

الکترونیک برای رادیو آماتورها



سری کتابهای دانش الکترونیک ۲۰



جلد اول
قوانین و مدارات مقدماتی



ترجمه و تدوین

غلامحسین اویسی

مدرس الکترونیک



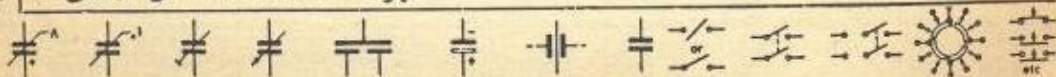
RAA

پیش گفتار

- همانگونه که انتظار میرفت نخستین جلد (سری کتابهای دانش الکترونیک) که شامل بیش از پنجاه مدار صد درصد عملی الکترونیک، حاوی تازهترین طرحهای این رشته از تکنولوژی پیشرفته و ظریف بود، مورد استقبال فراوان خوانندگان علاقمند قرار گرفت، بنحوی که دیگر در بایگانی چیزی برای خواستاران بعدی باقی نماند.
- ذکر این نکته لازم است که ابتدا قرار بود براساس برآورد هزینههای جاری و گرانی مواد اولیه و چاپ و زینگ و اقتصادی بودن این فعالیت علمی و فرهنگی، نخستین جلد آن که از تازهترین منابع علمی و فنی انگلیسی زبان بکوشش همکاران ما تهیه می شود در هشتاد صفحه و بهای (۱۲۰ ریال) عرضه گردد با توجه به اینکه قیمت کتابهای علمی روز در سطح کشور از اینهم فراتر است، اما نخست این پیشنهاد مورد قبول قرار گرفت که جلد اول این کتاب کمتر از بهای تمام شده، یعنی در یکصد ریال و با ۱۶ صفحهی محتوای اضافی عرضه گردد، تا اگر خوانندگان علاقمند، محتوا و کیفیت آنرا مورد قبول قرار دادند. در جلدهای بعد با عرضه ی کتاب با قیمت حقیقی جبران گردد.
- اینک با اجازه ی خوانندگان علاقمند که مایل به ادامه ی انتشار این سری کتابها با همین کیفیت و محتوا هستند بهای آنرا در (۱۲۰) ریال تثبیت می کنیم، تا به امید پروردگار و یاری دوستان علاقمند امکان عرضه ی سری اول (جلد ۶) آن برآید فراهم شود، البته به هنگام انتشار سری دوم کتاب (جلد ۶ بعدی) با خوانندگان در این باره باز هم به مشاوری خواهیم نشست.
- پرویز باشید. «انتشارات دانش»

مقدمه مترجم

- کتاب حاضر ترجمه ای است از دو فصل اول و دوم کتابی تحت عنوان «هندبوک رادیو آماتور» که همه ساله در آمریکا چاپ میشود و هر سال مطالب جدید بآن افزوده می گردد.
- این کتاب مجموعه ایست از مطالب تئوری و آزمایشهای عملی که برای هر فرد علاقمند به الکترونیک جالب و مفید می باشد.
- لازم تذکر است که این ترجمه از چاپ سال ۱۹۷۶ کتاب می باشد و خوشبختانه نسخه سال ۱۹۸۱ نیز بتازگی بدستم رسیده است و قصد دارم که در جلدهای بعدی این کتاب مطالبی که در چاپ ۱۹۸۱ نسبت به چاپ ۱۹۷۶ در خصوص مطالب جلد قبل اضافه شده بیاورم تا خواننده مجموعه کاملی از مطالب قدیم و جدید در دسترس داشته باشد.
- امید است این خدمت فرهنگی مورد توجه قرار گرفته و خوانندگان از تذکر معایب کتاب باینجانب دریغ نفرمایند. با ما می توانید بآدرس انتشارات دانش تماس بگیرید.
- بامید موفقیت شما
- مهرماه ۱۳۶۰ غلامحسین اویسی کیا



فصل اول

رادیو آماتور

رادیو آماتوری یک سرگرمی علمی است، وسیله‌ای است برای ارتباط با سایر رادیو آماتورها در دیگر شهرها و کشورها توسط رادیو موج کوتاه. وسیله‌ای است برای کسب مهارت‌های شخصی در الکترونیک، در واقع بدین طریق افراد علاقمند به الکترونیک در یک کشور می‌توانند بدون صرف هزینه‌ای گزاف به معلومات الکترونیک خود بیافزایند.

اکنون در سراسر جهان بیش از یک میلیون رادیو آماتور وجود دارد. این افراد تحت مقررات خاصی با یکدیگر توسط امواج کوتاه رادیویی ارتباط دارند.

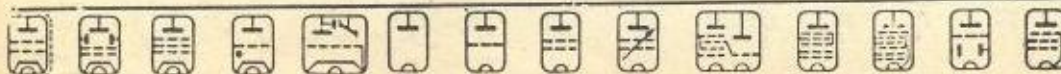
از اوایل قرن حاضر تاکنون رادیو آماتوری بطور قابل ملاحظه‌ای پیشرفت نموده است بطوریکه در حال حاضر رادیو آماتورها در هر کشوری مؤسسات بخصوصی تأسیس کرده و فعالیت دارند. امروزه در آمریکا بیش از چهار صد هزار رادیو آماتور وجود دارد. این رادیو آماتورها مجله‌ای ویژه نیز برای خود چاپ می‌رسانند که بدین طریق ارتباط خود را بیشتر کرده‌اند.

اولین قدم در راه رادیو آماتوری وقتی گذاشته شد که مارکونی ثابت کرد که می‌توان پیام‌ها و اطلاعات را توسط بی‌سیم انتقال داد. تا سال ۱۹۱۲ تعداد زیادی ایستگاه تجارتي و دولتی و صدها آماتور شروع به فعالیت کرده بودند، به همین جهت نیاز به مقررات و قوانین برای رادیو آماتورها احساس میشد.

در اوایل اجازه داده میشد از ۲۰۰ متر به پایین برای فرستنده - گیرنده‌های رادیو آماتوری استفاده شود. پس از سالها برد فرستنده‌ها به ۵۰۰ مایل و سپس به ۱۰۰۰ مایل رسید. بخاطر آنکه پیامها برای ارسال در فواصل دور می‌باید تقویت گردند، دستگاههای تقویت کننده مورد توجه قرار گرفتند. در سال ۱۹۱۷ بسیاری از رادیو آماتورها برای خدمت در جنگ جهانی فرا خوانده شدند. در همین اوان بود که رادیو آماتورهای آمریکائی دریافتند که با ۲۰۰ متر نمی‌توانند با رادیو آماتورهای دیگر کشورها در آنطرف اقیانوس آرام تماس بگیرند.

در حقیقت جنگ جهانی شروعی بود برای گسترش رادیو آماتوری در سراسر جهان. در سال ۱۹۱۷ بود که انجمن رادیو آماتوری آمریکا تأسیس شد که بطور اختصار به "ARRL" موسوم است. دو سال و نیم بعد تعداد رادیو آماتورها در آمریکا به شش هزار نفر رسید که بیش از چهار هزار نفر آنها در ارتش خدمت می‌کردند.

کم کم علاقمندان رادیو آماتوری بیشتر و بیشتر شدند بطوریکه سازندگان دستگاههای الکترونیک بکار ساختن فرستنده‌هایی برای این افراد شدند. با زیاد شدن علاقمندان این سرگرمی جالب و علمی تداخل امواج فرستنده‌ها بوجود آمد و بدین ترتیب می‌باید مقرراتی وضع گردد.



ارتباطات بین قاره‌ای -

وقتی مسافت (۱۰۰۰) به ۱۵۰۰، ۲۲۰۰ و ۳۰۰۰ کیلومتر رسید، رادیو آماتورهای آمریکا بفکر ارتباط با کشورهای آنسوی اقیانوس آرام افتادند. در سال ۱۹۲۱ از طرف انجمن رادیو آماتوری آمریکا (ARRL) شخصی بنام پل - اف - گادلی، ZEN، با بهترین وسایل و تجهیزات به آنسوی اقیانوس آرام فرستاده شد و آزمایشاتی انجام شد. در سال ۱۹۲۲ آزمایشات تکرار شد و نتایج ثمربخشی بدست آمد و رادیو آماتورهای بسیاری در انگلیس و فرانسه توانستند با آمریکا تماس حاصل کنند. از اینسال بعد پیشرفتهای قابل ملاحظه دیگری در این زمینه حاصل گردید. گیرنده‌ها بتدریج مدرنتر و حساستر شدند. در این هنگام بود که رادیو آماتورها بفکر استفاده از طول موجهای کمتر از ۳۰۰ متر افتادند. در سال ۱۹۲۲ آزمایشاتی روی طول موج ۱۳۰ متر انجام گرفت و ارتباط بین دو نقطه هارتفورد و بوستون برقرار گردید. در سال ۱۹۲۳ نیز آزمایشاتی روی طول موج ۹۰ متر انجام شد که با موفقیت همراه بود. آزمایشات نشان داد که هر چه طول موج کمتر شود نتایج بهتری حاصل می‌گردد.

در سال ۱۹۲۴ دهها کمپانی تجارتی ایستگاههایی روی ۱۰۰ متر دایر کردند. بدینترتیب مشکلاتی برای رادیو آماتورها برای استفاده از باند کمتر از ۲۰۰ پدید آمد. بهمین جهت کنفرانسهایی برای تقسیم‌بندی طول موجها تشکیل شد. در این کنفرانسهها باندهای مختلف فرکانسی برای کارهای خصوصی اختصاص داده شد.

در سال ۱۹۲۴ باندهای آماتوری توسط این کنفرانسهها ۴۰۰، ۳۰ و ۵ متر تعیین شد. بعد از جنگ جهانی اول بین رادیو آماتورها و افراد نیروهای مسلح پیوند دوستی برقرار شد. در جنگ جهانی دوم هزاران رادیو آماتور به خدمت فرا خوانده شدند و کمک شایانی در جنگ نمودند. بدینترتیب میتوان گفت که رادیو آماتورها تخصص و کاردانی خود را بطور رایگان در خدمت دولت قرار میدهند.

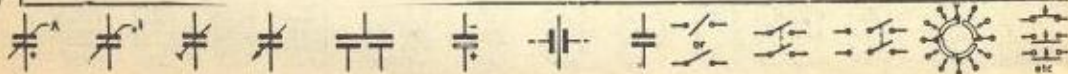
رادیو آماتورها میتوانند در مواقع اضطراری و خطر کمک شایانی بنمایند و بفوریت از دیگر نقاط کمک بخواهند.

پیشرفتهای تکنیکی

آماتورها به پیشرفت تکنیک نیز کمک شایانی می‌کنند و دلیل این امر کنجکاوی و علاقه آنها به هر چیز جدید است.

در اثنا جنگ دوم جهانی رادیو آماتورها که بخدمت آمده بودند با پیشرفتهای وسایل رادیویی رمزی و آخرین تحولات الکترونیک آشنا شدند. بدینترتیب انستیتو رادیو آماتوری به فرستادن ماهوار به فضا همت گماشت بطوریکه چهار ماهواره به فضا پرتاب کرد یکی در ۱۲ دسامبر ۱۹۶۱، دیگری در دوم ژوئن ۱۹۶۲، سومی در نهم مارس ۱۹۶۵ و چهارمی در ۲۱ دسامبر ۱۹۶۵، ماهواره Australis-Oscar 5 که در استرالیا ساخته شده بود توسط ناسا برای سازمان ماهواره‌ای رادیو آماتوری (Amsat) در ۲۳ ژانویه ۱۹۷۲ و Amsat Oscar 6 نیز در ۱۵ اکتبر ۱۹۷۳ به فضا پرتاب شد.

امروزه ARRL (اتحادیه رادیو آماتوری آمریکا) در آمریکا و کانادا بزرگترین تشکیلات رادیو آماتوری در جهان می‌باشد. این اتحادیه ماهانه مجله‌ای با نام QST منتشر می‌سازد که بعنوان بولتن رادیو آماتورها می‌باشد.



گرفتن اجازه (لیسانس) رادیو آماتوری در آمریکا

کمیسیون ارتباطات فدرال (FCC) جزئیات مقدرات رادیو آماتوری را منتشر کرده است. برای اخذ اجازه رادیو آماتوری می‌بایست از عهده امتحاناتی که بهمین منظور برگزار می‌شود برآمد. بطور کلی پنج طبقه (کلاس) رادیو آماتوری و لیسانس رادیو آماتوری وجود دارد: مبتدی (Novice)، تکنسین، عمومی (جنرال)، پیشرفته و کلاس فوق‌العاده رادیو آماتوری. برای هر کدام از این کلاسها مقرراتی وجود دارد. دوتای اولی ساده‌ترین هستند.

فرکانسهایی که آماتورهای قبول شده در سه کلاس اولی اجازه استفاده از آنها را دارند عبارتند از: $3/520 - 3/5$ ، $3/8 - 3/770$ ، $7/0 - 7/025$ ، $14/0 - 14/025$ ، $21/25 - 21/0$ و $21/25 - 21/0$ مگاهرتز. رادیو آماتورهای کلاسهای پیشرفته و فوق‌العاده (اکسترا) می‌توانند از فرکانسهای $3/8 - 3/890$ ، $7/225 - 7/15$ ، $14/275 - 14/2$ ، $21/35 - 21/270$ و $50/1 - 50/0$ مگاهرتز استفاده کنند. ورودی آخرین طبقه ایستگاههای آماتورها باید کمتر از ۱۰۰۰ وات باشد.

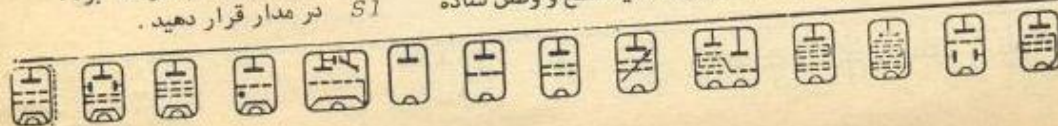
اخذ گواهینامه آماتوری در کانادا

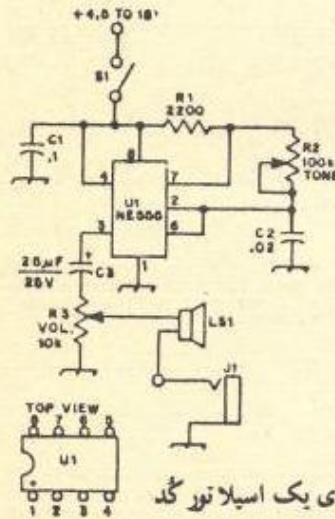
مواد امتحانی برای گرفتن گواهینامه رادیو آماتوری سه قسمت است: امتحان کد مرس - داوطلب می‌باید حداقل ۱۰ کلمه در دقیقه کد کند، امتحان کتبی و امتحان شفاهی. پس از قبولی در امتحانات داوطلب اجازه دایر کردن ایستگاه را بدست می‌آورد و می‌تواند در تمامی باندهای مجاز فعالیت نماید. پس از شش ماه فعالیت روی فرکانسهای پائین‌تر از $29/7$ مگاهرتز، رادیو آماتورهای کانادایی اجازه استفاده از باند $29/7 - 28$ مگاهرتز را پیدا خواهند کرد. حداکثر توان ورودی به طبقه نهائی یک فرستنده آماتوری ۱۰۰۰ وات می‌باشد. رادیو آماتورهای آمریکائی اجازه فعالیت در کشورهای هم پیمان آمریکا را دارند نظیر آرژانتین، پرو، کانادا، برزیل، بولیوی و ...

یادگیری کد مرس

یادگیری کد درست شبیه یادگیری ماشین نویسی (تایپ) می‌باشد. یک چیز مهم در شروع یادگیری کد اینست به آن بعنوان یک زبان صدا فکر کنید نه بصورت ترکیبی از خطوط و نقاط. برای تلفظ این خطوط و نقاط از *dah*، *dit* استفاده می‌شود مثل *didah* (t در ترکیب می‌افتد). مثلاً عدد ۵ بفرم دی‌دی‌دی‌دی‌دیت (*didididit*) صدا دارد. چند کاراکتر (حرف و عدد) را با هم انتخاب کرده و آنها را بزبان (*didah*) تمرین کنید. اگر کسی هست که به کد آشنایی دارد بهتر است این کدها را مثلاً با سوت برای شما تقلید کند تا گوش شما با این کدها آشنا شود. می‌توانید برای تمرین از یک اسیلاتور یا یک بازر (*Ruzzer*) نیز استفاده کنید. در ابتدا یادگیری کدها هیچ به سرعت عملتان فکر نکنید و فقط سعی کنید آنها را از یکدیگر تمیز دهید. یادگیری کد مرس کار مشکلی نیست.

برای تمرین کد می‌توانید از اسیلاتوری که در شکل ۲-۱ آمده استفاده کنید. در این مدار از یک آی - سی ۵۵۵ (تایمر) استفاده شده و مدار ساده‌ای است. می‌توانید برای یک مدار فیبر چایی نیز در نظر بگیرید و آنرا در یک جعبه قرار دهید. بلندگوی مدار می‌تواند از ۴ تا ۵۰ اهمی باشد و تغذیه مدار نیز از ۴/۵ تا ۱۸ ولت می‌تواند باشد. $R2$ را طوری تنظیم کنید که صدای مناسبی از بلندگو به گوش برسد. وقتی مدار را به باتری وصل کنید مدار شروع به نوسان می‌کند و در حالت کار جریان ۶ میلی‌آمپری مصرف می‌کند بهمین جهت چنانچه بطور مدام به باتری وصل باشد عمر باتری خیلی کم خواهد بود. بنابراین حتماً شبیه آنچه در مدار آمده یک کلید قطع و وصل ساده $S1$ در مدار قرار دهید.





شکل ۲-۱- شمای یک اسیلاتور گد
مقاومتها بر حسب اهم هستند.

A	didah	N	dahit
B	dahdididit	O	dahdahdah
C	dahdidahdit	P	didadahdit
D	dahdidit	Q	dahdahdidah
E	dit	R	didahdit
F	dididahdit	S	dididit
G	dahdahdit	T	dah
H	dididit	U	dididah
I	didit	V	didididah
J	didahdahdah	W	didahdah
K	dahdidah	X	dahdididah
L	didahdidit	Y	dahdidahdah
M	dahdah	Z	dahdahdidit
1	didadahdahdah	6	dahdidididit
2	dididahdahdah	7	dahdahdididit
3	didididahdah	8	dahdahdahdidit
4	dididididah	9	dahdahdahdahdit
5	dididididit	0	dahdahdahdahdah

Period : didahdidahdidah. Comma : dahdahdidi-
dahdah. Question mark : dididahdahdidit. Error :
dididididididit. Double dash : dahdidididah.
Colon : dahdahdahdididit. Semicolon : dahdidah-
didahdit. Parenthesis : dahdidahdahdidah. Frac-
tion bar : dahdidahdit. Wait : didahdididit. End
of message : didahdidahdit. Invitation to trans-
mit : dahdidah. End of work : didididahdidah.

باند های آماتوری

در اینجا خلاصه ای از باندهای آماتوری که در آمریکا
A0 و F0 به معنی حاملهای مدوله شده است.

A1 یعنی تلگرافی موج حامل.

A2)) تلگرافی موج حامل مدوله شده.

A3)) مدوله شده بصورت دامنه (تلن).

A4)) فاکسی میل.

A5)) تلویزیون.

Frequency shift keying)) F1

کلیدزنی تن مدوله شده فرکانسی.)) F2

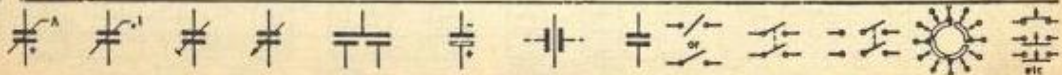
تلن اف - ام.)) F3

فاکسی میل اف - ام.)) F4

تلویزیون اف - ام.)) F5

مجازند خواهد آمد.

خازن بکه هم میکرو فاراد
سرامیکی است.



باند های آماتوری در ایالات متحده

	kHz	EMISSIONS	MHz	EMISSIONS
160 m.*	1800-2000	A1, A3	50.0-54.0	A1
	3500-4000	A1	50.1-54.0	A2, A3, A4, A5 ³ , F1, F2, F3 ² , F5 ¹
80 m.**	3500-3775	F1	51.0-54.0	A0
	3775-3890	A5 ¹ , F5 ¹	52.5-54.0	F3
	3775-4000	A3, F3 ²		
40 m.**	7000-7300	A1	144-148	A1
	7000-7150	F1	144.1-148	A0, A2, A3, A4, A5 ³ , F0, F1, F2, F3, F5 ¹
	7150-7225	A5 ¹ , F5 ¹		
	7150-7300	A3, F3 ²	220-225	A0, A1, A2, A3, A4, A5 ³ , F0, F1, F2, F3, F4, F5 ¹
20 m.**	14000-14350	A1		
	14000-14200	F1	420-450 ⁴	A0, A1, A2, A3, A4, A5 ³ , F0, F1, F2, F3, F4, F5
	14200-14275	A5 ¹ , F5 ¹	1,215-1,300	
	14200-14350	A3, F3 ²		
	MHz	EMISSIONS		
15 m.**	21.00-21.45	A1	2,300-2,450	
	21.00-21.25	F1	3,300-3,500	
	21.25-21.35	A5 ¹ , F5 ¹	5,650-5,925	A0, A1, A2, A3, A4, A5
	21.25-21.45	A3, F3 ²	10,000-10,500 ⁵	F0, F1, F2, F3, F4, F5, pulse
10 m.	28.0-29.7	A1	24,000-24,050	
	28.0-28.5	F1		
	28.5-29.7	A3, A5 ¹ , F3 ² , F5 ¹		
	29.0-29.7	F3		

NOTE: Frequencies from 3.9-4.0 MHz and 7.1-7.3 MHz are not available to amateurs on Baker, Canton, Enderbury, Guam, Howland, Jarvis, Palmyra, American Samoa, and Wake Islands.

When operating from points outside ITU Region 2 (roughly, the Western Hemisphere extended to include Hawaii), licensees of Conditional Class and higher may operate A3 and F3 from 7075-7100 kHz; Novice licensees may operate A1 from 7050-7075 kHz.

REPEATERS:

The frequency ranges (in MHz) available for repeater inputs and outputs are as follows:

52.0 - 54.0
146.0 - 148.0
222.0 - 225.0
442.0 - 450.0

any amateur frequency above 1215 MHz.

The frequency band 29.5 - 29.7 MHz may be authorized upon a special showing of need for repeater station operation in this band.

Novice licensees may use A1 emission and a maximum power input of 75 watts on the following frequencies:

3,700-3,750 MHz 21,100-21,200 MHz
7,100-7,150 MHz 28,100-28,200 MHz

The bands 220 through 10,500 MHz are shared with the Government Radio Positioning Service, which has priority.

¹ Slow-scan television no wider than a single-sideband voice signal may be used; in A5 if voice is simultaneously used, the total signal can be no wider than a standard a-m signal.

² Narrow-band frequency- or phase-modulation no wider than standard a-m voice signal.

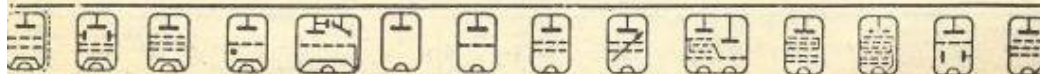
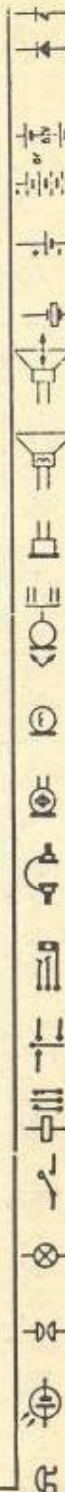
³ Slow-scan television no wider than a standard a-m voice signal.

⁴ Input power must not exceed 50 watts in Fla., Ariz., and parts of Ga., Ala., Miss., N. Mex., Tex., Nev., and Ca. See the *License Manual* or write ARRL for further details.

⁵ No pulse permitted in this band.

Technician licensees are permitted all amateur privileges in 50.1-54 MHz, 145-148 MHz and in the bands 220 MHz and above.

Except as otherwise specified, the maximum amateur power input is 1000 watts.



قوانین و مدارهای الکتریکی ELECTRICAL LAWS AND CIRCUITS

میدانهای الکتریکی و مغناطیسی - Electric And Magnetic Fields

هنگامیکه واقعه‌ای در یک نقطه اتفاق بیافتد که این واقعه معلول واقعه دیگری در محل دیگری باشد، بدون اینکه وسیله قابل رویتی بین این دو پدیده وجود داشته باشد، می‌گوئیم این دو واقعه با یک میدان (Field) بهم مربوط شده‌اند. در اینجا در مورد امواج، ما با دو میدان سر و کار داریم که یکی الکتریکی (Electric) و دیگری مغناطیسی (Magnetic) میباشند. ترکیب این دو، میدان الکترومغناطیسی (Electromagnetic) نامیده میشود.

یک میدان دو خاصیت مهم دارد، شدت (مقدار) و جهت. میدان به شیئی که در محدوده آن واقع باشد نیروئی وارد میکند که این نیرو معرف انرژی پتانسیل می‌باشد. پتانسیل میدان معیاری است از شدت میدان (Field intensity)

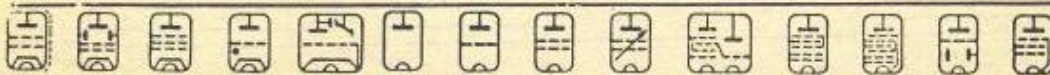
جهت (Direction) میدان جهت حرکت شیئی است که در آن میدان واقع میشود. یک جسم باردار شده (Charged)، بطور الکتریکی، وقتی در میدان الکتریکی قرار گیرد نیروئی بر آن وارد می‌گردد که این نیرو سبب حرکت آن جسم در جهت معینی می‌شود. جهت حرکت این جسم بستگی به جهت میدان الکتریکی و نوع بار جسم دارد. بطور مشابه وقتی یک آهنربا (مگنت) در میدان مغناطیسی واقع شود، نیروئی به آهنربا اعمال می‌گردد. هر کسی با داشتن یک آهنربا که در دسترس همگان می‌باشد می‌تواند با مقداری براده آهن نرم و شدت و جهت میدان مغناطیسی را مشاهده نماید.

یک میدان ساکن (استاتیک Static)، میدانی است که نه شدت آن تغییر می‌کند نه حرکت آن. چنین میدانی توسط یک بار الکتریکی ساکن (میدان الکتروستاتیک) و یا یک مغناطیس (آهنربا) ساکن (میدان مگنوستاتیک) بوجود می‌آید. اما اگر یک میدان مغناطیسی یا الکتریکی در قضا حرکت کند یا شدتش تغییر کند میدان تغییر خواهد شد و این حرکت یا تغییر هر میدان منجر به تولید میدان دیگر می‌گردد. یعنی تغییر میدان الکتریکی سبب تولید میدان مغناطیسی و تغییر میدان مغناطیسی منجر به تولید میدان الکتریکی می‌گردد. این ارتباط بین میدانهای الکتریکی و مغناطیسی یعنی بستگی دو میدان بیکدیگر اساس وسایلی نظیر موتورهای الکتریکی را توجیه می‌کند. همچنین امواج الکترومغناطیسی (Electromagnetic Waves) که ارتباطات رادیوئی را سبب میشوند با این رابطه بیان می‌گردد. این امواج میدانهای متحرک (مسافر) هستند که انرژی در آن بطور متناوب بصورت مغناطیس و الکتریکی در می‌آید و مجموع این دو انرژی در هر لحظه ثابت می‌باشد.

خطوط نیرو = Lines of Force

اگر چه هیچ کس نمیداند که ترکیب میدان چیست ولی بسیار مفید خواهد بود که تصویری از آن ابداع کنیم تا توسط آن بتوانیم نیروها و روشی که این نیروها بر اجسام اعمال میشود را توضیح و نمایش دهیم.

میدان الکتریکی یا مغناطیسی را میتوان توسط خطوط نیرو یا خط فلو نمایش داد. (Flux lines). این خطوط کاملاً خیالی هستند که جهت آنها طوری است که جهت حرکت جسمی که در آن میدان واقع می‌شود را نشان میدهد. تعداد این خطوط در یک مقطع میدانی اندازه (مقدار) شدت نیرو را مشخص می‌کند. تعداد خطوط در واحد سطح (اینچ مربع یا سانتی متر مربع) بنام دانسیته یا چگالی فلو (Flux density) نامیده میشود.



الکتریسیته و جریان الکتریکی

(Electricity And The Electric Current)

تمام اجسام از اتم ساخته شده‌اند. اتم‌ها، ذرات ریزی هستند که حتی با قویترین میکروسکوپها دیده نمی‌شوند. هر اتم از چندین ذره کوچکتر تشکیل یافته‌اند. یکی از این ذرات الکترون (Electron) است که اساس الکتریسیته می‌باشد. مقدار الکتریسیته یا بار الکتریکی یک الکترون کوچکترین مقدار الکتریسیته است که وجود دارد. نوع بار الکترون الکتریسیته منفی یا بار منفی است.

یک اتم معمولی دارای یک هسته است که (Nucleus) هم گفته می‌شود که در اطراف این هسته الکترون‌ها در گردش هستند. تعداد الکترون‌های یک اتم بستگی به نوع اتم دارد. یک مدل برای ساختمان یک اتم منظومه شمسی است که خورشید را میتوان بعنوان هسته اتم و سیاره‌های اطراف آن مثل زهر، زمین و... را بعنوان الکترون‌ها در نظر گرفت.

بار الکتریکی هسته مثبت می‌باشد که از نظر مقدار دقیقاً برابر مجموع بارهای منفی الکترون‌هاست که در اطراف هسته در گردش هستند.

حقیقتی که وجود دارد اینست که دوبار مخالف همدیگر را جذب و دو بار همنام یکدیگر را دفع می‌کنند. بنابراین هسته که بار مثبت دارد و الکترون‌ها که دارای بار منفی هستند یکدیگر را جذب می‌کنند ولی دو الکترون و یا دو هسته اتم همدیگر را دفع می‌کنند.

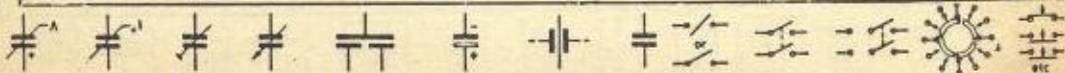
در یک اتم معمولی مقدار بار مثبت هسته برابر مقدار بار منفی الکترون‌های موجود در آنست هر اتم می‌تواند یک الکترون از دست بدهد یا بدست آورد. وقتی اتمی یک الکترون خود را از دست بدهد دارای بار مثبت خواهد شد زیرا در اینحال تعادل بار مثبت و منفی هسته و الکترون‌ها بهم می‌خورد و افزایش بار مثبت در کل خواهد بود. گویند این اتم یونیزه (Ionized) شده است و در اینحالت اتم تبدیل به یک یون مثبت (Positive Ion) شده است. اگر اتمی یک الکترون اضافی بدست آورد کاملاً دارای بار منفی می‌گردد و تبدیل به یون منفی (Negative Ion) می‌شود.

یک یون مثبت هر الکترونی که در مجاورتش باشد از جمله آن الکترون اضافی که در یون منفی وجود دارد را بخود جذب می‌کند. به همین روش مسافرت الکترون‌ها از یک اتم به اتم دیگر امکان‌پذیر است، حرکت یون‌ها یا الکترون‌ها هستند که جریان الکتریکی را بوجود می‌آورند.

دامنه جریان (شدت یا مقدار) بستگی به شدت (سرعت) حرکت بار الکتریکی، مجتمعی از یون‌ها از یکنوع یا الکترون‌ها، در مدار دارد. چون مقدار بار یک یون یا یک الکترون منفرد بینهایت کوچک است، تعداد بارهای الکتریکی که مولد جریان کوچکی باشد خیلی زیاد است.

هادیها و عایق‌ها (Conductors & Insulators)

اتم‌های بعضی از مواد نظیر فلزات و اسیدها به آسانی الکترون خود را از دست می‌دهند. از طرفی اتم‌های بعضی دیگر از مواد الکترون خود را از دست نمی‌دهند حتی اگر تحت نیروی الکتریکی قوی قرار گیرند. موادی که الکترون‌ها و یون‌ها در آنها بر راحتی حرکت کنند هادیها یا رساناها (Conductors) و آنهایی که اجازه حرکت به الکترون‌ها و یون‌ها در خودشان نمی‌دهند عایق‌ها یا نارساناها (Insulators) نامیده می‌شوند. در زیر تعدادی از رساناها و نارساناها را می‌آوریم:



هادیها	عایقها
فلزات	هوای خشک - لاستیک
کربن	چوب
اسیدها	شیشه

(Electromotive Force)

نیروی الکترو موتوری

نیرو یا پتانسیل الکتریکی که نیروی الکترو موتوری یا بطور خلاصه emf نامیده میشود سبب جاری شدن جریان در هادیها می گردد بچندین روش بوجود می آید .
با قرار گرفتن فلزات غیر مشابه در بعضی از محلولهای شیمیائی نیروی الکتروموتوری حاصل می گردد چنین ترکیبی بنام سلول ($Cell$) نامیده میشود و گروهی از سلولها یک باتری ($Battery$) را تشکیل میدهند . مقدار جریانی که این باتریها میتوانند بدهند محدود است و بالطبع مقدار انرژی الکتریکی که میتوان از این باتریها گرفت نیز محدود می باشد . در جائیکه جریان زیاد لازم باشد میتوان این جریان را از یک ژنراتور ($Generator$) گرفت . ژنراتورها با ترکیب وسایل مغناطیسی و مکانیکی نیروی الکترو موتوری (emf) تولید می گردد . بعبارت دیگر در ژنراتورها انرژی مکانیکی به الکتریکی تبدیل می گردد .

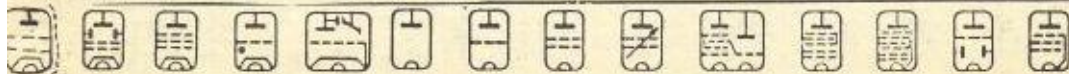
(Alternating And Direct Current)

جریان مستقیم و متناوب

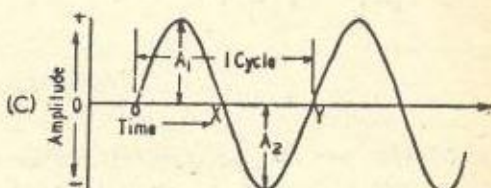
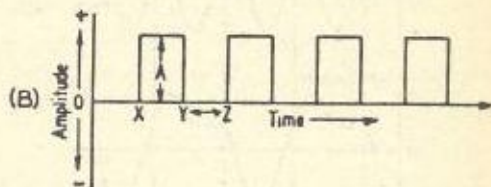
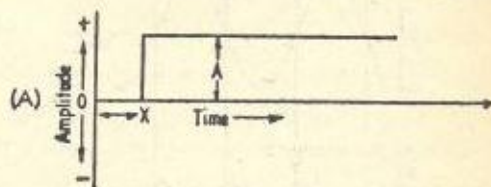
دیدیم در اثر نیروی الکتریکی الکترونها در یک رسانا حرکت می کنند یعنی جریان الکتریکی در رسانا ایجاد می گردد . حال اگر این نیرو ثابت بماند ، الکترونها همیشه در یک جهت ثابت در یک مسیر یا یک مدار ($Circuit$) حرکت خواهند کرد و در نتیجه جریان همیشه جهت ثابتی خواهد داشت . چنین جریانی ، جریان مستقیم ($Direct Current$) یا بطور خلاصه $D.C$ نامیده میشود . این جریان توسط باتریها و انواع بخصوصی از ژنراتورها تولید میشود .

ممکن است نیروی الکترو موتوری (emf) بطور متناوب تغییر جهت دهد . با یک چنین نیروی الکترو موتوری جریان الکتریکی (حرکت الکترونها) ابتدا در یک جهت در مدار و سپس در جهت دیگر در مدار جاری خواهد شد . چنین نیروی الکترو موتوری بنام نیروی الکترو موتوری متناوب نامیده میشود و جریانی که توسط آن ایجاد می گردد جریان متناوب ($Alternating Current$) یا بطور خلاصه $A.C$ نامیده میشود . تغییر جهت جریان می تواند با هر سرعتی از چند دفعه در ثانیه گرفته تا چندین بیلیون بار در ثانیه انجام گیرد . دو تغییر جهت یک سیکل می باشد ($Cycle$) در هر سیکل نیرو ابتدا در یک جهت و سپس در جهت دیگر خواهد بود و دوباره جهت اولیه را بخود می گیرد و سیکل بعدی شروع می شود . تعداد سیکلها در یک ثانیه فرکانس ($Frequency$) جریان متناوب می باشد .

تفاوت بین جریان مستقیم و جریان متناوب در شکل ۱-۲ نشان داده شده است . در این شکلها محور افقی ، محور زمان است که در جهت راست افزایش می یابد . محور عمودی نماینده دامنه یا شدت جریان می باشد که در جهت بالا و پائین بترتیب از نظر مثبت و منفی افزایش می یابد . در شکل بالائی جریان از لحظه معینی شروع شده و در یک مقدار معین بطور ثابت باقی می ماند این جریان ، جریان مستقیم می باشد . در شکل وسطی جریان در لحظه X بمقدار A شروع میشود و همین مقدار را تا لحظه Y حفظ می نماید و در این لحظه به صفر میرسد . دوباره در لحظه Z شروع میشود و به همان مدت قبلی در مقدار A باقی می ماند و سپس به صفر میرسد و همین طور ادامه می یابد . این جریان ،



- جریان مستقیم منقطع (Intermittent Current) می‌باشد. این جریان را میتوان با باز و بستن یک کلید بطور متناوب ایجاد نمود. این یک جریان مستقیم است زیرا جهت جریان تغییر نمی‌کند و مقدار آن همیشه در جهت مثبت باقی می‌ماند.
- در شکل پائینی جریان از صفر شروع می‌شود، مقدارش شروع به ازدیاد می‌رود تا به مقدار A_1 می‌رسد، سپس شروع به کاهش می‌کند (مقدار مثبت می‌ماند) تا در لحظه X به صفر می‌رسد و از این لحظه به بعد مقدار جریان باز رو به کاهش می‌رود منتها مقدار منفی خواهد داشت تا مقدارش به A_2 می‌رسد. دوباره پس از این مقدار جریان شروع به کم شدن می‌کند تا به صفر برسد (Y) و جهت آن یکبار دیگر معکوس می‌گردد. این یک جریان متناوب می‌باشد.



(Wave forms)

شکل موجها

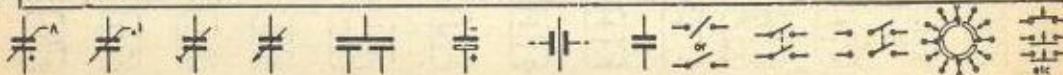
شکل ۱-۲- سه فرم موج معمولی-
اولی جریان مستقیم

دوم- جریان مستقیم
منقطع (پالس)

سوم- جریان سینوسی
(متناوب)

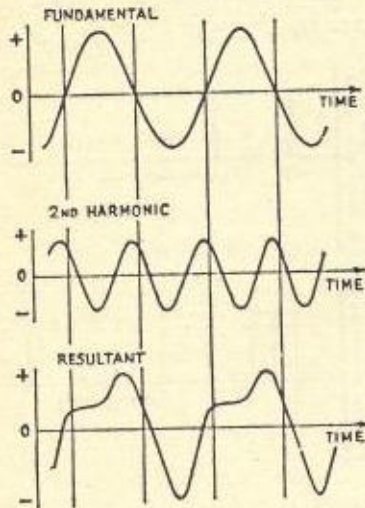
جریان متناوبی که در شکل (۱-۲) پائینی مشاهده کردید بنام موج سینوسی نامیده می‌شود. تغییرات در جریانهای متناوب بصورت موج سینوسی آنقدر یکنواخت نمی‌باشد و همچنین ممکن است مثل موج سینوسی تغییرات در یک نیم سیکل قبلی نباشد. یک نوع از جریان متناوب در حالت کلی در شکل ۲-۲ (پائینی) مشاهده می‌کنید این جریان بنام موج مختلط یا کمپلکس (Complex Wave) می‌باشد. هر موج مختلط مجموعی است از چندین موج سینوسی و فرکانس این موجهای سینوسی مضارب صحیحی است از یک فرکانس که این فرکانس را فرکانس اصلی (Fundamental) گویند. امواج سینوسی که فرکانس آنها بالاتر از فرکانس اصلی هستند هارمونیک می‌باشد. در شکل ۲-۲ یک موج اصلی و هارمونیک دوم آن و نتیجه (مجموع) آنها نشان داده شده است. اگر بجای دو موج چندین موج (هارمونیکهای بیشتر) در نظر گرفته شود میتوان موجهای گوناگون بدست آورد.

هرگاه یک موج سینوسی از یک المان غیر خطی (Nonlinear) عبور کند هارمونیکهای اول، دوم سوم و مراتب بالاتر آن تولید خواهد شد. حاصل جمع این هارمونیکها در خروجی المان غیر خطی



یک موج غیر سینوسی حاصل می‌گردد در اینحال گویند موج سینوسی دیستورته (distorted) شده است بعبارت دیگر فرم آن از حالت یک موج سینوسی خارج شده است.

برای انتخاب یکی از این هارمونیک‌ها بایستی از مدارهای تنظیم شده (tuned) استفاده گردد بدینترتیب که مدار را باید برای آن فرکانس بخصوص که میخواهید تنظیم کنید تا اثر خروجی فقط آن هارمونیک (فرکانس مورد نظر) را داشته باشید و سپس پس از تقویت آنرا مورد استفاده قرار دهید. وسایلی که برای تولید هارمونیک‌های یک موج استفاده می‌گردد عبارتست از یکسو کننده‌ها از هر نوع (Rectifier) و تقویت کننده‌هایی که سیگنال ورودی را دیستورته می‌کنند.



شکل ۲-۲- فرم موجهای پیچیده
(کمپلکس) - بالایی - موج اصلی
وسطی - هارمونیک دوم
پائینی - نتیجه دو فرم
موج بالا

(Electrical Units)

واحدهای الکتریکی

واحد نیروی الکترو موتوری ولت (Volt) می‌باشد. یک باتری چراغ قوه حدود ۱/۵ ولت نیروی الکترو موتوری دارد. نیروی الکترو موتوری که برق شهر دارد ۲۲۰ ولت متناوب و با فرکانس ۵۰ سیکل در ثانیه می‌باشد.

واحد اندازه‌گیری جریان آمپر (Ampere) است. یک آمپر معادل است با حرکت (جابجائی) چندین بیلیون الکترون در یک ثانیه از یک نقطه در مدار.

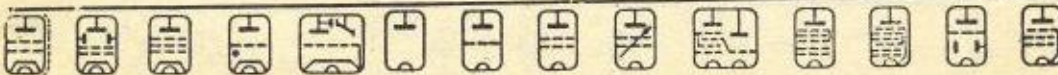
جریان‌های مستقیمی که در کارها و وسایل رادیو آماتوری استفاده میشود زیاد نیست و معمولاً حدود میلی‌آمپر (یک هزارم آمپر) هستند.

