

فصل ۲

خطوط انتقال، آنتن و انتشار امواج

هدف کلی

تحلیل ساده خطوط انتقال، آنتن و انتشار امواج رادیویی

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۶ ساعت آموزشی

زمان پیشنهادی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- | | |
|---|---|
| ۱۵- آنتن دی پل را شرح دهد. ۱۰' | ۱- اصطلاحات خطوط انتقال و آنتن را تعریف کند. ۱۵' |
| ۱۶- منحنی‌های توزیع ولتاژ و جریان دی پل را رسم کند. ۱۰' | ۲- انواع خطوط انتقال را نام ببرد. ۵' |
| ۱۷- مقاومت تابشی و توان تابشی آنتن را تعریف کند. ۱۰' | ۳- خطوط انتقال دو سیمه و کابل کوکسیال را شرح دهد. ۱۵' |
| ۱۸- بهره آنتن و امپدانس آنتن را توضیح دهد. ۱۰' | ۴- اجزای تشکیل دهنده مدار معادل خطوط انتقال را شرح دهد. ۵' |
| ۱۹- آنتن‌های مارکنی، دی پل خمیده، میله فریت، یاگی و بشقابی را شرح دهد. ۱۵' | ۵- مدار معادل خطوط انتقال را رسم کند. ۵' |
| ۲۰- یک نمونه آنتن یاگی را محاسبه کند. ۱۵' | ۶- فرمول Z را شرح دهد و یک نمونه را حل کند. ۱۰' |
| ۲۱- انتشار امواج زمینی، آسمانی و فضایی را شرح دهد. ۱۰' | ۷- امپدانس کابل کوکسیال و خط انتقال دو سیمه را مقایسه کند. ۱۰' |
| ۲۲- لایه‌های تشکیل دهنده یونسفر را شرح دهد. ۱۰' | ۸- مشخصه‌های کابل کوکسیال را با استفاده از جدول توضیح دهد. ۱۰' |
| ۲۳- محدوده فرکانس امواج زمینی، فضایی و آسمانی را بیان کند. ۱۰' | ۹- با استفاده از جدول بتواند مشخصه‌های کابل کوکسیال را پیدا کند. ۱۰' |
| ۲۴- پدیده فیدینگ ^۱ را شرح دهد. ۱۰' | ۱۰- اساس یک سیستم ارتباطی فیبرنوری را شرح دهد. ۱۰' |
| ۲۵- به منظور درک بیشتر و بهتر مطالب درسی از فیلم‌ها و نرم افزارهای مرتبط استفاده کند. ۲۰' | ۱۱- مزایای استفاده از فیبرنوری را بیان کند. ۱۰' |
| ۲۶- در خلال آموزش به سؤالات آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی پاسخ دهد. ۲۰' | ۱۲- ساختمان اساسی یک فیبرنوری را شرح دهد. ۱۰' |
| ۲۷- هدف‌های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز رعایت نماید. ۱۵' | ۱۳- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آنتن را با رسم شکل شرح دهد. ۱۵' |
| | ۱۴- چگونگی تشعشع امواج از آنتن را با رسم شکل شرح دهد. ۱۰' |

۱- پدیده fading را در اصطلاح فارسی فدینگ یا فیدینگ می‌نامند.



الف) آنتن‌های روی پشت‌بام



ب) آنتن رومیزی

شکل ۱-۲- انواع آنتن تلویزیون

شده در این فصل به تنهایی شامل چند واحد درسی است، از این رو محتوای این فصل بیشتر جنبه معرفی و آشنایی دارد، برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید به مراجع متعددی که به مباحث خطوط انتقال، آنتن، انتشار امواج و فیبر نوری پرداخته‌اند، مراجعه کنید.

۱-۲- خطوط انتقال و انواع آن (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 هم محور (کابل کوکسیال) موج بر و فیبر نوری ساخته می‌شود.

نگاهی به بام ساختمان‌های اطراف بیندازید. معمولاً روی هر بام یک آنتن تلویزیون قرار دارد (شکل ۱-۲- الف). آیا هرگز فکر کرده‌اید این آنتن‌ها چه نقشی دارند؟ شاید میله‌های کم اهمیتی باشند که بودن یا نبودن آنها تأثیری در کار تلویزیون ندارد! با کمی دقت در می‌یابید که یک سیم روکش دار که در اصطلاح سیم آنتن یا خط انتقال نامیده می‌شود، آنتن را به دستگاه تلویزیون وصل می‌کند.

آیا هر نوع سیمی را می‌توان جای‌گزین سیم آنتن تلویزیون کرد؟ به سیم آنتن تلویزیون رنگی و تلویزیون سیاه و سفید توجه کنید، ساختمان آنها، با یکدیگر متفاوت است. سیم رابط دستگاه‌های الکتریکی مختلف از قبیل اتوی برقی، چراغ مطالعه و ... نیز با هم تفاوت دارد. علت این تفاوت در چیست؟ حتماً دلیل خاصی وجود دارد. برای درک بهتر مطلب، آزمایش ساده‌ای را انجام دهید. تلویزیون را روشن کنید و آن را روی شبکه‌ای قرار دهید که دارای برنامه باشد. سیم آنتن را که از طریق یک فیش مخصوص به تلویزیون متصل است جدا کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ برنامه قطع می‌شود یا گیرنده دارای برفک می‌شود. آنتن رادیوی اتومبیل را پایین بکشید. چه اتفاقی می‌افتد؟ رادیو خوب کار نمی‌کند.

