>ابزار و تجهیزات</p>																															
<p>۵- معیار شایستگی:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>اجزای یک سیستم مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید.</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>انواع آنتن‌های مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید.</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>نحوه انجام مدولاسیون را بررسی نماید.</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۴</td> <td>انواع مدولاسیون‌ها را بررسی نماید.</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی و توجهات زیست‌محیطی:</p> <p>۱- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛</p> <p>۲- دقت و تمرکز در اجرای کار؛</p> <p>۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛</p> <p>۴- اخلاق حرفه‌ای.</p> </td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>میانگین نمرات</p> </td> <td></td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.</p>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	اجزای یک سیستم مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید.	۲		۲	انواع آنتن‌های مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید.	۱		۳	نحوه انجام مدولاسیون را بررسی نماید.	۲		۴	انواع مدولاسیون‌ها را بررسی نماید.	۱		<p>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی و توجهات زیست‌محیطی:</p> <p>۱- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛</p> <p>۲- دقت و تمرکز در اجرای کار؛</p> <p>۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛</p> <p>۴- اخلاق حرفه‌ای.</p>		۲		<p>میانگین نمرات</p>			*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																												
۱	اجزای یک سیستم مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید.	۲																													
۲	انواع آنتن‌های مخابراتی را تجزیه و تحلیل نماید.	۱																													
۳	نحوه انجام مدولاسیون را بررسی نماید.	۲																													
۴	انواع مدولاسیون‌ها را بررسی نماید.	۱																													
<p>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشتی و توجهات زیست‌محیطی:</p> <p>۱- رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛</p> <p>۲- دقت و تمرکز در اجرای کار؛</p> <p>۳- شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛</p> <p>۴- اخلاق حرفه‌ای.</p>		۲																													
<p>میانگین نمرات</p>			*																												