آمپر مستقیم (dc. amp) معیاری است برای جریان مستقیم و آمپر متناوب (ac. amp) معیاری است برای جریان متناوب یعنی جریانی که هم از نظر دامنه و هم از نظر جهت متغیر است.

یکی از مشخصه‌های جریان متناوب مقدار مؤثر (Effective) یا جذر مجذور متوسط (Root-mean-square) که بطور خلاصه به (rms) نشان داده میشود می‌باشد.

مقدار مؤثر آمپر متناوب برابر است با آن مقدار از آمپر مستقیم که از نظر حرارتی همان اثر را دارد. برای جریان سینوسی (Sine-Wave ac) این مقدار مؤثر برابر ۰/۷۰۷ مقدار ماکزیمم (پیک) آن می‌باشد. مقدار A1 یا A2 مقدار ماکزیمم یا پیک جریان سینوسی می‌باشد (شکل ۲-۲).

یکی دیگر از مشخصه‌های جریان متناوب مقدار لحظه‌ای (Instantaneous Value) است و آن مقداری است که جریان (یا ولتاژ) در هر لحظه در سیکل بخود می‌گیرد.



اگر تمامی مقادیر لحظه‌ای یک جریان سینوسی در یک نیم سیکل میانگین گرفته شود مقدار متوسط (Average Value) جریان سینوسی بدست می‌آید. مقدار متوسط جریان سینوسی برابر ۰/۶۳۶ مقدار ماکزیمم آنست.

فرکانس و طول موج

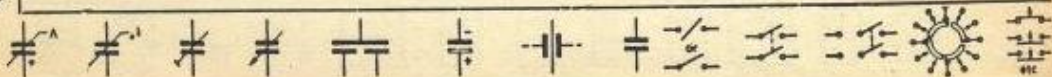
اسپکتروم (طیف) فرکانس (Frequency Spectrum)

فرکانسهای از ۱۵ تا ۱۵۰۰۰ سیکل بر ثانیه cps یا Hertz یا Hz فرکانسهای صوتی (AF) نامیده میشوند. زیرا ارتعاشات ذرات هوا که قابل تشخیص توسط گوش میباشند همین فرکانسها را دارند. فرکانسهای صوتی را میتوان برای تحریک بلندگو استفاده کرد و امواج صوتی تولید نمود. فرکانسهای بالاتر از ۱۵۰۰۰ هرتز (۱۵ کیلو هرتز) فرکانسهای رادیویی (RF) نام دارند زیرا این امواج برای انتقال امواج رادیویی بکار میروند. فرکانسهای تا حدود ۱۰ میلیون هرتز (۱۰ مگاهرتز) برای مصارف فوق استفاده میشوند. در فرکانسهای رادیویی از واحدهای بزرگتری مثل کیلوهرتز (KHZ) برابر ۱۰۰۰ هرتز و مگاهرتز (MHZ) برابر یک میلیون هرتز معمولاً استفاده می‌شود. فرکانسهای مختلف رادیویی به چندین دسته تقسیم میشوند. این تقسیم‌بندی‌ها در زیر آورده میشود و طیف فرکانس نام دارد.

فرکانس	طبقه یا دسته
۱۰ تا ۳۰ کیلوهرتز	فرکانسهای خیلی پائین VLF
۳۰ تا ۳۰۰ کیلوهرتز	فرکانسهای پائین LF
۳۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوهرتز	فرکانسهای متوسط MF
۳۰ تا ۳۰۰ مگاهرتز	فرکانسهای زیاد HF
۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتز	فرکانسهای خیلی زیاد VHF
۳۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ مگاهرتز	فرکانسهای خیلی خیلی زیاد UHF
۳۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰۰ مگاهرتز	فرکانسهای مافوق زیاد SHF

طول موج (Wave length)

امواج رادیویی با سرعتی برابر سرعت نور یعنی ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه یا حدود ۱۸۶۰۰۰ مایل در ثانیه در فضا منتشر میشوند. طریقه ایجاد امواج رادیویی چنین است که یک جریان با فرکانس رادیویی را از مداری می‌گذرانند. تغییرات سریع این جریان سبب تولید میدان مغناطیسی متغیر در اطراف مدار می‌گردد و تغییرات میدان مغناطیسی بنوبه خود سبب ایجاد میدان الکتریکی متغیر می‌شود. هنگامیکه چنین واقع گردد هر دو میدان بطرف جلو با سرعت نور منتشر می‌شوند. فرض کنید یک جریان فرکانس رادیویی فرکانسی برابر ۳ مگاهرتز (سیکل بر ثانیه) داشته باشد. مدت زمان یک سیکل (یکبار برفت و برگشت کامل) این جریان برابر ۱/۳۰۰۰۰۰ ثانیه میباشد. در این مدت زمان میدانها یا بعبارت دیگر موج مسافتی برابر ۱۰۰ متر طی خواهد نمود. مسافتی را که میدانها (موج) در مدت زمان یک پریود (= مدت زمان یک رفت و برگشت کامل) طی می‌کند برابر



یک طول موج (Wave length) می باشد. بنابراین ۱۰۰ متر طول موج سیگنال رادیویی ۳ مگاهرتز می باشد. هرچه فرکانس کمتر باشد طول موج بیشتر خواهد بود. رابطه بین طول موج و فرکانس چنین است:

$$\lambda = \frac{300,000}{f}$$

λ = طول موج بر حسب متر.
 f = فرکانس بر حسب کیلوهرتز.

$$\lambda = \frac{300}{f}$$

λ = طول موج بر حسب متر.
 f = فرکانس بر حسب مگاهرتز.

مثال: طول موج منطبق با فرکانس ۳۶۵۰ کیلوهرتز برابر است با:

$$\lambda = \frac{300,000}{3650} = 82/2 \text{ متر}$$

رزیستانس یا خاصیت مقاومتی Resistance

دو هادی یک اندازه و یک شکل با مواد مختلف موجود است، مقدار جریانی که از هر کدام بازای نیروی الکتروموتوری برابر (ولتاژ) می گذرد متفاوت است و این مقدار جریان بستگی به مقدار مقاومت هر کدام از هادیها دارد. هر چه مقدار مقاومت کمتر باشد مقدار جریان بیشتر خواهد بود (بازای یک مقدار معلوم).

واحد اندازه گیری مقدار مقاومت اهم (OHM) می باشد. اگر ولتاژی برابر یک ولت به مداری که مقاومت آن یک اهم است اعمال گردد جریانی برابر یک آمپر از آن خواهد گذشت.

استقامت یک ماده مقدار مقاومت آن ماده می باشد و به اهم بیان می گردد و آن عبارتست مقدار مقاومت یک مکعب به یال یک سانتی متر. یکی از بهترین هادیها مس است که معمولاً مقاومت مواد مختلف را نسبت به آن می سنجند. جدول زیر مقاومت نسبی فلزات را نسبت به مس نشان میدهد. مقایسه بدین ترتیب است که دو ماده به یک شکل و اندازه گرفته میشود و مقدار مقاومت آنها نسبت بهم سنجیده می گردد:

برای جریان مستقیم و جریانهایی با فرکانس تا حدود کمتر از چند هزار هرتز مقدار مقاومت مواد نسبت عکس با سطح مقطع جسم دارد. همچنین مقدار مقاومت با طول نسبت مستقیم دارد یعنی هر چه طول هادی بیشتر باشد مقدار مقاومت آن نیز بیشتر خواهد بود.

اگر دو هادی از یک جنس و یک طول اختیار کنید آن هادی مقدار مقاومت بیشتری دارد که سطح مقطع کمتری داشته باشد.

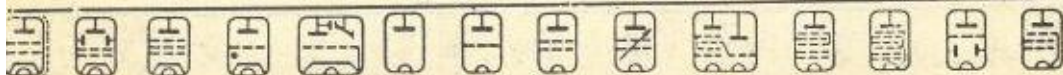
مقدار مقاومت سیمها

در اینجا میخواهیم مقدار مقاومت یک سیمی که مقطع و طولش معلوم است محاسبه کنیم، یا بر عکس اگر مقدار مقاومت و مقطع سیمی مشخص باشد طول سیم را پیدا کنیم. با توجه به جدولی که بعداً خواهد آمد حل مساله فوق آسان است به مثال زیر توجه کنید:

مثال:

فرض کنید مقاومتی بمقدار ۳/۵ اهم احتیاج است و مقداری سیم نمره ۲۸ در دسترس داریم. چه طولی از این سیم برداریم؟

جدولی که صحبت آن شد در اینجا آورده میشود و بعداً در باره آن بیشتر صحبت خواهیم نمود: طبق



این جدول هر ۱۰۰۰ فوت از سیم نمره ۲۸ مقاومتی برابر ۶۶/۱۷ اهم دارد .

ماده	مقاومت نسبی (نسبت به مس)
آلومینیوم	۱/۶
برنج	۳/۷ - ۴/۹
کادمیوم	۴/۴
کرم	۱/۸
مس	۱
طلا	۱/۴
آهن خالص	۵/۶۸
سرب	۱۲/۸
نیکل	۵/۱
نقره	۰/۹۴
فولاد	۷/۶ - ۱۲/۷
قلع	۶/۷
روی	۳/۴

بنا بر این طول مورد نیاز برای مقدار ۳/۵ اهم برابر خواهد بود با :

$$\text{فوت } ۵۲/۸۹ = \frac{۳/۵ \times ۱۰۰۰}{۶۶/۱۷}$$

یا فرض کنید مقدار مقاومت سیمی در مدار نباید از ۰/۰۵ اهم بیشتر گردد و طول سیم مورد نیاز برای اتصال دو نقطه کلا ۱۴ فوت است حساب کنید چه سیمی را انتخاب کنیم ؟

$$\text{اهم } ۰/۰۵ = \frac{۱۴ \times R}{۱۰۰۰}$$

حل : بایستی داشته باشیم : که R حداکثر مقدار مقاومت مجاز بر حسب اهم در هر ۱۰۰۰ فوت است . از این رابطه خواهیم داشت :

$$R = \frac{۰/۰۵ \times ۱۰۰۰}{۱۴} = ۳/۵۷ \text{ اهم } / ۱۰۰۰ \text{ فوت}$$

با توجه به جدول مشاهده میشود سیم نمره ۱۵ برای منظور فوق مناسب است .

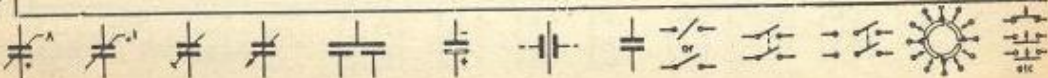
جدول داده شده در بالا برای سیم مسی است . حال چنانچه سیم مسی نباشد بایستی از جدول ۲-۱ استفاده گردد و مقاومت مواد مختلف را به مس تبدیل نمود و سپس از جدول استفاده نمود .

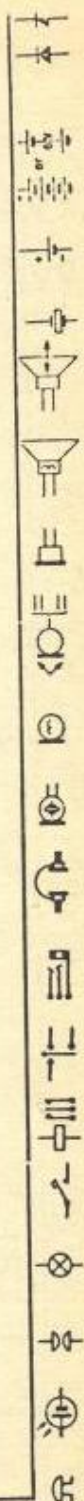
مثال : اگر سیم در مثال اولی از جنس نیکل باشد (بجای مس) طول مورد نیاز برای ۳/۵ اهم برابر خواهد بود با :

$$\text{فوت } ۱۰/۳۷ = \frac{۳/۵ \times ۱۰۰۰}{۶۶/۱۷ \times ۵/۱}$$

اثرات درجه حرارت

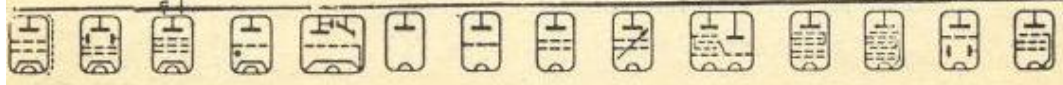
مقدار مقاومت یک هادی به درجه حرارت بستگی دارد و اگر چه درجه حرارت در محاسبات مقدار مقاومت در کارهای رادیو آماتوری کمتر در نظر گرفته میشود ولی اثر درجه حرارت بر مقاومت را بایستی همیشه در نظر داشت . اکثر مواد در اثر حرارت مقاومتشان زیاد می شود . گرین از این نظر بر عکس است یعنی مقاومتش با ازدیاد درجه حرارت کاهش می یابد . اثر درجه حرارت در مواقعی که لازم است مقدار مقاومت را در همه شرایط ثابت نگه داشت بایستی در نظر گرفت .





Wire Size A.W.G. (B&S)	Diam. in Mils.	Circular Mil Area	Turns per Linear Inch		Cont. duty current single wire in open air	Cont. duty current in coils or conducts on bundles	Feet per Pound	Ohms per 1000 ft. 25° C.	Current Capacity at 700 C.M. per amp.	Diam. in mm.	Nearest British S.W.G. No.
			Enamel	S.C.B.							
1	289.3	81690	—	—	—	—	3.947	1264	119.6	7.348	1
2	257.6	66370	—	—	—	—	4.977	1593	94.8	6.544	2
3	229.4	52640	—	—	—	—	6.276	2009	75.2	5.827	3
4	204.3	41740	—	—	—	—	7.914	2533	59.6	5.189	4
5	181.9	33100	—	—	—	—	9.980	3195	47.3	4.621	5
6	162.0	26250	—	—	—	—	12.58	4028	37.5	4.115	6
7	144.3	20820	—	—	—	—	15.87	5080	29.7	3.665	7
8	128.5	16510	7.6	—	73	46	20.01	6405	23.6	3.264	8
9	114.4	13090	8.6	9.1	55	33	25.23	8077	18.7	2.906	9
10	101.9	10380	9.6	—	—	—	31.82	1018	14.8	2.588	10
11	90.7	8234	10.7	—	—	—	40.12	1284	11.8	2.303	11
12	80.8	6530	12.0	11.3	41	23	50.59	1619	9.33	2.051	12
13	72.0	5178	13.5	—	—	—	63.80	2042	7.40	1.828	13
14	64.1	4107	15.0	14.0	32	17	80.44	2575	5.87	1.628	14
15	57.1	3257	16.8	—	—	—	101.4	3247	4.65	1.450	15
16	50.8	2583	18.9	17.3	22	13	127.9	4094	3.69	1.291	16
17	45.3	2048	21.2	—	—	—	161.3	5163	2.93	1.150	17
18	40.3	1624	23.6	21.2	16	10	203.4	6510	2.32	1.024	18
19	35.9	1288	26.4	25.8	11	7.5	256.5	8210	1.84	.912	19
20	32.0	1022	29.4	—	—	—	323.4	1035	1.46	.812	20
21	28.5	810	33.1	31.3	—	—	402.8	1305	1.16	.723	21
22	25.3	642	37.0	—	—	—	514.2	1646	.918	.644	22
23	22.6	510	41.3	37.6	—	—	648.4	2076	.728	.573	23
24	20.1	404	46.3	—	—	—	817.7	2617	.577	.511	24
25	17.9	320	51.7	—	—	—	1011	3300	.458	.455	25
26	15.9	254	58.0	46.3	—	—	1300	4162	.363	.361	26
27	14.2	202	64.9	—	—	—	1639	5248	.288	.286	27
28	12.6	160	72.7	54.6	—	—	2067	6617	.228	.227	28
29	11.3	127	81.6	—	—	—	2607	8344	.181	.181	29
30	10.0	101	90.5	64.1	—	—	3287	1052	.144	.144	30
31	8.9	80	101	—	—	—	4145	1327	.114	.114	31
32	8.0	63	113	74.1	—	—	5291	1673	.090	.090	32
33	7.1	50	127	—	—	—	6810	2110	.072	.072	33
34	6.3	40	143	86.2	—	—	8810	2660	.057	.057	34
35	5.6	32	158	—	—	—	10440	335	.045	.045	35
36	5.0	25	175	103.1	—	—	13210	423	.036	.036	36
37	4.5	20	198	—	—	—	16660	533	.028	.028	37
38	4.0	16	224	116.3	—	—	20500	673	.022	.022	38
39	3.5	12	248	—	—	—	25500	848	.018	.018	39
40	3.1	10	282	131.6	—	—	33110	1070	.014	.014	40

1 A mil is .001 inch. * Figures given are approximate only; insulation thickness varies with manufacturer. * Max. wire temp. of 212° F. and max. ambient temp. of 135° F. + 7000 circ. lar mils per ampere is a satisfactory design figure for small transformers, but values from 500 to 1000 c.m. are commonly used.



بعضی از مواد خاص در یک ناحیه وسیع درجه حرارت بدون تغییر می‌ماند یا تغییرات کمی دارند .
مقاومتها (Resistor)

المانی که در مقابل جریان استقامت می‌کند مقاومت نام دارد . مقاومتها از نظر شکل و مقدار انواع گوناگون دارند . در اثر عبور جریان از مقاومتها ، آنها گرم میشوند و هر چه مقدار آنها بیشتر و جریان گذرنده از آنها نیز زیادتر باشد گرم شدن آنها بیشتر خواهد بود . مقاومتهایی که برای تحمل جریانهای زیاد در نظر گرفته میشوند بایستی از نظر اندازه بزرگ باشند تا بتوانند حرارت ایجاد شده در خود را دفع (تشمیع) کنند .
اگر مقاومتی نتواند حرارت خود را به محیط بدهد و از آن خلاصی یابد ممکن است به درجه حرارتی برسد که بسوزد یا ذوب گردد .



انواع مقاومتها در رادیو از نیم وات تا دو وات ...

مقاومت‌های سیمی را نیز در تصویر می‌بینید که قابل تنظیم هم هستند .

اثر پوستی (Skin Effect)

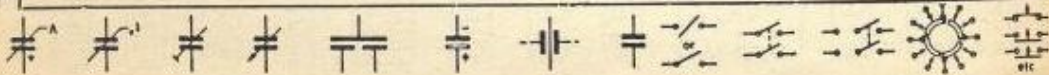
مقدار مقاومت هادیها برای جریان متناوب همانند جریان مستقیم نمی‌باشد . وقتی جریان متناوب می‌باشد یک اثر داخلی جریان گذرنده از مقاومت را مجبور می‌سازد که از قسمت پوستی (خارجی) مقاومت بگذرد . این پدیده سطح مقطع مؤثر (آن مقطعی که جریان از آن می‌گذرد) را کاهش میدهد و در نتیجه مقدار مقاومت آن افزایش می‌یابد .

برای فرکانسهای پائین (LF) این افزایش مقدار مقاومت محسوس نیست ولی در فرکانسهای رادیویی اثر پوستی بقدری چشمگیر میشود که میتوان گفت تمامی جریان از چند هزارم سانتی متر سطح مقطع هادی می‌گذرد .

بنا بر این مقدار مقاومت هادیها در فرکانسهای رادیویی چندین برابر مقدار مقاومت در جریان مستقیم (DC) می‌باشد و این مقدار مقاومت با افزایش فرکانس زیاد می‌گردد .

کندوکنانس (Conductance)

کندوکنانس متقابل است با مقدار مقاومت ، بعبارت دیگر کندوکنانس عکس مقدار مقاومت می‌باشد و آنرا معمولاً با G نمایش میدهند .



مداری که دارای کاندوکتانس بزرگ است مقدار مقاومتش کم است و بر عکس در کارهای رادیویی این لغت را اکثراً بکار میبرند مخصوصاً در رابطه با لامپهای خلاء. واحد کاندوکتانس بر عکس واحد مقدار مقاومت مهم (mho) می باشد. اگر مقاومت یک اهم باشد. کاندوکتانس آن نیز یک مهم می باشد و کاندوکتانس یک مقاومت ۱۰۰۰ اهمی برابر یک هزارم مهم است و همینطور برای دیگر مقادیر. واحدی که اکثراً در رابطه با لامپهای خلاء بکار میرود میکرو مهم (micromho) یا یک میلیونیم مهم است. این مقدار عبارتست از کاندوکتانس مقاومتی به مقدار یک میلیون اهم (مگا اهم).

قانون اهم OHM'S LAW

ساده ترین فرم یک مدار الکتریکی عبارتست از یک باتری و یک مقاومت که به دو سر باتری وصل گردید. که در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. یک مدار کامل بایستی دارای مسیر پیوسته ای باشد بطوریکه جریان بتواند از باتری خارج شده و پس از عبور از آن مسیر دوباره به باتری برگردد. اگر در محلی مدار قطع گردد گویند مدار باز (open) است. کلید یا سوئیچ (Switch) وسیله ای است برای قطع و وصل مدار که برای برقراری جریان و یا جلوگیری از جریان استفاده می شود.



شکل ۳-۲- یک مدار ساده شامل یک مقاومت و یک باتری.

مقادیر جریان، ولتاژ و مقدار مقاومت در یک مدار مستقل از هم نیستند بلکه رابطه ای بین آنها برقرار است. رابطه بین سه کمیت فوق بنام قانون اهم (Ohm's Law) نامیده میشود. این قانون چنین بیان می گردد: جریان جاری شده در یک مدار نسبت عکس دارد با مقدار مقاومت (رزیستانس) و نسبت مستقیم با ولتاژ اعمال شده به دو سر مدار دارد و رابطه آنها بصورت زیر است:

$$I \text{ (amperes)} = \frac{E \text{ (volts)}}{R \text{ (ohms)}}$$

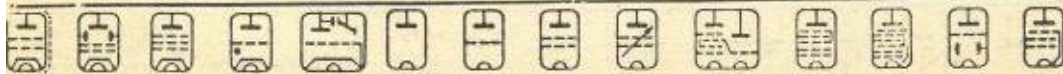
توسط رابطه فوق می توان با معلوم بودن دو کمیت، کمیت سوم را پیدا نمود مثلاً اگر جریان و مقدار مقاومت معلوم باشد ولتاژی که به دو سر مدار اعمال شده برابر خواهد بود با:

$$E = IR$$

یعنی ولتاژ اعمال شده به دو سر مدار برابر است با حاصل ضرب جریان در مقاومت مدار. اگر مقدار مقاومت مدار مجهول باشد از رابطه زیر استفاده می گردد:

$$R = \frac{E}{I}$$

واحدهایی که در روابط فوق بایستی رعایت شود در رابطه اول ذکر گردیده چنانچه مقادیر کمیتها آحادی بغیر از آنها داشته باشند بایستی آنها را به واحدهای داده شده در رابطه اول تبدیل نمود. برای تبدیل واحدها بیکدیگر میتوانید از جدول ۲-۲ استفاده نمایید:



تبدیل از:	به:	تقسیم به:	ضرب در:
واحد	میکرو -		۱۰۰۰/۰۰۰
واحد	میلی		۱۰۰۰
واحد	کیلو	۱۰۰۰	
واحد	مگا	۱۰۰۰/۰۰۰	
میکرو	میلی	۱۰۰۰	
میلی	میکرو		۱۰۰۰
میکرو	واحد	۱۰۰۰	
کیلو	واحد		۱۰۰۰
کیلو	مگا	۱۰۰۰	
مگا	واحد		۱۰۰۰/۰۰۰
مگا	کیلو		۱۰۰۰

بطور خلاصه پیشوندهای فوق معنای زیر را دارند:

میکرو = یک میلیونیم (μ)

میلی = یک هزارم (m)

کیلو = یک هزار برابر (K)

مگا = یک میلیون برابر (M)

برای مثال: یک میکرو ولت برابر یک میلیونیم ولت، یک مگا اهم برابر یک میلیون اهم می باشد.

در زیر چند مثال برای کاربرد قانون اهم آورده می شود:

الف - در مداری جریانی برابر ۱۵۰ میلی آمپر جریان دارد اگر مقدار مقاومت کل مدار ۲۰۰۰۰ اهم باشد ولتاژ چقدر می باشد؟

چون ولتاژ مجهول است از رابطه $E=IR$ استفاده می گردد. ابتدا باید جریان را بر حسب آمپر بدست آورد. هر میلی آمپر برابر یک هزارم آمپر است بنا بر این:

$$۱۵۰ \text{ میلی آمپر} = ۰/۱۵ \times ۱۰۰۰ = ۰/۱۵ \text{ آمپر}$$

$$E=IR$$

$$E = ۰/۱۵ \times ۲۰۰۰۰ = ۳۰۰۰ \text{ ولت}$$

ب - اگر ولتاژی برابر ۱۵۰ ولت به دو سر مداری اعمال گردد و جریان اندازه گیری شده در مدار برابر ۲/۵ آمپر باشد. چه مقاومتی در مدار وجود دارد؟

چون مقاومت مجهول است از رابطه $R = \frac{E}{I}$ باید استفاده گردد. واحدها همان واحدهای استاندارد است بنا بر این تبدیل واحد احتیاج نیست

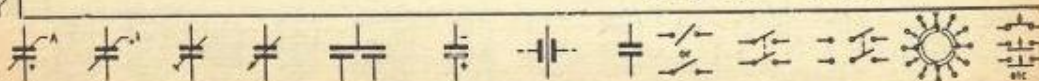
$$R = ۱۵۰ \div ۲/۵ = ۶۰ \text{ اهم}$$

ج: اگر ولتاژ ۲۵۰ ولت به دو سر مداری با مقاومت ۵۰۰۰ اهم اعمال گردد چقدر جریان در مدار جریان خواهد یافت؟

در اینجا جریان مجهول است پس از رابطه $I = \frac{E}{R}$ استفاده میشود به تبدیل واحد نیز احتیاجی نیست پس:

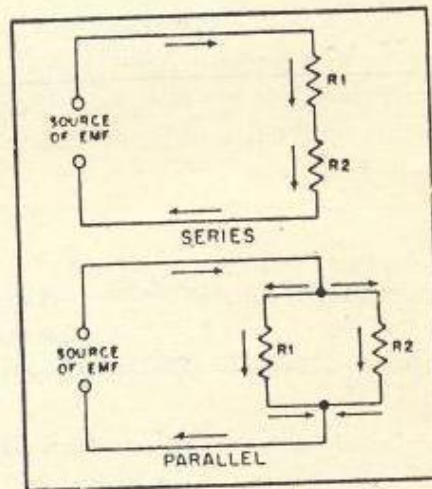
$$I = ۲۵۰ \div ۵۰۰۰ = ۰/۰۵ \text{ آمپر}$$

۰/۰۵ آمپر برابر ۵۰ میلی آمپر می باشد.



مقاومت‌های سری و موازی

مداری که در شکل ۲-۳ مشاهده نمودید ساده‌ترین فرم مدار الکتریکی بود. مدارهای عملی به سادگی این مدار نمی‌باشد و معمولاً مقاومت‌ها بصورت‌های سری و موازی با هم قرار گرفته‌اند. دو نوع از این مدارها در شکل ۲-۴ آمده است. در شکل بالایی دو مقاومت بطور سری و در شکل پائینی دو مقاومت بطور موازی قرار گرفته‌اند. در مدار بالایی جریان هر دو مدار یکی است و جریانی که از منبع شروع شد. ابتدا از مقاومت اولی R_1 و بعد از مقاومت دومی R_2 می‌گذرد و دوباره به منبع بر می‌گردد. در مدار پائینی ولتاژ دو سر هر دو مقاومت برابر است با ولتاژ منبع. جریانی که در این حالت به دو قسمت می‌گردد یک قسمت از مقاومت R_1 و یک قسمت دیگر از مقاومت R_2 می‌گذرد.



شکل ۲-۴ - مقاومت‌ها که بصورت سری و موازی بسته شده‌اند.

Resistors in Series مقاومت‌های سری

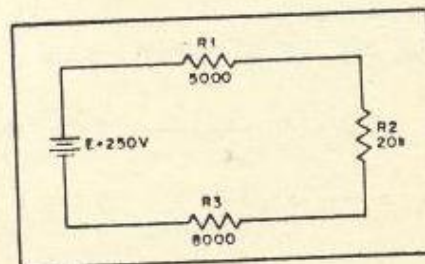
اگر چندین مقاومت $R_1, R_2, R_3, \dots$ را پشت سر هم یعنی بطور سری وصل کردند، مقاومت معادل (کل) مدار برابر خواهد بود با حاصل جمع تمامی مقاومت‌ها یعنی:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

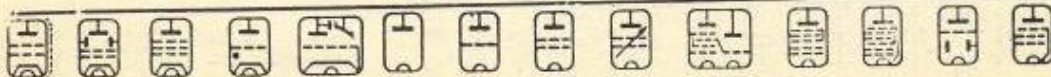
چند نقطه که در رابطه گذاشته شده مشخص کننده چندین مقاومت دیگر است که اضافه می‌گردد. مثال:

فرض کنید سه مقاومت بفرم شکل ۲-۵ بصورت سری قرار گرفته‌اند. مطلوبست جریان مدار را؟ ابتدا مقاومت معادل مدار حساب میشود:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$



شکل ۲-۵ - مثالی از بستن شدن مقاومت‌ها بصورت سری.



$$R = 5000 + 20000 + 8000 = 33000 \text{ اهم} \quad I = \frac{E}{R}$$

$$R = 33000 / 250 = 0.00757 \text{ آمپر} = 7.57 \text{ میلی آمپر}$$

افت ولتاژ

قانون اهم را میتوان در مورد هر قسمت مدار بکار برد. در مثال فوق جریان در هر سه مقاومت یکسان است و برابر 7.57 میلی آمپر باشد. بدینترتیب میتوان ولتاژ دو سر هر مقاومت را پیدا کرد زیرا هم مقدار مقاومت و هم جریان گذرنده از آنها معلوم است. این موضوع را در مثال زیر مشاهده می کنید:

مثال: افت ولتاژ دو سر هر مقاومت را در شکل ۵-۱ حساب کنید و صحت آنرا ثابت کنید:

حل: ولتاژ دو سر هر مقاومت برابر است با حاصلضرب جریان در مقدار مقاومت آن:

$$E1 = IR1 = 0.00757 \times 5000 = 37.9 \text{ ولت}$$

$$E2 = IR2 = 0.00757 \times 20000 = 151.4 \text{ ولت}$$

$$E3 = IR3 = 0.00757 \times 8000 = 60.6 \text{ ولت}$$

کل افت ولتاژ در مقاومتها بایستی برابر ولتاژ اعمال شده به مدار باشد:

$$E = E1 + E2 + E3$$

$$E = 37.9 + 151.4 + 60.6 = 249.9 \text{ ولت}$$

جواب بدست آمده در صورتی دقیقا صحیح در می آید که مقدار جریان را هم دقیقا محاسبه می کردید. پس این اختلاف 0.1 ولت افت ولتاژ در مقابل با ولتاژ اعمال شده در اثر دقیق نبودن مقدار جریان بدست آمده می باشد.

ولی در هر حال همین قدر دقت برای کارهای رادیو آماتوری کافی است.

در مسائلی شبیه فوق که جریان آنقدر کوچک است که بایستی آنرا به میلی آمپر بیان گردد میتوان مقدار مقاومت را هم بر حسب کیلو اهم در رابطه اهم قرار دهید و بدینترتیب ولتاژ را بر حسب ولت خواهید داشت.

Resistors in Parallel

مقاومت های موازی

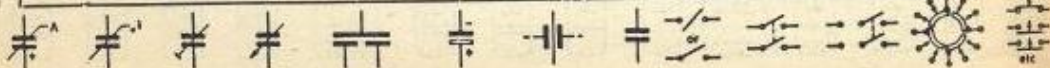
در مدارهایی که مقاومتها در آن بطور موازی (Parallel) قرار گرفته اند مقاومت معادل (کلی) مدار کوچکتر است از کوچکترین مقاومت موجود در مدار این بدین علت است که کل جریان همیشه بزرگتر است از هر کدام از جریانهای گذرنده از هر مقاومت بتهایی.

فرمولی که برای محاسبه مقاومت معادل چند مقاومت موازی استفاده میشود بصورت زیر است:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4} + \dots$$

اگر فقط دو مقاومت بطور موازی هم قرار گرفته باشند مقاومت معادل آنها برابر خواهد بود با:

$$R = \frac{R1R2}{R1+R2}$$



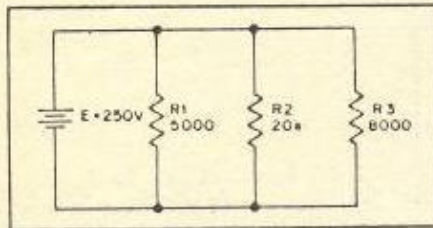
و اگر دو مقاومت مساوی بطور موازی با هم قرار گیرند مقاومت معادل آنها نصف یکی از مقاومت‌های باشد زیرا:

$$R = \frac{R1 \cdot R1}{R1 + R1} = \frac{R1}{2}$$

مثال:

اگر دو مقاومت ۵۰۰ اهم و ۱۲۰۰ اهم بطور موازی بسته شوند مقاومت معادل آنها برابر است با:

$$R = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} = \frac{500 \times 1200}{500 + 1200} = 353 \text{ اهم}$$



شکل ۶-۲- مثالی از بستن شدن مقاومت‌هایی بصورت موازی.

روش دیگری نیز برای پیدا کردن مقاومت معادل در مسائل عملی نیز وجود دارد که شاید ساده‌تر نیز باشد. فرض کنید سه مقاومت مثال قبلی بطور موازی مطابق شکل ۶-۲ بسته شده‌اند و همان ۲۵۰ ولت به همه سه مقاومت اعمال گردیده است. طبق قانون اهم میتوان بسادگی جریان گذرنده از هر کدام را پیدا نمود.

برای سادگی مقدار مقاومت‌ها را به کیلو اهم بیان می‌کنیم:

$$I1 = \frac{E}{R1}$$

$$250 \div 5 = 50 \text{ میلی آمپر}$$

$$I2 = \frac{E}{R2}$$

$$250 \div 20 = 12/5 \text{ میلی آمپر}$$

$$I3 = \frac{E}{R3}$$

$$250 \div 8 = 31/25 \text{ میلی آمپر}$$

$$I = I1 + I2 + I3$$

کل جریان مدار عبارتست از:

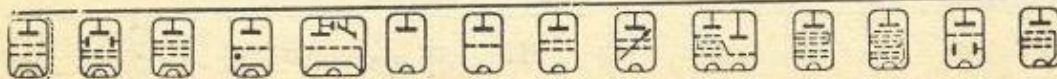
$$I = 50 + 12/5 + 31/5 = 93/5 \text{ میلی آمپر}$$

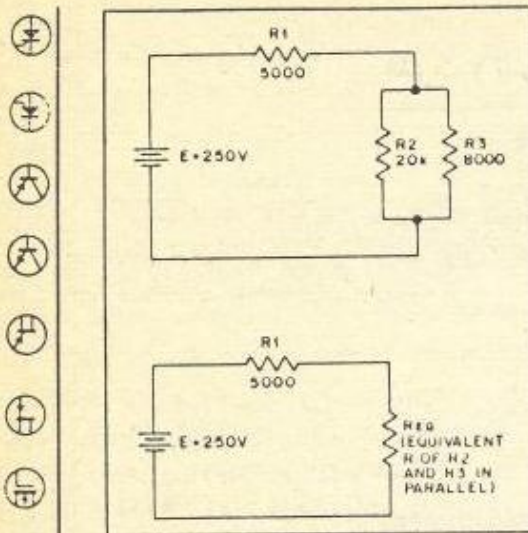
و در نتیجه مقاومت معادل مدار برابر خواهد بود با:

$$R = \frac{E}{I} = 250 \div 93/5 = 2/66 \text{ کیلو اهم} = 266 \text{ اهم}$$

مقاومت‌های مختلط (موازی - سری) Resistors in Series-Parallel

در یک مدار عملی مقاومت‌ها هم بصورت موازی و هم سری قرار می‌گیرند. برای بیان این مطلب سه مقاومت در نظر گرفته که دو تای آنها بصورت موازی و این دو با مقاومت سومی بطور سری قرار گرفته است (شکل ۷-۲) مقاومت‌های $R2$ و $R3$ بطور موازی با هم و حاصل آنها با $R1$ بطور سری می‌باشد. برای محاسبه مقاومت معادل این سه مقاومت ابتدا مقاومت معادل دو مقاومت موازی را پیدا کرده و سپس این مقاومت با مقاومت $R1$ بطور سری در نظر گرفته می‌شود. به مثال زیر توجه نمایید:





شکل ۷-۲- منالی از بستن شدن
مقاومتها بصورت سری - موازی.

مثال :

مقاومت معادل یعنی مقاومتی که منبع تغذیه در شکل ۷-۲ می بینید را حساب کنید . اولین قدم این است که مقاومت معادل R_2 و R_3 را پیدا کنید :

$$R_e = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_e = \frac{20 \times 8}{20 + 8} = 0/71 \text{ کیلو اهم}$$

مقاومت معادل مدار :

$$R = R_e + R_1$$

$$R = 0/71 + 0 = 10/71 \text{ کیلو اهم}$$

جریان کل مدار را نیز میتوان حساب نمود :

$$I = \frac{E}{R} = 250 \div 10/71 = 23/3 \text{ میلی آمپر}$$

افت ولتاژ دو سر مقاومت :

$$E_1 = I R_1 = 23/3 \times 0 = 117 \text{ ولت}$$

افت ولتاژ دو سر هر کدام از مقاومت های R_2 و R_3 :

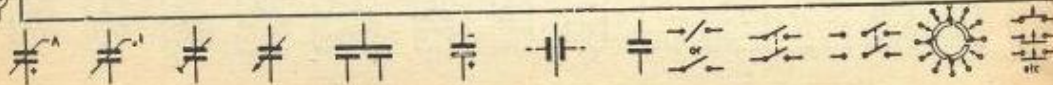
$$E_2 = I R_e = 23/3 \times 0/71 = 133 \text{ ولت}$$

مجموع دو افت فوق همان ۲۵۰ ولت خواهد شد که برابر است با ولتاژ منبع تغذیه جریان گذرنده از هر کدام از مقاومت های R_2 و R_3 در اینجا بسادگی محاسبه میشود :

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = 20 \div 133 = 6/65 \text{ میلی آمپر}$$

$$I_3 = \frac{E}{R_3} = 8 \div 133 = 16/6 \text{ میلی آمپر}$$

کل این جریانهها برابر ۲۵ / ۲۳ میلی آمپر است که حدوداً همان جریان کلی مدار است .



قدرت (توان) و انرژی

"POWER AND ENERGY"

توان (Power)

سرعت انجام کار یا عبارت دیگر کار انجام شده در واحد زمان که برابر است با حاصلضرب ولتاژ در جریان توان نامیده میشود. واحد توان الکتریکی وات (Watt) نام دارد و معادل است با یک ولت ضربدر یک آمپر. معادله توان عبارتست از:

$$P = EI$$

که در آن:

P = توان یا (Power) بر حسب وات.

E = ولتاژ یا (Voltage) بر حسب ولت.

I = جریان یا (Current) بر حسب آمپر.

یک هزارم وات را میلی وات (milliwatt) و هزار وات را کیلو وات (Kilowatt) گویند.

مثال:

ولتاژ صفحه لامپ خلاء فرستنده ۲۰۰۰ ولت و جریان صفحه ۳۵۰ میلی آمپر است بنا بر این قدرت را میتوان باسانی حساب کرد:
ابتدا جریان را بر حسب آمپر در می آوریم که ۰/۳۵ آمپر می گردد حال:

$$P = EI$$

$$P = 2000 \times 0.35 = 700 \text{ وات}$$

چنانچه از قانون اهم بجای جریان یا ولتاژ معادل آنها را قرار دهیم دو رابطه دیگر بدست می آید که مهم است.

$$P = \frac{E^2}{R} \quad , \quad P = I^2 R$$

از این فرمولها وقتی استفاده می گردد که مقاومت همراه با ولتاژ یا جریان در دست باشد.

مثال:

چقدر توان مصرف خواهد شد اگر در دو سر یک مقاومت ۴۰۰۰ اهمی ولتاژی برابر ۲۰۰ ولت اعمال گردد؟

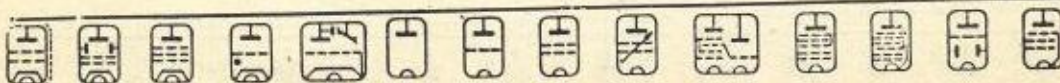
$$P = E^2 / R = (200)^2 \div 4000 = 10 \text{ وات}$$

یا فرض کنید جریان ۲۰ میلی آمپری از مقاومت ۳۰۰ اهمی می گذرد در اینحال توان برابر خواهد بود با:

$$P = I^2 R = (0.02)^2 \times 300 = 0.0004 \times 300 = 0.12 \text{ وات} = 120 \text{ میلی وات}$$

توجه داشته باشید که جریان را از میلی آمپر به آمپر تبدیل نمودیم.

توان الکتریکی در یک مقاومت به حرارت تبدیل میگردد. هر چه توان بیشتر باشد حرارت بیشتری در مقاومت ایجاد خواهد شد. مقاومتهایی که در الکترونیک استفاده میشوند در اندازههای مختلف ساخته میشوند، کوچکترین آنها ۱/۸ وات می باشد یعنی این مقاومت تا ۱/۸ وات می توان حرارتی را تحمل و آنرا دفع نماید. بزرگترین مقاومت از نظر توان تلفاتی در الکترونیک و در کارهای رادیو آماتوری ۱۰۰ وات می باشد.



تعریف کلی مقدار مقاومت

توان الکتریکی همیشه به حرارت تبدیل نمیشود. مثلاً توانی که برای راه اندازی موتور بکار میرود به حرکت مکانیکی تبدیل می‌گردد. توانی که به فرستنده رادیویی اعمال می‌گردد تقریباً بیشتر آن به امواج رادیویی تبدیل می‌شود. قدرتی که به بلندگو اعمال می‌شود تبدیل به امواج صوتی می‌گردد پس بلندگو یک مبدل ولتاژ به امواج صوتی می‌باشد.

در تمامی حالت‌های تبدیل انرژی تمامی انرژی ورودی به انرژی خروجی تبدیل نمی‌شود. همچنین برای عمل صحیح مبدل و وسیله بایستی نسبت محدودی از ولتاژ به جریان به مبدل اعمال گردد. هر دو اینها مشخصه‌های مقاومت هستند، بنا بر این می‌توان گفت که هر وسیله‌ای که توان تلف می‌کند یک مقدار مقاومت محدودی دارد. این نظریه که هر چیزی به نسبت محدودی از ولتاژ به جریان انرژی جذب می‌کند بسیار مفید است زیرا میتوان برای آن قسمتی که انرژی جذب می‌کند یک مقاومت ساده در نظر گرفت و این موضوع محاسبات را بسیار ساده می‌نماید.

البته هر وسیله الکتریکی دارای یک مقاومت داخلی است که مقداری از توان در آن بصورت حرارت تلف می‌گردد ولی در هر حال بیشترین مقدار انرژی بصورت یک نوع انرژی دیگر تبدیل می‌شود.