روی تلویزیون‌های کوچک، گیرنده‌های رادیویی خانگی و دستگاه‌های رادیو ضبط نیز آنتن میله‌ای وجود دارد (شکل ۱-۲- ب). در صورتی که آنتن به طور صحیح تنظیم نشده باشد، کیفیت صوت یا تصویر مطلوب نخواهد بود. بنابراین آنتن نقش مهمی در دریافت یا انتشار امواج رادیویی دارد.

امواج رادیویی چگونه منتشر می‌شود؟ آیا جابه‌جایی ملکول‌های هوا، امواج رادیویی را منتقل می‌کند؟ عملاً این طور نیست. امواج رادیویی دارای مشخصات ویژه‌ای هستند که می‌توان آنها را مشابه امواج نوری دانست.

در این فصل سعی خواهیم کرد به سؤالاتی که به خطوط انتقال، آنتن، انتشار امواج و فیبرنوری مربوط می‌شوند، به زبان ساده پاسخ دهیم.

یادآور می‌شود که بحث علمی درباره هر یک از موارد عنوان

الف) هادی داخلی که در مرکز کابل قرار دارد و محور کابل را تشکیل می‌دهد.

ب) هادی خارجی که معمولاً به صورت سیم بافته شده در سرتاسر کابل کشیده می‌شود. از این سیم، به عنوان حفاظ الکتریکی یا شیلد، (shield) استفاده می‌شود. این حفاظ، مانع تأثیر میدان‌های خارجی مانند نویز روی هادی داخلی کابل می‌شود. هم‌چنین از تأثیر میدان‌های تولید شده توسط هادی داخلی کابل روی دستگاه‌های دیگر جلوگیری می‌کند. در عمل، سیم حفاظ به ساسی دستگاه که زمین الکتریکی است، وصل می‌شود.

ج) عایق بین دو هادی داخلی و خارجی که ضریب دی الکتریک آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

د) پوشش خارجی کابل که عایق است و از نظر مکانیکی کابل را حفاظت می‌کند.

۲-۲- الگوی پرسش

۱- خط انتقال را تعریف کنید.

۲- چند نوع خط انتقال می‌شناسید، نام ببرید.

۳- اجزای تشکیل دهنده خط انتقال کواکسیال را نام ببرید.

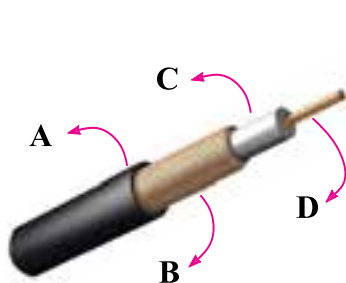
۴- خطوط انتقال نامتعادل و متعادل را نام ببرید.

صحیح یا غلط

۵- خط انتقال هم محور را خط انتقال متعادل نیز می‌نامند. ☐ صحیح ☐ غلط

چهار گزینه‌ای

۶- در کابل هم محور شکل ۲-۴ ضریب دی الکتریک کدام جزء از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؟



شکل ۲-۴

۱- A

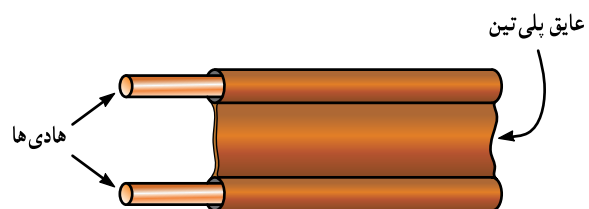
۲- B

۳- C

۴- D

خط انتقال دوسیمه (Parallel wire (balanced line)

خط انتقال دو سیمه از دو سیم موازی تشکیل شده است، که فاصله بین آنها را ماده‌ای دی الکتریک مانند هوا یا نوعی پلاستیک می‌پوشاند، در شکل ۲-۲ الف، یک نمونه خط انتقال دو سیمه با عایق هوا و در شکل ۲-۲ ب، یک خط انتقال دو سیمه با عایق پلی تین (Polythene) آمده است. در قدیم از این خطوط انتقال به عنوان سیم رابط آنتن تلویزیون سیاه و سفید استفاده می‌شد. خط انتقال دو سیمه را خط انتقال متعادل نیز می‌نامند.