راندمان یا بازده - Efficiency

در هر وسیله‌ای نظیر موتورها یا لامپهای خلاء منظور اینست که انرژی را به نوع دیگری غیر از حرارت تبدیل نمود. بنا بر این آن مقدار از انرژی که به حرارت تبدیل می‌گردد جزء تلفات است و خواسته ما نمی‌باشد و مفید هم نیست. بازده یا راندمان (Efficiency) یک وسیله عبارتست از آن مقدار از انرژی خروجی که قابل استفاده است تقسیم بر کل انرژی ورودی. مثلاً در لامپ خلاء فرستنده هدف اینست که انرژی یک منبع جریان مستقیم (dc) را به صورت انرژی جریان متناوب (ac) با فرکانس رادیویی تبدیل نمود. نسبت قدرت (فرکانس رادیویی) RF خروجی به قدرت ورودی dc بازده لامپ می‌باشد. یعنی:

$$\text{Eff.} = \frac{P_o}{P_i}$$

Eff. = راندمان یا بازده (درصد)

P_o = قدرت خروجی (وات)

P_i = قدرت ورودی (وات)

مثال:

اگر ورودی جریان مستقیم (dc) به لامپ ۱۰۰ وات و خروجی فرکانس رادیویی (RF) ۶۰ وات باشد بازده لامپ برابر است با:

$$\frac{P_o}{P_i} = 60 \div 100 = 0.6$$

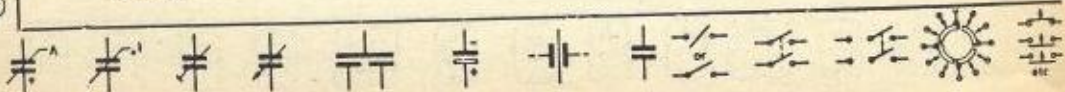
معمولاً بازده را بصورت درصد بیان میدارند و این چنین معنی میدهد که چه درصدی از قدرت ورودی قابل استفاده می‌باشد در مثال بالا بازده ۶۰ درصد می‌باشد.

انرژی -

اگر به قبض برق مصرفی خود نگاه کنید ملاحظه می‌کنید که پولی که می‌پردازید برای مقدار انرژی است که مصرف کرده‌اید نه مقدار توان. بعبارت دیگر آنچه که برای آن پول می‌دهید مقدار کاری است که الکتریسته (برق) برای شما انجام میدهد نه شدت و سرعتی که کار انجام می‌گیرد. کار الکتریکی معادل است با قدرت ضربدر زمان که واحد معمولی برای آن وات - ساعت (Watt-hour) می‌باشد.

وات ساعت یعنی قدرتی که در مدت یک ساعت مورد استفاده قرار گرفته است. رابطه توان و کار چنین می‌باشد:

$$W = PT$$



W = انرژی یا کار بر حسب وات - ساعت

T = زمان بر حسب ساعت .

P = توان یا قدرت بر حسب وات .

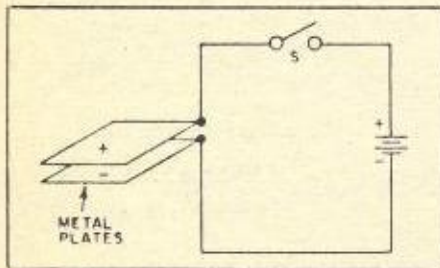
دیگر واحدهای انرژی عبارتند از کیلو وات - ساعت و وات - ثانیه . این واحدها خود معنی خود را میدهند .

کاپاسیتانس یا خاصیت خازنی

Capacitance

دو صفحه فلزی را در نظر بگیرید که نزدیک بهم (نه چسبیده به هم) قرار گرفته‌اند و به یک باتری نیز وصل گردیده‌اند (شکل ۸-۲) و در این مسیر یک کلید S نیز قرار دارد . در لحظه‌ای که کلید بسته میشود الکترون‌ها از صفحه بالایی جدا شده و جذب قطب مثبت باتری میشوند و در همین موقع همان تعداد الکترون نیز از قطب منفی باتری دفع و جذب صفحه پائینی می‌شود . این نقل و انتقالات الکترون بقدری خواهد بود که نیروی الکترو موتوری برابر ولتاژ (نیروی الکترو موتوری) باتری بین دو صفحه فلزی برقرار گردد .

هنگامیکه کلید باز میشود صفحه بالایی کمبود الکترون و صفحه پائینی افزایش الکترون خواهند داشت .



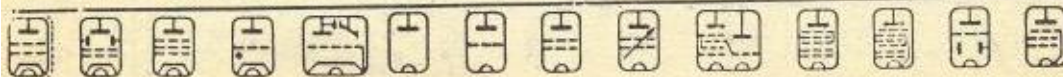
شکل ۸-۲ - یک خازن ساده.

با وجود اینکه باتری از دو صفحه قطع میشوند ولی این دو صفحه بار خود را حفظ می‌کنند و باردار باقی می‌مانند . بهر حال اگر دو صفحه فلزی توسط قطعه سیمی بیکدیگر اتصال داده شوند (اتصال کوتاه) الکترون‌های اضافی صفحه پائینی از طریق قطعه سیم به صفحه بالایی می‌روند و کمبود الکترون صفحه بالایی میزان می‌شود، بدین ترتیب هر دو صفحه خنثی می‌شوند و گویند صفحات تخلیه یا دشارژ (Discharged) شده‌اند .

این دو صفحه یک خازن یا کاپاسیتور (Capacitor) را تشکیل میدهند، خازن خاصیت نخیره الکتریسته دارد . در واقع انرژی در میدان الکتریکی بین دو صفحه نخیره می‌گردد . در زمانی که الکترون‌ها در حال حرکت هستند ، یعنی آن زمانی که خازن در حال شارژ شدن (پر شدن) و دشارژ شدن (خالی شدن) است ، جریانی در مدار برقرار است و قطع بودن مدار در اثر فاصله دو صفحه خازن باعث قطع این جریان نیست .

بهر حال فقط در زمان شارژ و دشارژ خازن است که جریان در مدار وجود دارد و این زمان معمولاً خیلی کوتاه است .

جریان مستقیم (dc) از خازن عبور نمی‌کند بعبارت دیگر خازن جلوی عبور جریان مستقیم را



می گیرد و فقط جریان متناوب می تواند بسادگی از خازن عبور کند آنهم اگر فرکانس آن بحد کافی زیاد باشد.

مقدار بار یا مقدار الکتریسیته ای که میشود روی خازن قرار داد بستگی مستقیم به ولتاژی دارد که به دو صفحه خازن وصل می گردد. همچنین این مقدار بار بستگی به خاصیت خازنی یا کاپاسیتانس خازن دارد. هر چه مساحت صفحات خازن بیشتر و فاصله صفحات کمتر باشد مقدار خازن یا کاپاسیتانس آن بیشتر خواهد بود.

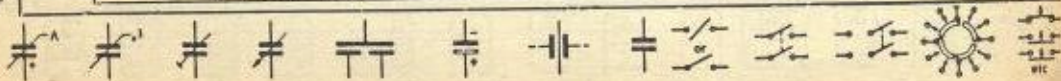
کاپاسیتانس همچنین بستگی به ماده عایقی دارد که بین صفحات قرار می گیرد. در صورتیکه بین صفحات چیزی قرار نگیرد هوا بین آنها وجود خواهد داشت که خود نوعی عایق است که کمترین مقدار خازن در همین مورد است. عایق های دیگر اگر بین صفحات قرار داده شود مقدار خازن افزایش خواهد یافت. نسبت مقدار خازن با عایقی سوای هوا به مقدار خازنی همان خازن با عایق هوا «ثابت دی الکتریک» (Dielectric Constant) عایق گفته میشود و خود ماده را دی الکتریک (Dielectric) گویند.

ثابت هادی الکتریک چند ماده که معمولاً در خازنها استفاده میشوند در جدول ۳-۲ آمده است. مثلاً اگر بجای هوا یک ورقه پلی استرین (Polystyrene) بین دو صفحه خازن قرار گیرد مقدار خازن (کاپاسیتانس) $\frac{2}{6}$ برابر می گردد.

جدول ۳-۲
ثابت های دی الکتریک و ولتاژهای شکست

ماده	ثابت دی الکتریک (یک مگاهرتز)	ولتاژ شکست
هوا	۱	
یاکلیت	۵/۷	۲۴۰
یاکلیت - میکا	۴/۴ - ۵/۴	۳۰۰
سلولز	۴/۷	۳۲۵ - ۳۷۵
الیاف (فیبر)	۳/۳ - ۳/۹	۲۵۰ - ۶۰۰
فرمیکا	۵ - ۷/۵	۱۵۰ - ۱۸۰
شیشه معمولی	۴/۶ - ۴/۹	۴۵۰
شیشه پیرکس	۷/۶ - ۸	۲۰۰ - ۲۵۰
میکا	۴/۸	۳۳۵
میکالکس	۵/۴	۳۸۰۰ - ۵۶۰۰
کاغذ	۷/۴	۲۵۰
پلی اتیلن	۳	۲۰۰
پلی استرین	۲/۳	۱۲۰۰
پرسلین	۲/۶	۵۰۰ - ۷۰۰
کوارتز	۵/۱ - ۵/۹	۴۰ - ۱۰۰
تفلن	۳/۸	۱۰۰۰
	۲/۱	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰

تذکر: در جدول فوق ولتاژ شکست بر حسب ولت بر میل (یکهزارم اینچ) بیان شده است.



واحدها

واحد اصلی مقدار خازن فاراد (*farad*) است ولی بسبب بزرگ بودن این واحد در کارهای عملی اغلب از واحدهای کوچکتر مثل میکرو فاراد (یک میلیونیم فاراد) یا نانوفاراد (یک هزار میلیونیم فاراد) و پیکوفاراد (یک میلیون میلیونیم فاراد) استفاده میشود. پیکو فاراد را میکرو میکرو فاراد نیز میگویند. خازنها اغلب بیشتر از دو صفحه دارند و اکثراً چندین صفحه بهم متصل میشوند تا مقدار آن بیشتر گردد (شکل ۹-۲) با این روش میتوان مقادیر زیاد در یک قصای کم بدست آورد. فرمول برای محاسبه کاپاسیتانس این چنین خازنها چنین است:

$$C = 0.224 \frac{\kappa A}{d} (n - 1)$$

C = مقدار خازن بر حسب پیکوفاراد

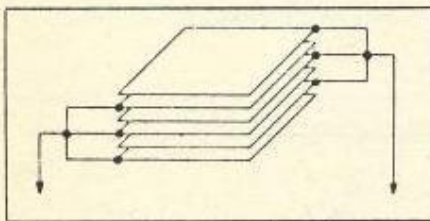
K = ثابت دی الکتریک عایق بین صفحات

A = مساحت یکی از صفحات بر حسب اینچ مربع

d = فاصله بین صفحات خازن بر حسب اینچ

n = تعداد صفحات

اگر واحد را سانتی متر و سانتی متر مربع بگیرد ضریب عددی در ۲/۵۴ ضرب می گردد اگر مساحت صفحات با هم برابر نباشد بایستی کوچکترین مساحت را در فرمول قرار داد.

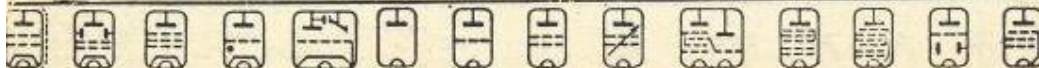


شکل ۹-۲- یک خازن ساده با چندین صفحه.

خازنها در رادیو

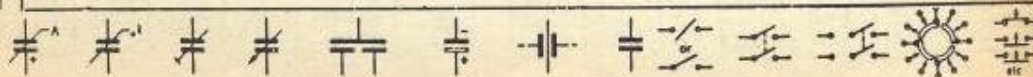
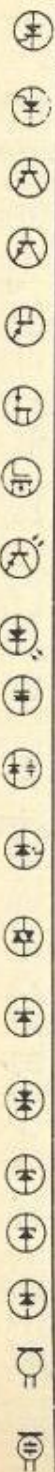
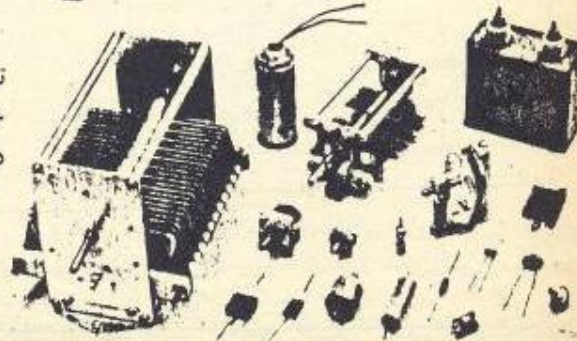
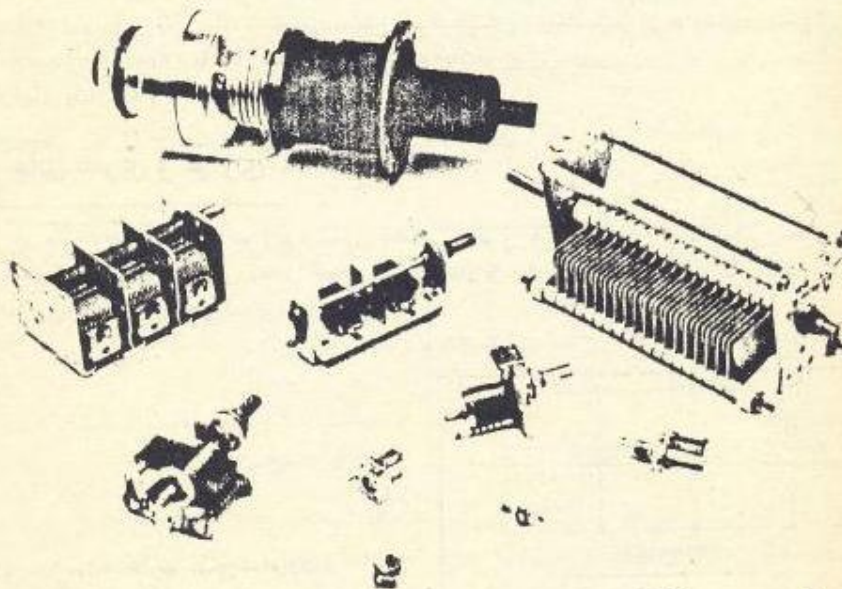
خازنهائی که در رادیو استفاده میشوند از نظر اندازه، ساختمان، شکل و کاپاسیتانس با هم اختلاف دارند. بعضی از انواع آنها در شکل نشان داده شده است. در نوع متغیر یا واریابل (*Variable*) (که اکثراً عایق هوا می باشد) یک سری صفحات نسبت به صفحات دیگر حرکت می کنند. خازنهائی ثابت یا فیکس (*Fixed*) یعنی آنهائی که مقادیر ثابت دارند نیز از صفحات فلزی و عایق هوائی هم ساخته میشوند اما معمولاً آنها را از ورقه های فلزی که بصورت ساندویچ عایق جامد یا مایع را در بر گرفته اند میسازند. عایقهای جامد که معمولاً در خازنها از آنها استفاده میشود عبارتند از میکا، کاغذ و سرامیکهای مخصوص. روغن معدنی یکی از عایقهای مایع خازنها می باشد. در خازنهائی شیمیائی یا الکترولیت (*Electrolytic*) ورقه های آلومینیومی بجای صفحات و از ترکیب نیمه مایعی بعنوان عایق آنها استفاده می گردد. دی الکتریک واقعی یک لایه خیلی نازک از ماده عایق است که روی یک سری از صفحات مالیده میشود، در اثر اعمال ولتاژ مستقیم به خازن عمل الکترو شیمیائی انجام می گیرد. مقادیر خازنهائی شیمیائی در مقایسه با سایر خازنها زیاد است و این بدین علت است که عایق آن یک لایه خیلی نازک است بطوریکه جامدات را نمیتوان با این ضخامت در بین صفحات قرار داد.

خازنهائی شیمیائی و آنهائی که از روغن پر شده اند در منابع تغذیه برای عمل تصفیه (فیلتر کردن) و همچنین در فرکانسهای صوتی برای حذف یک سری از فرکانسها (بالپاس) استفاده میشود. خازنهائی میکا و سرامیکی را میتوان از فرکانسهای صوتی گرفته تا چند صد مگاهرتز (تلویزیون) بکار برد.





(A)



وقتی ولتاژ زیادی به صفحات خازنی اعمال گردد نیروی قابل ملاحظه‌ای به الکترون‌ها و هسته اتم عایق خازن وارد میشود. دی‌الکتریک یک عایق است و همچنانکه میدانید الکترون‌ها در عایق‌ها آن آزادی عملی که در فلزات است ندارند و در نتیجه اگر نیرو بحد کافی باشد عایق خواهد شکست و معمولاً سوراخ می‌گردد و اجازه عبور جریان را میدهد. این ولتاژ که سبب از بین رفتن دی‌الکتریک خازن می‌گردد بنام ولتاژ شکست عایق نامیده میشود. ولتاژ شکست به نوع و ضخامت دی‌الکتریک بستگی دارد که این موضوع در جدول ۳-۲ نشان داده شده است. این ولتاژ نسبت مستقیم با ضخامت ندارد بدین معنی که وقتی ضخامت دو برابر شود ولتاژ شکست دو برابر نمی‌شود بلکه زیاد می‌گردد؛ اگر دی‌الکتریک خازن هوا یا هر گاز دیگری باشد علامت شکست جرقه‌ای است که بین دو صفحه بوجود می‌آید ولی پس از قطع ولتاژ دو صفحه جرقه نیز رفع شده و خازن دوباره آماده کار می‌باشد.

شکست در نواحی تیز در ولتاژهای کمتری نسبت به نواحی گرد و صیقل زده شده اتفاق می‌افتد، بنابراین با صیقل دادن صفحات ولتاژ شکست خازن‌ها را افزایش میدهند.

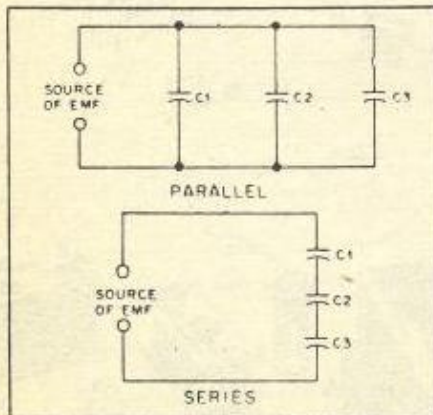
برای اینکه خازن بتواند ولتاژهای زیاد را تحمل کند باید ضخامت عایق زیاد باشد، از طرفی زیاد بودن ضخامت عایق سبب کاهش مقدار خازن می‌شود بدین جهت خازن‌های ولتاژ بالا (High-Voltage) بایستی سطح صفحاتش بیشتر از خازن‌های ولتاژ پایین (Low-Voltage) با همان مقدار کاپاسیتانس باشد. خازن‌های ولتاژ بالا و مقدار زیاد ظاهر بزرگی دارند.

خازن‌های سری و موازی -

در مورد مقاومتها در مورد موازی و سری بحث کردیم و معنی آنها را گفتیم. وقتی تعدادی خازن موازی با هم قرار میگیرند خازن معادل آنها برابر خواهد بود با مجموع مقدار خازن‌های تک - تک آنها (شکل ۱۰-۲) شبیه مقاومت‌های سری.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots$$

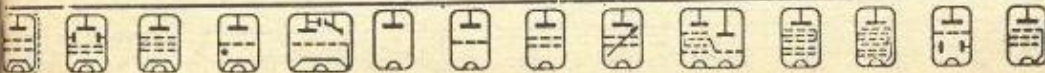
یعنی:



شکل ۱۰-۲ - خازن‌ها بصورت موازی و

سری.

بهر حال اگر دو یا چندین خازن بطور سری قرار گیرند (شکل ۱۰-۲) مقدار خازن معادل (کلی) آنها از کوچکترین آنها نیز کوچکتر خواهد بود. روش پیدا کردن خازن معادل چند خازن سری شبیه پیدا کردن مقاومت معادل مقاومت‌های موازی است. یعنی:



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \frac{1}{C4} + \dots$$

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \frac{1}{C4} + \dots}$$

$$C = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$$

و برای دو خازن سری :

در این فرمولها بایستی تمامی خازنها از یک واحد باشند یا میکروفاراد یا پیکوفاراد یا نانوفاراد. برای اینکه مقدار خازن را افزایش دهید باید خازنها را باهم موازی کنید و برای اینکه مقدار خازن را کاهش دهید باید آنها را با هم سری نمایید.

مقدار ولتاژی که میتوان با اطمینان به چندین خازن موازی اعمال نمود برابر است با کمترین مقدار ولتاژ مجاز که متعلق به یکی از خازنهاست.

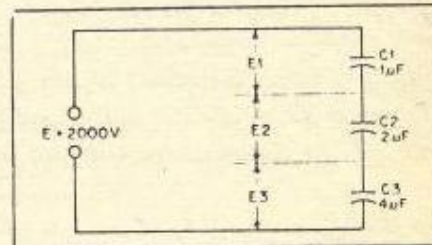
وقتی خازنها را بطور سری بهم وصل می کنید ولتاژ اعمال شده بین خازنها تقسیم می شود در این حالت وضعیت شبیه مقاومتهای سری می باشد و در دوسر هر خازن مقداری از ولتاژ افت می کند.

مثال :

سه خازن با مقادیر ۱ و ۲ و ۴ میکروفاراد بطور سری بهم وصل شده اند (شکل ۱۱-۲) مقدار خازن معادل این سه خازن برابر است با :

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}} = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}}$$

$$= \frac{1}{\frac{7}{4}} = \frac{4}{7} = 0.571 \mu F \quad \text{میکروفاراد}$$



شکل ۱۱-۲- مثالی از بهم بستن خازنها بصورت سری.

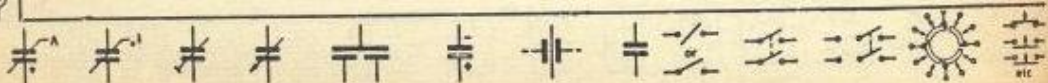
ولتاژی که در دو سر هر خازن افت می کند متناسب است با مقدار خازن معادل تقسیم بر مقدار آن خازن مورد نظر. بنابراین ولتاژ دو سر $C1$ برابر است با :

$$E1 = 0.571 \times 2000 = 1142 \quad \text{ولت}$$

به همین طریق ولتاژ دو سر خازنهای $C2$ و $C3$ برابر خواهد بود با :

$$E2 = \frac{0.571}{2} \times 2000 = 571 \text{ volts} \quad \text{ولت}$$

$$E3 = \frac{0.571}{4} \times 2000 = 286 \text{ volts} \quad \text{ولت}$$



کل این ولتاژها تقریباً برابر ولتاژ اعمال شده به خازنهاست .
 خازنها را اغلب بطور سری بهم وصل می کنند تا بتوانند ولتاژهای زیاده تر را تحمل نمایند . زیرا چند
 خازن که بطور سری بهم وصل شده اند تحمل ولتاژ بیشتری نسبت به هر کدام از خازنها به تنهایی دارد
 زیرا چنانچه در مثال فوق دیدید ولتاژ کل در دو سر خازنها تقسیم می گردد .
 اگر خازنهائی که بطور سری بهم وصل میشوند با هم برابر باشند ولتاژ اعمال شده بطور مساوی بین
 آنها تقسیم می شود . در مواقعی که خازنها سری میشوند باید توجه داشت که ولتاژ اعمال شده به هر خازن
 بیشتر از ولتاژ کار (مجاز) آن خازن نشود .

مقدار سیم پیچ یا اندوکتانس

Inductance

در مبحث میدانهای الکتریکی و مغناطیسی گفته شده که در اثر عبور جریان از یک رسانا در اطراف
 این رسانا یک میدان مغناطیسی بوجود می آید بطوریکه برای مثال اگر یک قطب نما را نزدیک رسانا کنید
 عقربه قطب نما از حالت عادی خود (شمال - جنوب) منحرف می شود .

انتقال انرژی به میدان مغناطیسی خود معرف کار انجام شده توسط منبع نیروی الکتروموتوری است
 برای انجام کار توان احتیاج است و چون توان برابر است با حاصلضرب ولتاژ در جریان بنا بر این
 بایستی یک افت ولتاژ در مدت زمانی که انرژی در میدان ذخیره میشود در مدار وجود داشته باشد این
 افت ولتاژ (که هیچ ارتباطی به افت ولتاژ در مقاومت ندارد) نتیجه یک ولتاژ متقابل (القاء شده) در مدار
 است . وقتی میدان مقدار ثابتی داشته باشد (بدون تغییر) نیروی الکتروموتوری القایی
 (*Induced emf*) یا نیروی ضد محرکه (*Back emf*) وجود نخواهد داشت زیرا هیچ انرژی در
 اینحال ذخیره نمیشود .

چون نیروی ضد محرکه با نیروی الکتروموتوری (محرکه) مخالفت می کند بنا بر این وقتی مدار
 بسته است این نیرو از افزایش ناگهانی جریان جلوگیری می نماید . دامنه نیروی محرکه القایی متناسب
 است با شدت تغییرات جریان (مشتق جریان) و مقدار ثابتی که به خود مدار بستگی دارد این مقدار ثابت
 مدار اندوکتانس (*Inductance*) مدار نامیده میشود .

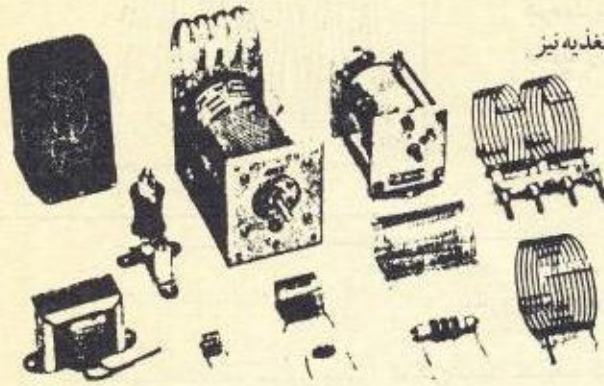
اندوکتانس به مشخصات فیزیکی رسانا بستگی دارد . هرگاه یک رسانا بصورت یک سیم پیچ
 (کویل) در آورد شود . اندوکتانس آن افزایش می یابد . هر چه تعداد دورهای سیم پیچ بیشتر باشد
 اندوکتانس آن بیشتر خواهد بود همچنین اگر در داخل سیم پیچ هسته ای آهنی قرار داده شود باز بسبب
 تمرکز میدان در داخل سیم پیچ مقدار اندوکتانس آن زیاده تر می گردد .

پلاریته ولتاژ القاء شده طوری است که در مقابل هر تغییر جریانی در مدار مخالفت می کند . این بدان
 معناست که وقتی جریان در مدار در حال افزایش است کاری که انجام می گیرد در مخالفت است با ولتاژ
 القاء شده در اثر ذخیره انرژی در میدان مغناطیسی . هرگاه جریان در مدار رو به کاهش برود انرژی که
 در میدان ذخیره شده به مدار بر می گردد و به انرژی که توسط نیروی محرکه ایجاد شده اضافه می شود .
 باین ترتیب حتی اگر نیروی محرکه کاهش و یا قطع گردد باز جریان میل به ادامه یافتن دارد .

واحد اندازه گیری اندوکتانس هانری (*Henry*) می باشد . سیم پیچهایی که در وسایل الکترونیکی
 استفاده میشوند مقادیرشان در مقیاس وسیعی تغییر می کند . اندوکتانسهای تا چند هانری در منابع تغذیه
 استفاده می گردد (رجوع شود به فصل منابع تغذیه) و برای ساختن چنین اندوکتانسهایی بایستی تعداد
 دور سیم پیچها را زیاد کرد و از هسته آهنی نیز در آنها استفاده نمود .

سیم پیچ ها برای استفاده در فرکانسهای
رادیویی و قدرت.

سیم پیچ های مورد استفاده در منبع تغذیه نیز
در تصویر دیده میشود.



در فرکانسهای رادیویی سیم پیچ ها دارای مقادیری حدود میلی هانری (یک هزارم هانری) برای فرکانسهای پائین و مقادیری حدود میکرو هانری (یک میلیونیم هانری) برای فرکانسهای متوسط و بالاتر هستند. اگر چه کوئل هایی که در فرکانسهای رادیویی بکار میروند روی هسته ها آهنی بخصوص پیچیده میشوند ولی اکثر سیم پیچ هایی که توسط رادیو آماتورها ساخته میشوند بدون هسته (هسته هوایی) هستند، یعنی آنها را روی لوله هایی که از مواد غیر مغناطیسی هستند می پیچند.

هر رسانایی دارای مقداری اندوکتانس است حتی آنهایی که بصورت سیم پیچ در نیامده اند. اندوکتانس یک تکه سیم مستقیم کوچک است ولی قابل صرف نظر نیست زیرا وقتی شدت جریانی که از آن میگذرد با سرعت کافی تغییر کند ولتاژ القایی توسط آن قابل توجه خواهد بود.

این موضوع وقتی اتفاق می افتد که مثلا از یک سیم حدود ۱۰ سانتی متر جریان متناوبی با فرکانس ۱۰۰ مگا هرتز یا بالاتر بگذرد.

بهر حال در فرکانسهای پائین اندوکتانس چنین سیمی نامحسوس می باشد زیرا ولتاژ القاء شده ناچیز است.

محاسبه اندوکتانس -

اندوکتانس تقریبی یک سیم پیچ با هسته هوایی از فرمول ساده شده زیر محاسبه میشود:

$$L (\mu H) = \frac{4.7n^2}{9a + 10b}$$

L = اندوکتانس بر حسب میکرو هانری.

a = شعاع سیم پیچ بر حسب اینچ.

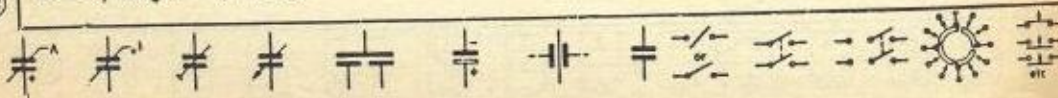
b = طول سیم پیچ بر حسب اینچ

n = تعداد دورهای سیم پیچ

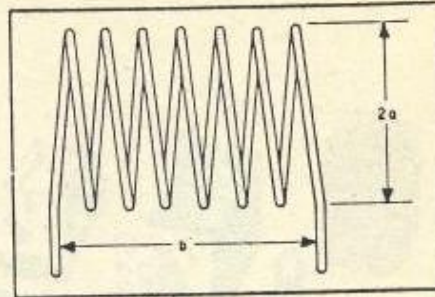
این حروف در شکل ۱۲-۱ نشان داده شده اند. این فرمول یک فرمول تقریبی است ولی تقریب آن برای سیم پیچ هایی که طولشان مساوی یا بزرگتر از $0.8a$ می باشد قابل قبول است. مثال:

فرض کنید ۴۸ دور از سیمی روی لوله ای بقطر $\frac{3}{4}$ اینچ پیچیده شده است. اگر در هر اینچ ۳۲ دور وجود داشته باشد. اندوکتانس این سیم پیچ را پیدا کنید.

$$a = 0.75 \div 2 = 0.375 \text{ قطر}$$



شکل ۱۲-۲- ابعاد سیم پیچ که در فرمول بکار رفته اند. قطر خود سیم در فرمول وارد نمیشود.



$$b = 48 \times \frac{32}{10} = 192 \text{ طول}$$

$$n = 48$$

$$L = \frac{0.375 \times 0.375 \times 48 \times 48}{(9 \times 0.375) + (10 \times 1/5)} = 7/6 \text{ میکروهنری}$$

اگر میخواهید تعداد دور سیم پیچی را که لازم است حساب کنید باید از رابطه زیر استفاده کنید:

$$n = \frac{\sqrt{4.12a + 10bL}}{a^2}$$

مثال:

سیم پیچی با اندوکتانس ۱۰ میکروهنری مورد نیاز است. قطر لوله‌ای که سیم پیچ روی آن پیچیده شده یک اینچ و طول سیم پیچ ۱/۲۵ اینچ می‌باشد مطلوبست تعداد دورهای مورد نیاز. با جایگزین کردن مقادیر داده شده در فرمول فوق تعداد دور سیم پیچ بدست خواهد آمد:

$$a = 0.5, \quad L = 10, \quad b = 1/25$$

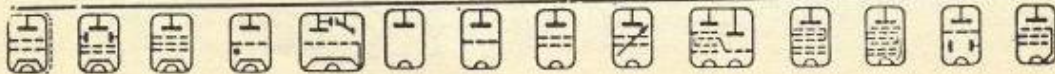
$$n = \frac{\sqrt{10(9 \times 0.5 + 10 \times 1/25)}}{0.5 \times 0.5} = 26/1 \text{ دور}$$

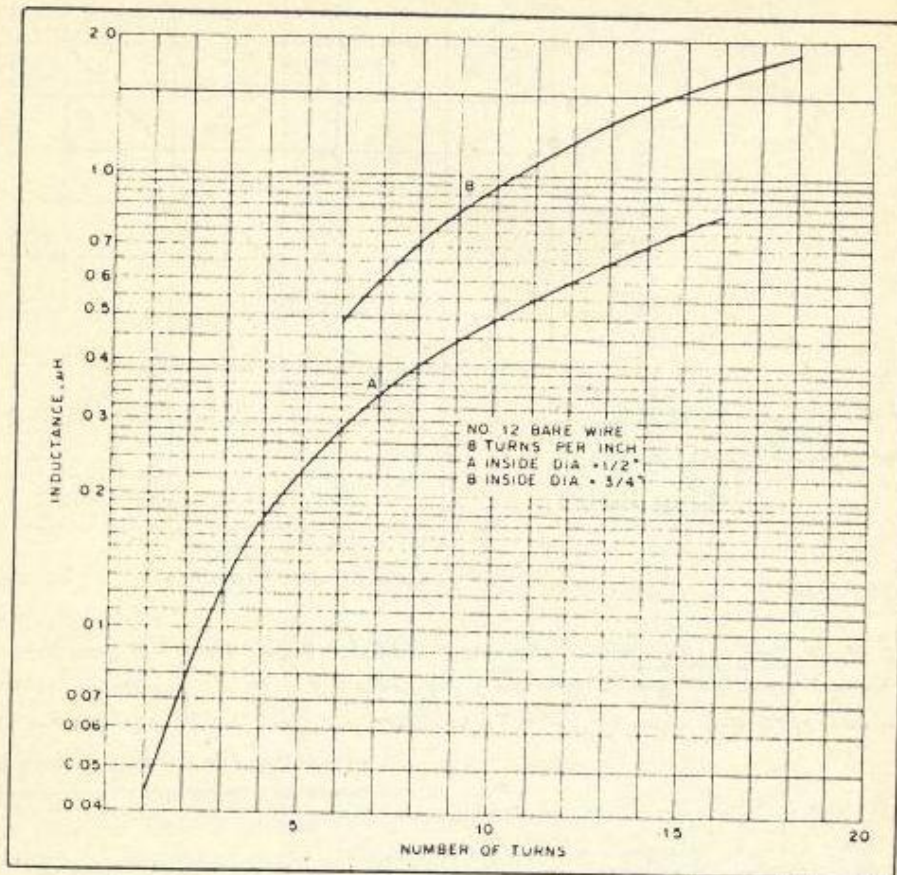
۲۶ دور سیم باید کاملاً چسبیده بهم پیچیده شود تا طولش برابر ۱/۲۵ اینچ گردد تعداد دورها در واحد اینچ برابر $26/1 \times 1/25 = 20/8$ می‌باشد، با مراجعه به جدول اندازه سیم‌ها ملاحظه میشود که باید سیم نمره ۱۷ یا کمتر اختیار شود.

- منحنی‌های اندوکتانس -

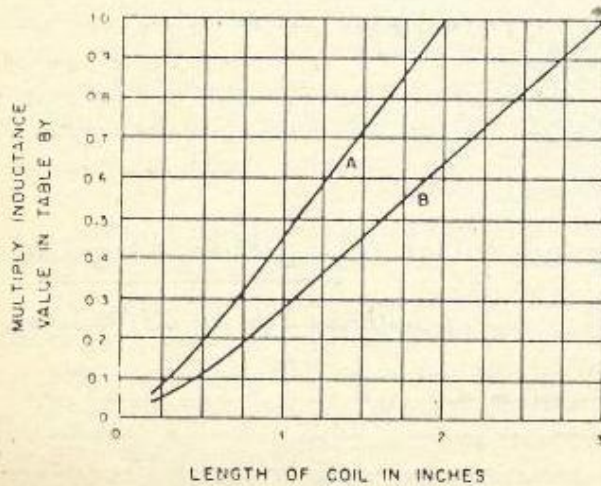
تقریباً تمامی فرمولهائی که برای محاسبه اندوکتانس سیم‌پیچ‌ها بکار می‌روند در مواقعی که سیم‌پیچ‌ها کوچک می‌گردند دقت خود را از دست میدهند، مثلاً سیم‌پیچ‌هائی که برای فرکانسهای خیلی بالا (VHF) یا در فیلترهای پائین‌گذر (برای حذف هارمونیک‌ها در تلویزیون) ضخامت سیم با اندازه سیم‌پیچ قابل مقایسه می‌گردد. در این موارد از منحنی استفاده می‌گردد. شکل ۱۳-۲ دو منحنی وجود دارد که برای سیم‌پیچ‌ها در فرکانسهای خیلی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. منحنی n برای سیم‌پیچ‌هائی است که روی لوله با قطر ۱/۲ اینچ و منحنی n برای سیم‌پیچ‌هائی است که روی لوله با قطر ۰/۷۵ اینچ پیچیده میشوند. در هر دو منحنی اندازه سیم نمره ۱۲ می‌باشد و ۸ دور سیم در هر اینچ باید پیچیده شود (۰/۱۲۵ اینچ فضای بین دو حلقه متوالی).

منحنی‌های شکل ۱۴-۲ و ۱۵-۲ برای محاسبات سریع اندوکتانس سیم‌پیچ‌های معمولی در فرکانس رادیویی ۳ تا ۳۰ مگاهرتز مورد استفاده قرار بگیرند. این منحنی‌ها برای اکثر کارهای عملی دارای دقت کافی هستند. با داشتن طول سیم‌پیچ بر حسب اینچ از روی منحنی‌های فوق فاکتوری (ضریب) بدست می‌آید. این فاکتور را بایستی در مقداری که از جدولهای زیر شکل‌های ۱۵-۱ و ۱۴-۱ بدست می‌آید ضرب نمود.

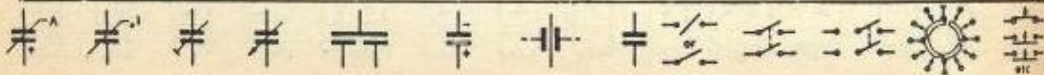


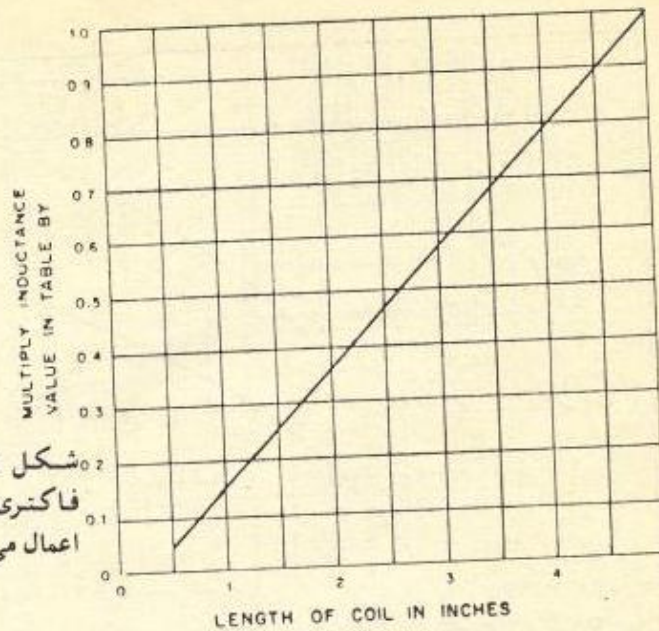


شکل ۱۳-۲- اندوکتانس اندازه گیری
شده یک سیم پیچ از سیم نمره ۱۲.



شکل ۱۵-۲- نمودار برای تعیین
ضریبی که به اندوکتانس سیم پیچ‌های
جدول این صفحه اعمال می‌شود.





شکل ۱۴-۲- نمودار برای تعیین فاکتوری که اندوکتانس به سیم پیچ‌ها اعمال می‌گردد.

مثال:

سیم پیچی به قطر یک اینچ و طول ۱/۲۵ اینچ با ۲۰ دور سیم. بنابراین تعداد دور در اینچ ۱۶ می‌باشد. از جدول ۵-۲ با داشتن قطر و تعداد دور در اینچ اندوکتانس که بدست می‌آید ۱۶/۹ میکروهنری می‌باشد از منحنی B شکل ۱۵-۲ فاکتوری که بدست می‌آید ۰/۳۵ است بنابراین اندوکتانس سیم‌پیچ فوق برابر خواهد بود با:

$$۱۶/۹ \times ۰/۳۵ = ۵/۹ \text{ میکروهنری}$$

مثال:

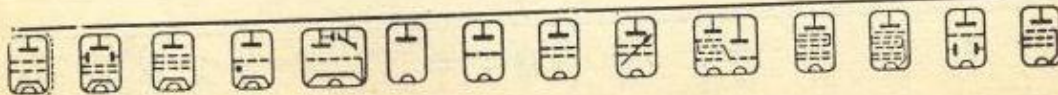
سیم پیچی با اندوکتانس ۱۲ میکروهنری مورد نیاز است. می‌خواهیم این سیم‌پیچ را روی لوله‌ای به قطر یک اینچ بپیچیم و طول آن بیشتر از ۱/۲۵ اینچ نباشد. از شکل ۱۵-۲ ضریبی که برای سیم‌پیچ به قطر یک و طول ۱/۲۵ اینچ بدست می‌آید ۰/۳۵ می‌باشد (منحنی B)، بنابراین اندوکتانس سیم‌پیچ را ۱۲/۰/۳۵ یا ۳۴ میکروهنری می‌گیریم و تعداد دور در واحد اینچ را برای آن از جدول ۵-۲ بدست می‌آوریم. از این جدول مشاهده می‌شود که تعداد ۱۶ دور در اینچ (اندوکتانس معنای ۱۶/۹ است) خیلی کوچک است. اگر تعداد ۳۲ دور در اینچ بگیریم فاکتور ۱۲/۶۸ یا ۰/۱۷۷ می‌شود و از منحنی B طول سیم پیچ ۰/۷۵ اینچ بدست می‌آید. در این طول ۲۴ دور وجود خواهد داشت.

(Iron-Core Coils)

سیم پیچ با هسته آهنی -

پرمایلیته (ضریب نفوذ مغناطیسی) -

فرض کنید سیم پیچ شکل ۱۶-۲ که روی هسته آهنی پیچیده شده سطح مقطعی برابر ۱۰ سانتی‌متر مربع داشته باشد. هرگاه جریان گذرنده از سیم پیچ طوری باشد که ۸۰۰۰۰ خط نیرو در هسته وجود داشته باشد، چگالی فلو ۸۰۰۰ خط در هر سانتی‌متر مربع می‌باشد.



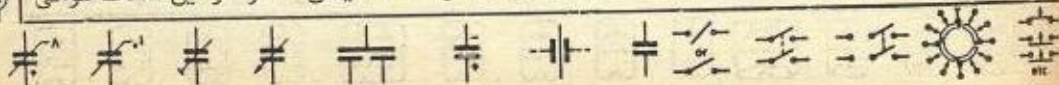
Machine-Wound Coil Specifications			Machine-Wound Coil Specifications		
Coil Dia, Inches	No. of Turns Per Inch	Inductance In μH	Coil Dia, Inches	No. of Turns Per Inch	Inductance In μH
1-1/4	4	2.75	1/2 (A)	4	0.18
	6	6.3		6	0.40
	8	11.2		8	0.72
	10	17.5		10	1.12
	16	42.5		16	2.9
1-1/2	4	3.9	5/8 (A)	32	12
	6	8.8		4	0.28
	8	15.6		6	0.62
	10	24.5		8	1.1
	16	63		10	1.7
1-3/4	4	5.2	3/4 (B)	16	4.4
	6	11.8		32	18
	8	21		4	0.6
	10	33		6	1.35
	16	85		8	2.4
2	4	8.8	1 (B)	10	3.8
	6	15		16	9.9
	8	28.5		32	40
	10	42		4	1.0
	16	108		6	2.3
2-1/2	4	8.8		8	4.2
	6	23		10	6.6
	8	41		16	16.9
	10	64		32	68
3	4	14	Inches $\times 25.4 =$ mm		
	6	31.5			
	8	56			
	10	89			
Inches $\times 25.4 =$ mm.					

فرض کنید هسته آهنی برداشته شود و همان جریان از سیمپیچ بگذرد در اینحال چگالی فلو بدون هسته برابر ۱۰ خط در هر سانتی متر مربع خواهد شد. نسبت چگالی فلو سیمپیچ در حالی با هسته آهنی به چگالی فلو در حالتی که بدون هسته می باشد (همان جریان و هم سیمپیچ) پرماییلیته یا ضریب نفوذ مغناطیسی (Permeability) ماده (هسته) نامیده میشود. در اینحالت پرماییلیته برابر ۸۰۰ می باشد. پس اندوکتانس سیمپیچ با قرار دادن یک هسته در داخل آن ۸۰۰ برابر افزایش می یابد. (اندوکتانس متناسب است با فلو مغناطیسی که از داخل سیم پیچ می گذرد.)

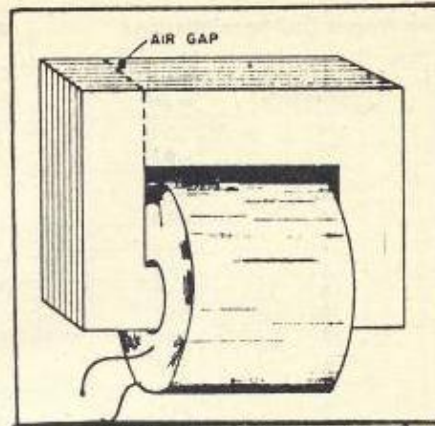
پرماییلیته مواد مغناطیسی همراه با چگالی فلو تغییر می کند. در حالتی که چگالی فلو سیمپیچ کم است (سیمپیچ با هسته هوایی) با افزایش جریان گذرنده از سیمپیچ فلو نیز افزایش می یابد (متناسب با هم) اما در حالتی که چگالی فلو زیاد است افزایش جریان سیمپیچ تغییر محسوسی در فلو نمیدهد. در چنین حالتی گویند آهن اشباع (Saturated) شده است.

اشباع سبب کاهش سریع در پرماییلیته می گردد زیرا این امر سبب تقلیل تعداد خطوط فلو می گردد. روشن است که اندوکتانس یک سیمپیچ با هسته آهنی بستگی شدیدی به جریانی دارد که از آن می گذرد. اندوکتانس یک سیمپیچ با هسته هوایی مستقل از جریان گذرنده از آنست زیرا هوا اشباع نمی گردد.

سیمپیچ های با هسته آهنی نظیر آنکه در شکل ۱۶ - ۲ آمده است موارد استفاده فراوان در منابع تغذیه دارند. در این سیمپیچ ها جریان گذرنده از آنها جریان مستقیم است و تغییر مقدار اندوکتانس در اثر جریان بلخواه نیست. برای جلوگیری از این تغییر چگالی فلو را در مقداری نگه میدارند کمی کمتر از نقطه اشباع آهن باشد. اینکار را میتوان با باز کردن هسته انجام داد همانطور که در شکل ۱۶ - ۲ می بینید یک شکاف هوایی (ناحیه خط چین) در هسته وجود دارد. مقاومت مغناطیسی که در اثر این شکاف هوایی



شکل ۱۶-۲- ساختمان معمولی یک
سیم پیچ با هسته آهنی.
فاصله هوایی کوچکی که در شکل
می بینید برای جلوگیری از اشباع
مغناطیسی آهن می باشد.



بوجود می آید خیلی زیاد است، حتی اگر شکاف کسری از سانتی متر باشد، بدین ترتیب میتوان چگالی فلو
زا تحت کنترل داشت.

با این عمل اندوکتانس کاهش می یابد اما عملاً مقدار آن مستقل از جریان ثابت می ماند.

جریانهای فوکو و هیستریزیس -

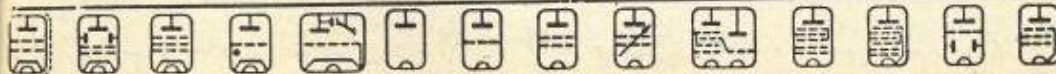
هنگامیکه جریان متناوبی از سیم پیچ با هسته آهنی بگذرد یک نیروی محرکه در آن القاد می شود که
قبلاً توضیح داده شد و چون آهن یک رسانا می باشد جریانی در آهن پدید می آید. این جریانها را
جریانهای فوکو یا (Eddy Current) گویند که معرف تلفات توان می باشد زیرا این جریانها در
مقاومت آهن جریان می یابند و تولید گرما می کنند.

تلفات جریانهای فوکو را میتوان با لایه کردن هسته کمتر نمود. این لایهها (Laminations)
بایستی از یکدیگر عایق باشند یعنی روی آنها را با مواد عایق مانند (Varnish) یا شلاک رنگ کرد.
یک نوع دیگر تلفات انرژی نیز وجود دارد که به آن تلفات هیستریزیس (Hysteresis)
گویند. تلفات هیستریزیس چنین بوجود می آید: آهن در مقابل هر تغییر در میدان مغناطیسی مقاومت
می کند، بنابراین یک تغییر سریع جریان مثل جریان متناوب سبب می گردد تا انرژی در آهن ذخیره شود تا
تواند بر این اینرسی غلبه یابد.

جریان فوکو و تلفات هیستریزیس در آهن با افزایش فرکانس جریان متناوب افزایش می یابد. به همین
لیل، آهن معمولی را بعنوان هسته فقط برای فرکانسهای صوتی تا حدود ۱۵ کیلو هرتز استفاده می کنند.
در فرکانسهای بالاتر از فرکانسهای صوتی بایستی آهن یا فولاد با درجه خیلی بهتر برای هسته بکار رود.
آهنهای معمولی در فرکانسهای رادیویی استفاده ای ندارند.

در فرکانسهای رادیویی برای کاهش تلفات در هسته آهن میتوان آهن را بصورت پودر درآورد و
سپس آنرا با یک ماده عایق مخلوط نمود تا ذرات آهن بدینوسیله از یکدیگر عایق شوند. بدینوسیله میتوان
هستههایی ساخت که تا فرکانسهای خیلی بالا (VHF) نیز قابل استفاده باشد (۱۰۰ مگاهرتز). بواسطه
اینکه بخش زیادی از مسیر مغناطیسی در ماده غیر مغناطیسی وجود دارد، پرماییته آهن در مقایسه با
آنچه که در فرکانسهای موجود در منابع تغذیه بدست می آید کم است.

هسته سیم پیچها یا بصورت شکل ۱۶-۲ و یا بصورت استوانه هستند که از سیم پیچ عایق شده اند،
بخاطر اینکه در هسته های بفرم شکل ۱۶-۲ بیشتر فلز در هسته قرار می گیرد این فرم هسته بر فرم
استوانه ای ترجیح داده میشود. زیرا بدینصورت اندوکتانس افزایش می یابد. با تغییر هسته در سیم پیچ
میتوان اندوکتانس آنرا تغییر داد.



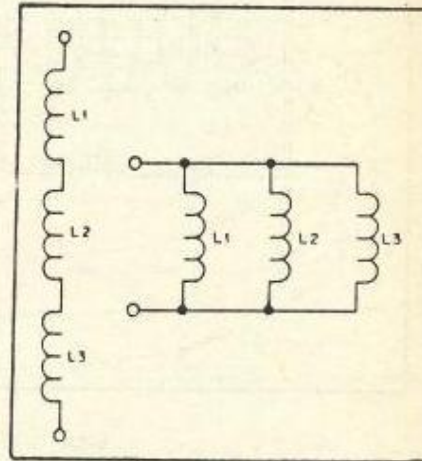
اندوکتانسهای سری و موازی -

وقتی دو سیمپیچ یا بیشتر بطور سری بهم وصل شوند (شکل ۱۷-۲) اندوکتانس معادل (کلی) برابر خواهد بود با مجموع اندوکتانسهای تک تک سیمپیچها یعنی:

$$L = L1 + L2 + L3 + L4 + \dots$$

اگر چند سیمپیچ (اندوکتور) بصورت موازی بهم اتصال یابند (شکل ۱۷-۲ سمت راست) و سیمپیچها جدا از هم باشند بطوریکه فلوی یکدیگر در هم اثر نکند. اندوکتانس معادل اینها مانند مقاومت‌های موازی بسمت می‌آید یعنی:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3} + \frac{1}{L4} + \dots$$



شکل ۱۷-۲ - سیم پیچ‌ها بطوری سری و موازی.

برای دو سیمپیچ موازی:

$$L = \frac{L1L2}{L1+L2}$$

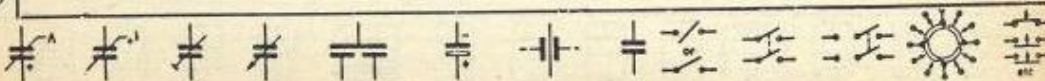
اگر دو سیمپیچ نزدیک بهم باشند بطوریکه یک سیمپیچ در میدان مغناطیسی دیگری قرار داشته باشد دیگر فرمولای فوق صحیح نمی‌باشد و نمیتوان آنها را بکار برد.

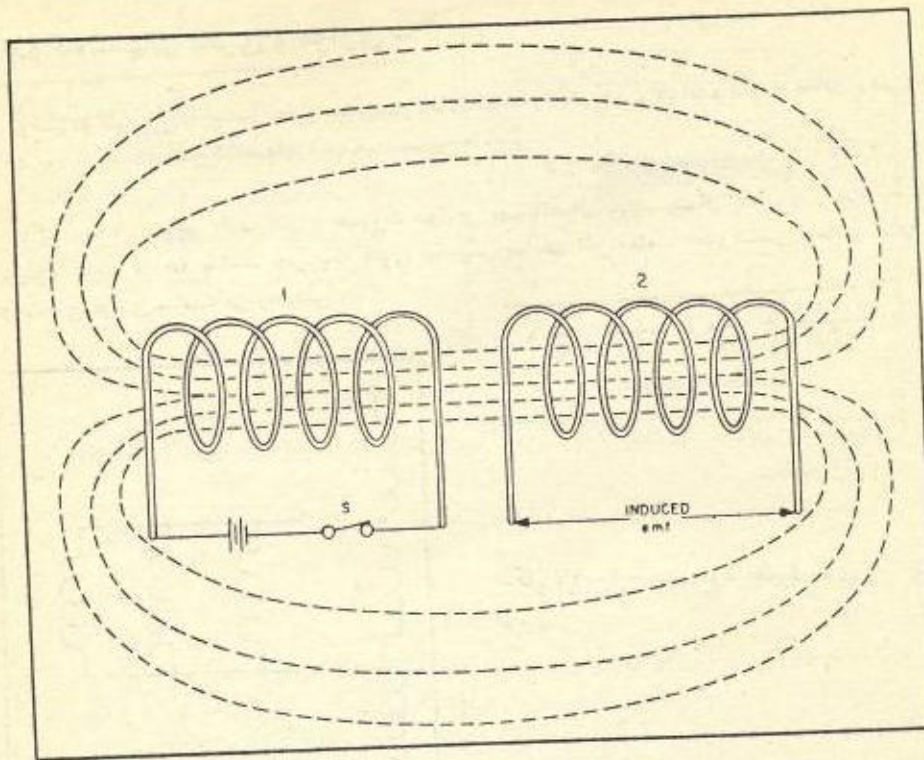
(Mutual Inductance)

اندوکتانس متقابل

هرگاه دو سیمپیچ طوری قرار گیرند که محور آنها روی یک خط باشند (شکل ۱۸-۲) جریانی که از سیمپیچ اولی می‌گذرد باعث ایجاد یک میدان مغناطیسی در آن می‌گردد، این میدان مغناطیسی سیمپیچ دوم را نیز قطع می‌کند. بنابراین یک نیروی محرکه (emf) در سیمپیچ دوم بوجود خواهد آمد هرگاه شدت میدان تغییر کند. این نیروی محرکه القائی (Induced emf) شبیه نیروی محرکه خود القائی (Self-Induction) می‌باشد، اما چون این نیرو در اثر جریان سیمپیچ اول در سیمپیچ دوم ظاهر میشود آنرا یک نیروی محرکه متقابل گویند زیرا اثر متقابل دو سیمپیچ را روی هم نشان میدهد. این نیروی محرکه متقابل اندوکتانس متقابل را بوجود می‌آورد.

نسبت اندوکتانس متقابل واقعی به ماکزیمم مقدار ممکن که از نظر تئوری می‌توان از دو سیمپیچ بدست آورد را ضریب کوپلاژ (Coefficient of Coupling) بین دو سیمپیچ گویند. این



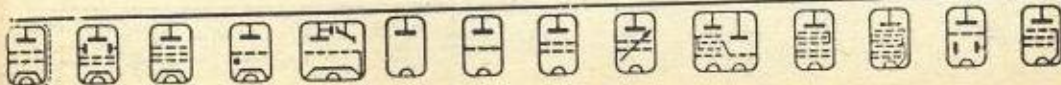


شکل ۱۸-۲- اندوکتانس متقابل.

ضریب را معمولاً بصورت درصد بیان میدارند. سیم‌پیچ‌هایی که ماکزیمم مقدار ضریب کوپلاژ یعنی یک (صد درصد) را دارند گویند کاملاً بهم کوپله شده‌اند (*Closely*) اما اگر ضریب کوپلاژ از یک کمتر باشد گویند کوپلاژ دو سیم‌پیچ ناقص (*Loosely*) است. درجه کوپلاژ بستگی به قضای فیزیکی بین سیم‌پیچ‌ها و اینکه چطور آنها قرار گرفته‌اند دارد. ماکزیمم کوپلینگ وقتی است که دو سیم‌پیچ دارای یک محور (هم‌محور) بوده و کاملاً بهم نزدیک باشند یا یکی روی دیگری پیچیده شده باشد.

وقتی دو سیم‌پیچ از همدیگر دور باشند یا طوری قرار گرفته باشند که محورشان عمود بهم باشند مقدار کوپلاژ حداقل می‌باشد.

اگر دو سیم‌پیچ را روی یک هسته آهنی و رویهم قرار گرفته باشند ضریب کوپلاژ حداکثر مقدار ممکن را خواهد داشت. این ضریب برای سیم‌پیچ‌های با هسته هوائی که یکی روی دیگری قرار داشته باشد حدود 0.6 تا 0.7 می‌باشد ولی اگر دو سیم‌پیچ جدا از یکدیگر باشند این ضریب از این مقدار کمتر خواهد بود.



ثابت زمانی

"Time Constant"

خازن و مقاومت -

وقتی یک منبع را به دو سر خازنی وصل کنید اگر در مدار مقاومتی وجود نداشته باشد خیلی سریع خازن مقدار نیروی محرکه شارژ می‌گردد. چنانچه در مدار مقاومتی وجود داشته باشد (شکل ۱۹-۲) (چپ) مقاومت جریان مدار را محدود می‌کند و در نتیجه برای اینکه ولتاژ بین دو صفحه خازن بمقدار نیروی محرکه اعمال شده بمقدار برسد مدت زمانی طول خواهد کشید. در مدت زمانی که خازن شارژ میشود همزمان با پر شدن خازن جریان مدار کاهش می‌یابد زیرا با نزدیک شدن ولتاژ خازن بمقدار ولتاژ منبع یک منبع مخالف در مقابل منبع بوجود می‌آید.

از نظر تئوری عمل شارژ خازن هیچگاه پایان نمی‌یابد. بلکه مقدار جریان شارژ به مقداری میرسد که دیگر قابل اندازه گیری نخواهد بود. مدت زمانی که (بر حسب ثانیه) لازم است تا در یک چنین مداری ولتاژ دو سر خازن بمقدار ۶۳ درصد ولتاژ اعمالی به مدار برسد را ثابت زمانی (Time Constant) مدار گویند. این عدد بطور ریاضی بدست آمده است ولتاژ دو سر خازن نسبت زمان بقرم شکل ۲۰-۲ بازمان تغییر می‌کند.

فرمول ثابت زمانی در مدار خازن - مقاومت بصورت $T=RC$ می‌باشد.

T = ثابت زمانی بر حسب ثانیه.

R = مقاومت مدار بر حسب اهم.

C = مقدار خازن مدار بر حسب فاراد.

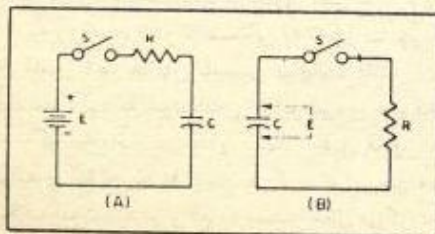
مثال:

یک خازن ۲ میکرو فارادی با یک مقاومت ۲۵۰ کیلو اهمی (0.25 مگا اهم) سری شده است. ثابت زمانی مدار برابر $T = 0.25 \times 2 = 0.5$ ثانیه خواهد بود.

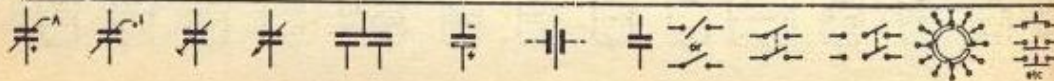
اگر ولتاژ اعمال شده به مدار ۱۰۰۰ ولت باشد ولتاژ دو سر خازن پس از نیم ثانیه برابر ۶۳۰ ولت خواهد بود.

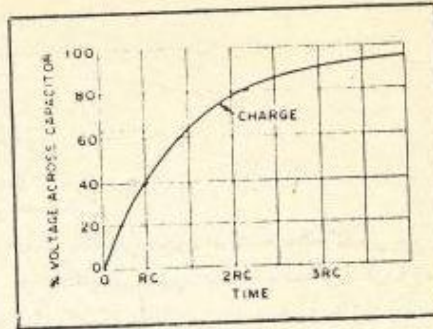
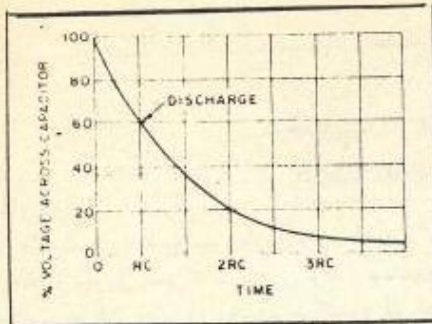
اگر مقدار خازن بر حسب میکروفاراد و مقدار مقاومت بر حسب مگا اهم باشد باز ثابت زمانی بر حسب ثانیه بدست خواهد آمده این واحدها معمولاً در عمل بکار می‌روند.

هر گاه یک خازن پر شده (شارژ شده) در یک مقاومت خالی (دشارژ) شود همین ثابت زمانی وجود خواهد داشت منتها در این مدت زمان ولتاژ دو سر خازن شارژ شده به مقدار ۳۷ درصد مقدار اولیه‌اش خواهد رسید (شکل ۱۹-۲ راست). اگر در مدار مقاومتی وجود نداشته باشد هنگامیکه کلید بسته شود خازن فوراً تخلیه می‌گردد بهر حال چون مقاومت R مقدار جریان مدار را محدود می‌کند ولتاژ خازن فوراً به صفر نمی‌تواند برسد بلکه سرعت تخلیه خازن همان سرعت شارژ شدن خازن در همان مدار می‌باشد.

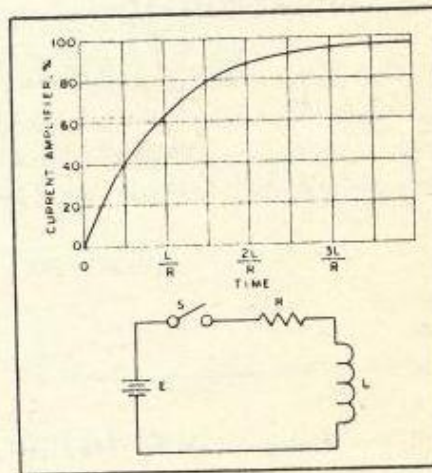


شکل ۱۹-۲ - نمایش ثابت زمانی یک مدار مقاومت - خازن.





شکل ۲۰-۲- منحنی شارژ و دشارژ (بر شدن و خالی شدن) یک خازن.



شکل ۲۱-۲- ثابت زمانی یک مدار سلف - مقاومت.

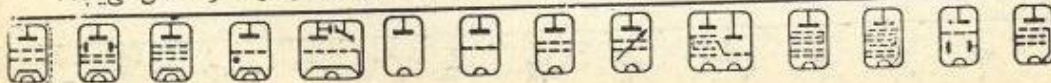
مثال:

اگر خازن مثال بالا تا ۱۰۰۰ ولت شارژ گردد در مدت نیم ثانیه ولتاژش به مقدار ۳۷۰ ولت خواهد رسید در صورتیکه مقاومت مدار همان ۲۵۰ کیلو اهم باشد.
سیم پیچ مقاومت -

یک وضعیت مشابه نیز وجود دارد و آن وقتی است که یک سیم پیچ (سلف) با یک مقاومت بطور سری قرار گیرند (شکل ۲۱-۲). در این شکل سلف بدون مقاومت در نظر گرفته شده است و همچنین فرض کنید R برابر صفر باشد. در اینصورت هنگامیکه کلید S بسته شود جریانی در مدار برقرار خواهد شد که از صفر شروع و به مقدار محدودی میرسد، منتها این تغییرات جریان در مدت بسیار کوتاهی انجام می‌گیرد و یک نیروی ضد محرکه (back emf) توسط خود القا می‌شود که عملی معادل و مخالف است با نیروی محرکه (emf) اعمال شده به مدار.

نیروی ضد محرکه بستگی به تغییرات جریان دارد. در حالتی که در مدار مقاومتی وجود ندارد (که طبق قانون اهم جریان بایستی بینهایت باشد)، جریان رو به افزایش می‌رود تا وقتی که نیروی محرکه ایجاد شده توسط خود القایی برابر نیروی محرکه اعمال شده به مدار گردد.

اگر مقاومت در مدار باشد، طبق قانون اهم جریان مقدار محدودی خواهد داشت. نیروی ضد محرکه‌ای که توسط L ایجاد می‌گردد برابر خواهد بود با اختلاف بین E و افت ولتاژ در R زیرا این اختلاف است که در واقع به سلف اعمال می‌گردد این اختلاف با زیاد شدن جریان در مدار کاهش می‌یابد.



از نظر تئوری نیروی ضد محرکه هرگز از بین نمی‌رود و بنا بر این جریان هیچگاه به مقدار نهایی خود که از قانون اهم نتیجه می‌شود نخواهد رسید، اما عملاً این اختلاف ولتاژ (E و افت دو سر P) بعد از مدتی غیر قابل اندازه‌گیری می‌شود. ثابت زمانی یک چنین مداری برابر زمانی است که جریان به مقدار ۶۳ درصد مقدار نهایی‌اش می‌رسد که از نظر فرمولی برابر است با:

$$T = \frac{L}{R}$$

T = ثابت زمانی بر حسب ثانیه.

L = اندوکتانس بر حسب هانری.

R = مقدار مقاومت بر حسب اهم.

چنانچه بخواهید مقدار مقاومت سلف (اندوکتور) را در نظر بگیرید (سلف عملی) می‌تواند مقدار مقاومت آنرا نیز به مقدار R اضافه کنید.

مثال:

یک سیم پیچ با اندوکتانس ۲۰ هانری و مقاومت ۱۰۰ اهم دارای یک ثابت زمانی برابر:

$$T = \frac{L}{R} = \frac{20}{100} = 0.2 \text{ ثانیه}$$

می‌باشد. اگر یک نیروی محرکه جریان مستقیم برابر ۱۰ ولت به مدار اعمال شود. جریان نهایی توسط قانون اهم بدست می‌آید،

$$I = \frac{E}{R} = \frac{10}{100} = 0.1 \text{ آمپر} = 100 \text{ میلی آمپر}$$

جریان از صفر شروع شده و در مدت ۰/۲ ثانیه مقدارش ۶۳۰ میلی آمپر می‌رسد. (بعد از اینکه کلید بسته می‌شود).

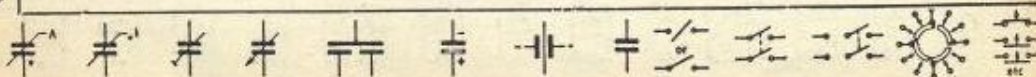
یک سیم پیچ به همان صورت خازن نمی‌تواند دشارژ گردد زیرا میدان مغناطیسی بمحض اینکه کلید مدار باز شود (جریان قطع گردد) از بین می‌رود. بنا بر این با باز کردن کلید S شارژ سلف ناپدید خواهد شد.

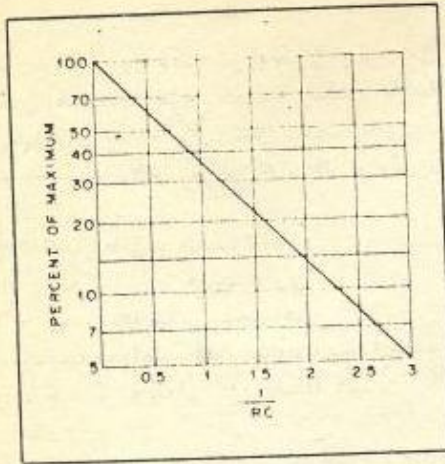
وقتی کلید باز می‌شود انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی سریعاً (در یک لحظه) به مدار بر می‌گردد. ناپدید شدن سریع میدان مغناطیسی سبب می‌شود که ولتاژ خیلی زیادی در سیم پیچ القاء گردد زیرا ولتاژ القایی متناسب است با سرعت تغییرات میدان مغناطیسی. در مداری شبیه مدار فوق (۲۱-۲) در اثر باز کردن کلید در لحظه باز شدن یک جرقه (Spark) تولید خواهد شد. اگر اندوکتانس سیم پیچ و جریان مدار زیاد باشد مقدار زیادی انرژی در یک لحظه کوتاه آزاد خواهد شد. در این مواقع سوختن یا ذوب شدن کلید امری است طبیعی. برای کم کردن جرقه یا قوس در لحظه باز شدن کلید در کنتاکتهای آن می‌بایست یک خازن مناسب همراه با یک مقاومت (بطور سری) در دو سر کلید قرار داد.

ثابت زمانی‌ها نقش مهمی در وسایل الکترونیکی نظیر کلیدهای الکترونیکی، مدارهای کنترل یا مدارهای زمانی و شکل دادن به مشخصات کلیدهای لامپی دارند. نقش ثابت زمانی‌ها همچنین در کاربردهایی نظیر کنترل اتوماتیک بهره (AGC) و محدود کننده‌های نویز مهم می‌باشد.

در تمامی این کار بردها یک ثابت زمانی مقاومت - خازن (RC) وجود دارد و معمولاً باید ولتاژ دو سر خازن در فاصله زمانی‌های بزرگتر یا کوچکتر از ثابت زمانی مدار معلوم باشد. (ثابت زمانی از فرمولی که قبلاً ذکر شده بدست می‌آید).

شکل ۲۲-۲ را برای حل چنین مسائل مورد استفاده قرار می‌دهند. این منحنی ولتاژ دو سر خازن را بر حسب بار اولیه بر حسب درصد بدست می‌آید، یعنی بایستی اول مقدار ولتاژ نهایی دو سر خازن را بر حسب ولتاژ اولیه بر حسب درصد پیدا کرده و آنرا روی محور عمودی منتقل نمود و مقدار نظیر آنرا روی محور افقی بدست آورد. سپس با داشتن ثابت زمانی مدار مدت زمان بدست می‌آید.





شکل ۲۲-۲- نمایش ولتاژ دوسر خازن
در یک مدار خازن- مقاومت.

مثال :

یک خازن 0.01 میکرو فاراد تا 150 ولت شارژ می گردد و سپس در مقاومت 0.1 مگا اهمی آنرا تخلیه می کنند . چه مدتی طول میکشد تا ولتاژ دوسر خازن به 10 ولت برسد ؟
بر حسب درصد مقدار 10 ولت $100/10$ یا $10/1$ درصد میشود . از منحنی شکل ۲۲-۲ مقدار متناسب با $10/1$ درصد برابر $2/7$ می باشد . از طرفی ثابت زمانی مدار برابر است با :

$$T = RC = 0.1 \times 0.01 = 0.001 \text{ ثانیه}$$

بنابر این زمان لازم برای افت ولتاژ به 10 ولت برابر خواهد بود با :

$$0.001 \times 2/7 = 0.00027 \text{ ثانیه} = 2/7 \text{ میلی ثانیه}$$

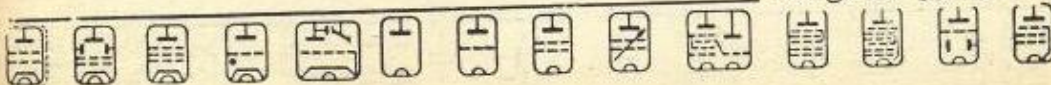
جریان متناوب

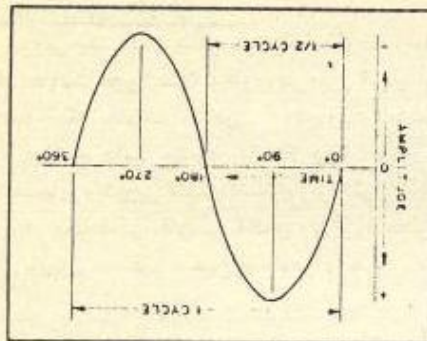
Alternating Currents

فاز

لغت فاز در اصل معنای « زمان » یا « فاصله زمانی » بین لحظه اتفاق افتادن چیزی تا لحظه ای که یک واقعه دیگر واقع شود میدهد . در اینحال گویند واقعه دومی (اخیر) نسبت اولی تأخیر (Lag) در حالیکه اولی نسبت به دومی تقدم ($Lead$) دارد . در مدارهای جریان متناوب (ac) دامنه جریان بطور پیوسته تغییر میکند ، در نتیجه نظریه فاز یا زمان مهم می باشد . فاز را میتوان با واحد زمان یعنی ثانیه اندازه گیری کرد ولی یک روش راحتتری برای اندازه گیری آن وجود دارد : چون هر سیکل از یک جریان متناوب برابر هر سیکل دیگر آن می باشد پس میتوان سیکل را بعنوان واحد اندازه گیری زمان اختیار نمود . با بکار گرفتن سیکل بعنوان واحد زمان مشخصه و اندازه گیری فاز مستقل از فرکانس جریان خواهد بود ، یعنی میتوان تمام مطالب را در باره یک فرکانس مورد ملاحظه قرار داد . وقتی دو یا چند فرکانس مورد ملاحظه است نظیر وقتی که از هارمونیک صحبت میشود ، اندازه گیریها نسبت به پائین ترین فرکانس ، یعنی فرکانس اصلی ، انجام می گیرد .

فاصله زمانی یا اختلاف فاز ($Phase difference$) معمولاً کمتر از یک سیکل می باشد . برای اندازه گیری اختلاف فاز میتوان یک سیکل را بطور اعشاری تقسیم بندی نمود ولی راحتتر است اگر یک سیکل به 360 قسمت یا درجه ($degree$) تقسیم گردد ، و از این تقسیمات برای اختلاف فاز استفاده نمود پس یک درجه فاز برابر است با 360 یک سیکل . دلیل این انتخاب اینست که مقدار جریان در جریان متناوب سینوسی در هر لحظه برابر است با سینوس زاویه ای که برابر است با تعداد درجات ، بعبارت دیگر مدت زمانی از لحظه ای که سیکل آغاز می شود . شکل ۲۳-۲ شما در فهم این روش اندازه گیری کمک می کند .





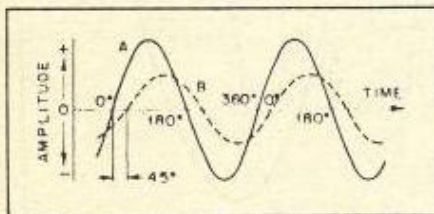
شکل ۲-۲۳- یک سیکل جریان
متناوب تقسیم شده به ۳۶۰ درجه.

اندازه گیری فاز -

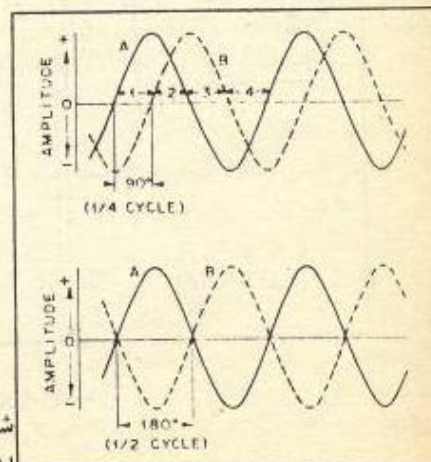
اختلاف فاز بین دو سیگنال هم فرکانس برابر است با اختلاف زمان یا زاویه بین دو نقطه هم شرایط از سیگنال‌ها این موضوع در شکل ۲-۲۴ نشان داده شده است. جریان A نسبت به جریان B تقدم فاز دارد. برای مشخص کردن اختلاف فاز این دو جریان باید دو نقطه هم شرایط روی دو جریان اختیار نمود و اختلاف زمانی یا فازی آنها را اندازه گیری نمود. یکی از نقاط مشخص روی جریانها نقطه‌ای است که جریانها به صفر میرسند که در شکل مشخص شده و اختلاف آنها اندازه گیری شده که برابر ۴۵ درجه می‌باشد. بنا بر این میتوان گفت که A تقدم فاز یا B نسبت به A ۴۵ درجه تأخیر فاز دارد. دو حالت خاص در شکل ۲-۲۵ نشان داده شده است. در بالایی B نسبت به A ۹۰ درجه تأخیر فاز دارد، یعنی سیکل B درست برابر $\frac{1}{4}$ سیکل دیرتر از A شروع می‌گردد. وقتی یک موج از صفر میگذرد دیگری در ماکزیمم مقدار خودش قرار دارد.

در شکل پائینی ۲-۲۵ A و B باندازه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند در این حالت مهم نیست که کدام را نسبت به دیگری تقدم فاز یا تأخیر فاز بگیرید. B همیشه در مواقعی که A منفی است مقدار مثبت دارد و بر عکس. این دو موج کاملاً در فاز مقابل قرار دارند.

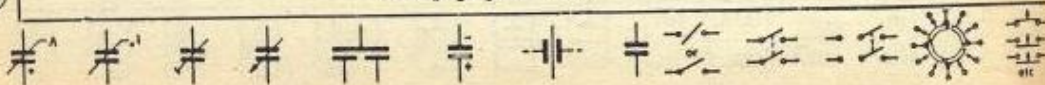
امواجی که در شکلهای ۲-۲۴ و ۲-۲۵ وجود دارند می‌توانند نمایانگر ولتاژ یا جریان یا هر دو باشد. A و B میتوانند هر دو جریان در دو مدار جداگانه، یا A ممکن است نماینده جریان و B نماینده ولتاژ در یک مدار باشند. اگر A و B مشخص کننده دو جریان در یک مدار (یا دو ولتاژ در یک مدار) باشند در اینصورت کل یا نتیجه جریان (یا ولتاژ) نیز سینوسی خواهند بود، زیرا حاصل جمع دو سیگنال سینوسی با یک فرکانس همیشه یک سیگنال سینوسی با همان فرکانس خواهد بود.



شکل ۲-۲۴- وقتی دو موج با یک
فرکانس شروع میشوند، اختلاف فاز بر
حسب درجه اندازه گیری میشود. در این
شکل دو موج باندازه ۴۵ درجه اختلاف
فاز دارند.



شکل ۲-۲۵- دو حالت خاص
اختلاف فاز دو سیگنال



فاز در مدارهای مقاومتی -

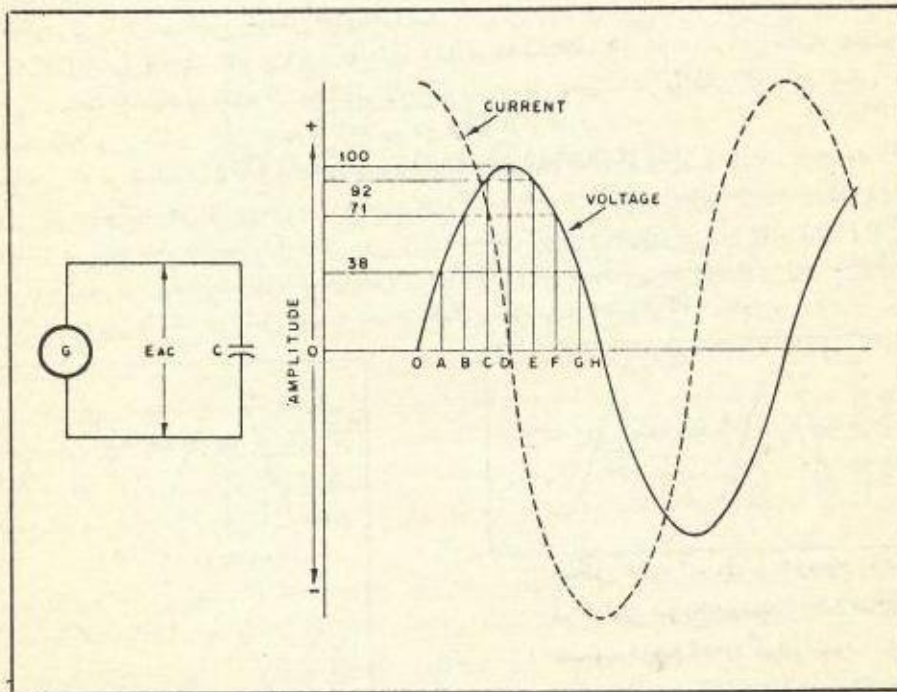
وقتی یک ولتاژ متناوب به یک مقاومت اعمال گردد، جریان کاملاً همفاز با ولتاژ خواهد بود. بعبارت دیگر مقاومت هیچ اختلاف فازی در مدار ایجاد نمی‌کند. این موضوع برای تمام فرکانسها صحیح می‌باشد در صورتیکه مقاومت خالص (Pure) باشد، یعنی مقاومت بدون مقدار راکتیو باشد. (راکتانس بعداً توضیح داده میشود). عملاً پیدا کردن یک عنصر مقاومتی خالص و بدون مقدار راکتیو در فرکانسهای رادیویی مشکل است، زیرا اثرات راکتیو همراه با افزایش فرکانس آشکارتر می‌گردد. در یک مدار مقاومتی خالص، یا آن قسمتی از مدار که مقاومتی خالص است قانون اهم همانطور که برای جریان مستقیم صحیح است برای جریان متناوب یا هر فرکانسی صحیح و عملی است.

* راکتانس *

"Reactance"

جریان متناوب در خازن -

در شکل ۲-۲۶ یک منبع جریان متناوب به دو سر خازنی بسته شده است، ماکزیمم مقدار ولتاژ متناوب ۱۰۰ ولت است. در پریود (مدت زمان) OA ولتاژ اعمالی از صفر به مقدار ۳۸ ولت میرسد، در لحظه A خازن تا ولتاژ ۳۸ ولت شارژ می‌شود. در مدت AB ولتاژ به مقدار ۷۱ ولت میرسد یعنی ۳۳ ولت اضافه می‌گردد. در این فاصله زمانی یک مقدار کمتری به ولتاژ خازن نسبت به دفعه قبل اضافه میشود زیرا افزایش ولتاژ در این فاصله زمانی کمتر است از افزایش ولتاژ در فاصله زمانی قبلی



شکل ۲-۲۶ - رابطه ولتاژ و جریان در یک مدار خازنی.

(OA) بنا بر این جریان متوسط در فاصله AB کوچکتر است از جریان متوسط در فاصله OA در فاصله زمانی سوم، BC، ولتاژ از ۷۱ به ۹۲ ولت میرسد یعنی ۲۱ ولت افزایش ولتاژ در این فاصله وجود دارد. این مقدار افزایش ولتاژ کمتر است از افزایش ولتاژ در فاصله زمانی قبلی (AB)، بنا بر این مقدار الکتریسته‌ای که اضافه می‌شود کمتر است، بعبارت دیگر جریان متوسط در فاصله زمانی BC باز از فاصله زمانی قبلی کمتر است. در فاصله زمانی چهارم یا CD، ولتاژ بمقدار ۸ ولت افزایش دارد در اینجا باز اضافه شده کمتر از فاصله قبلی است و بالطبع جریان نیز کوچکتر خواهد بود.

اگر نیم سیکل اول به قسمتهای بیشتری تقسیم شود میتوان نشان داد که جریان شارژ خازن درست بهمان فرم ولتاژ اعمال شده فرم سینوسی دارد. جریان شارژ در لحظات شروع سیکل ولتاژ بیشترین مقدار را دارد در حالیکه در ماکزیمم مقدار ولتاژ مقدار جریان شارژ صفر می‌باشد، بنا بر این اختلاف فاز بین جریان شارژ و ولتاژ اعمالی به خازن برابر ۹۰ درجه خواهد بود.

در ضمن ربع سیکل اول جریان در حال افزایش در مدار می‌باشد و بنا بر این خازن شارژ می‌گردد. بنا بر این جریان مقدار مثبت خواهد داشت. فرم جریان مدار در شکل ۲۶-۲ مشخص شده است (منحنی خط چین).

در ربع سیکل دوم یعنی در فاصله زمانی D تا H ولتاژ اعمال به خازن تروپ می‌کند. با اعمال همان دلایل، میتوان گفت در فاصله زمانی DE جریان کوچک می‌باشد و در فاصله زمانهای بعدی جریان رو به افزایش می‌رود بهر حال در مقابل ولتاژ اعمال شده در مدار جریان می‌یابد زیرا خازن در مدار دشارژ می‌گردد. جریان در ربع سیکل دوم در جهت منفی افزایش می‌یابد. ربع سوم و چهارم دقیقاً شبیه ربع اول و دوم می‌باشند با این تفاوت که پلاریته ولتاژ و جریان معکوس می‌گردد. بعبارت دیگر یک جریان متناوب در مدار جاری می‌گردد و این بخاطر شارژ و دشارژ شدن خازن می‌باشد. همچنانکه از شکل ۲۶-۲ نمایان است جریان باندازه ۹۰ درجه قبل از ولتاژ شروع می‌شود، بنا بر این جریان در خازن نسبت به ولتاژ اعمال شده با آن ۹۰ درجه تقدم فاز دارد.