ب) خط انتقال دو سیمه با عایق پلی تین

شکل ۲-۲- خط انتقال دو سیمه

خط انتقال هم محور (coaxial): خط انتقال هم محور

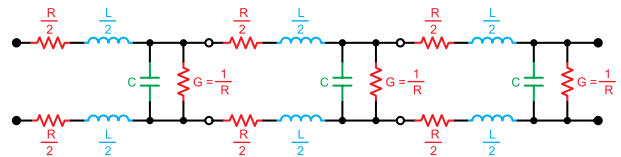
را کابل کواکسیال یا خط انتقال نامتعادل (unbalanced line) نیز می‌نامند. از این نوع کابل به عنوان سیم آنتن، در تلویزیون‌های سیاه و سفید و رنگی استفاده می‌شود. اجزای تشکیل دهنده کابل‌های هم محور به شرح زیر است: (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳- خط انتقال هم محور

۲-۳-۲ مدار معادل خط انتقال

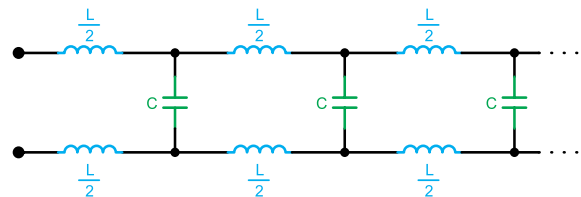
مدار معادل خط انتقال بر مبنای واحد طول سنجیده می‌شود. برخلاف یک سیم معمولی، مدار معادل این خطوط، از مجموعه L و R به طور سری و مجموعه C و G به طور موازی تشکیل می‌شود (شکل ۲-۵). در این مدار شبکه RL سری مدار معادل یک خط انتقال و مدار موازی G و C اثر خازنی و هدایت الکتریکی عایق بین دو خط است.



شکل ۲-۵ مدار معادل خط انتقال

۲-۳-۱ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل: در فرکانس‌های

بالا، اگر $X_L \gg R$ و $X_C \ll G$ باشد. مدار معادل خط انتقال بدون اتلاف به دست می‌آید. این مدار را مدار معادل خط انتقال ایده‌آل می‌نامند. در شکل ۲-۶ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل رسم شده است.



شکل ۲-۶ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل (بدون اتلاف)

۲-۳-۲ امپدانس مشخصه خط انتقال: هر خط انتقال

در فرکانس کار، از خود مقاومتی را نشان می‌دهد که امپدانس مشخصه خط انتقال نام دارد. امپدانس مشخصه خط انتقال در تمام نقاط طول خط تقریباً ثابت است و مقدار تقریبی آن برای خط انتقال ایده‌آل از رابطه ۲-۱ به دست می‌آید.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2-1)$$

امپدانس مشخصه خط انتقال بر حسب اهم $Z_0 =$

اندوکتانس سری در واحد طول خط بر حسب هانری $L =$

ظرفیت خازنی بین دو سیم در واحد طول بر حسب فاراد $C =$

مثال ۲-۱

امپدانس مشخصه خط انتقال ایده‌آل را در حالتی که $L = 0.2 \mu\text{H}/\text{m}$ و $C = 40 \text{ pF}/\text{m}$ (در واحد طول) است محاسبه کنید.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{0.2 \times 10^{-6} (\text{H})}{40 \times 10^{-12} (\text{F})}} = 70.7 \Omega$$

۲-۴-۲ الگوی پرسش

۱- در چه صورت می‌توان خط انتقال را ایده‌آل در نظر گرفت؟

۲- مدار معادل خط انتقال ایده‌آل را رسم کنید.

۳- منظور از امپدانس مشخصه خط انتقال چیست؟ در چه طولی از خط انتقال ظاهر می‌شود؟

۴- نحوه قرار گرفتن R، L و C را در خط انتقال شرح دهید.

کامل کردنی

۵- هر خط انتقال در از خود مقاومتی نشان می‌دهد که خط انتقال نام دارد.

صحیح یا غلط

۶- مدار معادل خط انتقال ایده‌آل (بدون اتلاف) را می‌توان مداری ترکیبی از L و C سری موازی در نظر گرفت.

صحیح ☐ غلط ☐

چهار گزینه‌ای

۷- رابطه امپدانس مشخصه خط انتقال (Z_0)

فعالیت فوق برنامه (کار گروهی)

در این مرحله هر یک از هنرجویان به منابع مختلف مراجعه کنند و در مورد انواع خطوط انتقال تصویر تهیه نمایند. به بهترین تصویر انتخابی امتیاز داده خواهد شد.

۱- رابطه امپدانس مشخصه با استفاده از تئوری فیلترها محاسبه می‌شود. اثبات این رابطه، از حوزه بحث ما در این کتاب خارج است.

کدام است؟

یک از دسته بندی ها دارای ویژگی های مربوط به خودشان هستند و هر یک از حروف مفهوم خاصی دارد.

$$\begin{array}{ll} \frac{L}{C} - 1 & \sqrt{\frac{L}{C}} - 2 \\ \frac{C}{L} - 3 & \sqrt{\frac{C}{L}} - 4 \end{array}$$



شکل ۲-۷- تصویری از کابل های کواکسیال

۵- ۲- امپدانس مشخصه کابل های آنتن تلویزیون

در عمل از خطوط انتقال دو سیمه و کابل کواکسیال به عنوان سیم های آنتن تلویزیون استفاده می شود. محاسبه نشان می دهد امپدانس مشخصه خط انتقال دو سیمه حدود ۳۰۰ اهم و امپدانس مشخصه کابل کواکسیال حدود ۷۵ اهم است.

در جدول ۲-۱، برخی از مشخصات ساختاری و الکتریکی مربوط به کابل کواکسیال ALF4.4/11.1.ICU2y را مشاهده می کنید. امپدانس این کابل ۵۰ اهم، قطر سیم مغزی آن ۴/۴ میلی متر و قطر عایق داخلی آن ۱۱/۱ mm و قطر شیلد آن ۱۱/۴ میلی متر و قطر عایق خارجی آن ۱۵ میلی متر است.