راکتانس خازنی -

مقدار باری که میتوان روی خازن ذخیره کرد بستگی به کاپاسیتانس و ولتاژ اعمال شده به خازن دارد. این مقدار بار در مدار در هر سیکل جابجا می‌شود و بدینترتیب شدت (سرعت) جابجایی بار یعنی جریان بستگی به ولتاژ، کاپاسیتانس و فرکانس دارد. اگر اثرات کاپاسیتانس و فرکانس در هم ادغام گردد، کمیتی حاصل میشود که بی شبیه مقدار مقاومت (رزیستانس) در قانون اهم خواهد داشت. این کمیت بنام راکتانس (Reactance) نامیده میشود و واحد آن اهم (ohm) میباشد درست حالت مقدار مقاومت را دارد. فرمول راکتانس خازنی چنین است:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

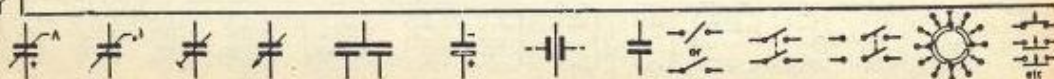
X_C = راکتانس خازنی بر حسب اهم

f = فرکانس ولتاژ اعمالی بر حسب هرتز یا سیکل بر ثانیه

C = مقدار خازن (کاپاسیتانس) بر حسب فاراد

π = عدد پی برابر ۳/۱۴

اگر چه واحد راکتانس اهم است ولی این کمیت توان تلف نمی‌کند. مقدار انرژی که در یک ربع سیکل در خازن ذخیره می‌شود در ربع سیکل بعدی به مدار بر می‌گردد. واحدهای اصلی (فاراد، سیکل بر ثانیه) در کار بردهای مدارهای عملی رادیویی خیلی بزرگ هستند. در هر صورت، اگر کاپاسیتانس بر حسب میکروفاراد و فرکانس بر حسب مگا هرتز باشد، راکتانس از فرمول فوق بر حسب اهم بدست خواهد آمد.



مثال:

راکتانس یک خازن ۴۷۰ پیکوفارادی (۰/۰۰۰۴۷ میکروفاراد) در فرکانس ۷۱۵۰ کیلوهرتز (۷/۱۵ مگا هرتز) برابر است با:

$$X = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 7/10 \times 0.00047}$$

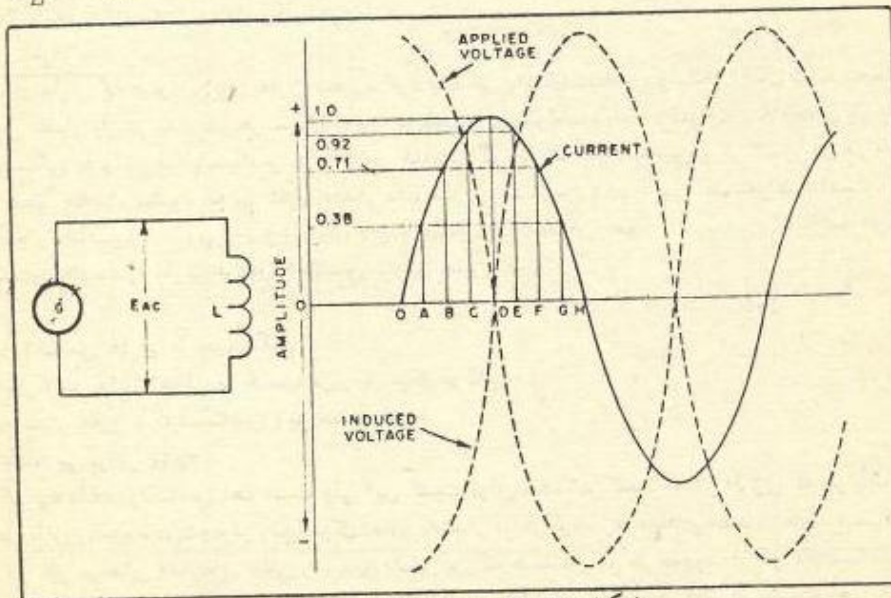
$$= 47/4 \text{ اهم}$$

راکتانس سلفی (اندوکتیو) -

وقتی یک ولتاژ متناوب به یک سلف (سیم پیچ) بدون مقاومت (خالص) که عملاً وجود ندارد، اعمال شود جریان باندازه ۹۰ درجه با ولتاژ اختلاف فاز خواهد داشت. بهر حال در این حالت جریان باندازه ۹۰ درجه نسبت به ولتاژ تأخیری فاز خواهد داشت. این بر خلاف حالت قبل است که خازن در مدار وجود داشت و جریان نسبت به ولتاژ ۹۰ درجه تقدم فاز داشت در این جا نیروی ضد محرکه‌ای در اندوکتانس تولید می‌شود و چون دامنه این نیروی ضد محرکه متناسب با شدت تغییرات جریان است و این نیز بنوبه خود بستگی به فرکانس دارد بنا بر این دامنه جریان بستگی معکوس به فرکانس سیگنال اعمالی دارد. همچنین نیروی ضد محرکه بستگی مستقیم به اندوکتانس در شدت تغییر جریان معین داشته که بالطبع جریان بستگی معکوس به اندوکتانس در ولتاژ و فرکانس معلوم دارد. به بیان دیگر برای تولید نیروی محرکه القایی که معادل و مخالف ولتاژ اعمال شده به مدار است جریان کافی در مدار جاری می‌گردد.

با ترکیب اثر اندوکتانس و فرکانس کمیتی بدست می‌آید که راکتانس اندوکتیو (Inductive Reactance) نامیده میشود که واحد آن نیز اهم می‌باشد و فرمول آن چنین است:

$$X_L = 2\pi fL$$



شکل ۲۷-۲- رابطه ولتاژ و جریان در یک مدار سلفی.

$X_L =$ راکتانس سلفی (اندوکتیو) بر حسب اهم .

$f =$ فرکانس بر حسب هرتز یا سیکل بر ثانیه .

$L =$ مقدار اندوکتانس بر حسب هنری .

$17 =$ عدد پی که برابر است با $3/14$

مثال

راکتانس یک سیم پیچ ۱۵۰ میکرو هنری در فرکانس ۱۴ مگا هرتز برابر است با :

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3/14 \times 14 \times 150 = 1319 \text{ اهم}$$

در مدارهای فرکانس رادیویی مقدار اندوکتانس ها معمولا کوچک و فرکانسها نیز بزرگ هستند . اگر اندوکتانس را بر حسب میلی هنری و فرکانس بر حسب کیلو سیکل باشد باز مقدار اندوکتانس بر حسب اهم بدست می آید و ضریب تبدیلی وجود نخواهد داشت . همچنین میتوان بدون اضافه کردن ضریبی به فرمول مقدار اندوکتانس را بر حسب میکرو هنری و فرکانس را بر حسب مگا هرتز در فرمول قرار داد .

مثال :

راکتانس یک سیم پیچ را پیدا کنید اگر اندوکتانس آن ۸ هنری و فرکانس ۱۲۰ هرتز باشد :

$$X_L = 2\pi fL = 6/28 \times 120 \times 8 = 6029 \text{ اهم}$$

مقدار مقاومت یک سیم که بصورت سیم پیچ (کویل) بسته میشود هیچ اثری روی راکتانس آن ندارد ، اما خیلی ساده میتوان این مقدار را بصورت یک مقاومت که بطور سری یا سیم پیچ قرار دارد در نظر گرفت .

قانون اهم در مورد راکتانس -

همچنانکه گفته شد قانون اهم را در مورد راکتانس نظر مقاومت بکار برد یعنی برای یک مدار جریان

متناوب نوشت :

$$I = \frac{E}{X}$$

$$E = IX$$

$$X = \frac{E}{I}$$

$emf = E$ اعمال شده به مدار بر حسب ولت .

$X =$ راکتانس بر حسب اهم .

$I =$ جریان بر حسب آمپر .

راکتانس مدار می تواند اندوکتیو (سلفی) یا کاپاسیتو (خازنی) باشد .

مثال :

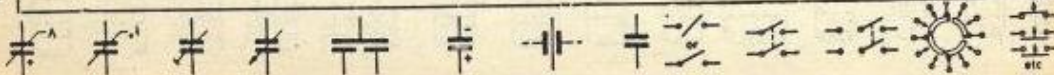
اگر جریانی برابر ۲ آمپر در خازن مثال قبل جریان یابد (راکتانس $47/4$ اهم) در فرکانس ۷۱۵۰ کیلو هرتز افت ولتاژ دو سر خازن برابر خواهد بود با :

$$E = IX = 2 \times 47/4 = 94/8 \text{ ولت}$$

اگر ولتاژ ۴۰۰ ولت با فرکانس ۱۲۰ هرتز به سیم پیچ ۸ هنری مثال قبل اثر کند جریان گذرنده از

سیم پیچ برابر میشود با :

$$I = \frac{E}{X} = \frac{400}{6029} = 0/0663 \text{ آمپر} = 66/3 \text{ میلی آمپر} = 66/3 \text{ mA}$$



- نمودارهای راکتانس -

در شکل ۲۸-۲ نمودارهایی برای پیدا کردن راکتانس خازنی از یک پیکوفاراد (1 pF) تا صد میکروفاراد (100 F) و راکتانس سلفی از یکدهم میکرو هانری (0.1 H) تا ۱۰ هانری (10 H) برای فرکانسهای از ۱۰۰ هرتز گرفته تا ۱۰۰ مگاهرتز داده شده است. این نمودارها را میتوان برای پیدا کردن مقدار تقریبی راکتانسها بکار برد. همچنین در محاسبات دقیق از این نمودارها برای کنترل محاسبات از راه فرمولی استفاده نمود.

- راکتانسهای سری و موازی -

هرگاه راکتانسهای از یک نوع را بطور سری یا موازی با هم متصل کنید حاصل نیز راکتانس اندوکتیو یا کاپاستیو خواهد بود. روابط مقاومتیهای سری و موازی را میتوان عینا در مورد راکتانسها بکار برد یعنی اگر چندین راکتانس را بطور سری با هم قرار دهید راکتانس معادل از رابطه زیر بدست میآید.

$$X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \dots$$

و برای راکتانسهای موازی :

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X_3} + \frac{1}{X_4} + \dots}$$

و برای دو راکتانس موازی :

$$X = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2}$$

در حالتی که راکتانسهای مختلف با هم ترکیب شوند وضعیت فرق می کند. چون خازن جریان را ۹۰ درجه نسبت به ولتاژ تقدم فاز و سیم پیچ جریان را ۹۰ درجه نسبت به ولتاژ تأخیر فاز میدهد، ولتاژ راکتانسهای مختلف النوع بطور سری ۱۸۰ درجه با همدیگر اختلاف فاز دارد (در حالیکه جریان در المانها یکی است) و همچنین در مدارهای موازی، جریان در راکتانسهای مختلف النوع نسبت به ولتاژ ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارد (در حالیکه ولتاژ دو سر هر دو المان یکی است).

در شکل ۲۹-۲ (سمت چپ) ولتاژ دو سر سلف (E.L) با ولتاژ دو سر خازن (راکتانس خازنی X.C) در فاز مقابل است. بنابراین اگر X.L را ما مثبت بگیریم X.C منفی خواهد شد (قرارداد) و در نتیجه ولتاژ E.C برابر خواهد بود با : E.L = E.C. در مدار موازی (سمت راست) کل جریان I.L برابر است با I.C و جریانه ۱۸۰ درجه با هم اختلاف دارند. بنابراین راکتانس موازی در مدار سری چنین است :

$$X = X_L - X_C$$

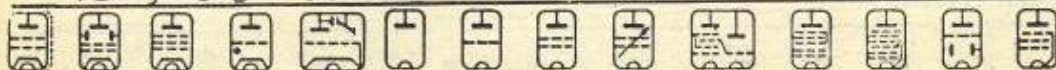
و در مدار موازی :

$$X = \frac{-X_L - X_C}{X_L - X_C}$$

پس بطور کلی در مورد راکتانسها میتوانید قوانین مقاومتها را بکار ببرید فقط برای راکتانس سلفی علامت مثبت و برای راکتانس خازنی علامت منفی در نظر بگیرید.

توجه کنید که در یک مدار سری راکتانس معادل در صورتی منفی است که X.C بزرگتر از X.L باشد.

منفی بودن راکتانس معادل بدین معناست که راکتانس خاصیت خازنی دارد. چنانچه X.C از X.L کوچکتر باشد راکتانس معادل مدار سری مثبت بوده و این مبین خاصیت سلفی راکتانس کل مدار است.

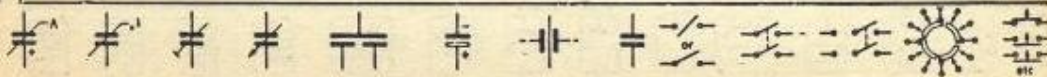
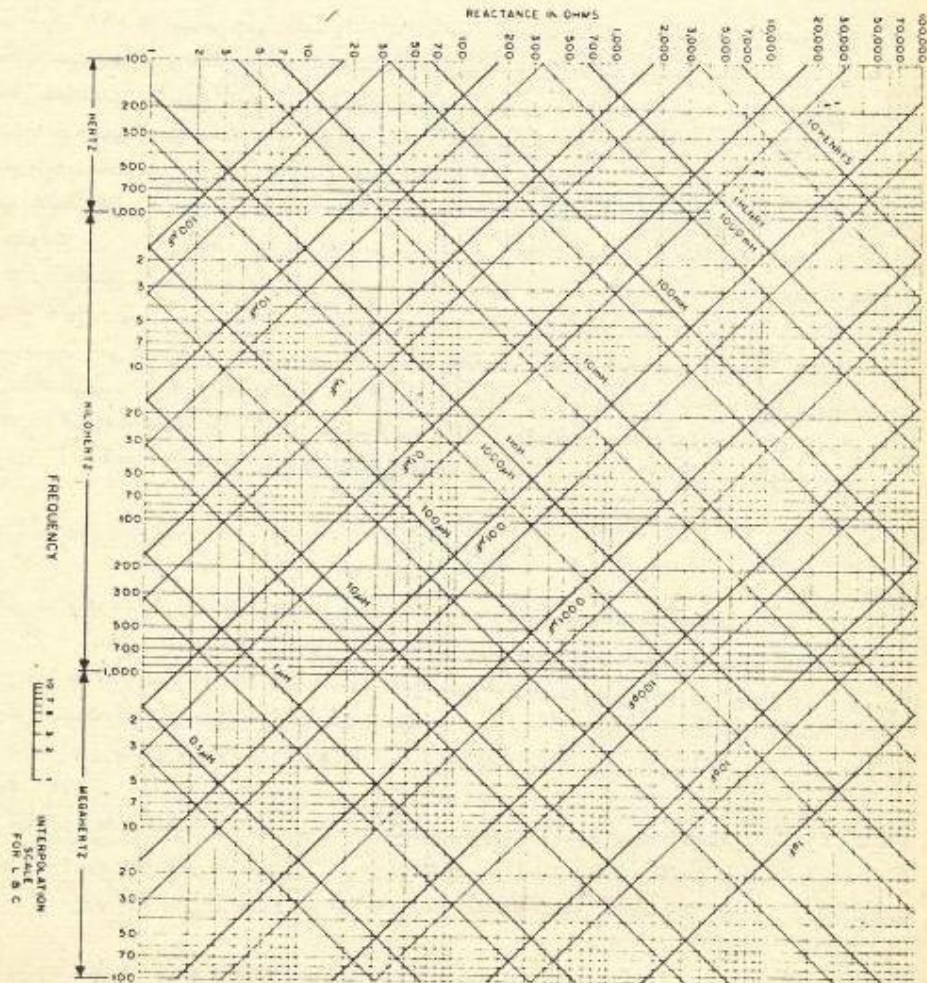


در یک مدار موازی راکتانس معادل در صورتی منفی است که X_L بزرگتر از X_C باشد (بر عکس حالت سری) و در صورتی مثبت (خاصیت سلفی) است که X_L کوچکتر از X_C باشد و در هر دو حالت راکتانس معادل کوچکتر است از هر کدام از راکتانسها بهتنهایی.

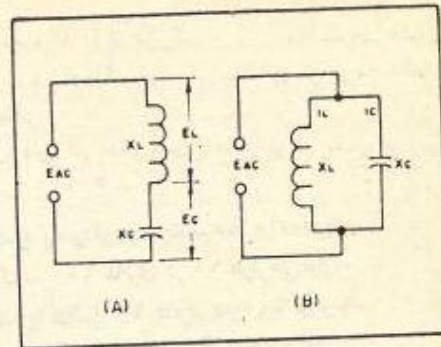
در حالت خاص وقتی $X_C = X_L$ باشد راکتانس کلی در مدار سری صفر و در مدار موازی بینهایت می باشد.

حدود نمودار برسانند. مثلاً برای تعیین راکتانس ۱۰ هانری در ۶۰ هرتز می‌توانید ابتدا راکتانس ۱۰ هانری در ۶۰۰ هرتز را بدست آورید و سپس آن را به ۱۰ تقسیم کنید.

شکل ۲۸-۲- نمودار راکتانهای خازنی و سلفی بر حسب فرکانس: خطوط نوپر مضارب ۱۰ و خطوط کم رنگ مضارب ۵ هستند. راکتانهای خارج از نمودار را می توانید با فاکتورهای آنها را به



شکل ۲۹-۲- مدارهای سری و موازی
شامل سلف و خازن.



Reactive Power

- توان راکتیو -

در شکل ۲۹-۲ سمت چپ) افت ولتاژ در دو سر سیم پیچ بیشتر از مقدار ولتاژ اعمالی می باشد. این ممکن است بنظر غیر ممکن برسد اما چنین نیست؛ توضیح این موضوع چنین است: در حالیکه انرژی در میدان مغناطیسی سیم پیچ (اندوکتور) ذخیره میگردد، انرژی موجود در میدان الکتریکی خازن به مدار برگشت داده میشود و بر عکس، این انرژی ذخیره شده بیانگر این حقیقت است که ولتاژهای دو سر راکتانسها در حالت سری بزرگتر از ولتاژ اعمال شده به مدار می باشد.

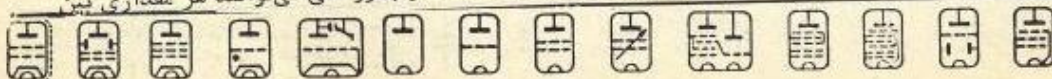
در مقاومت تجاری شدن جریان باعث ایجاد حرارت در آن شده و قدرتی معادل مجذور جریان ضربدر مقدار مقاومت $(I^2 R)$ تلف میگردد. قدرت در راکتانس معادل است با حاصلضرب مجذور جریان در مقدار آن راکتانس $(I^2 X)$ ولی این قدرت تلفاتی نمی باشد بلکه قدرتی است که دوباره به مدار بر می گردد و بطور متناوب بین میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی رد و بدل می شود و هیچگاه بصورت حرارت مصرف نمی گردد. برای تمایز این قدرت غیر تلفاتی با قدرت تلف شده که معمولاً مصرف میشود واحد آنرا بصورت دیگری اختیار می کنند. واحد توان راکتیو ولت - آمپر راکتیو - $\text{volt-ampere-reactive}$ یا بطور خلاصه var می باشد در حالیکه واحد توان مصرفی برابر بود با وات (watt) توان راکتیو را گاهی توان بدون وات (wattless) گویند.

امپدانس Impedance

وقتی در یک مداری هم مقاومت و هم عنصر راکتیو وجود داشته باشد ترکیب آنها را امپدانس گویند و با حرف Z نشان داده می شود. البته لفظ امپدانس یک حالت کلی دارد و حتی در مورد مقاومت و راکتانس تنها هم بکار میرود و مثلاً گفته میشود: امپدانس مقاومتی ($\text{Resistive Impedance}$) که معنایش اینست که مدار فقط شامل مقاومت است. راکتانس و رزیستانس را میتوان با هم ترکیب کرد و بصورت سری و موازی آنها را در مدار بکار برد (شکل ۳۰-۲).

در این مدارها راکتانس بصورت یک مستطیل نشان داده شده است که ممکن است اندوکتیو یا کاپاسیتیو باشد. در مدارهای سری جریان در هر دو المان یکی است و افت ولتاژ در دو سر المانها متفاوت است و در مدارهای موازی ولتاژ در دو سر دو المان یکی است و جریان گذرنده از آنها با یکدیگر متفاوت می باشد.

در مقاومت جریان هم فاز با ولتاژ اعمال شده به دو سر آنست و در یک راکتانس جریان با ولتاژ دو سرش ۹۰ درجه اختلاف فاز دارد، بنابراین ولتاژ و جریان در مدار بطور کلی می توانند هر مقداری بین



صفر و ۹۰ درجه نسبت به هم اختلاف فاز داشته باشند و این بستگی به مقادیر نسبی مقاومت و راکتانس دارد.

مدارهای سری - Series Circuits

وقتی راکتانس و رزیستانس بطور سری با هم قرار گیرند، امپدانس مدار برابر است با:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Z = امپدانس مدار بر حسب اهم.

R = مقدار مقاومت مدار بر حسب اهم.

X = راکتانس مدار بر حسب اهم.

راکتانس می‌تواند خازنی یا سلفی باشد. اگر دو یا چند راکتانس در مدار وجود داشته باشد این راکتانسها را با هم ترکیب کرده تا به یک راکتانس تبدیل گردد (با استفاده از قوانین قبلی) و سپس اعمال بعدی انجام می‌گیرد.

قاعده پیدا کردن امپدانس حاصل از یک مقاومت و یک راکتانس بصورت فوق (جذر مجموع مجذورها) از این حقیقت ناشی میشود که افت ولتاژ در دو سر مقاومت و راکتانس باندازه ۹۰ درجه نسبت به هم اختلاف فاز دارند. اگر شما نمودار آنها را رسم کنید با توجه به اینکه نتیجه دو بردار برابر است با قطر متوازی‌الاضلاعی که روی دو بردار ساخته میشود ملاحظه خواهید کرد که نتیجه دو بردار وتر یک مثلث قائم‌الزاویه میشود که دو ضلع‌اش افت ولتاژ در دو سر مقاومت و راکتانس است که بالطبع طول وتر طبق قضیه فیثاغورث از رابطه اخیر بدست خواهد آمد.

مدارهای موازی - Parallel Circuits

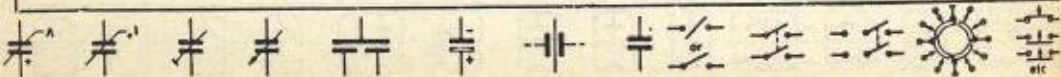
هنگامیکه یک مقاومت و یک المان راکتیو بطور موازی هم قرار گیرند (شکل ۳۰ - ۲ سمت راست) امپدانس معادل آنها برابر خواهد بود با:

$$Z = \frac{RX}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

همچنانکه در مورد مدارهای سری گفته شد در مواقعیکه چندین راکتانس بطور موازی هم قرار دارند ابتدا باید با توجه به فرمولهائی که قبلاً داده شده آنها را تبدیل به یک راکتانس نمود و سپس از فرمول فوق استفاده کرد.

مدارهای سری و موازی معادل - Equivalent Series and Parallel Circuits

دو مداری که در شکل ۳۰ - ۲ نشان داده شد در صورتی معادل هم هستند که اگر ولتاژ مساوی به آنها اعمال گردد جریان آنها نیز مساوی شود و همچنین فاز بین ولتاژ و جریان در هر دو یکسان باشد. با این حقیقت میتوان هر مدار سری را به یک مدار موازی معادل و بر عکس تبدیل نمود. تبدیلاتی از این نوع اغلب محاسبات در مدارهای پیچیده را ساده کرد. کاربردهائی از این مورد را بعداً در ارتباط با مدارهای تنظیم شده در خطوط انتقال خواهید دید.



صفر و ۹۰ درجه نسبت به هم اختلاف فاز داشته باشند و این بستگی به مقادیر نسبی مقاومت و راکتانس دارد.

- مدارهای سری - Series Circuits

وقتی راکتانس و رزیستانس بطور سری با هم قرار گیرند، امپدانس مدار برابر است با:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Z = امپدانس مدار بر حسب اهم.

R = مقدار مقاومت مدار بر حسب اهم.

X = راکتانس مدار بر حسب اهم.

راکتانس می‌تواند خازنی یا سلفی باشد. اگر دو یا چند راکتانس در مدار وجود داشته باشد این راکتانسها را با هم ترکیب کرده تا به یک راکتانس تبدیل گردد (با استفاده از قوانین قبلی) و سپس اعمال بعدی انجام می‌گیرد.

قاعده پیدا کردن امپدانس حاصل از یک مقاومت و یک راکتانس بصورت فوق (جنر مجموع مجذورها) از این حقیقت ناشی میشود که افت ولتاژ در دو سر مقاومت و راکتانس باندازه ۹۰ درجه نسبت به هم اختلاف فاز دارند. اگر شما نمودار آنها را رسم کنید با توجه به اینکه نتیجه دو بردار برابر است با قطر متوازی‌الاضلاعی که روی دو بردار ساخته میشود ملاحظه خواهید کرد که نتیجه دو بردار وتر یک مثلث قائم‌الزاویه میشود که دو ضلع‌اش افت ولتاژ در دو سر مقاومت و راکتانس است که بالطبع طول وتر طبق قضیه فیثاغورث از رابطه اخیر بدست خواهد آمد.

- مدارهای موازی - Parallel Circuits

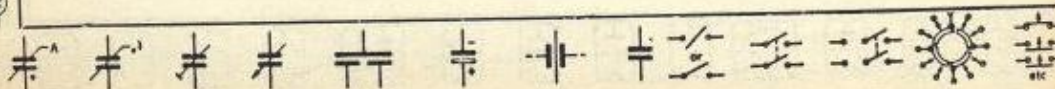
هنگامیکه یک مقاومت و یک المان راکتیو بطور موازی هم قرار گیرند (شکل ۳۰ - ۲ سمت راست) امپدانس معادل آنها برابر خواهد بود با:

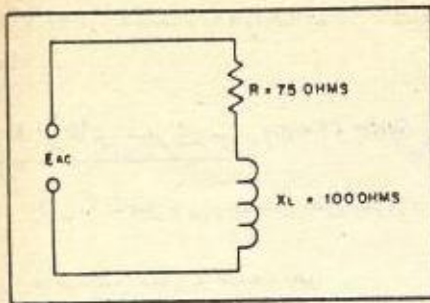
$$Z = \frac{RX}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

همچنانکه در مورد مدارهای سری گفته شد در مواقعیکه چندین راکتانس بطور موازی هم قرار دارند ابتدا باید با توجه به فرمولهائی که قبلاً داده شده آنها را تبدیل به یک راکتانس نمود و سپس از فرمول فوق استفاده کرد.

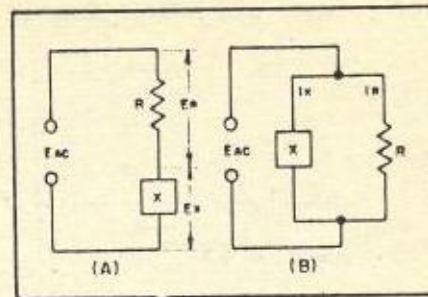
- مدارهای سری و موازی معادل - Equivalent Series and Parallel Circuits

دو مداری که در شکل ۳۰ - ۲ نشان داده شد در صورتی معادل هم هستند که اگر ولتاژ مساوی به آنها اعمال گردد جریان آنها نیز مساوی شود و همچنین فاز بین ولتاژ و جریان در هر دو یکسان باشد. با این حقیقت میتوان هر مدار سری را به یک مدار موازی معادل و بر عکس تبدیل نمود. تبدیلاتی از این نوع اغلب محاسبات در مدارهای پیچیده را ساده کرد. کاربردهائی از این مورد را بعداً در ارتباط با مدارهای تنظیم شده در خطوط انتقال خواهید دید.





شکل ۳۱-۲- مثالی جهت محاسبه امپدانس.



شکل ۳۰-۲- مدارهای سری و موازی شامل مقاومت و راکتانس.

قانون اهم برای امپدانس - Ohm's Law for Impedance

قانون اهم را بهمان صورتی که در مورد مدارهای شامل مقاومت یا راکتانس بکار برده شد میتوان بکار برد. این فرمولها در این مورد عبارتند از:

$$I = \frac{E}{Z}$$

$$E = IZ$$

$$Z = \frac{E}{I}$$

که در آنها:

Z = امپدانس بر حسب اهم.

I = جریان مدار بر حسب آمپر.

E = نیروی محرکه بر حسب ولت.

مثال:

در شکل ۳۱-۲ مداری نشان داده شده که شامل یک مقاومت ۷۵ اهمی و یک راکتانس ۱۰۰ اهمی بطور سری می باشد. از فرمولی که قبلاً داده شده خواهیم داشت:

$$Z = \sqrt{(75)^2 + (100)^2} = 125 \text{ اهم}$$

اگر ولتاژ اعمال شده به مدار ۱۵۰ ولت باشد جریان مدار برابر میشود با:

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{150}{125} = 1.2 \text{ آمپر}$$

این جریان از هر دو المان می گذرد بنابراین افت ولتاژ در دو سر هر المان برابر خواهد بود با:

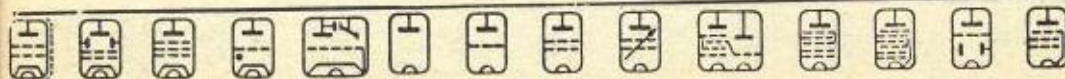
$$E_R = IR = 1.2 \times 75 = 90 \text{ ولت}$$

$$E_{X_L} = IX_L = 1.2 \times 100 = 120 \text{ ولت}$$

ملاحظه میشود مجموع افت ولتاژها برابر ۳۰۰ ولت است و مقدار آن بزرگتر است از ولتاژ اعمال شده به مدار زیرا دو ولتاژ ۹۰ درجه نسبت بهم اختلاف دارد. ولتاژ معادل این دو المان وقتی فاز نیز مد نظر قرار گیرد برابر خواهد بود با:

$$\sqrt{(90)^2 + (120)^2} = 150 \text{ ولت}$$

چنانچه ملاحظه میشود این ولتاژ برابر ولتاژ اعمال شده به مدار است.



- ضریب توان - (Power factor)

در مدار شکل ۳۱-۲ ولتاژی برابر ۲۵۰ ولت به مدار اعمال شده و جریانی برابر ۲ آمپر در مدار ایجاد گردیده، توان ظاهری در مدار برابر $۵۰۰ = ۲۵۰ \times ۲$ وات است.

بهر حال فقط مقاومت توان تلف می‌کند، این توان برابر است با:

$$P = I^2 R = 2 \times 2 \times 75 = 300 \text{ وات}$$

نسبت توان مصرفی به توان ظاهری (apparent) بنام ضریب توان مدار نامیده میشود که در این مثال ضریب توان برابر $\frac{300}{500} = 0.6$ می‌باشد. ضریب توان معمولاً بر حسب درصد بیان می‌گردد که در این مثال ۶۰ درصد می‌باشد.

توان مصرفی یا واقعی (real) با وات اندازه‌گیری میشود، برای تمیز دادن توان واقعی با توان ظاهری واحد توان ظاهری را با ولت - آمپر بیان میدارند. این واحد از اینجا آمده که حاصلضرب ولتاژ در جریان (ولت در آمپر) می‌باشد. توان واقعی و توان ظاهری با یک ضریب بهم ارتباط داده میشوند. ضریب توان یک مقاومت خالص ۱۰۰ درصد یا یک است در حالیکه ضریب توان یک راکتانس خالص صفر می‌باشد. در مثال گفته شده توان راکتیو برابر است با:

$$\text{VAR} = I^2 X = 2 \times 2 \times 100 = 400 \text{ volt-amperes}$$

ولت - آمپر

- امواج مختلط و راکتانس - Reactance and Complex Waves

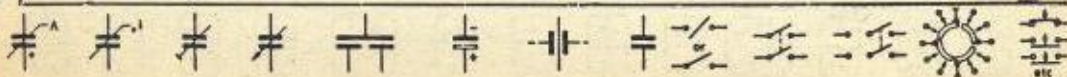
در فصل قبل اشاره شد که یک موج مختلط (کمپلکس، موج غیر سینوسی) را میتوان به یک فرکانس اصلی و یک سری فرکانسهای هارمونیک (مضارب فرکانس اصلی) تجزیه میشوند. وقتی یک چنین ولتاژ مختلطی به مداری شامل راکتانس اعمال گردد، جریان مدار همان شکل ولتاژ اعمال شده به مدار را نخواهد داشت. این امر بواسطه اینست که راکتانس یک سیمپیچ (اندوکتور) و خازن بستگی به فرکانس اعمالی دارد. برای هارمونیک دوم سیگنال راکتانس سیمپیچ دو برابر و راکتانس خازن نصف مقادیرشان برای فرکانس اصلی است.

در مورد هارمونیک سوم مقدار راکتانس سیمپیچ سه برابر و راکتانس خازن یک سوم مقادیرشان در فرکانس اصلی است و همینطور برای بقیه هارمونیکها - بنابراین امپدانس مدار برای هر هارمونیک مقداری متفاوت با هارمونیک دیگر است.

همین مورد برای جریان نیز اتفاق می‌افتد و شکل موج جریان مدار بستگی به مقادیر مقاومت و راکتانس سلفی بستگی دارد. در یک مدار ساده با یک مقاومت و یک سلف بطور سری، دامنه هارمونیکهای جریان با بالا رفتن شماره هارمونیک کاهش می‌یابد زیرا راکتانس سلفی با زیاد شدن شماره هارمونیک افزایش می‌یابد.

وقتی خازن و یک مقاومت بطور سری در مدار باشند هارمونیک جریان رو به افزایش میرود زیرا راکتانس خازنی به‌مراه زیاد شدن فرکانس کاهش می‌یابد.

وقتی هر دو راکتانس سلفی و خازنی در مدار باشند، شکل موج جریان به شکلهای مختلف خواهد بود و این بستگی مدار و ثابتهای مدار یا مقادیر نسبی سلف و خازن و مقاومت دارد. این خاصیت رفتار غیر یکنواخت در مورد فرکانس اصلی و هارمونیکها شدیداً مفید است. این خاصیت اساس عمل فیلتر کردن "filtering" یا حذف فرکانس ناخواسته از بین یک سری فرکانس می‌باشد.



Transformers

ترانسفورمرها برای فرکانسهای صوتی

Transformer For Audio Frequencies

دو سیم پیچ که دارای اندوکتانس متقابل است ترانسفورمر (transformer) یا ترانسفورماتور می باشد. سیم پیچی که به منبع وصل می گردد اولیه (primary) یا پریمر و آن یکی که به بار وصل می شود ثانویه (secondary) نامیده می شود.

فایده ترانسفورمر در اینست که می تواند انرژی را از یک مدار به مدار دیگر منتقل نماید بدون اینکه ارتباط مستقیمی بین آنها باشد که در این مرحله ولتاژ از یک سطح به سطح دیگری خواهد رفت. بنابراین اگر وسیله ای داشته باشید که مثلاً با ۱۱۵ ولت کار کند و ولتاژی که شما در دسترس دارید ۴۴۰ ولت باشد شما احتیاج به یک ترانسفورمر دارید که بتواند ولتاژ ۴۴۰ را به ۱۱۵ ولت تبدیل نماید.

ترانسفورمرها فقط در جریان متناوب (AC) بکار میروند زیرا چنانچه میدان مغناطیسی ثابت و بدون تغییر باشد ولتاژی در ثانویه القاء نخواهد شد. هرگاه ولتاژ مستقیم به اولیه اعمال گردد فقط در لحظه بسته شدن یا باز شدن کلید در مدار اولیه ولتاژ در ثانویه القاء میشود زیرا در این لحظات است که نقطه میدان تغییر میکند.

The Iron-Core Transformer

ترانسفورمر با هسته آهنی

همچنانکه در شکل ۳۲-۲ نشان داده شده سیم پیچهای اولیه و ثانویه ممکن است روی هسته ای از مواد مغناطیسی پیچید. با این کار اندوکتانس سیم پیچها افزایش می یابد بطوریکه میتوان با تعداد دور نسیم کمتر و جریان کمتری ولتاژ معینی را در ثانویه القاء نمود. با یک هسته بسته (closed core) (هسته ای که در آن میدان مغناطیسی مسیر بسته دارد.) مانند آنکه در شکل ۳۲-۲ دیده میشود نیز میتوان مطمئن بود که عملاً تمامی میدان حاصل از جریان سیم پیچ اولیه سیم پیچ ثانویه را قطع می کنند. در هر حال بکار بردن هسته سبب تلفات در اثر جریانهای فوکو و هیستریزیس میشود بطوریکه بکار بردن هسته در فرکانسهای صوتی عملی است. این بحث در این فصل فقط محدود به فرکانسهای صوتی است.

نسبت دورها و ولتاژ -

Voltage and Turns Ratio

برای یک میدان مغناطیسی متغیر، ولتاژ القائی در سیم پیچ به تعداد دور سیم پیچها بستگی دارد. چون دو سیم پیچ ترانسفورمر در یک میدان مغناطیسی قرار دارد، یعنی هر دو روی یک هسته بسته قرار داشته باشند ولتاژهای القائی به تعداد دور سیم پیچها بستگی دارد. ولتاژ القاء شده در اولیه عملاً معادل و مخالف است با ولتاژ اعمال شده به آن. همچنانکه قبلاً توضیح داده شد. بنابراین:

$$E_s = \frac{n_s}{n_p} E_p$$

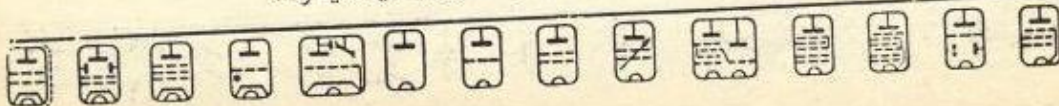
E_s = ولتاژ ثانویه.

E_p = ولتاژ اولیه.

n_s = تعداد دور ثانویه.

n_p = تعداد دور اولیه.

نسبت $\frac{n_s}{n_p}$ بنام نسبت دورهای ثانویه به اولیه ترانسفورمر نامیده میشود.



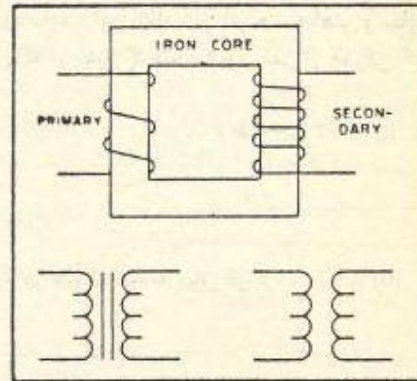
مثال :

ترانسفورمری دارای ۴۰۰ دور سیمپیچ اولیه و ۲۸۰۰ دور ثانویه میباشد. اگر ولتاژ ۱۱۵ ولت به اولیه اعمال گردد ولتاژ ثانویه برابر است با :

$$E_s = \frac{2800}{400} \times 115 = 7 \times 115 = 805 \text{ ولت}$$

همچنین اگر نیروی محرکه‌ای برابر ۸۰۵ ولت به سیمپیچ ۲۸۰۰ دوری اعمال گردد ولتاژی برابر ۱۱۵ ولت در طرف ۴۰۰ دوری پدید می‌آید.

هر کدام از سیمپیچ‌های ترانسفورمر را میتوان بعنوان اولیه و دیگری را بعنوان ثانویه اختیار نمود. مقدار جریانی که در اولیه جریان دارد در هنگامیکه از ثانویه جریان کشیده نمیشود (باری به ثانویه وصل نیست)، بنام جریان مغناطیس‌شدن (Magnetizing current) نامیده میشود. در طراحی ترانسفورمرها سعی میشود اندوکتانس اولیه زیاد باشد تا جریان مغناطیس‌شدن کوچک باشد. مقدار قدرتی که توسط ترانسفورمر در حالتیکه ثانویه باز است (بدون بار) مصرف میشود برای تلفات در ترانسفورمر (هسته و مقاومت سیم‌های اولیه) بکار میرود.



شکل ۳۲-۲- ترانسفورمر
(ترانسفورماتور). قدرت از سیم‌پیچ اولیه به
ثانویه توسط میدان مغناطیسی منتقل
میشود. دو نماد نشان داده شده نشانه‌های
ترانسفورماتور با هسته آهنی و بدون هسته
آهنی است.

وقتی از ثانویه جریان (قدرت) کشیده میشود، جریان ثانویه سبب ایجاد میدان مغناطیسی مخالف میدان مغناطیسی ایجاد شده در اولیه می‌گردد. اما اگر ولتاژ القایی در اولیه معادل ولتاژ اعمال شده به آن باشد، میدان اولیه بایستی باقی بماند. بنابراین از اولیه باید جریان اضافی کافی کشیده شود تا میدانی که دقیقاً برابر و مخالف میدان ایجاد شده توسط جریان ثانویه باشد تولید شود.

در محاسبات عملی ترانسفورمرها فرض میشود که کل جریان اولیه در اثر بار موجود در ثانویه ایجاد میگردد یعنی جریان مغناطیس‌شدن صفر فرض می‌شود. این فرض قابل قبول می‌باشد زیرا جریان مغناطیس‌شدن در مقایسه با جریانی که در اثر بار ثانویه ایجاد میشود ناچیز است. اگر میدانهای مغناطیسی که توسط جریانهای اولیه و ثانویه ایجاد میشود برابر باشند، جریان اولیه ضربدر تعداد دورهای اولیه باید برابر باشد با جریان ثانویه ضربدر تعداد دورهای ثانویه یعنی :

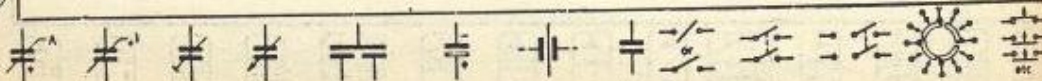
$$I_p = \frac{n_s}{n_p} I_s$$

I_p = جریان اولیه.

I_s = جریان ثانویه.

n_p = تعداد دورهای اولیه.

n_s = تعداد دورهای ثانویه.



مثال :

ترانسفورمر مثال قبلی را در نظر بگیرید . فرض کنید به ثانویه باری متصل است و جریان 0.2 آمپری در ثانویه برقرار است . در اینصورت جریان اولیه برابر خواهد شد با :

$$I_p = \frac{2800}{400} \times 0.2 = 7 \times 0.2 = 1.4 \text{ آمپر}$$

ملاحظه می کنید که جریان ثانویه از جریان اولیه کمتر ولی ولتاژ ثانویه بیشتر از ولتاژ اولیه است ولی در هر حال نسبت آنها یکی میباشد .

— رابطه قدرت ، بازده — *Power Relationships; Efficiency*

ترانسفورمر نمیتواند قدرت ایجاد کند بلکه این وسیله تنها میتواند نیروی محرکه (emf) را انتقال دهد . بنابراین قدرتی که از ثانویه کشیده میشود نمیتواند از توانی که اولیه از منبع می گیرد تجاوز نماید . با اینحال همیشه مقداری تلفات در ترانسفورمر وجود دارد . این تلفات در اثر هسته آهنی و مقاومت

- در ترانسفورمرهای عملی تمامی فلو مغناطیسی در هر دو سیمپیچ مشترک نیست بلکه درصد کوچکی از کل فلو هدر می‌رود (هر چند در طرح ترانسفورمر دقیق کافی مبذول گردد). این فلو بنام فلو نشتی (Leakage Flux) است که سبب یک نیروی محرکه خود القایی می‌شود، بنابراین هر سیمپیچ مقداری اندوکتانس نشتی دارد. نحوه عمل اندوکتانس نشتی سیمپیچ‌ها درست شبیه آینست که اندوکتانس معادل آن به هر سیمپیچ سری گردد، بنابراین برای نشان دادن عمل این اندوکتانس نشتی یک سیمپیچ بطور سری با هر سیمپیچ قرار داده می‌شود.
- در رابطه با مقدار اندوکتانس نشتی و فرکانس، راکتانس معینی در ترانسفورمر وجود دارد که به آن راکتانس نشتی (Leakage Reactance) گویند.
- جریانی که از راکتانس نشتی می‌گذرد سبب افت ولتاژی در آن می‌گردد. با افزایش جریان این افت ولتاژ زیاد می‌شود، بنابراین هر چه توان بیشتری از ترانسفورمر گرفته شود این افت ولتاژ افزونتر می‌گردد زیرا جریان خروجی بیشتر می‌گردد. بنابراین هر چه جریان ثانویه بیشتر باشد ولتاژ دو سر سیمپیچ ثانویه کمتر می‌شود.
- مقاومت سیمپیچ‌های ترانسفورمر نیز سبب افت ولتاژ می‌گردد، البته این افت ولتاژها هم‌فاز با افت ولتاژها بر اثر راکتانس نشتی نیست. بهر حال این افت ولتاژها مجموعاً سبب می‌شوند که ولتاژ ثانویه تحت بار کمتر از مقداری باشد که توسط نسبت ترانسفورمر مشخص می‌شود.
- ولتاژ ثانویه در بار کامل در ترانسفورماتور قدرت (۵۰ سیکل) نپایستی بیشتر از ۱۰ درصد افت ولتاژ نسبت به حالت مدار باز (بدون بار) داشته باشد. در ترانسفورمر صوتی افت ولتاژ ممکن است بیشتر از این مقدار باشد زیرا راکتانس نشتی متناسب با فرکانس زیاد می‌گردد.

- نسبت امپدانس - Impedance Ratio

در یک ترانسفورمر ایده‌آل (بدون تلفات یا بدون راکتانس نشتی) رابطه زیر برقرار است:

$$Z_p = Z_s \left[\frac{N_p}{N_s} \right]^2$$

Z_p = امپدانس که منبع می‌بیند (از طرف اولیه).

Z_s = امپدانس بار که به ثانویه متصل می‌شود.

N_p = تعداد دور اولیه.

N_s = تعداد دور ثانویه.

یعنی وقتی باری با هر امپدانس را به ثانویه متصل گردد مقداری که از طرف اولیه دیده می‌شود متفاوت با مقدار بار است بعبارت دیگر ترانسفورمر یک مبدل امپدانس است. این تبدیل امپدانس متناسب است با مجذور نسبت تعداد دورهای اولیه به ثانویه.

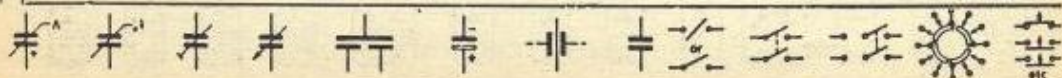
مثال:

ترانسفورمری با نسبت اولیه به ثانویه ۰/۶ وجود است اگر بار ۳۰۰۰ اهمی به ثانویه متصل شود، امپدانس که از طرف اولیه دیده می‌شود برابر خواهد بود با:

$$Z_p = Z_s \left[\frac{N_p}{N_s} \right]^2 =$$

$$Z_p = 3000 \times 0/6 \times 0/6 = 3000 \times 0/36 = 1080 \text{ اهم}$$

با انتخاب صحیح نسبت دورها میتوان امپدانس یک بار ثابت را بهر مقدار دلخواهی تبدیل نمود (بدون هیچ محدودیت عملی). اگر بتوان از تلفات ترانسفورمر صرفنظر کرد امپدانس تبدیل شده یا منعکس شده (reflected) دارای همان زاویه فازی امپدانس بار می‌باشد. بنابراین اگر بار مقاومت خالص باشد، امپدانس که توسط اولیه به منبع قدرت تحویل داده می‌شود نیز مقاومت خالص می‌باشد.



رابطه بالا را میتوان در کارهای عملی نیز بکار برد اگر چه این رابطه را برای ترانسفورمر ایده‌آل بدست آورده‌ایم. بغیر از تلفات داخلی و راکتانس نشستی کم یک مورد دیگر نیز در طرح ترانسفورمرها رعایت می‌گردد و آن اینست که اولیه آن دارای راکتانس کافی باشد تا بتواند با ولتاژ اعمالی به اولیه آن و جریان مغناطیس شدن کم کار کند. امیدانس اولیه ترانسفورمر که در مقابل منبع ظاهر میشود، توسط باری که به ثانویه بسته میشود کاملاً مشخص می‌گردد.

اگر مشخصات ترانسفورمر روی امیدانس ظاهر شده در مقابل منبع اثر محسوسی داشته باشد این از ضعف در طراحی ترانسفورمر است که بدینترتیب ثابت میشود که این ترانسفورمر برای آن ولتاژ و فرکانس مناسب نیست. اکثر ترانسفورمرها در ولتاژهایی تا کمی بالاتر از ولتاژ اسمی‌اش بخوبی کار می‌کند.

- تطبیق امیدانس - Impedance Matching

اکثر وسایل برای اینکه بخوبی عمل خود را انجام دهند بایستی به بار مشخصی وصل گردند و چنانچه به باری غیر از این بار وصل گردند بهترین بازده را ندارند. ممکن است باری که لازم است به وسیله مورد نظر وصل گردد متفاوت از این بار معین (اسمی) باشد، در چنین مواقعی از یک ترانسفورمر برای تبدیل این بار به بار اسمی وسیله مورد نظر استفاده میشود. این موضوع بنام تطبیق امیدانس Impedance Matching گفته میشود. از مطالب قبلی خواهیم داشت:

$$\frac{N_p}{N_s} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

n_p = تعداد دور سیم‌پیچ اولیه.

n_s = تعداد دور سیم‌پیچ ثانویه.

Z_p = امیدانس اولیه مورد نیاز.

Z_s = امیدانس باری که به ثانویه متصل می‌شود.
مثال:

یک تقویت کننده لامپی برای بهترین شرایط کار احتیاج به باری برابر ۵۰۰۰ اهم دارد. این تقویت کننده را میخواهیم به یک بلندگویی با امیدانس ۱۰ اهم وصل کنیم. نسبت دور ثانویه به اولیه ترانسفورمری که برای این عمل لازم است چقدر است؟ با استفاده از فرمول:

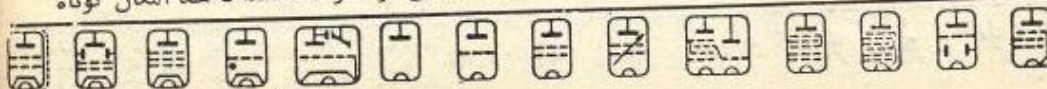
$$\frac{N_p}{N_s} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}} = \sqrt{\frac{5000}{10}} = \sqrt{500} = 22.4$$

بنابراین تعداد دور اولیه بایستی ۲۲/۴ برابر ثانویه باشد.

بطور کلی معنای تطبیق امیدانس عبارتست از: تنظیم امیدانس بار (با ترانسفورمر یا هر وسیله دیگر) در هر مقدار دلخواه، یک معنی دیگر نیز برای این عمل وجود دارد. میتوان نشان داد که هر منبع قدرتی برای آنکه حداکثر قدرتش را به بار تحویل دهد بایستی باری که امیدانس آن برابر با امیدانس داخلی منبع باشد به منبع قدرت وصل گردد. در اینحالت گفته میشود که امیدانس منبع قدرت منطبق شده (Matched) است. در اینحالت بازده ۵۰ درصد است یعنی همان مقدار توانی که در منبع مصرف میشود به بار نیز تحویل داده میشود. بخاطر کم بودن بازده، این نوع تطبیق امیدانس محدود است به مواردی که فقط مقدار کمی توان در دسترس است و حرارت حاصل از تلفات قدرت در منبع مهم نیست.

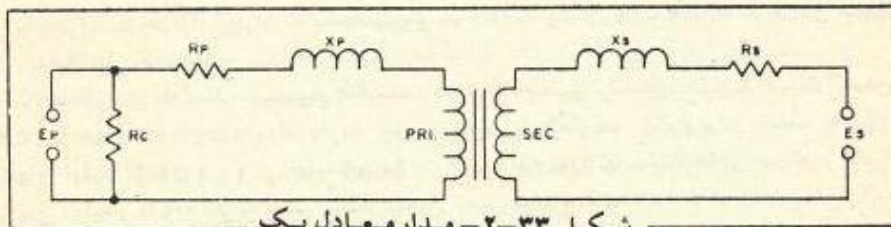
- ساختمان ترانسفورمر - Transformer Construction

ترانسفورمرها معمولاً چنان طرح می‌گردند که مسیر مغناطیسی در اطراف هسته تا حد امکان کوتاه



باشد. منظور از مسیر کوتاه مغناطیسی اینست که ترانسفورمر بتواند با تعداد دور کمتر از حالتی که مسیر طولانی است (برای یک ولتاژ معین) کار کند. یک مسیر کوتاه همچنین فلوی ناشی را کاهش میدهد و بالطبع را کتانس ناشی حداقل میشود.

شکل هسته معمولاً بفرم شکل ۳۴-۲ می باشد. در نوع پوسته‌ای (shell type) هر دو سیم‌پیچ روی پایه وسطی هسته پیچیده میشوند در حالی که در نوع هسته‌ای (core type) سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه بطور جداگانه روی پایه‌های کناری پیچیده میشوند. اینکار را گاهی اوقات بدین دلیل انجام میدهند که اثرات خازنی بین اولیه و ثانویه را حداقل برسانند یا وقتی که بخواهند به یکی از سیم‌پیچ‌ها ولتاژ خیلی بالا اعمال کنند.

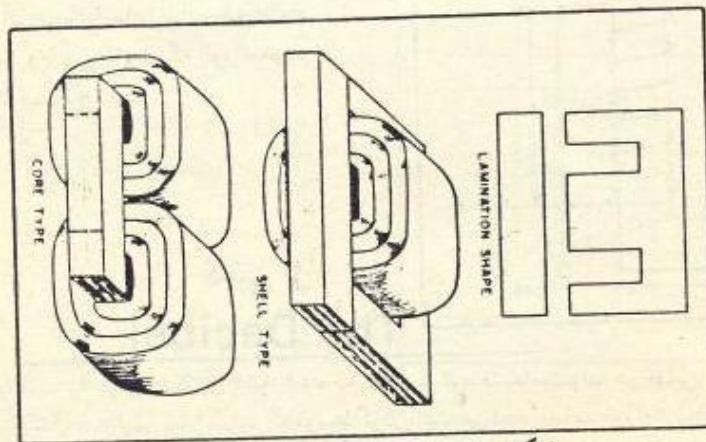


شکل ۳۳-۲- مدار معادل یک

ترانسفورماتور که در آن اثرات اندوکتانس ناشی و مقاومتهای اولیه و ثانویه اضافه شده است.

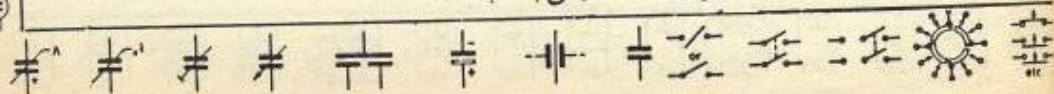
ماده هسته برای ترانسفورمرهای کوچک معمولاً از فولاد - سیلیکون می باشد که آهن ترانسفورمر نامیده میشود. هسته را بصورت ورقه ورقه می‌رسانند که این ورقه‌ها را نیز از یکدیگر عایق می‌کنند (برای عایق را میتوان از ماده‌ای مثل شلاک shellac استفاده نمود. این عایق‌بندی برای جلوگیری از جریانهای فوکو می باشد).

تعداد دورهای سیم‌پیچ اولیه ترانسفورمر برای یک ولتاژ معین با توجه به اندازه، شکل، نوع ماده هسته و فرکانس مشخص میشود.



شکل ۳۴-۲- ساختمان دو ترانس

معمولی. قطعات هسته طوری هستند که مسیر میدان مغناطیسی بسته باشد.

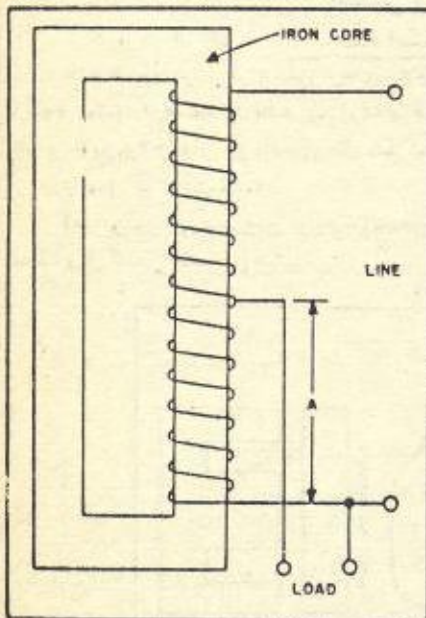


تعداد دروهای اولیه بستگی معکوس دارد با سطح مقطع هسته یک قانون سر انگشتی وجود دارد و آن اینست: در مورد ترانسفورمرهای کوچک قدرت برای هر ولت ۶ تا ۸ دور روی هسته‌ای به مقطع یک اینچ مربع پیچیده میشود که در اینحالت مسیر مغناطیسی طولی برابر ۱۰ تا ۱۲ اینچ باید داشته باشد. برای مسیرهای مغناطیسی طولانی‌تر تعداد دور بر ولت را افزایش میدهند و برعکس. در اکثر ترانسفورمرها بین طبقات سیم‌پیچ‌ها ورقه‌های کاغذ قرار میدهند. بین سیم‌پیچ‌ها و هسته ورقه‌های عایق ضخیم‌تری قرار می‌گیرد.

— اتو ترانسفورمر — Autotransformers

یک ترانسفورمر را می‌توان با یک سیم‌پیچ هم ساخت (شکل ۳۵-۲)، که اصول آن همان اصولی است که قبلا بیان گردید.

ترانسفورمری که یک سیم‌پیچ داشته باشد بنام اتو ترانسفورمر یا اتو ترانسفورماتور Autotransformer نام دارد. جریان سیم‌پیچ مشترک (A) برابر است با تفاوت بین جریانهای اولیه (Line) و ثانویه Load. زیرا این جریانها مختلف‌الفاز هستند. بنابراین اگر جریانهای اولیه و ثانویه تقریباً برابر باشد میتوان سیم سیم‌پیچ قسمت مشترک را نسبتاً نازکتر اختیار نمود. این در حالتی است که ولتاژهای اولیه و ثانویه خیلی متفاوت نباشند. اتو ترانسفورماتورها را معمولاً برای کاهش و یا افزایش ولتاژ بکار می‌روند. معمولاً این اتو ترانسفورمرها متغیر واریابل هستند و بدینترتیب میتوان ولتاژهای مختلف از ثانویه گرفت.

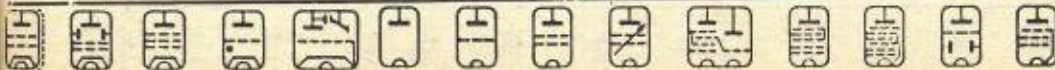


شکل ۳۵-۲- اتو ترانسفورماتور که اساس آن همان اساس ترانسفورماتور می‌باشد و با این تفاوت که اتو ترانسفورمر فقط یک سیم‌پیچ دارد.

دسی بل

The Decibel

در اکثر ارتباطات رادیویی سیگنال اخذ شده به صدا برگردانده میشود. در چنین مواقعی بهتر اینست که شدت سیگنال با عبارتی بیان گردد که توسط گوش ثبت می‌شود. خاصیت گوش چنین است که هر افزایش یا کاهش در بلندی صدا بصورت نسبت مقادیر قدرت شنیده میشود و عملاً مستقل از مقدار مطلق قدرت است. مثلاً اگر شخصی حدس بزند که (بلندی صدا دو برابر) است و این برای هنگامی باشد که قدرت فرستنده از ۱۰ به ۴۰ وات برسد، همچنین در وقتی که قدرت فرستنده از ۱۰۰ به ۴۰۰



وات برسند نیز همین حدس را خواهد زد بعبارت دیگر گوش پاسخ لگاریتمی دارد یا لگاریتمی می‌شنود. این حقیقت اساس استفاده از واحد قدرت نسبی **Relative - Power** است که بنام دسی‌بل نامیده میشود که بطور خلاصه با dB نمایش داده میشود. تغییر یک دسی‌بل در قدرت تحت شرایط ایده‌آل قابل درک است. فرمول زیر رابطه قدرت را با تعداد دسی‌بل‌ها نشان میدهد.

$$dB = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

لگاریتم اعشاری است یعنی مبنای آن ده می‌باشد.

نسبت ولتاژها و جریانه‌ها - Voltage and Current Ratios

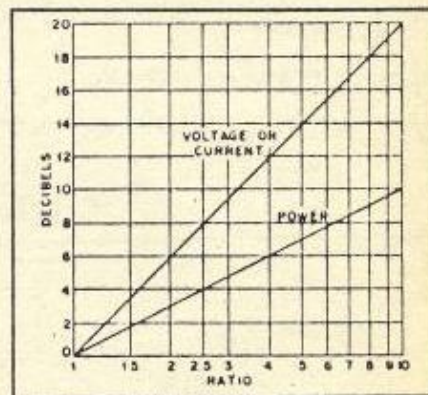
همانطور که توجه کرده‌اید دسی‌بل بر اساس نسبت توانهاست. نسبت ولتاژها یا جریانه‌ها را نیز میتوان بر حسب دسی‌بل بیان نمود و این فقط در مواقعی است که برای هر دو مقدار ولتاژ یا جریان امپدانس یکی باشد. چنانچه بهره یک تقویت بصورت نسبت ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی باشد نمیتوان آنرا مستقیماً بر حسب دسی‌بل بیان نمود مگر اینکه هر دو ولتاژ در دو سر یک امپدانس اندازه‌گیری شده باشد. وقتی امپدانس در هر دو محل اندازه‌گیری یکی باشد، فرمولهای زیر را میتوان برای نسبت‌های جریان و ولتاژ بکار برد.

$$dB = 20 \log \frac{V_2}{V_1}$$

$$dB = 20 \log \frac{I_2}{I_1}$$

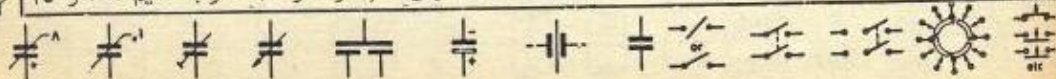
نمودار دسی‌بل - Decibel Chart

دو فرمولی که در بالا آورده شده برای نسبت‌های از یک تا ده در نمودار شکل ۳۶-۲ نشان داده شده است. بهره‌ها (افزایش‌ها) که به دسی‌بل بیان میشوند بطور حسابی جمع می‌شود و تلفات (کاهش‌ها) کم می‌گردند.



شکل ۳۶-۲ - نمودار دسی‌بل برای
نسبت‌های قدرت، ولتاژ و جریان.

هر کاهشی در توان را بر حسب دسی‌بل با علامت منفی نشان میدهند. مثلاً $-6dB$ یعنی قدرت ۴ برابر شده است در حالیکه $-6dB$ یعنی قدرت یک چهارم شده است. نمودار شکل ۳۶-۲ را میتوان برای مضارب‌ده در مورد توان هم بکاربرد و همچنین برای نسبت‌های ولتاژ و جریان بازای هر بار ضرب شدن در ده مقدار ۲۰ دسی‌بل اضافه می‌گردد. مثلاً اگر نسبت توان $2/5$ را در ۱۰ ضرب کنیم مقدار ۲۵



می‌گردد که با توجه به مطالب گفته شد در سطور فوق مقدار دسی‌بل آن (۴ + ۱۰) یعنی ۱۴ میشود و اگر ۲/۵ در ۱۰۰ ضرب گردد دسی‌بل (۴ + ۱۰۰) یعنی ۱۰۴ می‌شود.

همچنین از نمودار دیده میشود که دسی‌بل مختص به نسبت ولتاژ یا جریان ۴ برابر ۱۲ دسی‌بل است، بنا بر این دسی‌بل مربوط به ۴۰ برابر (۱۲ + ۲۰) و مربوط به ۴۰۰ برابر (۱۲ + ۴۰) خواهد بود.

مدارهای فرکانس رادیویی

Radio Frequency Circuits

رزونانس (تشدید) در مدارهای سری - Resonance in Series Circuits

در شکل ۳۷-۲ مداری شامل سلف، خازن و مقاومت بطور سری نشان داده شده است. یک منبع جریان متناوب که می‌تواند در ناحیه وسیعی از فرکانس کار کند (سیگنال ژنراتور) به مدار وصل شده است. در فرکانسهای کم راکتانس خازنی خیلی بزرگتر از مقدار مقاومت R و راکتانس سلفی (اندوکتیو) در مقایسه با مقدار مقاومت و راکتانس خازنی کوچک است. (فرض میشود که R در همه فرکانسها مقدارش ثابت بماند) از طرف دیگر در فرکانسهای خیلی بالا راکتانس خازن خیلی کوچک و راکتانس سلف خیلی زیاد می‌باشد. (از فرمولهایی که قبلا در مورد راکتانس دیده شد ملاحظه میشود که راکتانس خازن نسبت معکوس با فرکانس و راکتانس سلف نسبت مستقیم با فرکانس دارد) با توجه به مطالب فوق در فرکانس معینی (وسط) راکتانس خازن و سلف با هم برابر شده و افت ولتاژهای دو سر سلف و خازن معادل می‌گردد و در فاز مخالف قرار می‌گیرد. بنا بر این هر کدام اثر دیگری را خنثی خواهند نمود و در این لحظه جریان تماما توسط مقاومت R مشخص می‌گردد. در این فرکانس جریان حداکثر مقدار خود را دارا می‌باشد (با فرض اینکه ولتاژ منبع مستقل از فرکانس باشد). مدار سری این چنین که در آن راکتانس سلف و خازن معادل هم می‌باشد، رزونانس **Resonant** گویند:

اصول رزونانس (تشدید) در مدارهای فرکانس رادیویی کار برد زیاد دارد.

فرکانس رزونانس - Resonant Frequency

آن فرکانسی که راکتانس سلف و خازن برابر گردد $X_L = X_C$ بنام فرکانس تشدید (رزونانس) نامیده میشود. با جانشین کردن راکتانس سلف و خازن بجای آنها در رابطه فوق خواهیم داشت ::

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

f = فرکانس بر حسب سیکل بر ثانیه.

L = مقدار سیم پیچ (اندوکتانس) بر حسب هانری.

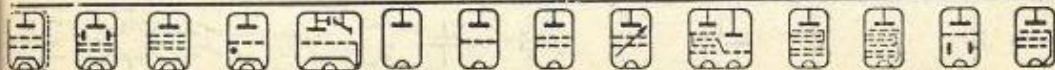
C = مقدار خازن (کاپاسیتانس) بر حسب فاراد.

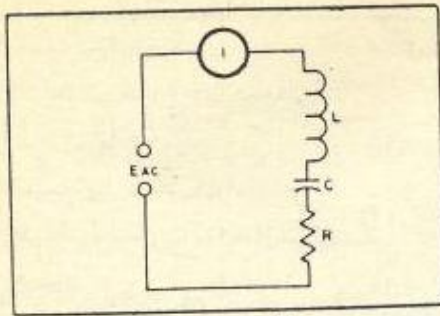
N = عدد پی برابر ۳/۱۴

مثال:

فرکانس رزونانس مداری را حساب کنیم که مقدار سیم پیچ ۵ میکرو هانری (۵ μ) و مقدار خازن ۳۵ پیکو فاراد (۳۵ pF) می‌باشد:

قبلا لازم به تذکر است که در فرمول میتوان مقدار خازن را بر حسب پیکو فاراد، مقدار سیم پیچ را بر حسب میکرو هانری قرار داد بشرط آنکه یک فاکتر یک میلیون در جلوی فرمول قرار گیرد که در اینحال فرکانس نیز بر حسب کیلو هرتز بست می‌آید.





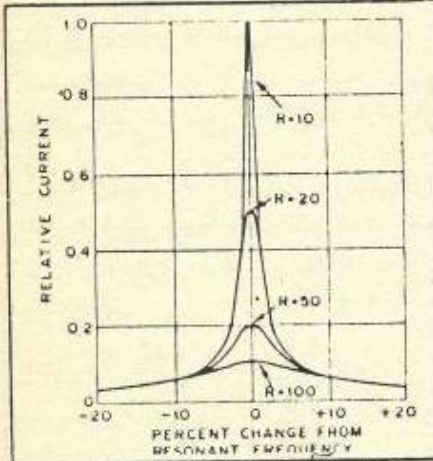
$$f = \frac{10^6}{2\pi \sqrt{LC}}$$

شکل ۳۷-۲ مدار سری شامل سلف - مقاومت - خازن که در فرکانس بخصوصی بحالت تشدیددرمی آید و آن وقتی است که راکتانسهای خازنی و سلفی برابر هم شوند.

حال حل مثال قبل با توجه به توضیح بالا چنین می باشد
 $f = \frac{10^6}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{10^6}{6.28 \times \sqrt{5 \times 35}} = 12,036 \text{ kHz}$
 کیلو هرتز
 چنانچه ملاحظه میشود در فرمول فرکانس رزونانس مقاومت تأثیری ندارد.

منحنی های رزونانس - Resonance Curves

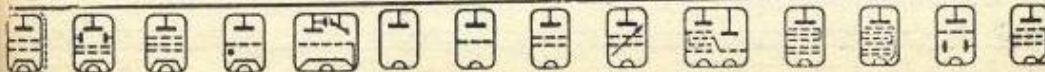
اگر منحنی جریان یک مدار رزونانس سری بر حسب فرکانس رسم گردد (ولتاژ منبع ثابت می ماند) منحنی های شکل ۳۸-۲ حاصل خواهد شد. فرم منحنی رزونانس در حوالی فرکانس رزونانس توسط نسبت راکتانس به مقدار مقاومت مشخص می گردد.



شکل ۳۸-۲ جریان در یک مدار تشدید سری با مقادیر مختلف مقاومت سری. مقادیر دلخواه هستند و به همه مدارها اعمال نمی شود. فرض میشود که راکتانسها ۱۰۰۰ اهم می باشند.

اگر راکتانس سلف یا خازن برابر مقدار مقاومت باشد جریانی در دو طرف فرکانس رزونانس همزمان با تغییر فرکانس کاهش می یابد در اینحال میگویند این منحنی پهن (broad) شده می باشد. از طرف دیگر اگر راکتانس بزرگتر از مقدار مقاومت باشد جریانی سریعا در اطراف فرکانس رزونانس همزمان با فرکانس کاهش می یابد، که بدینترتیب گویند مدار تیز (Sharp) میباشد. یک مدار شارپ (تیز) به فرکانس رزونانس شدیدتر از سایر فرکانسها پاسخ میدهد یک مدار براد (پهن) تقریبا به یک ردیف فرکانس پاسخ متعادل میدهد.
 ضریب مرغوبیت (Q) -

اکثر مدارهای تشدید فقط شامل خازن و سلف هستند و در آنها از مقاومت خبری نیست. در حالیکه مقاومت همیشه در این مدارها ظاهر میشود. با اینکه در ظاهر مقاومتی در مدار وجود ندارد ولی این مقاومت همراه سلف و خازن است که در مدار ظاهر می گردد. تا فرکانسهای حدود ۳۰ مگا هرتز این مقاومت در سیم های کویل (سیم پیچ) وجود دارد. در فرکانسهای بالاتر از این تلفات در خازن (مخصوصا



در عایقهای جامد) نیز عامل مؤثر خواهد شد و بحساب خواهد آمد این تلفات انرژی را میتوان منسوب به یک مقاومت دانست. اگر حداکثر تیزی یا قدرت انتخاب (سلکتیویته Selectivity) لازم باشد، بایستی هدف این باشد که مقدار مقاومت را تا حد امکان کاهش داد.

مقدار راکتانس (چه سلفی، چه خازنی) در یک مدار تشدید سری در فرکانس تشدید تقسیم بر مقدار مقاومت سری شده در مدار کمیتی خواهد شد بنام ضریب مرغوبیت (Quality Factor) که با حرف Q نشان داده میشود:

$$Q = \frac{X}{r}$$

Q = ضریب مرغوبیت.

X = راکتانس سلفی یا خازنی بر حسب اهم (در فرکانس تشدید)

r = مقاومت سری در مدار بر حسب اهم.

چون ضریب مرغوبیت نسبت دو کمیت هم واحد است عدد مطلق است و واحدی ندارد:

مثال:

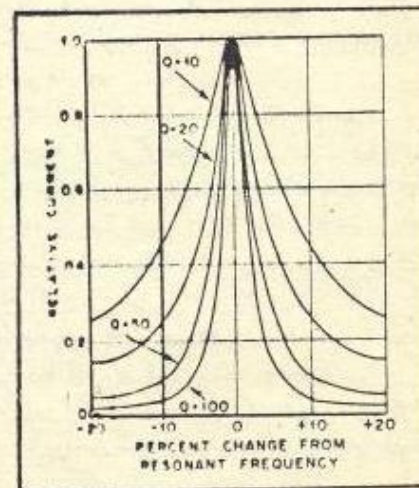
سلف و خازن در یک مدار سری در فرکانس تشدید را کتانسی برابر ۳۵۰ اهم دارد. مقاومت مدار ۵

اهم است، در اینصورت ضریب مرغوبیت:

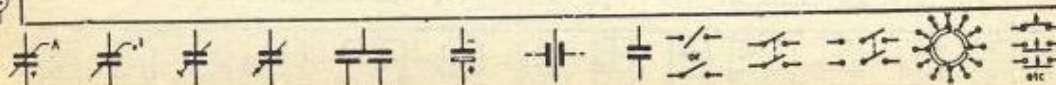
$$Q = \frac{X}{r} = \frac{350}{5} = 70$$

اثر ضریب مرغوبیت بر تیزی (sharpness) یا سلکتیویته مدار در شکل ۳۹-۲ نشان داده شده است. در این منحنیها تغییر فرکانس بر حسب درصد در بالا و پایین فرکانس رزونانس نشان داده شده است. این منحنیها برای ضرایب مرغوبیت ۱۰ و ۲۰ و ۵۰ و ۱۰۰ داده شده، این اعداد ناحیه وسیعی را در کارهای رادیویی شامل می گردد. ضریب مرغوبیت برای مدار بدون بار (Unloaded) توسط مقاومت هایی که در آنها وجود دارد مشخص می گردد.

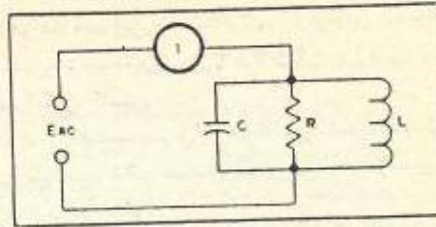
افزایش ولتاژ در رزونانس - هنگامیکه ولتاژی با فرکانس تشدید به یک مدار رزونانس سری اعمال می گردد، ولتاژی که در دو سر سیم پیچ و خازن ظاهر می گردد بطور قابل توجهی زیاده از ولتاژ اعمال شده به مدار میباشد. جریان در مدار فقط توسط مقاومت محدود میشود که ممکن است مقدار نسبتاً زیادی داشته باشد، بهر حال همین مقدار جریان از راکتانس های سیم پیچ و خازن نیز می گذرد که سبب افت



شکل ۳۹-۲ - جریان در مدارهای تشدید سری با ضریب کیفیت های مختلف. در این منحنی ها فرض شده که جریان در تشدید در همه حالاتها یکسان باشد. هر چه ضریب کیفیت کمتر باشد جریان آهسته تر تغییرات دارد.



شکل ۴۰-۲ مدار تشدید موازی.



ولتاژ زیاد در دو سر آن‌ها می‌گردد. نسبت ولتاژ راکتیو به ولتاژ اعمال شده به مدار برابر با نسبت مرغوبیت مدار می‌باشد. بنا بر این ولتاژ دو سر سیم پیچ یا خازن معادل است با $Q E$ که ولتاژ اعمال شده به مدار می‌باشد. این موضوع هم چنین در مورد نوع بخصوصی از آنها مورد بحث قرار می‌گیرد که بعداً در بخش خطوط انتقال ملاحظه خواهد شد.

رزونانس در مدارهای موازی

Resonance in Parallel Circuits

به مدار شکل ۴۰-۲ توجه کنید، در این مدار مقاومت، سیم پیچ و خازن بطور موازی بهم وصل شده‌اند و به دو سر آنها یک منبع ولتاژ ثابت با فرکانس متغیر اعمال شده است. این مدار نیز اثر تشدید شبیه مدار سری دارد. بهر حال ما در این حالت جریان مدار اصلی (I_{TME}) که توسط آمپر اندازه گیری میشود، در فرکانس بخصوصی که راکتانس‌های سلفی و خازنی معادلند کمترین مقدار را دارد. در این فرکانس جریان گذرنده از سیم پیچ تماماً توسط جریان گذرنده از خازن خنثی می‌گردد زیرا این دو جریان در فاز مقابل هستند، بدین ترتیب جریان مدار اصلی فقط در مقاومت جاری خواهد شد.

در فرکانسهای پائین‌تر از فرکانس تشدید جریان گذرنده از سیم پیچ بیشتر از جریان گذرنده از خازن است زیرا راکتانس سیم پیچ در این فرکانسها از راکتانس خازن کمتر است و در نتیجه فقط قسمتی از جریان راکتیو گذرنده از سیم پیچ با جریان راکتیو گذرنده از خازن همدیگر را خنثی می‌کند و باین ترتیب از جریان مدار اصلی مقداری هم از این المانها خواهد گذشت و جریان گذرنده از مقاومت کمتر از جریان مدار اصلی خواهد بود.

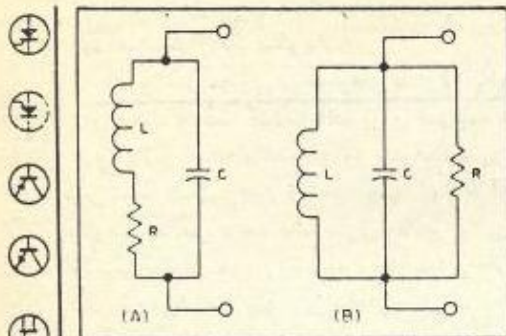
در فرکانسهای بالاتر از فرکانس تشدید وضعیت بر عکس است و جریان گذرنده از خازن بیشتر از جریان گذرنده از سیم پیچ می‌باشد و بدین ترتیب باز جریان مدار اصلی افزایش می‌یابد. جریان در فرکانس تشدید تمامی توسط مقاومت مشخص میشود و بستگی معکوس با R دارد اگر R زیاد باشد این جریان کوچک و اگر R کم باشد این جریان بزرگ خواهد بود.

مقاومت R در شکل ۴۰-۲ یک مقاومت واقعی نیست. در اکثر مدارها این مقاومت عبارتست از مقدار مقاومتی سری با سیم پیچ که تبدیل به مقاومت موازی با آن می‌گردد (در باره این موضوع بعداً توضیح بیشتر داده خواهد شد) این مقاومت می‌تواند آنتن یا دیگر بارهای مقاومتی باشد که به مدار کوپله می‌گردد. در همه حالات این مقاومت نماینده مقاومت کلی موجود در مدار است.

مدارهای رزونانس سری و موازی از بسیاری جهات بهم شبیه‌اند مثلاً مدارهای داده شده در شکل ۴۰-۲ وقتی که ولتاژ به آن اعمال شود رفتاری شبیه بهم دارند اگر:

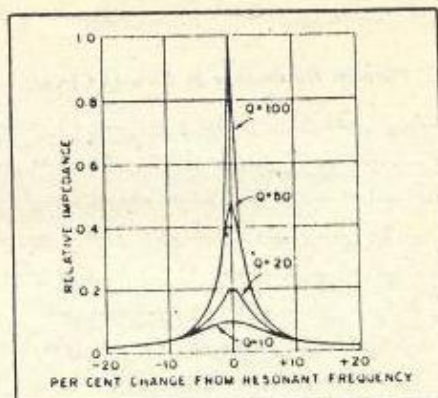
(۱) مقادیر سلف و خازن در هر دو یکی باشد. (۲) حاصلضرب R و X برابر باشد با مجذور راکتانس سلف یا خازن (در حالت رزونانس) وقتی دو شرط فوق برقرار باشد دو مدار دارای یک ضریب مرغوبیت خواهند بود. مدار R مدار سری خواهد بود اگر از داخل بان نگاه شود یعنی اگر در محیط مدار گردش شود تمامی المانها در مسیر خواهد بود، بنا بر این ضریب مرغوبیت مدار برابر خواهد بود با نسبت X به R .

بنا بر این مدار شبیه شکل ۴۰-۲ (سمت چپ) دارای امپدانس موازی برابر (در



شکل ۴۱-۲- معادله‌های سری و موازی
وقتی دو مدار در حالت تشدید هستند.

شکل ۴۲-۳- هستند. اثر ضریب کیفیت
روی امپدانس در حوالی فرکانس تشدید
بیشتر می‌باشد.



شکل ۴۲-۲- امپدانس نسبی مدارهای
تشدید- موازی با ضریب کیفیت‌های
مختلف. این منحنی‌ها مشابه منحنی‌های

رزونانس : $R = \frac{X^2}{R}$ می‌باشد.

که X را کتانس سلف یا خازن می‌باشد. اگر چه R یک مقاومت واقعی نیست برای منبع ولتاژ مدار رزونانس موازی شبیه یک مقاومت خالص می‌باشد. از این جهت مقاومت خالص است که جریانهای سلف و خازن مساوی و مختلف الفاز هستند و همدیگر را حذف می‌کنند و بالطبع جریان را کتیو در مدار وجود نخواهد داشت. در یک مدار عملی با یک خازن که ضریب مرغوبیتش زیاد باشد، در فرکانس تشدید امپدانس موازی برابر خواهد بود با :

$$Z_R = QX$$

Z_R تا امپدانس مقاومتی در حالت تشدید. (اهم) .

Q = ضریب مرغوبیت سیم پیچ .

X = راکتانس سیم پیچ یا خازن (اهم) .

مثال :

امپدانس موازی مداری با سیم پیچ به ضریب مرغوبیت ۵۰ را حساب کنید در صورتیکه راکتانس سلف یا خازن ۳۰۰ اهم باشد :

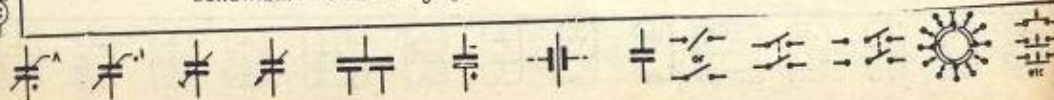
$$Z_R = XQ = 300 \times 50 = 15000 \text{ اهم}$$

در فرکانسهای غیر از فرکانس رزونانس امپدانس دیگر مقاومتی خالص نیست زیرا جریانهای گذرنده از سلف و خازن معادل هم هستند. بنا بر این امپدانس در فرکانسهای غیر رزونانس مختلط است و به دلایلی که گفته شد کمتر است از امپدانس در فرکانس رزونانس.

هر چه Q مدار بزرگتر باشد، امپدانس موازی بیشتر می‌باشد. منحنی‌های شکل ۴۲-۲ تغییرات امپدانس یک مدار موازی را نسبت به فرکانس نشان میدهد این منحنی‌ها دقیقاً هم شکل منحنی‌هایی است که تغییرات جریان را نسبت به فرکانس در یک مدار سری نشان میدهد.

اگر از ماکزیمم منحنی (پیک) باندازه ۰/۲۹۳ پائین بیاییم پهنای باند ۳- دسی‌بل (3dB bandwidth) پیدا می‌شود بعبارت دیگر در نقطه ۰/۷۰۷ پاسخ نسبی پهنای باند ۳- دسی‌بل بدست می‌آید که فرمول آن چنین است :

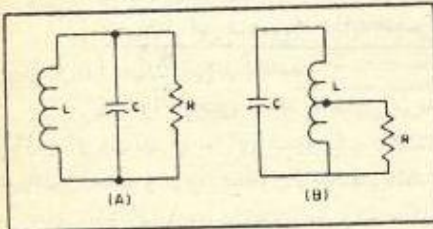
$$\text{Bandwidth } -3\text{dB} = f_0 / Q$$



که در آن f_0 فرکانس رزونانس و Q ضریب مرغوبیت مدار است. این پهنای باند را پهنای باند نصف توان نیز میگویند.

رزونانس موازی در مدارهای با Q پائین - Parallel Resonance in Low-Q Circuits

بحث قسمت گذشته فقط برای ضرایب مرغوبیت زیاد یعنی ۱۰ و بیشتر از آن دقیق می‌باشد. وقتی Q پائین است (کمتر از ۱۰) در حالت رزونانس مدار موازی شامل مقاومتی است بطور سری با سیم پیچ شبیه شکل ۴۱-۲ (سمت چپ) و با آن سادگی هم تعریف نمیشود. برای اینکه امپدانس موازی مقاومتی خالص باشد یک سری مقادیر برای سیم پیچ و خازن وجود دارد ولی با این مقادیر امپدانس بالاترین مقدار خود را ندارد. یک سری مقادیر دیگر برای ما و C وجود دارد که امپدانس موازی ماکزیمم می‌شود، ولی این مقدار ماکزیمم مقاومتی خالص نمیباشد. هر کدام از این شرایط را میتوان بعنوان شرط رزونانس نامید. بنا بر این برای مدارهای با Q کم بایستی مشخص کرد که کدام رزونانس مورد نظر است ماکزیمم امپدانس یا **Maximum Impdace** یا امپدانس مقاومتی **Resistive Impedance**. تفاوت بین این دو سری مقادیری ωL و C و راکتانسهای معادل آنها در مدار رزونانس سری وقتی که Q در نزدیکی ۱ است محسوس می‌باشد.



شکل ۴۳-۲ - مدار معادل یک مدار تشدید که دارای بار نیز هست. مقاومت موجود در مدارها نماینده بار می‌باشد.