در شکل ۲-۷، چهار نمونه کابل کواکسیال را که دارای مغزی، عایق و شیلدهایی با قطرهای متفاوت اند، مشاهده می کنید. مشخصه های کابل های کواکسیال با توجه به ابعاد آن، فرق می کند. در شکل (۲-۷) کارخانه سازنده کابل ها را در چهار دسته به RLCF, RAY, AHF و ALF تقسیم بندی کرده است. هر

جدول ۲-۱

Construction	ساختاری		شماره کابل
			ALF 4.4/11.1 Cu 2Y* 50Ω
Inner conductor: Outer diameter	هادی داخلی: قطر خارجی	(mm)	Copper wire 4.4
Insulation: Polyethylene foam	عایق: فوم پلی اتیلن	(mm)	11.1
Outer conductor: Copper foil	هادی خارجی: لایه مسی	(mm)	11.4
Jacket: Polyethylene, black	پوشش خارجی: پلی اتیلن مشکی	(mm)	15.0
Electrical properties			
Characteristic impedance	میدنس مشخصه بر حسب اهم	(Ω)	50 – 2
Relative propagation velocity	سرعت انتشار بر حسب درصد در مقایسه با نور	(%)	88
Capacity	ظرفیت خازنی بر حسب پیکوفار د بر متر	(pF / m)	76
DC - resistance inner conductor	مقاومت DC هادی د خلی بر حسب اهم بر کیلومتر	(Ω / Km)	1.2
DC - resistance outer conductor	مقاومت DC هادی د خلی بر حسب اهم بر کیلومتر	(Ω / Km)	3.4
* این کابل ها با پوشش خارجی حفاظت شده در مقابل شعله نیز ساخته می شوند.			

نکته مهم

هنرجویان باید بتوانند با استفاده از جداول ۲-۱ و ۲-۲ ارائه شده برای کابل‌های کواکسیال به زبان انگلیسی، مشخصات ساختاری و الکتریکی آن را استخراج نمایند. هم‌چنین در صورت ارائه سؤال در آزمون نهایی یا کنکور، باید جدول مربوطه به زبان انگلیسی داده شود.

انجام تکالیف و مسئولیت‌های محوله در فرآیند آموزش موجب دست‌یابی شما به اهداف تعیین شده می‌شود.

تمرین برای هنرجویان علاقه‌مند

با استفاده از جدول شماره ۲-۲ مشخصات ساختاری و الکتریکی کابل‌های 3cu2y. ALF6.8/17 و RLF 9/23 CU2y را به دست آورید.

جدول ۲-۲

Construction	Unit	ALF 6.8/17.3 Cu 2Y* 50Ω	RLF 9/23 Cu 2Y* 50Ω
Inner conductor: Outer diameter	(mm)	Copper tube 6.8	Copper tube 9.1
Insulation: Polyethylene foam	(mm)	17.3	23.2
Outer conductor: Copper foil	(mm)	17.6	23.5
Jacket: Polyethylene, black	(mm)	22.0	28.7
Electrical properties			
Characteristic impedance	(Ω)	50 – 2	50 – 2
Relative propagation velocity	(%)	88	88
Capacity	(pF / m)	76	76
DC - resistance inner conductor	(Ω / Km)	1.3	0.77
DC - resistance outer conductor	(Ω / Km)	2.3	1.8

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 در مخابرات، بی سابقه بوده است به طوری که نرخ اطلاع‌رسانی را از چند صد ارتباط در شبکه‌های مرسوم، به مرز میلیونی در شبکه‌های نوری رسانده است.

یادآور می‌شود که سایر مشخصات مانند خواص مکانیکی، افت در طول خط متناسب با فرکانس، افت در تشعشع کابل‌ها بر روی یکدیگر، اطلاعات مربوط به حمل و نقل و بسته‌بندی و وزن معمولاً در جداول جداگانه ارائه می‌شود که از بحث کتاب خارج است.

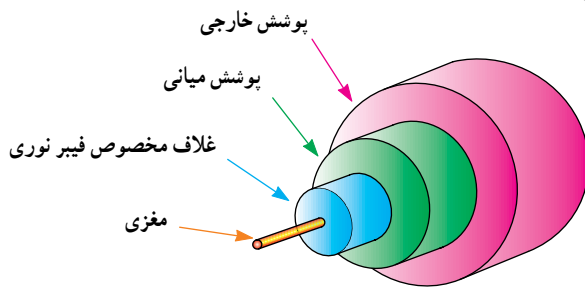
۲-۶- فیبر نوری (Optical fiber)

کلیات: اختراع لیزر^۱ (Laser) در سال ۱۹۶۰ و ساخت فیبرهای نوری با تلفات کم در سال ۱۹۷۰ باعث رشد و توسعه چشمگیری در دنیای فوتونیک (Photonic – کار با نور) شده است.