ضریب مرغوبیت مدارهای باردار - Q of Loaded Circuits

در اکثر کار بردهای مدارهای رزونانس تنها توانی که تلف میشود توانی است که در مقاومت مدار مصرف میشود. در فرکانسهای پائین‌تر از ۳۰ مگا هرتز بیشترین مقدار این مقاومت در سیم پیچ نهفته می‌باشد. در این محدوده با افزایش تعداد دورهای سیم پیچ افزایش راکتانس سریع‌تر از افزایش مقاومت آنست، بنا بر این سیم پیچ‌هایی که بایستی آنها بالا باشد بایستی اندوکتانس نسبتاً زیادی داشته باشند. بهر حال، وقتی مدار انرژی به بار میدهد (شبیه مدارهای تشدید که در فرستندهها بکار میروند)، مقدار انرژی در خود مدار مصرف میشود نسبت به آن مقداری که در بار مصرف می‌گردد ناچیز و قابل اغماض می‌باشد. معادل این چنین مداری در شکل ۴۳-۲ (سمت چپ) آمده است که در آن مقاومت موازی نماینده باری است که توان به آن تحویل میشود. اگر توانی که در بار تلف می‌شود حداقل ۱۰ برابر توانی باشد که در سیم پیچ و خازن تلف می‌گردد، امپدانس موازی مدار رزونانس در مقایسه با مقاومت بار آنقدر زیاد است که برای تمامی مصارف عملی امپدانس ترکیبی مدار را معادل است با مقاومت بار. تحت چنین شرایطی مدار رزونانس موازی که یک بار مقاومتی دارد برابر است با:

$$Q = \frac{R}{X}$$

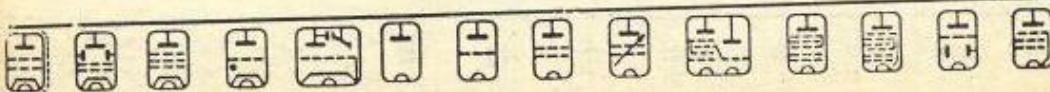
R = مقاومت بار موازی (اهم)

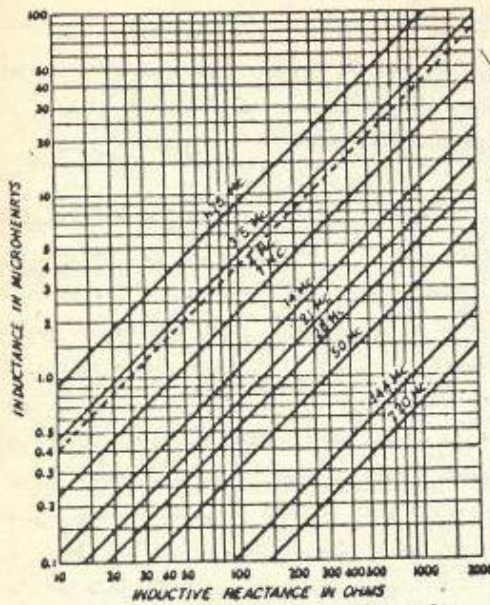
X = راکتانس (اهم)

مثال:

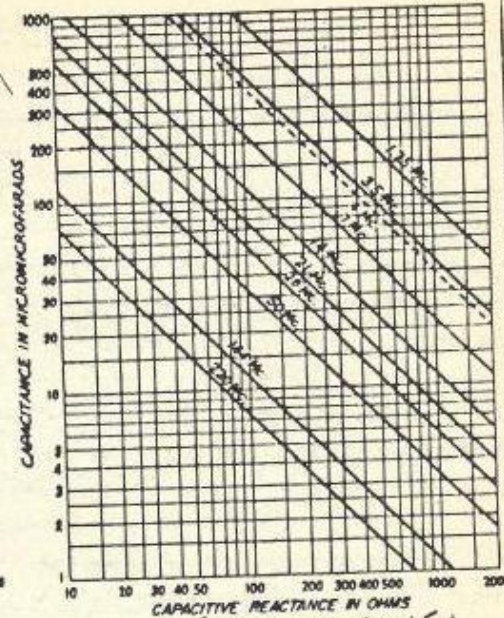
یک مقاومت اهمی ۳۰۰۰ اهمی به مدار رزونانس متصل شده که در آن راکتانس سلف یا خازن برابر ۲۵۰ اهم است. ضریب مرغوبیت مدار برابر است با:

$$Q = \frac{R}{X} = \frac{3000}{250} = 12$$





شکل ۴۴-۲- نمودار راکتانس برای مقادیر اندوکتانسها



شکل ۴۵-۲- نمودار راکتانس برای کپاسیتانسها

مطلوبست تعیین اندوکتانس مورد نیاز برای فرکانس تشدید ۳۶۵۰ کیلو هرتز (۳/۶۵ مگا هرتز) با خازنهای ۲۵، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پیکو فاراد.
ثابت L/C برابر است با:

$$LC = \frac{25330}{3/60 \times 3/60} = 1900$$

$$LC = \frac{25330}{(3.65)^2} = 1900$$

میکرو هانری $25 : L = 1900 / 25 = 1900 / 25 = 76 \mu H$
میکرو هانری $50 : L = 1900 / 50 = 1900 / 50 = 38 \mu H$
میکرو هانری $100 : L = 1900 / 100 = 1900 / 100 = 19 \mu H$
میکرو هانری $500 : L = 1900 / 500 = 1900 / 500 = 3.8 \mu H$
میکرو هانری $1000 : L = 1900 / 1000 = 1900 / 1000 = 1.9 \mu H$
میکرو هانری $2000 : L = 1900 / 2000 = 1900 / 2000 = 0.95 \mu H$

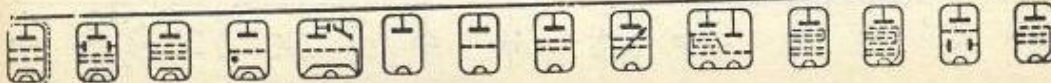
* مدارهای کوپله شده -

COUPLED CIRCUITS

انتقال انرژی و بار گذاری -

Energy Transfer and Loading

وقتی انرژی از یک مدار به مدار دیگر منتقل شود گویند دو مدار کوپله (تزوید) شده‌اند مداری که قدرت تحویل میدهد بنام اولیه (Primary) و آن یکی از این قدرت را تحویل می‌گیرد ثانویه (Secondary) گویند. عملاً ممکن است این انرژی منتقل شده تمامی در خود مدار ثانویه تلف گردد (این حالت معمولاً در مدارهای گیرنده‌ها اتفاق می‌افتد). یا مدار ثانویه فقط بعنوان یک واسطه عمل کند و این انرژی را به بار (Load) برساند. در حالت اخیر مدار ثانویه رل یک تطبیق دهنده را در فرکانس رادیویی را دارد. عمل تطبیق (مچینگ) با تنظیم مقدار بار گذاری روی ثانویه و مقدار کوپلینگ بین اولیه و ثانویه انجام می‌گیرد.



کوپلینگ توسط یک مدار خازن و سلفی - Coupling by a Common Circuit Element

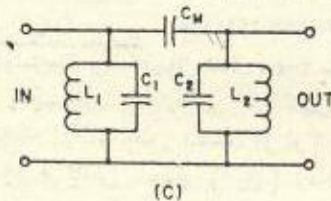
یک روش کوپلینگ (تزوئج) بین دو مدار رزونانس از طریق مداری که در هر دو مدار مشترک است انجام می‌گیرد.

سه مدار مختلف که معمولا برای کوپلاژ بین دو مدار بکار می‌رود و در شکل ۴۶-۲ نشان داده شده است، المانی که در دو قسمت مشترک است با اندیس M نشان داده شده در A و B جریان گذرنده از L_1C_1 از المان مشترک نیز می‌گذرد و ولتاژ دو سر این المان سبب ایجاد جریان در L_2C_2 می‌گردد مقدار C خازن C_M و L یک تقسیم ولتاژ تشکیل میدهد و مقداری از ولتاژ دو سر L_1C_1 به دو سر L_2C_2 اعمال می‌گردد. هر گاه هر دو مدار در حالت رزونانس باشند، که معمولا چنین است، مقدار راکتانس کوپلینگ مورد نیاز برای انتقال حداکثر انرژی با فرض $Q_1 = Q_2$ و $L_1 = L_2, C_1 = C_2$ از رابطه زیر بدست می‌آید:

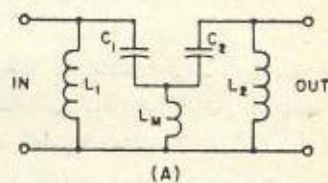
$$(A) L_M = L_1/Q_1; (B) C_M = Q_1C_1; \\ (C) C_M = C_1/Q_1$$

مقدار کوپلینگ را میتوان با افزایش المانهای کوپلینگ در A و C و کاهش مقدار در B زیاد کرد. وقتی کوپلینگ افزایش می‌یابد پهنای باند کلی مدار زیاد می‌گردد. این اصول اغلب در مورد فرستندهها و گیرندهها بکار می‌رود. وقتی المانهای کوپلینگ در مدارهای A و C کاهش یابند، کوپلاژ بین مدارها تنزول کرده و از مقدار بحرانی خود (critical coupling) نیز کمتر می‌شود.

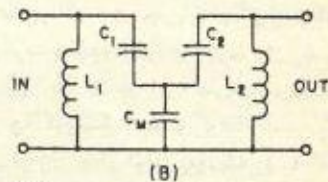
در پائین‌تر از کوپلینگ بحرانی پهنای باند و انتقال انرژی کاهش مییابد، اصولی که گفته شد در گیرندهها و فرستندهها اغلب رعایت میشود تا سلکتیویتی بهبود یابد.



(C)



(A)

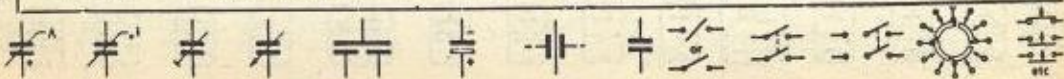


(B)

شکل ۴۶-۲ - سه روش کوپلاژ کردن دو مدار.

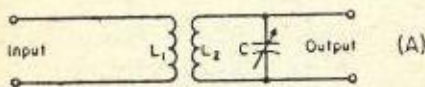
کوپلاژ اندوکتیو (سلفی) - Inductive Coupling

کوپلاژ اندوکتیو عبارتست از کوپلاژ دو مدار که توسط اندوکتانس متقابل بین دو سیم پیچ انجام می‌گیرد، این مدارها در شکل‌های ۴۷-۲ و ۴۸-۲ نشان داده شده است. مدارهای از این نوع شبیه ترانسفورهای با هسته آهنی است، اما بواسطه اینکه فقط قسمتی از خطوط قلوئی مغناطیسی که توسط یک سیم پیچ ایجاد میشود سیم پیچ دیگر قطع می‌کند، دیگر روابط یک ترانسفور نظیر نسبت جریانه، نسبت ولتاژها و نسبت دورها در این مدار صادق نیست. در شکل ۴۷-۲ دو نوع مدار کوپلینگ اندوکتیو نشان داده شده است. در این دو نوع فقط یکی از دو طرف در حالت رزونانس هستند. مدار A اغلب برای کوپلاژ بین دو طبقه تقویت کننده لامپی در گیرندهها در مواقعی که باید تنظیم مدار در فرکانسهای مختلف تغییر کند بکار برده میشود. مدار B اصولا در فرستندهها برای کوپلاژ یک تقویت کننده

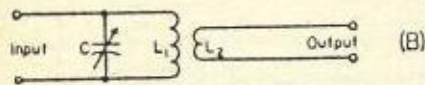


فرکانس رادیویی به یک بار مقاومتی استفاده میشود.

در این مدارها: کوپلاژ بین سیم پیچ‌های اولیه و ثانویه معمولاً محکم **tight** است یعنی ضریب کوپلینگ بین سیم پیچ‌ها زیاد است. در مدارهای شکل ۴۷-۲ با انتخاب صحیح تعداد دورهای سیم پیچ تنظیم شده **Untuned** و با تنظیم کوپلینگ، امپدانس موازی مدار تنظیم شده را میشود در مداری تنظیم کرد که برای عمل صحیح باری که مدار وصل میشود لازم است. در هر حال، وقتی انتقال حداکثر انرژی برای یک ضریب کوپلینگ حاصل میشود که راکتانس سیم پیچ تنظیم نشده معادل مقاومت بار شود. ضریب مرغوبیت و امپدانس موازی مدار تنظیم شده توسط کوپلاژ از طریق سیم پیچ تنظیم نشده شبیه مدار شکل ۴۳-۲ (سمت راست) کاهش داد.

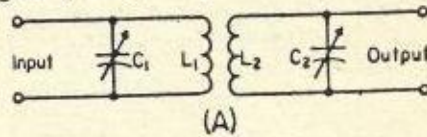


(A)

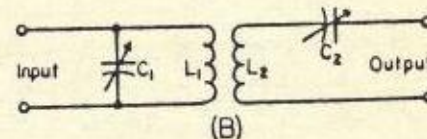


(B)

شکل ۴۷-۲ - مدارهای کوپله شد تک تنظیمی.



(A)



(B)

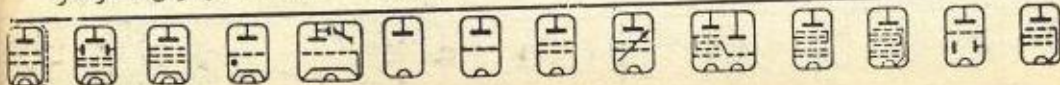
شکل ۴۸-۲ - مدارهای تشدید کوپله شده بفرم مغناطیسی.

Coupled Resonant Circuits

مدارهای تشدید کوپله شده

وقتی مدارهای اولیه و ثانویه همچون شکل ۴۸-۲ در حالت تنظیم باشند، اثرات رزونانس در هر دو مدار عمل را کمی پیچیده‌تر از مدارهایی که تاکنون ملاحظه شده می‌کنند. اول فرض کنید دو مدار کوپله شده‌اند و هر کدام از آنها بطور مستقل در فرکانس تشدید تنظیم شده‌اند (**Tuned**). اگر مدار اولیه به منبع انرژی فرکانس رادیویی (**RF**) وصل شود و مدار ثانویه را به آن کوپله کنید، جریانی در مدار ثانویه برقرار میشود. هنگامیکه باری به ثانویه وصل می‌گردد در اثر عبور جریان از آن افت توانی حاصل می‌شود. این توان از منبع انرژی موجود در اولیه تأمین می‌گردد و خودش را بصورت افزایشی در مقاومت معادل که بطور سری با سیم پیچ اولیه قرار دارد ظاهر می‌کند. بنا بر این ضریب مرغوبیت و امپدانس موازی اولیه با کوپله شدن ثانویه بر آن کاهش می‌یابد. هر چه کوپلینگ بیشتر گردد (بدون تغییر مقدار تنظیم دو مدار) Q مقاومت کوپله شده بیشتر شده و امپدانس موازی مدار اولیه پیوسته رو به کاهش میرود. همچنین همزمان با افزایش کوپلینگ مقدار توان منتقل شده از اولیه به ثانویه به حداکثر مقدار خود یعنی کوپلینگ بحرانی میرسد، اما از این حداکثر مقدار کوپلاژ دو مدار بیشتر شود مقدار توان منتقله کاهش می‌یابد.

کوپلینگ بحرانی (**Critical Coupling**) تابعی است از ضرایب مرغوبیت دو مدار. برای رسیدن به کوپلینگ بحرانی در حالیکه ضرایب مرغوبیت کم است باید ضریب کوپلینگ بالا باشد، و در مواقعی که ضرایب مرغوبیت بالا است (همچنانکه در گیرنده‌ها چنین است) ضریب کوپلینگ در حدود چند درصد نیز کوپلینگ بحرانی را بدست میدهد. در حالتیکه مدارها بار دار (**Loaded**) باشند (مثل آنچه که معمولاً در فرستنده‌ها هست) ضریب مرغوبیت آنقدر کوچک است که حتی اگر کوپلاژ دو سیم پیچ حداکثر باشد باز توان بلخواه را



نمی‌توان انتقال داد. در چنین حالتی افزایش Q در هر دو مدار مفید خواهد بود، اگر چه بطور کلی بهتر است Q آن مداری که Q اش کمتر است افزایش داد. در مورد مدارهایی که اولیه‌شان تنظیم شده‌اند مقدار ضریب مرغوبیت مدار را می‌توان با کم کردن نسبت L/C افزایش داد زیرا، همچنانکه در مدار شکل ۴-۴۳ نشان داده شده این مدار در اثر مقاومت موازی بار دار شده است. در مورد مدارهایی که ثانویه‌اشان تنظیم شده‌اند (شکل ۴-۴۸ بالایی) برای افزایش Q می‌توان نسبت L/C را زیاد کرد.

- قابلیت انتخاب (سلکتیویته) - Selectivity

در شکل ۴-۴۷ فقط یک مدار قابل تنظیم است و منحنی سلکتیویته برای یک مدار رزونانس خواهد بود. همچنانکه بیان گردید ضریب مرغوبیت مؤثر بستگی به مقاومت متصل شده به سیم‌پیچ تنظیم نشده دارد. در شکل ۴-۴۸ قابلیت انتخاب افزایش یافته است. می‌توان گفت که ضریب مرغوبیت یک مدار تنها معادل است با مجموع ضرایب مرغوبیت هر کدام از مدارها؛ این در صورتی است که کوپلینگ پائین‌تر از حد بحرانی باشد (این آن شرطی نیست که برای انتقال توان ماکزیمم قبلاً بحث شد) و هر دو مدار در فرکانس رزونانس تنظیم شده باشد. درجه کوپلینگ بر ضرایب مرغوبیت مدارها بتنهائی اثر می‌کند زیرا هر کدام مقاومتی را بر دیگری کوپله می‌کند، هر چه کوپلینگ دو مدار بیشتر باشد، ضرایب مرغوبیت مدارها بتنهائی کمتر و بالطبع قابلیت انتخاب کلی کمتر خواهد بود.

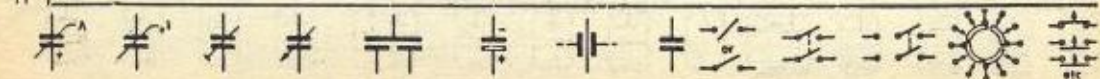
هر گاه هر دو مدار اولیه و ثانویه در فرکانس رزونانس تنظیم گردند قابلیت انتخاب کلی همزمان با تغییر کوپلاژ تغییر می‌کند (شکل ۴-۴۹).

وقتی کوپلاژ ضعیف (Loose) باشد (شکل ۴-۴۹ - ۲ - A) ولتاژ خروجی ولتاژ دو سر مدار ثانویه کم بوده و قابلیت انتخاب بالا خواهد بود. وقتی کوپلاژ افزایش می‌یابد ولتاژ ثانویه نیز رو به ازدیاد می‌رود (B) تا به کوپلاژ بحرانی برسد. در این مرحله ولتاژ خروجی (ثانویه ۲) در فرکانس رزونانس حداکثر مقدار خود را دارد اما قابلیت انتخاب کمتر از حال قبل است. باز کوپلاژ دو سیم‌پیچ را زیاد می‌کنیم (C)، ولتاژ خروجی در فرکانس رزونانس کاهش می‌یابد ولی همچنانکه فرکانس تغییر می‌کند در دو طرف فرکانس تشدید ماکزیمم (کوهان) پیدا می‌شود. با بیشترین مقدار کوپلاژ (Tight) ولتاژ خروجی در فرکانس تشدید بیشتر کاهش یافته و فاصله دو ماکزیمم دو طرف رزونانس بیشتر می‌گردد (۱). منحنی‌هایی از قبیل (C) و (D) را سر پهن (flat-topped) گویند زیرا ولتاژ خروجی در یک باند فرکانسی زیاد تغییر نمی‌کند و تقریباً ثابت است.

توجه کنید که دو ماکزیمم (کوهان) دو طرف فرکانس رزونانس دارای همان مقادیری هستند که مقدار ماکزیمم ولتاژ خروجی در کوپلاژ بحرانی می‌باشند. این دو کوهان باین علت ظاهر می‌گردند که در فرکانسهای غیر از فرکانس رزونانس مدار ثانویه را کتیو است و همراه مقاومت را کتانس نیز به اولیه کوپله می‌کند.

مقاومت کوپله شده در فرکانسهای غیر از فرکانس رزونانس کاهش می‌یابد و هر کوهانی که بوجود می‌آید بخاطر شرایطی است که حاصل می‌گردد و این بیانگر یک کوپلاژ بحرانی است در فرکانسی که اولیه در حالت تشدید قرار می‌گیرد و این تشدید بخاطر را کتانسی است که به اولیه کوپله می‌گردد.

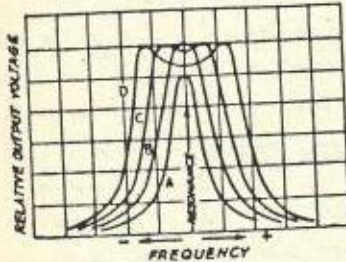
شکل ۴-۵۰ عبارتند از منحنی‌های پاسخ برای درجات مختلف کوپلاژ بین دو مدار که در فرکانس تنظیم شده‌اند. فرض شده هر دو مدار دارای ضرایب مرغوبیت معادل می‌باشند، هر چند این منحنی‌ها را می‌توان برای Q هائی تا ۱/۵ تا ۲ برابر هم بکار برد. در این حالت ضریب مرغوبیت را از رابطه $Q = \sqrt{Q_1 Q_2}$ بدست آورد و از منحنی مربوطه استفاده می‌شود.



کوپلاژ میانگذر Band-Pass Coupling

به منحنی‌های (ب) و (د) شکل ۴۹-۲ توجه کنید، همچنانکه گفته شد این منحنی‌ها سرپهن نامیده میشوند، بعبارت دیگر این دو منحنی فرم پاسخ فرکانسی یک فیلتر میانگذر را دارد. بنابراین مدارهای کوپلاژ را در این حالت میتوان برای مواردی بکار برد که لازم است یک باند فرکانسی یکنواخت بدون تنظیمات وجود داشته باشد. پهنای فرکانسی قابل عبور (flat-top) بستگی به ضرایب مرغوبیت دو مدار و تعداد کوپلاژ بین دو سیمپیچ دارد. فاصله بین دو کوهان همزمان با کاهش ضرایب مرغوبیت زیاد می‌گردد و پهنای باند عبور زیاد میشود.

با تنظیم دو مدار اولیه و ثانویه در حوالی فرکانس رزونانس نیز میتوان عمل این مدار را بهبود بخشید حتی اگر کوپلاژ دو سیمپیچ ضعیف باشد. اینکار را (stagger tuning) گویند. برای انتقال توان مورد نیاز در باند فرکانسی لازم است که کوپلاژ بین دو سیمپیچ قوی باشد که اینکار را با تنظیم بطور آزمایشی میتوان انجام داد.

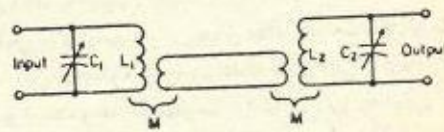
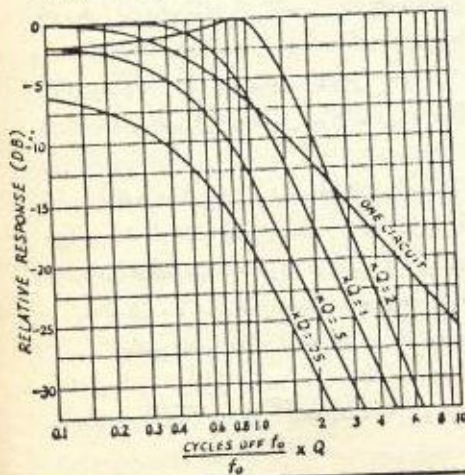


شکل ۴۹-۲ - تغییرات ولتاژ خروجی در مدارهای کوپله شده نسبت به فرکانس برای ضرایب کوپلاژهای مختلف.

Link Coupling

- کوپلاژ حلقه‌ای

با یک تغییر در کوپلاژ اندوکتیو این کوپلاژ به حلقه‌ای تبدیل می‌شود شکل ۵۱-۲. در اینجا بین دو سیمپیچ که اندوکتانس متقابل وجود ندارد کوپلاژ اندوکتیو حاصل میشود، این حلقه وسیله‌ای است ساده برای ایجاد اندوکتانس متقابل، اندوکتانس متقابل کلی بین دو سیمپیچ کوپله شده توسط یک حلقه نمی‌تواند بزرگتر از وقتی باشد که دو سیمپیچ خودشان کوپله شده باشند، این بخاطر آنست که ضرایب کوپلاژ بین سیمپیچ‌های با هسته هوایی بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر از یک است، و چون دو نقطه کوپلینگ وجود دارد، ضریب کوپلاژ کلی کمتر از هر کدام از زوج سیمپیچ‌هاست. در عمل، این موضوع نقصی نیست زیرا انتقال توان را میتوان با تنظیم مدارهای تنظیم شده بقدر کافی بالا برد. کوپلاژ حلقه‌ای در وقتی که کوپلاژ اندوکتیو بین دو طبقه بدلایلی غیر عملی است بکار برده میشود و بسادگی امکان‌پذیر است.



شکل ۵۱-۲ - کوپلینگ حلقه‌ای. اندوکتانسهای متقابل در دو انتهای حلقه معادلند با اندوکتانس متقابل بین مدارهای تنظیم شده.

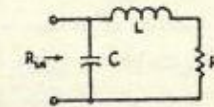
شکل ۵۰-۲ - پاسخ نسبی برای یک مدار تک تنظیمی و برای مدارهای کوپله شده.

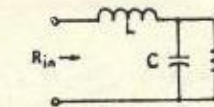
- سیم پیچ های حلقه ارتباطی (Link) در مقایسه با سیم پیچ های تنظیم شده دارای تعداد دورهای کمی است. تعداد دورهای سیم پیچ های این حلقه زیاد مهم نیست زیرا ضریب کوپلینگ مستقل از تعداد دورهای سیم پیچ هاست. اینکه هر دو سیم پیچ حلقه باید تقریباً دارای یک مقدار مساوی اندوکتانس باشند موضوع خیلی مهمی است. طول حلقه ارتباطی بین دو سیم پیچ زیاد مهم نیست ولی در هر حال بایستی طول آن در مقایسه با طول موج ناچیز باشد و اگر طول آن از یک بیستم طول موج بیشتر باشد این حلقه میتواند در مقام یک خط انتقال عمل کند و خاصیت اندوکتانس متقابل آن دیگر قابل توجه نباشد. در چنین حالتی باید مطالب بخش خطوط انتقال را در نظر گرفت.

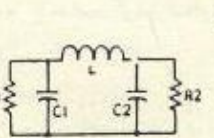
مدارهای تطبیق امپدانس

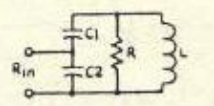
IMPEDANCE-MATCHING CIRCUITS

- برای تبدیل امپدانس از یک مقدار به مقدار دیگر میتوان ترکیب های مختلفی از سلف و خازن را بکار برد. با تبدیل امپدانس میتوان قابلیت انتخاب دلخواه را بدست آورد. در حالیکه مدارهای تطبیق امپدانس ساده دارای المانهای معدود بوده و طرح آنها نیز نسبتاً ساده است با این وجود آنها دارای عدم قابلیت انعطافی است که در مدارهای پیچیده تر وجود دارد.

(A)  $R_{in} > R$
 $X_L = \sqrt{R R_{in} - R^2}$
 $X_C = \frac{R R_{in}}{X_L}$

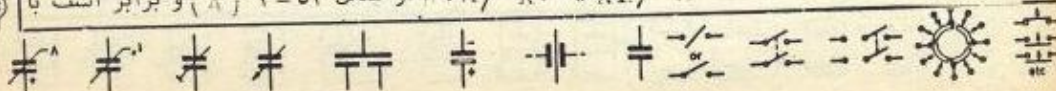
(B)  $R_{in} < R$
 $X_C = R \sqrt{\frac{R_{in}}{R - R_{in}}}$
 $X_L = \frac{R R_{in}}{X_C}$

(C)  $R_1 > R_2, Q > \sqrt{R_1/R_2} - 1$
 $X_{C1} = \frac{R_1}{Q}$
 $X_{C2} = R_2 \sqrt{\frac{R_1/R_2}{Q^2 + 1 - (R_1/R_2)}}$
 $X_L = \frac{Q R_1 + (R_2 R_1 / X_{C2})}{Q^2 + 1}$

(D)  $R_{in} < R, Q > \sqrt{R/R_{in}} - 1$
 $X_L = \frac{R}{Q}$
 $X_{C2} = \sqrt{R_{in}(Q^2 + 1) - R}$
 $X_{C1} = \frac{R Q}{Q^2 + 1} \left(1 - \frac{R_{in}}{R Q^2} \right)$

شکل ۵۲-۲- مدارهای تطبیق
 امپدانس. اولی پ مدار (ال) برای تطبیق
 به یک مقاومت کم. دومی- مدار (ال)
 برای تطبیق به یک مقاومت مقدار بالا.
 سومی- مدار (بی)- چهارمی- مداری
 که معمولاً در شبکه های تطبیق ترانسستور
 و آنتن مصرف میشود.

- مدار ال (A) که در شکل ۵۲-۲ آمده است ساده ترین نوع مدار تطبیق امپدانس می باشد. این مدار خیلی شبیه به مدار تشدید معمولی می باشد که مقاومت بار R یا بصورت سری یا بصورت موازی وصل می گردد. مدار شکل ۵۲-۲ وقتی بکار میرود که امپدانس دلخواه (امپدانس ورودی) i_{in} بزرگتر از مقاومت بار R است در حالیکه مدار ۵۲-۲- B در مواقعی استفاده میشود که امپدانس دلخواه کوچکتر از مقاومت است. معادلات مورد نیاز برای طرح چنین مدارهایی در مقابل هر مدار داده شده است. راکتانسها را میتوان توسط فرمولهایی که قبلاً داده شده به اندوکتانس و کاپاسیتانس تبدیل نمود یا مستقیماً از منحنی های شکل های ۴۴-۲ و ۴۵-۲ استخراج کرد. ضریب مرغوبیت یک مدار 1 با همان روشی که برای مدارهای رزونانس بکار میرود پیدا میشود. یعنی این ضریب برابر است با $1/X_L$ یا i_{in}/X_C در شکل ۵۲-۲ (A) و برابر است با



هستند محاسبه می گردد و مستقلا نمی توان آنها را انتخاب نمود. در معادلات شکل ۲-۵۲ فرض شده که هر دو R و R_{in} مقاومتهای خالص باشند.

مدار پی π که در شکل ۲-۵۲ (C) آمده است اغلب در طبقه آخر فرستنده ها بکار میرود. با مقادیر مختلف سلف (L) مدار را برای باندهای مختلف آماده می کند در حالیکه خازنهای $C1$ و $C2$ معمولاً تغییرات پیوسته دارند.

این مدار کاربرد اصلی اش عبارتست از استفاده از آن برای تطبیق یک خط انتقال به یک تقویت کننده قدرت لامپی. R_2 مقاومت بار بوده و معمولاً مقدار نسبتاً کمی دارد (تا حدود چند صد اهم) در حالیکه R_1 ، یعنی مقاومتی که برای لامپ لازم است، از مرتبه بالا بری یعنی حدود چند هزار اهم است.

راه حل های ترسیمی (گرافیکی) برای حالت های عملی را در بخش طرح فرستنده در بحث مدارهای تانک صفحه ای (plate-tank) خواهد آمد. مقادیر سلف و خازن (C, L) را میتوان از راکتانسها حساب کرد یا مستقیماً از منحنی های شکل های ۲-۴۴ و ۲-۴۵ استخراج نمود.

در حالیکه مدار پی برای تطبیق مقاومت زیاد به یک مقاومت کم بکار برده میشود، مداری که در شکل ۲-۵۲ (D) آمده است مزایای دیگری دارد.

هرگاه $C1$ و $C2$ ثابت و L متغیر باشد، مداری بدست می آید که اغلب برای تطبیق آنتن با فرستنده بکار میرود (transmatch). پسر وسط سلف متغیر مقاومت باری که بایستی با آنتن میچ گردد و مقدارش معمولاً کمتر از امپدانس آنتن است وصل می گردد. این حالت معمولاً در مدارهای ترانزیستوری بکار میرود.

مثال:

مداری بیاپید که بتواند آنتنی به مقاومت ۱۵۰۰ اهم را با باری به مقدار ۵۰ اهم منطبق سازد. با استفاده از مدار شکل ۲-۵۲ (D) - مشاهده میشود که ضریب مرغوبیت باید بزرگتر از $\sqrt{1500/50} = 1.73$ یعنی ۵/۳۸ باشد. اگر مقدار Q ۱۰ انتخاب گردد بنظر مناسب خواهد بود. سایر مقادیر المانها را از فرمولهای موجود در شکل ۲-۵۲ می توان محاسبه نمود:

$$XL = \frac{R}{Q} = \frac{1500}{10} = 150 \text{ اهم}$$

$$XC2 = 50 \sqrt{\frac{50(10)^2 - 1}{1500}} = 76/9 \text{ اهم}$$

$$XC1 = \frac{1500(10)}{10 \times 76/9} \left(1 - \frac{50}{10 \times 76/9}\right) = 138/85 \text{ اهم}$$

اگر فرکانس کار ۳/۷ مگاهرتز باشد مقادیر سلف و خازنها بدست می آیند (از فرمول راکتانسهای سلف و خازن):

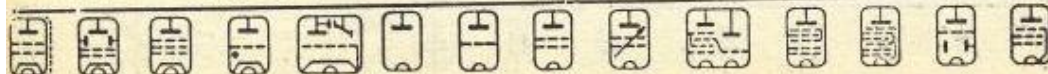
$$L = 6/4 \text{ میکرو هانری}$$

$$C1 = 30.9 \text{ پیکو فاراد}$$

$$C2 = 559/3 \text{ پیکو فاراد}$$

حس ما صحیح بود زیرا مقدار $C2$ بیشتر شده و چنانچه مقدار Q را زیادتر بگیریم وضع بدتر خواهد شد.

معمولاً منبع و بار مؤلفه های راکتیو هم دارند، اما در بسیاری موارد از مدارهای تطبیق دهنده که بحث



- شد استفاده می‌شوند. اثر این مولفه‌های راکتیو را میتوان با تغییر یکی از المانهای راکتیو مدار تطبیق دهنده جبران نمود. مثلاً اگر یک راکتانس خازنی کوچک موازی با مقاومت ۱۵۰۰ اهم قرار گیرد (در مثال آخری) مقدار سلف کاهش خواهد یافت تا از بین برد.

فیلترها

FILTERS

- فیلتر مداری است که طوری طرح می‌گردد که مشخصه بخصوصی داشته باشد، این مشخصه سبب می‌گردد که بعضی از فرکانسها در اثر عبور از آن تضعیف و بعضی دیگر بدون تضعیف عبور کنند. بطور کلی چهار نوع فیلتر وجود دارد: پائین‌گذر (Low-pass) - بالاگذر (High-pass)، میان‌گذر (Band-pass)، و band-reject.

- فیلتر پائین‌گذر آنست که همه فرکانسهای پائین‌تر از یک حد بخصوص را عبور میدهد و از آن بیلا را تضعیف می‌نماید. آن فرکانس بخصوص فرکانس قطع (cut-off) گفته میشود.

- فیلتر بالاگذر نیز دارای یک فرکانس قطع می‌باشد منتها در این فیلتر، فرکانسهای بالای این حد بدون تضعیف عبور می‌کند ولی فرکانسهای پائین‌تر از این حد تضعیف می‌گردد. رفتار این فیلتر درست عکس رفتار فیلتر پائین‌گذر است.

- فیلتر میان‌گذر آنست که یک باند فرکانسی بخصوصی را تقریباً بدون تضعیف عبور داده در حالیکه تمامی فرکانسهای خارج از این باند (پائین‌تر و بالاتر) تضعیف خواهد شد.

- فیلتر میان‌گذر برعکس فیلتر میان‌گذر یک باند فرکانسی بخصوصی را تضعیف نموده و بقیه فرکانسها را در دو طرف این باند ممنوع عبور میدهد. رادیو آماتورها معمولاً به این نوع تله (trap) گویند. باند عبور یک فیلتر عبارتست از طیف فرکانسی که بدون تضعیف یا با تضعیف کمی عبور داده میشود. مشخصه فیلتر در این باند لازم نیست کاملاً یکنواخت باشد بلکه تغییرات معمولاً کوچک است.

- باند ممنوع (stop-Band) عبارتست از باندی از فرکانس که تضعیف در آن ناحیه وجود دارد. مقدار تضعیف در این باند ممکن است تغییرات داشته باشد ولی یک فیلتر با کیفیت خوب باید انتقال از فرکانس قطع سریعاً صورت گیرد.

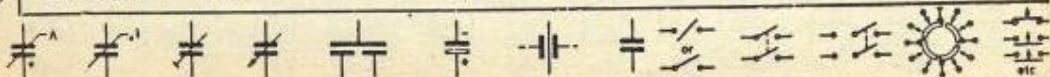
- فیلترها برای یک مقدار بخصوص امپدانس مقاومتی خالص طرح میشوند (امپدانس انتهای فیلتر). وقتی چنین امپدانسی به خروجی فیلتر بسته شود امپدانسی که از طرف اولیه دیده میشود همان مقداری را دارد که در باند عبور فیلتر دیده میشود.

- بحث درباره طرح فیلترها خارج از موضوع این کتاب است، ولی با توجه به مدارها و فرمولهائی که در شکل ۵۳-۲ آمده است، اینکار مشکل نخواهد بود. فیلترها همانطور که در شکل دیده میشود از قسمتهای اصلی ساخته میشوند. این قسمتها را میتوان بتنهائی یا چندین قسمت را به هم متصل نمود و بکار برد. استفاده از چندین قسمت در پشت سر هم سبب میشود که تضعیف بیشتر و قطع تیزتر باشد یعنی شدت افزایش تضعیف نسبت به فرکانس بعد از فرکانس قطع بیشتر میگردد.

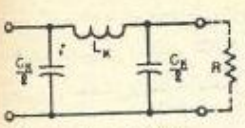
- در فیلترهای بالاگذر و پائین‌گذر f_c نماینده فرکانس قطع یعنی پائین‌ترین فرکانس (در فیلتر بالاگذر) یا بالاترین فرکانس (در فیلتر پائین‌گذر) است که بدون تضعیف از فیلتر عبور داده میشود.

- در طرح فیلتر میان‌گذر f_1 حد پائین باند عبور (فرکانس قطع پائینی) و f_2 حد بالای باند عبور (فرکانس قطع بالائی) می‌باشد. واحدهای f_1 و f_2 و R و C و L در فرمولها بترتیب عبارتند از میکروهنری، پیکوفاراد، اهم و مگاهرتز می‌باشد.

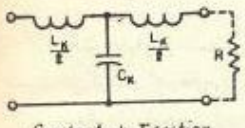
- تمامی فیلترهائی که در شکل نشان داده شده نامتعادل (unbalanced) هستند یعنی یک طرفش به زمین متصل است. برای استفاده از این فیلترها در خطوط انتقال ۳۰۰ اهم یا مدارهای پوش پول



LOW-PASS FILTERS

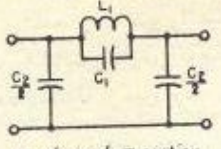


Constant-k π section

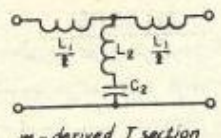


Constant-k T section

$$L_K = \frac{0.318 R}{f_c} \quad C_K = \frac{3.18 (10^9)}{f_c R}$$



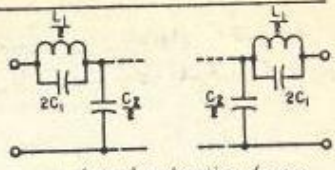
m-derived π section



m-derived T section

$$L_1 = mL_K \quad C_1 = \frac{1-m^2}{4m} C_K$$

$$L_2 = \frac{1-m^2}{4m} L_K \quad C_2 = m C_K$$



m-derived end sections for use with intermediate π section

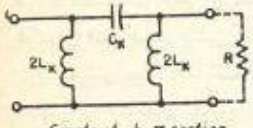


m-derived end sections for use with intermediate T section

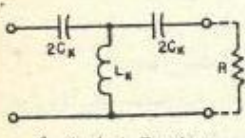
$$L_1 = mL_K \quad C_1 = \frac{1-m^2}{4m} C_K$$

$$L_2 = \frac{1-m^2}{4m} L_K \quad C_2 = m C_K$$

HIGH-PASS FILTERS

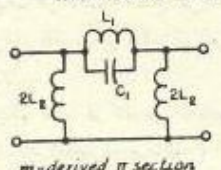


Constant-k π section

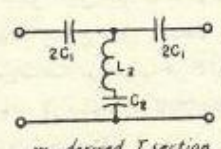


Constant-k T section

$$L_K = \frac{0.0796 R}{f_c} \quad C_K = \frac{7.96 (10^4)}{f_c R}$$



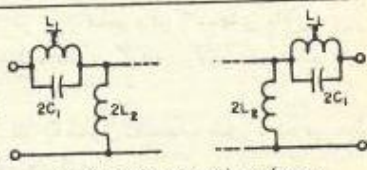
m-derived π section



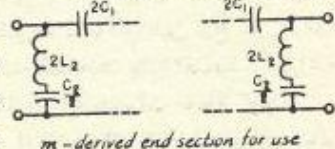
m-derived T section

$$L_1 = \frac{4m}{1-m^2} L_K \quad C_1 = \frac{C_K}{m}$$

$$L_2 = \frac{L_K}{m} \quad C_2 = \frac{4m}{1-m^2} C_K$$



m-derived end sections for use with intermediate π section

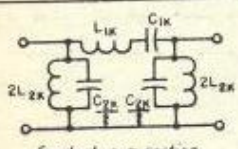


m-derived end section for use with intermediate T section

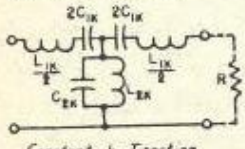
$$L_1 = \frac{4m}{1-m^2} L_K \quad C_1 = \frac{C_K}{m}$$

$$L_2 = \frac{L_K}{m} \quad C_2 = \frac{4m}{1-m^2} C_K$$

BANDPASS FILTERS



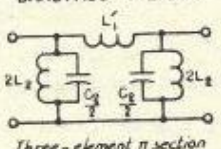
Constant-k π section



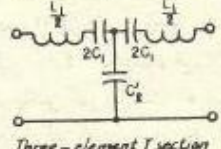
Constant-k T section

$$L_{1K} = \frac{0.318 R}{(f_2 - f_1)} \quad C_{1K} = \frac{7.96 (f_2 - f_1) 10^4}{f_1 f_2 R}$$

$$L_{2K} = \frac{0.0796 (f_2 - f_1) R}{f_1 f_2} \quad C_{2K} = \frac{3.18 (10^9)}{(f_2 - f_1) R}$$



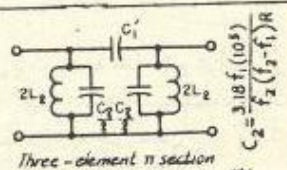
Three-element π section



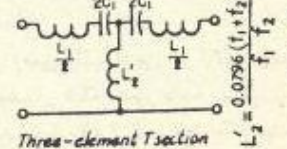
Three-element T section

$$L_1 = L_{1K} \quad L'_1 = \frac{0.318 R}{f_1 + f_2}$$

$$C_1 = \frac{7.96 (f_2 - f_1) 10^4}{f_1 R} \quad L_2 = \frac{0.0796 (f_2 - f_1) R}{f_1^2}$$



Three-element π section

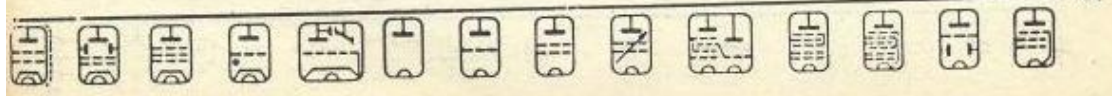


Three-element T section

$$L_1 = \frac{0.318 f_1 R}{f_2 (f_2 - f_1)} \quad C_1 = C_{1K}$$

$$C'_1 = \frac{7.96 (f_1 + f_2) 10^4}{f_1 f_2 R} \quad L_2 = L_{2K}$$

$$C'_2 = \frac{3.18 (10^9)}{(f_1 + f_2) R} \quad C_2 = C_{2K}$$



صوتی (بطور کلی مدارهای متعادل) را کتانسه‌های سری بایستی بطور مساوی بین دو پایه تقسیم گردد. بنابراین فیلتر پائین‌گذر (constant-k) نوع Π (پی) متعادل می‌باید دارای دو سیم‌پیچ به مقادیر $L/2$ باشد در حالیکه فیلتر بالاگذر (constant-k) نوع Γ (پی) دو خازن معادل هم و برابر $2Ck$ خواهد داشت.