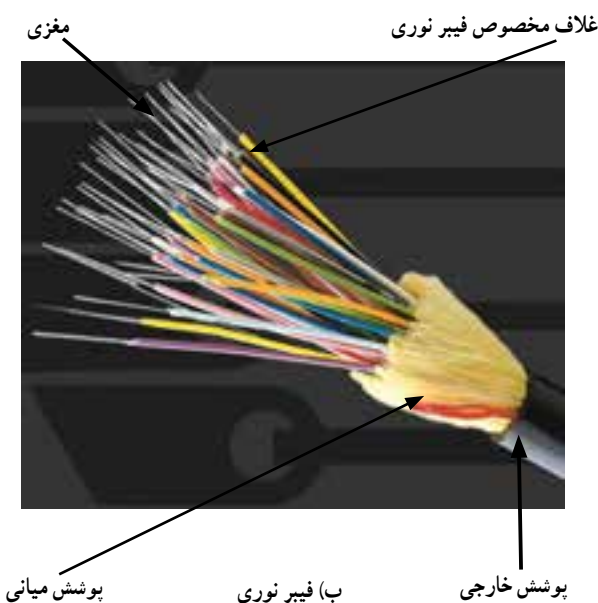
۱- لیزر مخفف Light amplification by stimulated emission of radiation می‌باشد و به معنای تقویت نور توسط تشعشع تحریک شده است. اولین لیزر جهان توسط

تئودور مایمن اختراع گردید و از بافت در آن استفاده شده بود.

به صورت پوشش میانی و خارجی روی فیبر قرار می دهند.
در شکل ۲-۹-ب و ج، چند نمونه فیبر نوری را مشاهده می کنید.



الف) ساختمان یک فیبر نوری



ج) چند نمونه فیبر نوری

شکل ۲-۹- ساختمان انواع فیبر نوری

۱-۶-۲- اساس یک سیستم ارتباطی فیبر نوری: به طور

کلی یک سیستم فیبرنوری دارای یک فرستنده، محیط انتقال (فیبرنوری) و یک گیرنده است (شکل ۲-۸).



شکل ۲-۸- اساس یک سیستم فیبر نوری

فرستنده، یک چشمه نوری مانند LED یا دیود لیزری است. گیرنده یک نوع فتو دیود یا فتو ترانزیستور است.

۲-۶-۲- مزایای استفاده از فیبر نوری: فیبر نوری نسبت

به سایر خطوط انتقال دارای مزایایی به شرح زیر است:

- ۱- تلفات انرژی بسیار کم
- ۲- پهنای باند وسیع اطلاعات (ارسال اطلاعات در حجم زیاد)

۳- قابلیت انعطاف در مقابل خمش و پیچش با توجه به نوع مواد به کار رفته در فیبر نوری

۴- داشتن سطح مقطع کوچک و سبک

۵- دریافت نشدن آثار القایی (با توجه به خاصیت نارسانایی

فیبر)

۶- مصونیت در برابر استراق سمع (به دلیل نتابیدن نور از

داخل به بیرون)

۷- ارزانی، فراوانی مواد اولیه و طول عمر زیاد مواد اولیه

۳-۶-۲- ساختمان فیبر نوری: امروزه تقریباً کلیه فیبرهای

مورد استفاده در مخابرات از جنس شیشه یا پلاستیک اند.

در شکل ۲-۹-الف، ساختمان یک فیبرنوری نشان داده

شده است. فیبرنوری از یک قسمت اصلی به نام مغزی و غلاف (عایق) و یک قسمت پوشش به نام پوشش میانی و خارجی تشکیل شده است.

قطر مغزی می تواند از ۵ میکرومتر تا ۱۰۰ میکرومتر تغییر کند و قطر غلاف در حدود ۱۲۵ میکرومتر است. برای استحکام بیشتر و محافظت از فیبر، اغلب دو لایه پلاستیکی نرم و سخت

تحقیق برای هنرجویان علاقه مند

هنرجویان علاقه مند می توانند با مراجعه به منابع مختلف اطلاعاتی مرتبط با موضوع، تصاویر جدید و مطالب اضافی مربوط به فیبر نوری را تهیه و به کلاس ارائه کنند.

۲-۷- الگوی پرسش

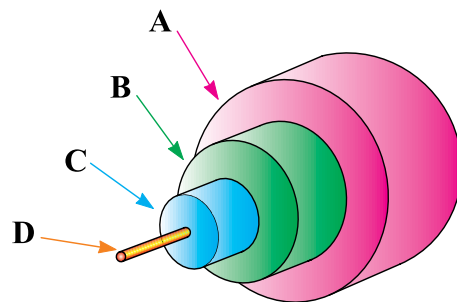
- ۱- اساس یک سیستم ارتباطی فیبر نوری را شرح دهید.
- ۲- ساختمان یک فیبر نوری را شرح دهید.
- ۳- مزایای استفاده از فیبر نوری را نام ببرید.
- کامل کردنی
- ۴- Optical Fiber به مفهوم است.

چهار گزینه ای

- ۵- در شکل ۱-۲ غلاف مخصوص فیبر نوری کدام

است؟

A-۱ B-۲ C-۳ D-۴



شکل ۱-۲

برای اتصال فیبرهای نوری به یکدیگر از چه ابزارهایی استفاده می کنند؟

آیا می دانید؟

۲-۸- بررسی میدان های الکتریکی و مغناطیسی در آنتن و چگونگی تشعشع امواج از آنتن

در درس مبانی برق با میدان های الکتریکی و مغناطیسی آشنا

شدید. در این قسمت با استفاده از آموخته های پیشین به بررسی کار آنتن می پردازیم.

۱-۸-۲- تعریف آنتن: آنتن وسیله ای است که برای

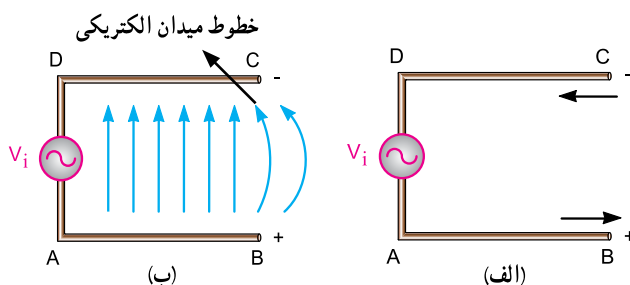
دریافت یا انتشار امواج الکترومغناطیسی به کار می رود. خواص آنتن در حالت فرستنده و گیرنده شبیه به هم است و از قضیه هم پاسخی تبعیت می کند.

۲-۸-۲- 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، باید جریان I از ورودی عبور کند، چنین مداری از قضیه هم پاسخی تبعیت می کند. مثال ساده از مدارهای هم پاسخی، ترانسفورماتور متقارن ایده آل یک به یک است.

۳-۸-۲- میدان الکتریکی آنتن: فرستنده رادیویی را به

صورت منبع سینوسی 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 می گیریم. شکل ۱۱-۲ الف، هنگامی که سیگنال ورودی نیم سیکل منفی را طی می کند، میله بالایی دارای بار منفی و میله پایینی دارای بار مثبت می شود (شکل ۱۱-۲ ب). در این حالت می توان دو میله را مشابه دو جوشن یک خازن در نظر گرفت که از طریق دی الکتریک هوا، از یکدیگر جدا شده اند. 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 \overline{ABCD} مشخص شده است.

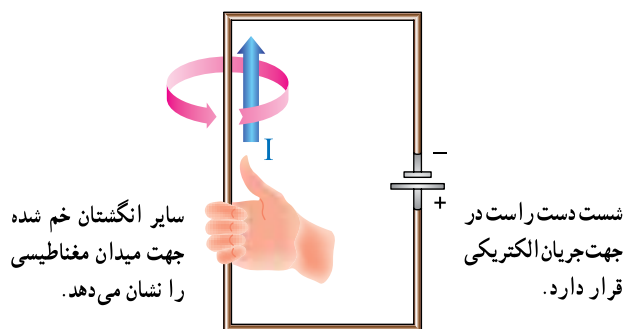


شکل ۱۱-۲ خطوط میدان الکتریکی آنتن

فلش‌های رسم شده روی خطوط، جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند. جهت خطوط میدان مغناطیسی را می‌توان به کمک انگشتان دست راست نشان داد.

۵-۸-۲- قانون دست راست: اگر انگشت شست دست

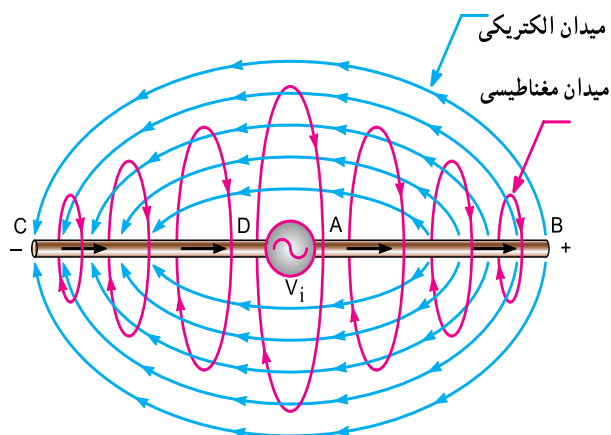
راست طوری قرار گیرد که جهت جریان را نشان دهد، سایر انگشتان خم شده جهت خطوط میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند (شکل ۲-۱۴).



شکل ۲-۱۴- جهت خطوط میدان مغناطیسی در آنتن

۶-۸-۲- میدان الکترومغناطیسی در آنتن: به میدان‌های

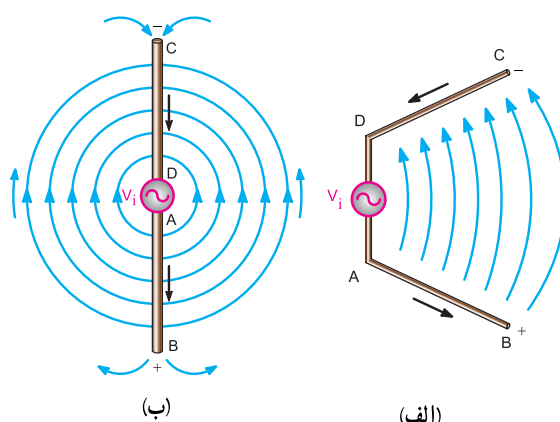
الکتریکی و مغناطیسی در آنتن توجه کنید. جهت این دو میدان همواره بر یکدیگر عمود است. ترکیب میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را میدان الکترومغناطیسی آنتن می‌گویند. در شکل ۲-۱۵ میدان الکترومغناطیسی آنتن نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۵- میدان الکترومغناطیسی در آنتن

اگر فاصله دو انتهای باز میله‌های 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 ۲-۱۲-الف).

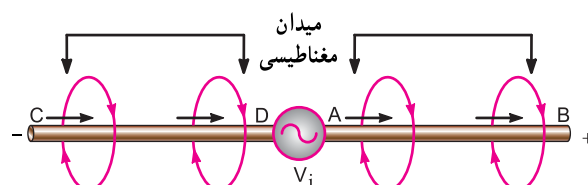
اگر میله‌های آنتن را در یک امتداد قرار دهیم، خطوط میدان الکتریکی به صورت دایره متحد‌المركز، میله مثبت را ترک می‌کنند و وارد میله منفی می‌شوند. جهت خطوط میدان الکتریکی را برای حالتی که میله‌ها باز است در شکل ۲-۱۲-ب، نشان داده‌ایم. اگر دو قطب سیگنال V_i وارونه شود، میله AB منفی و میله CD مثبت خواهد شد. در این حالت خطوط میدان الکتریکی نیز معکوس می‌شود و جهت^۱ جریان سیگنال در مسیر DCBA برقرار خواهد شد.



شکل ۲-۱۲- خطوط میدان الکتریکی آنتن

۴-۸-۲- میدان مغناطیسی در آنتن: هنگامی که جریان

از میله‌های آنتن عبور می‌کند، در اطراف میله‌ها میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. در شکل ۲-۱۳ نمونه‌هایی از خطوط میدان مغناطیسی نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۳- میدان مغناطیسی در آنتن

۱- جهت قراردادی جریان مورد نظر است یعنی جریان از قطب مثبت به طرف قطب منفی در مدار خارجی جاری می‌شود.

۷-۸-۲- آنتن دیپل یا دو قطبی (Dipole Antenna):

اگر λ طول موج فرکانس ایستگاه رادیویی باشد و طول هر یک از میله‌های آنتن را مساوی $\frac{\lambda}{4}$ در نظر بگیریم، طول آنتن مساوی $\frac{\lambda}{2}$ می‌شود.

این نوع آنتن را آنتن دیپل یا دو قطبی نیم موج می‌گویند. در شکل ۱۶-۲ الف، آنتن نشان داده شده، از نوع دیپل است.

$$I_{AB} = I_{CD} = \frac{\lambda}{4}$$

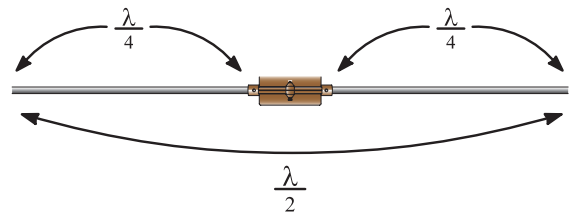
۸-۸-۲- نحوه توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی

در آنتن دیپل نیم موج: آنتن دیپل نیم موج را می‌توان به خطوط انتقال با طول $\frac{\lambda}{4}$ تشبیه کرد که از یک انتها باز شده‌اند و در انتهای دیگر به منبع سیگنال اتصال دارند. در این حالت در دو انتهای میله‌های آنتن گره جریان و شکم ولتاژ تشکیل می‌شود.

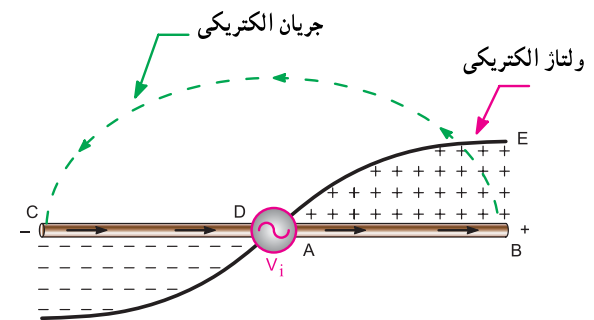
در شکل ۱۶-۲ ب، منحنی‌های ولتاژ، جریان و توزیع بارهای الکتریکی در آنتن دیپل نیم موج ترسیم شده است.

توجه داشته باشید که منحنی‌های جریان و ولتاژ با یکدیگر ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند.

جهت جریان در میله‌های آنتن، در جهت \overline{ABCD} در نظر گرفته شده است.



الف - آنتن دیپل



ب - توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی روی آنتن

شکل ۱۶-۲ ب - منحنی‌های توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی در آنتن نیم موج و طول آن

۹-۲- الگوی پخش

۱- اصل هم پاسخی را بیان کنید.

۲- آنتن را تعریف کنید.

۳- چگونگی تولید میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در

آنتن حامل جریان را با رسم شکل شرح دهید.

۴- جهت خطوط میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست

حامل جریان را به کمک انگشتان دست راست نشان دهید.

۵- میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آنتن با هم چه

زاویه‌ای می‌سازند؟

۶- منحنی‌های توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی

در آنتن دیپل نیم موج را با رسم شکل نشان دهید.

کامل کردنی

۷- جهت میدان‌های و در آنتن برهم

..... هستند.

صحیح یا غلط

۸- طول هر یک از میله‌های آنتن دیپل یا دو قطبی برابر

با $\frac{\lambda}{4}$ است.

☐ غلط

☐ صحیح

چهار گزینه‌ای

۹- طول آنتن دیپل یا دو قطبی کدام است؟

۱- $\frac{\lambda}{2}$ ۲- $\frac{\lambda}{4}$ ۳- λ ۴- 2λ

تحقیق برای هنرجویان علاقه‌مند

با مراجعه به منابع مختلف مرتبط، بررسی کنید که آیا آنتن‌های رادیویی موج MW و SW از نوع آنتن دیپل نیم موج است یا خیر؟ نتایج تحقیقات خود را به کلاس ارائه نمایید.

۱۰-۲- مشخصه های مهم آنتن

۱-۱۰-۲- مقاومت تابشی آنتن

(Antenna Radiation Resistance): آنتن

در فرکانس کار خود به صورت یک مقاومت R_r در مدار ظاهر می شود که به آن مقاومت تابشی آنتن گفته می شود. مقاومت R_r مقاومتی نیست که موجب تلفات امواج شود بلکه باعث انتشار امواج می شود.

۲-۱۰-۲- توان تابشی آنتن

(Antenna Radiation power): اگر جریان

عبوری از آنتن I و مقاومت تابشی آن R_r باشد، توان تابشی از رابطه ۲-۲ به دست می آید.

$$P = I^2 \cdot R_r \quad (2-2)$$

۳-۱۰-۲- بهره آنتن (Antenna gain): یکی از

متداول ترین پارامترها در آنتن، بهره آنتن است، یک آنتن ممکن است مقدار زیادی از توان تابشی خود را در یک جهت به خصوص بفرستد. این حالت را سمت گرایی (Directivity) می گویند، بهره آنتن را در جهت به خصوص، بهره جهتی آنتن می نامند. بهره آنتن را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$\frac{\text{توان تابشی توسط آنتن اصلی}}{\text{توان تابشی توسط آنتن مرجع}} \quad \text{بهره آنتن}$$

آنتن مرجع عبارت از آنتنی است که به صورت یک منبع تابشی، تمام توان خود را در تمام جهات به طور یک نواخت و همگن بناباند. به عبارت دیگر پرتو تشعشعی آن کروی باشد. در محاسبه بهره آنتن، توان ورودی و توان آنتن مرجع یکسان در نظر گرفته می شود.

۴-۱۰-۲- امپدانس آنتن (Antenna Impedance):

همان طور که قبلاً بررسی شد، در یک آنتن نیم موج جریان در محل اتصال تغذیه حداکثر و در دو انتهای آن صفر است؛ در حالی که توزیع ولتاژ برعکس توزیع جریان است.

در آنتن های عملی، مقادیر ولتاژ یا جریان در نقاط گره ولتاژ

و جریان دقیقاً صفر نیست. نسبت بین ولتاژ و جریان را در هر نقطه از آنتن، امپدانس آنتن می نامند.

مقدار امپدانس آنتن دو قطبی (دی پل) نیم موج در وسط آنتن حدوداً برابر ۷۵ اهم و در دو انتهای آن تقریباً ۲۵۰۰ اهم است^۱.

۱۱-۲- الگوی پخش

۱- مقاومت تابشی آنتن را تعریف کنید.

۲- توان تابشی آنتن را تعریف کنید.

۳- بهره آنتن چگونه محاسبه می شود؟

۴- امپدانس آنتن نیم موج در وسط آنتن و در دو انتهای آن چه قدر است؟

کامل کردنی

۵- بهره آنتن

صحیح یا غلط

۶- مقدار امپدانس آنتن نیم موج دو قطبی (دییپل)، در وسط آنتن حدوداً ۷۵ اهم و در دو انتهای آن تقریباً ۲۵۰۰ اهم است.

□ غلط □ صحیح

۱۲-۲- انواع آنتن

۱-۱۲-۲- آنتن مارکونی (Marconi Antenna):

آنتن مارکونی یک آنتن یک قطبی با طول $\frac{\lambda}{4}$ است که به طور عمودی بر روی زمین نصب می شود. زمین، انرژی تابیده شده بر خود را بازتاب می کند. در اثر این بازتاب امواج، تصویر آنتن $\frac{\lambda}{4}$ در زمین ظاهر می شود که می توان آن را به عنوان یک آنتن فرضی در نظر گرفت که قرینه آنتن اصلی نسبت به سطح زمین است. این آنتن فرضی را سایه آنتن اصلی می نامند. در شکل ۱۷-۲ الف، چگونگی تشکیل سایه آنتن $\frac{\lambda}{4}$ و در شکل ۱۷-۲ ب، منحنی های توزیع ولتاژ و جریان و در شکل ۱۷-۲ ج، یک نمونه آنتن اتومبیل نشان داده شده است.

آنتن مارکونی را آنتن تصویری نیز می نامند. عملکرد این آنتن

۱- محاسبه امپدانس آنتن، نیاز به اطلاعات جامع تری در زمینه امواج دارد که از بحث ما خارج است.