اگر چندین فیلتر پائین‌گذر یا بالاگذر بکار برده میشود، توصیه می‌گردد که یک فیلتر نوع (constant-k) در وسط و دو فیلتر نوع (m-derived) در دو طرف بکار برد گرچه فیلتر نوع (m-derived) را نیز می‌توان در وسط بکار برد.

فاکتور m توسط نسبت فرکانس قطع به فرکانسی که بیشترین تضعیف را دارد مشخص میشود، (foo, fc) در مواقعی که فقط یک فیلتر (m-derived) استفاده میشود میتوان مقدار ۰/۶ را برای m در نظر گرفت، اگر چه انحراف ۱۰ تا ۱۵ درصد از این مقدار نیز مجاز است، اگر m برابر ۰/۶ اختیار شود فرکانس بینهایت (foo) ۱/۲۵ برابر فرکانس قطع (fc) خواهد بود (برای فیلتر پائین‌گذر) و برای فیلتر بالاگذر مقدار فرکانس بینهایت ۰/۸ برابر فرکانس قطع خواهد بود. برای دیگر حالات مقدار m از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$m = \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f_{oo}}\right)^2}$$

برای فیلتر پائین‌گذر:

$$m = \sqrt{1 - \left(\frac{f_{oo}}{f_c}\right)^2}$$

برای فیلتر بالاگذر:

به خروجی فیلتر مقاومتی برابر ۱۱ باید متصل شود که مؤلفه راکتیو آن ناچیز و یا بدون مؤلفه راکتیو باشد.

کریستالهای پیزو الکتریک

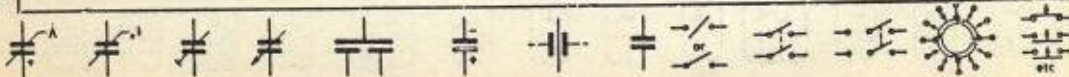
PIEZOELECTRIC CRYSTALS

در طبیعت تعدادی از مواد کریستالی یافت میشود که قابلیت تبدیل فشار به بار الکتریکی و بر عکس را دارند. این خاصیت بنام اثر پیزو الکتریک معروف است (یعنی فشار - الکتریسته) هر گاه یک میله یا صفحه از کریستال کوارتز که بطریق صحیح برش داده شده را برداشته و به دو طرف آن الکترودهای رسانا اتصال دهید، در اینحال با اعمال فشار به کریستال یک منبع ولتاژ خواهید داشت و یا اگر به دو الکترود یک منبع ولتاژ وصل گردد بطور مکانیکی ارتعاش خواهد داشت. کریستالهای پیزو الکتریک برای تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی و بر عکس بکار برده میشوند. این کریستالها را در میکروفونها و پیک آپهای گرامافون که ارتعاشات مکانیکی به ولتاژ الکتریکی متناوب فرکانس تبدیل می‌شود بکار برده میشوند. همچنین از این کریستالها در گوشی‌ها (هدفونها) و بلندگوها که در آنها انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود نیز بکار می‌روند.

- مشدد (رزوناتورهای) کریستالی

Crystal Resonators

صفحات کریستالی مشددهای مکانیکی هم هستند، این مشددها (رزوناتورها) دارای یک فرکانس طبیعی (Natural frequency) از چند هزار هرتز تا دهها مگاهرتز هستند، فرکانس ارتعاش به نوع کریستال، طرز برش از کریستال طبیعی و به ابعاد صفحه بستگی دارد. چیزی که رزوناتورهای کریستالی را پر ارزش می‌سازد داشتن ضریب مرغوبیت بالای آنهاست که از ۲۰ کیلوهرتز تا حدود یک مگاهرتز می‌باشد.



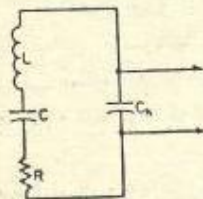
خواص مکانیکی کریستال شبیه مشخصات الکتریکی یک مدار تنظیم شده (tuned) می باشد. با این تشبیه میتوان یک مدار معادل (Equivalent circuit) برای کریستال در نظر گرفت. فرم یک کریستال با الکترودهایشان شبیه یک خازن است که خود کریستال بعنوان عایق در میان دو صفحه قرار گرفته و الکترودها به این دو عایق متصلند. کریستال از نظر الکتریکی شبیه یک مدار تشدید سری می باشد که اگر خازن حاصل از صفحات نگهدارنده نیز در نظر گرفته شود مداری حاصل میشود که در شکل ۵۴ - ۲ آمده است.

در فرکانسهای از مرتبه ۴۵۰ کیلوهرتز که کریستالها بصورت رزوناتور بکار میروند مقدار سلف حدود چندین هانری و مقدار خازن حدود چند هزارم پیکوفاراد خواهد بود. اگر چه مقدار مقاومت R حدود چند هزار اهم است، راکتانس در فرکانس تشدید آنقدر زیاد است که ضریب مرغوبیت آنهم زیاد خواهد بود.

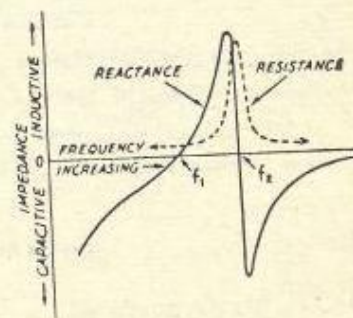
مداری شبیه مدار شکل ۵۴ - ۲ دارای یک فرکانس تشدید سری می باشد. وقتی از طرف خروجی مدار (فلش ها) به آن نگاه شود توسط مقدار سلف و خازن این مدار فرکانس تشدید تعیین می شود. در این فرکانس امپدانس مدار معادل است با R که در مقایسه با راکتانس ch خیلی بزرگتر است. این مدار همچنین دارای یک فرکانس رزونانس موازی می باشد که مقدار آن توسط L و C و ch محاسبه می گردد که ch و C بطور موازی با هم در نظر گرفته میشود. چون مقدار ch در مقایسه با C کوچک می باشد، فرکانس رزونانس موازی بزرگتر از فرکانس رزونانس سری خواهد بود. فاصله بین دو فرکانس تشدید موازی و سری بستگی به نسبت ch به C دارد و در موقعی که این نسبت زیاد است (مثل رزوناتورهای کریستالی که ch مقدارش حدود چند پیکوفاراد می باشد) دو فرکانس خیلی بهم نزدیک هستند. در فرکانس ۴۵۵ کیلوهرتز فاصله یک کیلوهرتز بین دو فرکانس یک کریستال طبیعی است.

شکل ۵۵ - ۲ نشان میدهد که چطور مقاومت و راکتانس چنین مداری بر حسب ولتاژ اعمال شده به آن تغییر می کند. راکتانس در هر دو فرکانس تشدید به صفر میرسد، اما مقدار مقاومت (ریزیستانس) در فرکانس تشدید موازی بیشترین مقدار خود را خواهد داشت در سبب تشبیه یک مدار تنظیم شده.

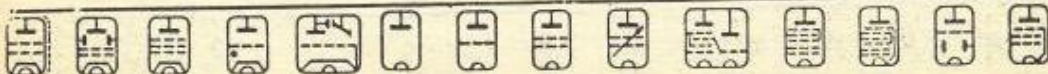
همچنانکه در بخشهای گذشته توضیح داده شد، کریستالهای کوآرتز بعنوان رزوناتورهای ساده بخاطر خواص سلکتیو بودنشان و همچنین بعنوان المانهای کنترل کننده فرکانس در اسیلاتورها بکار میروند. فرکانس رزونانس سری در مورد حالت قبلی مورد استفاده قرار می گیرد در حالیکه معمولی ترین فرم یک مدار اسیلاتور فرکانس رزونانس موازی را مورد استفاده قرار میدهد.



شکل ۵۵ - ۲ - تغییرات راکتانس و مقدار مقاومت مدار قبل بر حسب فرکانس.



شکل ۵۴ - ۲ - مدار معادل یک کریستال.



توضیحاتی در مورد مدارهای عملی

PRACTICAL CIRCUIT DETAILS

COMBINED AC AND DC

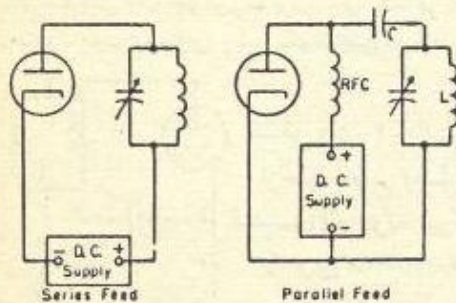
ترکیب جریان مستقیم و متناوب

اکثر مدارهای رادیویی در فرستنده‌ها با لامپ ساخته میشوند و طبیعت این لامپها به جریان مستقیم (عمولاً ولتاژ نسبتاً بالا) برای کار احتیاج دارند. آنها این جریان را به جریان متناوب (و گاهی برعکس) با فرکانسهایی از حدود فرکانسهای صوتی گرفته تا فرکانسهای خیلی بالا تبدیل میکنند. در جریان این عمل تبدیل اکثراً در جایی از مدار جریانهای متناوب و مستقیم بهمديگر ميرسند.

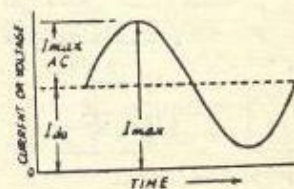
در این رابطه ac و dc با هم ترکیب شده و یک جریان دیگری را تولید می‌کنند که با فرکانس جریان متناوب تغییر می‌کند بطوریکه حدود مقدار متوسطش حدود مقدار جریان مستقیم خواهد بود. این موضوع در شکل ۵۶-۲ نشان داده شده است. مشاهده میشود که جریان متناوب سوار جریان مستقیم شده است که به این عمل {superimpose} گویند. در اینجا جریان واقعی دارای دو مؤلفه است یکی مؤلفه dc و دیگری مؤلفه ac در جریان متناوب نیم سیکلهای مثبت و منفی دارای دامنه متوسط برابر می‌باشند، بطوریکه وقتی این جریان متناوب روی جریان متناوب سوار میشود، افزایش و کاهش جریان به یک مقدار می‌باشد بنابراین در مقدار متوسط جریان مستقیم تغییری داده نخواهد شد. اگر با یک دستگاه اندازه‌گیری جریان مستقیم مقدار این جریان ترکیبی اندازه‌گیری گردد، مقداری که دستگاه اندازه‌گیری (متر) نشان میدهد همان مقدار جریان مستقیم است.

بهر حال در یک چنین ترکیبی جریانی قدرت بیشتری نسبت به جریان مستقیم تنها وجود دارد. این بخاطر اینست که قدرت بستگی به مجذور مقدار لحظه‌ای جریان دارد و هنگامیکه مقدار متوسط مجذور تمام مقادیر لحظه‌ای روی یک سیکل گرفته شود قدرت کلی بیشتر از قدرت جریان مستقیم پهنه‌ای خواهد شد.

اگر جریان متناوب یک موج سینوسی که مقدار ماکزیمم‌اش درست برابر مقدار dc باشد، قدرت در مدار ۱/۵ برابر قدرت dc خواهد بود. دستگاه اندازه‌گیری که قرائت‌اش متناسب با قدرت باشد چنین افزایشی را نشان خواهد داد.



شکل ۵۷-۲- تغذیه موازی و سری.



شکل ۵۶-۲- یک جریان متناوب روی یک خازن مستقیم سوار شده است.



تغذیه سری و موازی - Series and Parallel Feed

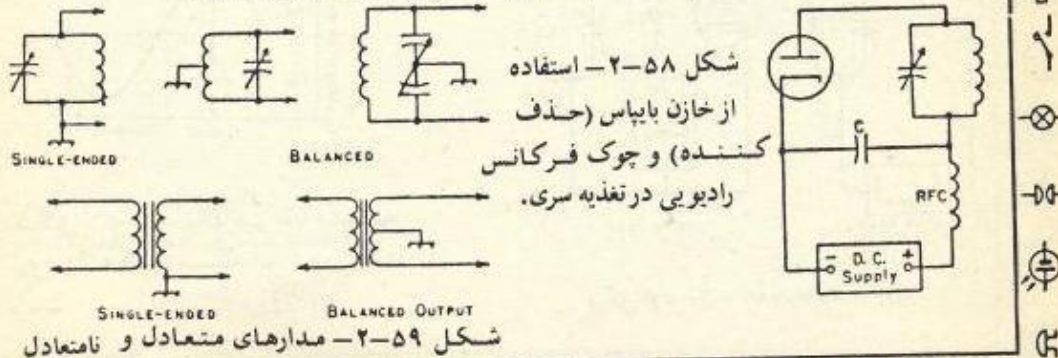
چگونگی ترکیب جریانهای مستقیم و متناوب در مدار لامپ خلاء در شکل ۵۷-۲ نشان داده شده است. در این حالت، فرض میشود که جریان متناوب بفرکانس رادیویی باشد. همچنین فرض میشود که جریان فرکانس رادیویی (RF) میتواند براحتی از منبع تغذیه dc عبور کند، یعنی امپدانس منبع تغذیه در فرکانس رادیویی آنقدر کوچک است که میتوان از آن صرفنظر کرد.

در شکل ۵۷-۲ مدار سمت چپ لامپ، مدار تشدید (تنظیم شده) و منبع تغذیه بطور سری قرار گرفتهاند. جریان مستقیم از سیمپیچ فرکانس رادیویی عبور میکند تا به لامپ میرسد، جریان فرکانس رادیویی که توسط لامپ تولید میشود از منبع تغذیه عبور کرده و به مدار تنظیم شده میرسد. این نوع تغذیه را تغذیه سری (series feed) گویند. همانطور که ذکر شده امپدانس منبع تغذیه در فرکانس رادیویی آنقدر کوچک است که روی جریان فرکانس رادیویی اثری ندارد، زیرا مقاومت جریان مستقیم سیمپیچ آنقدر کوچک است که هیچ اثری روی جریان مستقیم ندارد.

در مدار سمت راست جریان مستقیم منبع تغذیه از مدار تنظیم شده عبور نمی کند بلکه از طریق سیمپیچ فرکانس رادیویی RFC به داخل لامپ میرود RFC (radio-frequency choke). از اول کلمات تشکیل شده است. در این مدار جریان مستقیم از C

نمی تواند عبور کند زیرا خازن C جلوی عبور جریان مستقیم را سد می کند و بعبارت دیگر آنرا بلوک می کند (Block). به این خازن بلوک گفته می گویند. اگر خازن C وجود نداشته باشد منبع تغذیه در اثر سیمپیچ L اتصال کوتاه خواهد شد. از طرف دیگر، جریان RF که توسط لامپ تولید می شود می تواند به آسانی از خازن C عبور کرده و به مدار تنظیم شده برسد زیرا کاپاسیتانس C طوری انتخاب می شود که راکتانس کمی (در مقایسه با امپدانس مدار تنظیم شده) در فرکانس رادیویی داشته باشد. جریان فرکانس رادیویی نمی تواند از چوک فرکانس رادیویی عبور کند زیرا اندوکتانس این سیمپیچ در فرکانس رادیویی خیلی بزرگ است. مقاومت چوک فرکانس رادیویی دارای مقدار کوچکی است و در نتیجه هیچ اثری روی جریان مستقیم ندارد. بنابراین دو نوع جریان در این روش تغذیه وجود دارد و بدین ترتیب این روش تغذیه را تغذیه موازی (parallel feed) گویند.

هر دو نوع این تغذیه ها را میتوان هم برای مدارهای فرکانس رادیویی و هم فرکانس صوتی بکار برد. در تغذیه موازی در مدار ac هیچ ولتاژ dc وجود ندارد، در اینجا باید به اپراتور توصیه ای گردد زیرا در این روش تغذیه ولتاژهای اعمال شده به لامپ، مخصوصا لامپ فرستنده خطرناک می باشد. از طرف دیگر ساختن یک چوکی که برای یک باند فرکانس مناسب باشد کمی مشکل است. تغذیه سری اغلب ترجیح داده میشود زیرا پائین نگهداشتن امپدانس بین مدار ac و لامپ ساده است.



بایپاس کردن

Bypassing

در مدار تغذیه سری که هم اکنون بحث شد، فرض شد که منبع تغذیه در فرکانس رادیویی دارای امپدانس کمی است. این موضوع اکثراً برای منبع تغذیه‌های عملی صادق نیست و این بخاطر اینست که جدایی فیزیکی در حالت عادی بین تغذیه و مدار فرکانس رادیویی ایجاد می‌کند که سیم‌های ارتباطی طولانی انتخاب گردد. در فرکانسهای رادیویی حدود یک متر سیم می‌تواند راکتانس نسبتاً زیادی داشته باشد، آنقدر زیاد که دیگر نمی‌توان به آن بعنوان یک اتصال کم اهم نگاه کرد.

یک مدار واقعی مثل شکل ۵۸-۲ دارای یک خازن بایپاس (bypass) می‌باشد. خازن c طوری انتخاب می‌شود که در فرکانس کار مدار دارای راکتانس کمی باشد و باید در جایی از مدار قرار گیرد که به قسمتهای مورد نظر نزدیک باشد تا سیم‌های ارتباطی آن تا حد امکان کوتاه باشد. بنا بر این جریان فرکانس رادیویی آسانتر می‌تواند از آن عبور کند تا از منبع تغذیه.

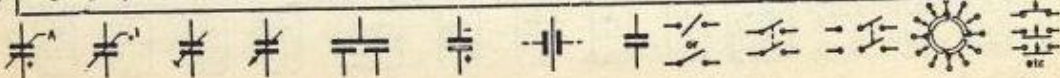
برای اینکه خازن بایپاس مؤثر باشد، راکتانس این خازن نباید بیشتر از یک‌دهم امپدانس قسمت بایپاس شده (حذف شده) مدار باشد. در اغلب مواقع امپدانس این قسمت معلوم نیست در چنین مواقعی باید ماکزیمم مقدار خازنی را که مجاز است انتخاب نمود برای اینکه از عبور نکردن جریان فرکانس رادیویی از یک مدار غیر فرکانس رادیویی نظیر منبع تغذیه دو برابر اطمینان حاصل شود میتوان یک چوک فرکانس رادیویی در مدار قرار داده میشود (شکل ۵۸-۳).

وقتی در مداری علاوه بر فرکانس رادیویی فرکانس صوتی نیز وجود داشته باشد باز از همین نوع بایپاس کردن استفاده می‌گردد. بواسطه اینکه راکتانس خازن با فرکانس تغییر می‌کند، براحتی میتوان خازنی انتخاب کرد که در فرکانسهای رادیویی دارای راکتانس کم و در فرکانسهای رادیویی راکتانس زیاد داشته که عملاً در حکم مدار باز باشد. مثلاً یک خازن $0.001/\mu$ میکرو فاراد عملاً برای فرکانس رادیویی در حکم اتصال کوتاه بوده ولی برای فرکانس صوتی رل مدار باز (open circuit) را دارد. خازنهای را مدارهای فرکانس رادیویی برای حمل فرکانسهای رادیویی در حوالی منبع تغذیه نیز استفاده می‌شود.

اندوکتانس و کاپاسیتانس گسترده Distributed Capacitance and Inductance

در قسمتهای قبلی در این بخش فرض شده بود که یک خازن فقط دارای کاپاسیتانس و یک سلف فقط دارای اندوکتانس باشد. متأسفانه این کاملاً صحیح نمی‌باشد. همیشه در یک هادی مقداری اندوکتانس وجود داشته و در یک خازن علاوه بر کاپاسیتانس آن مقداری هم اندوکتانس همراه است. همچنین بین دو هادی یا بین دو قسمت از یک هادی یابین دورهای یک سیم پیچ مقداری کاپاسیتانس قابل ملاحظه وجود دارد.

این اندوکتانس گسترده distributed inductance در یک خازن و کاپاسیتانس گسترده در یک سیم پیچ اثرات عملی مهمی در مدار دارند. در واقع هر خازن یک مدار رزونانس (تنظیم شده) می‌باشد که در فرکانسی که کاپاسیتانس و اندوکتانس دارای راکتانس برابر باشند به رزونانس در می‌آید. همینطور هر سیم پیچی نیز اثر یک مدار تنظیم شده را دارد که فرکانس رزونانس آن از مساوی قرار دادن اندوکتانس و کاپاسیتانس گسترده حاصل می‌گردد. در فرکانسهای پائین‌تر از این مقادیر رزونانسهای طبیعی، natural resonances، خازن درست مثل یک خازن تنها وسیم پیچ مثل یک سیم پیچ تنها عمل می‌کنند. بنا بر این برای اینکه از خازن بعنوان یک خازن تنها استفاده گردد حدی برای فرکانس وجود دارد. همچنین حدی هم برای فرکانس در مورد سیم پیچ وجود دارد که تا این حد میتوان از سیم پیچ فقط خاصیت اندوکتانس گرفت. در فرکانسهای صوتی، کاپاسیتانس به میکرو فاراد و اندوکتانسها به هانری اندازه گیری میشود. پائین و متوسط رادیویی، اندوکتانسهای حدود چند میلی هانری و کاپاسیتانسهای حدود چند هزار پیکو فاراد بیشترین مقادیر عملی را دارند. در فرکانسهای رادیویی بالا مقادیر اندوکتانسهای مورد استفاده به حدود چند میکرو هانری و مقادیر خازنهای به حدود چند صد پیکو فاراد



میرسد.

کاپاسیتانسها و اندوکتانسهای گسترده نه تنها در فرکانسهای رادیویی بلکه در بایپاس کردن نیز رل مهمی دارند.

در مواقعی که از یک خازن یا یک چوک بعنوان بایپاس کننده استفاده میشود بایستی کاپاسیتانسها و اندوکتانسهای گسترده را نیز در نظر داشت.

زمین‌ها Grounds

در این کتاب گاهی اوقات به زمین (ground) و پتانسیل یا ولتاژ زمین (Ground potential) جوع میشود. وقتی گفته میشود که سیمی به زمین وصل می‌گردد معنای آن این نیست که آن زمین واقعا به زمین وصل شده است بلکه منظور از اتصال یک سیم به زمین اینست که این در هر حال اثری در کار مدار ندارد. معمولا قطب منفی باتری یا تغذیه نیز به این نقطه وصل می‌گردد. معمولا این نقطه یک نقطه مشترک است که در مدار وجود دارد. مثلا زمین کردن فیلمان یا گرم کننده heater بر لامپ خلاء یعنی اتصال این المان به آن نقطه مشترک. چون کاتد لامپ نقطه اتصالی است برای ولتاژهای تغذیه صفحه و شبکه لامپ و چون مدارهای مختلفی که به المانهای لامپ وصل می‌گردند حداقل یک نقطه اتصال به کاتد دارند، این نقاط به زمین می‌روند. زمین یک منبأ (رفرنس) مشترک در مدارهای رادیویی می‌باشد. ((پتانسیل زمین)) یعنی هیچ ولتاژ یا اختلاف پتانسیلی بین این نقطه و زمین وجود ندارد.

Single-Ended and Balanced Circuits

مدارهای متعادل و نامتعادل

با توجه به زمین در مدار، یک مدار می‌تواند نامتعادل Unbalanced یا Single-ended متعادل باشد. (balanced)

در یک مدار نامتعادل، یک طرف مدار (طرفی که در اصطلاح به آن cold می‌گویند) به زمین وصل می‌گردد، در یک مدار متعادل نقطه وسط از نظر الکتریکی (Electrical midpoint) به زمین متصل میشود، بطوریکه در مدار دو نقطه (hot) که در ولتاژ مساوی هستند وجود دارد.

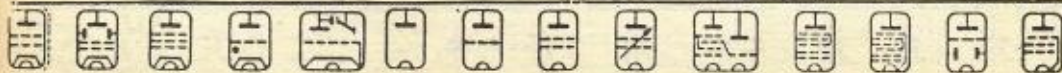
مدارهای متعادل و نامتعادل معمولی در شکل ۵۹-۲ نشان داده شده است. مدارهای فرکانس رادیویی در ردیف بالا آمده است، در حالیکه ترانسفوری‌ها (همان نوعی که در منابع تغذیه و مدارهای صوتی بکار می‌روند) در ردیف پایینی نشان داده شده‌اند. مدارهای RF را میتوان با اتصال وسط سیم پیچ به زمین متعادل نمود یا میتوان با بکار بردن یک خازن دو قسمتی متغیر مدار را متعادل کرد. خازنهای دو قسمتی متغیر که در شکل هم دیده میشود سر متغیراش زمین می‌گردد. Split-stator در مورد ترانسفورمرهای با هسته آهنی سر وسط ثانویه به زمین وصل می‌گردد.

Shielding

شیلد کردن

دو مداری که از نظر فیزیکی در مجاورت هم باشند اگر هم کوپلینگ بین آنها وجود نداشته باشد باز رویهم اثر خواهند داشت. قسمتهای فلزی دو مدار با هم تشکیل یک خازن را میدهند که انرژی را بصورت میدان الکتریکی می‌تواند منتقل نمایند. همچنین میدان مغناطیسی حول یک سیم پیچ یا سیم بندی wiring یک مدار می‌تواند آن مدار را به مدار یا سیم پیچ دیگر کوپله کند. در بسیاری از حالات از این کوپلاژهای ناخواسته بایستی جلوگیری کرد تا مدارها بطور صحیح کار کنند.

کوپلاژ خازنی را می‌توان با محصور کردن یک یا هر دو مدار در یک محفظه فلزی کم مقاومت زمین شده grounded low-resistance یا محافظت کردن می‌گویند. این عمل را شیلد کردن (shielding) یا محافظت کردن می‌گویند. میدان الکتریکی حاصل از المانهای مدار از شیلد نمی‌تواند به بیرون نفوذ کند با وارد کردن یک ورقه فلزی بنام baffle shield بین دو المان می‌توان از کوپلینگ بین آنها جلوگیری نمود. این ورقه بایستی آنقدر بزرگ باشد که المانها همدیگر را رویت نکنند و از نظر یکدیگر مخفی باشند.



در فرکانسهای رادیویی نیز از فلزات برای شیلد کردن و جلوگیری از کویلاژ مغناطیسی استفاده می‌گردد. اثر عمل شیلد کردن در مقابل میدانهای مغناطیسی با فرکانس و ضریب هدایت و ضخامت ورقه شیلد افزایش می‌یابد.

برای شیلد کردن میدان مغناطیسی بطور صحیح و کامل به یک محفظه بسته احتیاج است و بهتر است برای هر سیم پیچ یک محفظه در نظر گرفته شود. برای جلوگیری از نفوذ میدان مغناطیسی سیم پیچها استفاده از ورقه زیاد مناسب نیست بلکه باید از ورقهها که بصورت زاویه قائمه خم شده‌اند برای هر سیم پیچ استفاده نمود. شیلد کردن سیم پیچ اندوکتانس آنرا کاهش میدهد زیرا قسمتی از میدان این سیم پیچ توسط شیلد حذف می‌گردد. همچنین هر شیلد کمی هم مقاومت دارد و بالطبع تلف انرژی وجود خواهد داشت. این تلفات مقدار مقاومت مؤثر سیم پیچ را کاهش میدهد. در اثر کاهش اندوکتانس و افزایش مقاومت مقدار ضریب مرغوبیت پائین می‌آید ولی چنانچه فاصله بین سیم پیچ و شیلد حداقل نصف قطر سیم پیچ و فاصله بین دو انتهای آن حداقل معادل قطر سیم پیچ باشد مقدار کاهش در ضریب مرغوبیت (Q) سیم پیچ و اندوکتانس آن ناچیز خواهد بود. هر چه ضریب هدایت شیلد بیشتر باشد اثر اندوکتانس و ضریب مرغوبیت کمتر خواهد بود. من بهترین ماده از این نظر است و آلومینیوم نیز قابل قبول است. در فرکانسهای صوتی برای شیلد کردن خوب در مقابل نفوذ مغناطیسی لازم است که سیم پیچ را در یک محفظه قرار داد. این محفظه باید از آهن یا فولاد با ضریب نفوذ زیاد باشد. در این حالت شیلد باید کاملاً نزدیک به سیم پیچ باشد بدون اینکه در کار آن خلل وارد سازد.

* * مدارهای یو - اچ - اف * *

UHF CIRCUITS

RESONANT LINES

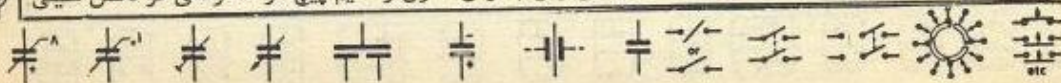
خطوط رزونانس

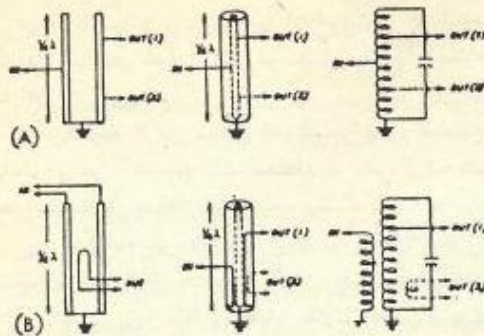
در فرکانسهای پائین در مدارهای رزونانس همچنانکه قبلاً گفته شد هر کدام از المانهای راکتیو بعنوان یک عنصر مستقل و جداگانه در نظر گرفته میشود. در فرکانسهای پائین از اثر اندوکتانس خودی یک خازن و نیز از اثر کاپاسیتانس خودی (Self-capacitance) یک سیم پیچ همچنین مقداری مقاومت صرفنظر می‌گردد.

در فرکانسهای خیلی زیاد (VHF) و خیلی خیلی زیاد (UHF) دیگر نمیتوان این مؤلفهها را از هم جدا کرد. همچنین سیمهای ارتباطی که در فرکانسهای پائین برای اتصال خازنها و سیم پیچها مورد استفاده قرار می‌گیرد، در فرکانسهای خیلی زیاد دارای اندوکتانس بیشتر از خود سیم پیچ خواهد بود. ممکن است در مداری فقط به اندوکتانس سیم پیچ با یک دور احتیاج باشد، در این موقع حتی این یک دور سیم پیچ ممکن است ابعادی داشته باشد که با طول موج قابل مقایسه باشد. بنا بر این انرژی موجود در میدان اطراف سیم پیچ ممکن است تشعشع کند. در فرکانسهای بالاتر تلفی که از لحاظ تشعشع حاصل میشود بخش بزرگی از کل انرژی را در مدار تشکیل میدهد.

بهین دلایل در اینجا کمی در باره قسمتهای رزونانس کننده، خطوط انتقال بعنوان مدارهای تنظیم شده در فرکانسهای بالاتر از ۱۰۰ مگا هرتز صحبت میشود.

یک تکه خط یک چهارم طول موج یا هر مضرب فردی از طول موج که یکطرفش بسته یا باز باشد امواج ساکن تولید می‌کنند اگر ولتاژی با فرکانسی که چنین خطی به رزونانس درآید به خطی که انتهایش باز باشد اعمال گردد با سیمی که این خط به این ولتاژ میدهد درست شبیه پاسخی است که یک مدار رزونانس موازی به آن میدهد روابط بین این خطوط در شکل ۶۰-۶۱ نشان داده شده است. در فرکانسهای غیر از فرکانس تشدید خط خاصیت خازنی یا سلفی خواهد داشت، درست شبیه یک مدار تنظیم شده معمولی، بنا بر این قطعات خطوط انتقال را می‌توان بعنوان خازن و سیم پیچ در مدارهای فرکانس خیلی





شکل ۲-۶۰- مدارهای کوپلینگ
برای دو خط موازی- خط کواکسیال و
مدارهای تشدید.

خیلی زیاد استفاده نمود.

برای اینکه مقدار تلفات حاصل از تشعشع دو هادی موازی به حداقل برسد، فاصله دو خط باید کمتر از یکدهم طول موج باشد (این فاصله از محور هادیها اندازه گیری میشود). از طرف دیگر این فاصله نباید کمتر از دو برابر قطر هادی باشد. در فرکانسهای بالاتر از ۳۰۰ مگا هرتز مشکل است که هر دو شرط فوق همزمان برقرار باشد و تشعشع از طرف باز خط شروع می شود و ضریب مرغوبیت کاهش می یابد. در چنین حالتی کابل کواکسیال یا هم محور (coaxial) مناسب می باشد زیرا این کابل شدیداً شیلده می باشد.

روشهای مشخص برای تنظیم خطوط کواکسیال برای پخشید در آوردن آنها در شکل ۲-۶۱ آمده است. در طرف چپ یک دیسک لغزنده برای کاهش طول مؤثر خط بکار گرفته شده بدینصورت که با تغییر محل دیسک محل اتصال کوتاه تغییر می کند در وسط همین اثر با استفاده از یک لوله تلسکوپی انجام می گیرد. این لوله در هادی داخلی قرار می گیرد و توسط آن طول آن تغییر داده میشود و بدینوسیله طول مؤثر خط تغییر می کند. در طرف راست (شکل ۲-۶۱) دو روش ممکن استفاده از خازنهای صفحه موازی نشان داده شده است. این روش بنام باز گذاری خازنی می باشد و بیشترین اثر تنظیم در واحد کاپاسیتانس را دارد. خطوطی که در آنها تنظیم از طریق بار گذاری خازنی انجام می گیرد کوتاهتر از خطوط تشدید بدون بار می باشند.

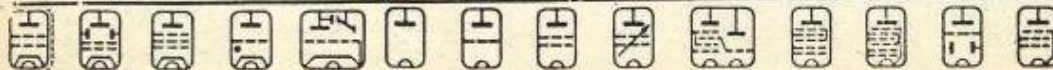
دو روش برای تنظیم خطوط رزونانس موازی در شکل ۲-۶۲ آمده است. شکل بالایی یک نوار اتصال کوتاه کننده برای تنظیم بکار رفته است. در شکل پائینی تنظیم از راه یک خازن صفحه موازی انجام گرفته است. در این حالت در مواقعی که این خازن در نزدیکی انتهای خط یعنی محلی که خط اتصال کوتاه شده قرار گیرد اثر تنظیم آن کمتر خواهد بود، در این روش تعادل خط بهم نمیخورد. این روش مزیت بیشتری دارد زیرا هیچ ماده عایق احتیاجی نیست.

WAVEGUIDES

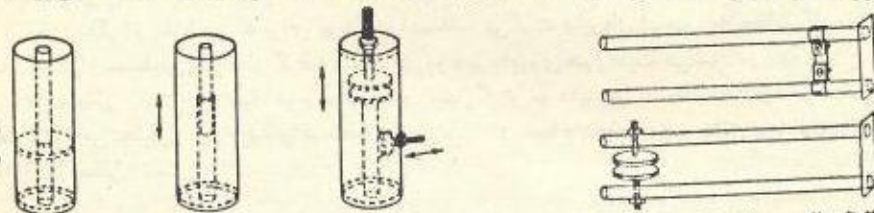
موجرها (ویوگایدها)

ویوگاید یا موجبر Waveguide یا هادی موج عبارتست از یک لوله هادی که می تواند انرژی را بفرم امواج الکترومغناطیسی از یک نقطه به نقطه دیگر انتقال دهد. این لوله بصورت یک هادی بفرم خط انتقال دو سیم مد نظر قرار نمیگیرد بلکه بصورت مرزی است که امواج را در ما بین خود قرار میدهند و هدایت می کنند. اثر پوستی (skin effect)

از نفوذ اثرات الکترومغناطیسی در خارج از موجبر جلوگیری می کند. انرژی را از یک انتهای موجبر به داخل آن تزریق می کنند، که می تواند به یکی از صورتهای کوپلاژ خازنی (کاپاسیتو) - سلفی (اندوکتیو) و تشعشعی انجام گیرد و در طرف دیگر دریافت شود. انرژی امواج در موجبر با انعکاسهای مختلفی که دیوارهای موجبر حاصل می شود بطرف گیرنده منتقل می گردد. برای آنالیز موجبرها فرضیاتی را در نظر می گیرند از جمله اینکه فرض میشود دیوارهای موجبر هادی کامل باشند در موجبر ها بسته به ابعاد موجبر و فرکانس موج تزریق شده توزیع میدانهای الکتریکی و مغناطیسی متفاوت است. در شکل ۲-۶۳



یک توزیع از میدانهای مغناطیسی و الکتریکی در موجبر مسطحی نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده میشود شدت میدان الکتریکی در محور عمودی در وسط محور ماکزیمم است (خطوط توپر بهم نزدیکترند). طبق شرایط مرزی میدان الکتریکی در یک هادی صفر است و همچنانکه دیده میشود میدان الکتریکی بتدریج که به دیوارهای موجبر نزدیک میشود کاهش مییابد تا به صفر میرسد (در روی دیوارها). زیرا چنانچه میدان الکتریکی مؤلفه‌ای بطور موازی با دیواره موجبر داشته باشد جریانی بینهایت بزرگ در دیواره که هادی کامل هستند برقرار خواهد شد که این موقعیت نا مناسبی را ایجاد می کند.



شکل ۶۲-۲- روشهای تنظیم خطوط تشدید دو خط موازی.

شکل ۶۱-۲- روشهای تنظیم خطوط تشدید کواکسیال.

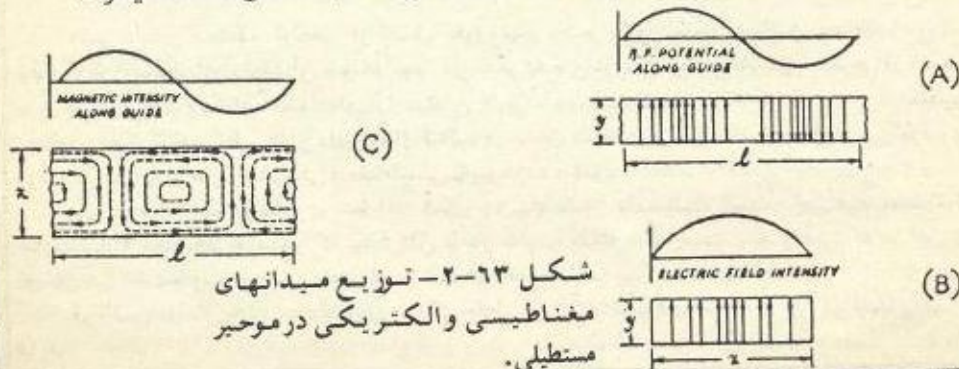
Modes of Propagation

مدهای انتشار

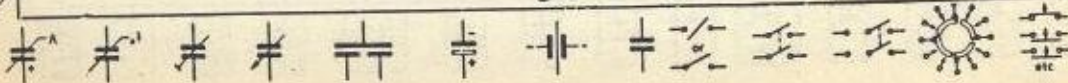
در شکل ۶۳-۲ یک توزیع نسبتاً ساده از میدانهای الکتریکی و مغناطیسی نشان داده شده است بطور کلی میدانها در یک موجبر بینهایت فرم انتخاب می کنند. هر توزیع میدان را مد (mode) گویند. همه مدها به دو دسته کلی تقسیم میشوند: یک گروه را با حرف TM نمایش میدهند که Transverse Magnetic است که میدان مغناطیسی اش تماماً در صفحه ترانسورس یعنی صفحه عمود بر جهت انتشار قرار می گیرد بنابراین این مد دارای یک مؤلفه میدان الکتریکی در جهت انتشار است ولی مؤلفه میدان مغناطیسی در جهت انتشار ندارد، نوع دیگر امواج TE است که از اول حروف Transverse Electric آمده است. میدان الکتریکی این امواج تماماً در صفحه عمود بر جهت انتشار (ترانسورس) قرار می گیرد و بنابراین مؤلفه مغناطیسی در جهت انتشار ندارد. گاهی اوقات امواج TM را امواج H_z و امواج TE را امواج E_z نیز می گویند ولی نامگذاری TE و TM ترجیح دارد.

هر گروه به مدهای دیگری تقسیم میشود که با دو حرف پس در کنار حروف TE و TM نمایش داده میشود و مثل: TE₁₀ و TM₁₁

تعداد مدهای ممکن برای یک موجبر مشخص با افزایش فرکانس زیاد می گردد. در هر موجبر یک مد وجود دارد که دارای پائین ترین فرکانسی است که در آن موجبر منتقل میشود. این مد بنام مد اصلی یا dominate mode خوانده میشود. در کارهای عملی فقط از مد اصلی استفاده میشود.



شکل ۶۳-۲- توزیع میدانهای مغناطیسی و الکتریکی در موجبر مسطحی.



Waveguide Dimensions

- ابعاد ویوگاید -

در موجبر چهار گوش بعدی که مورد نظر باید قرار گیرد بعد x است که این بعد باید بزرگتر از یک دوم طول موج پائین ترین فرکانسی باشد که در آن منتقل می گردد. در عمل بعد x را معمولا برابر نصف x می گیرند $(y = \frac{1}{2}x)$. اینکار برای اینست که از انتشار هر مد دیگری غیر از مد اصلی جلوگیری شود.

یکی دیگر از مقاطعی که برای موجبرها استفاده می گردد دایروی است. ملاحظاتی که در مورد موجبر چهار گوش (مستطیلی) در نظر گرفته شد برای موجبر دایروی هم رعایت می شود. فرمولهائی که برای طول موج موجبرهای چهار گوش و دایروی استفاده میشود در جدول زیر آمده است. در این جدول x پهنای مستطیل مقطع و r شعاع مقطع موجبر دایروی است. تمامی فرمولها درباره مد اصلی است:

جدول

دایروی	چهار گوش	طول موج قطع
$3.41r$	$2x$	بزرگترین طول موج منتشر شده با تضعیف کم
$3.2r$	$1.6x$	کوتاهترین طول موج قبل اینکه مد بعدی بوجود آید
$2.8r$	$1.4x$	

Cavity Resonators

- محفظه های رزونانس -

در فرکانسهای خیلی خیلی زیاد همانطور که گفته شد دیگر نمیتوان از المانهایی نظیر سلف و خازن استفاده کرد مثلا در این فرکانسها مدار تنظیم شده دیگر سلف و خازن نمی باشد. در مورد امواج سانتی متری از محفظه رزونانس استفاده میشود که عبارتست از یک محفظه بسته که می تواند قسمتی از موجبر باشد.

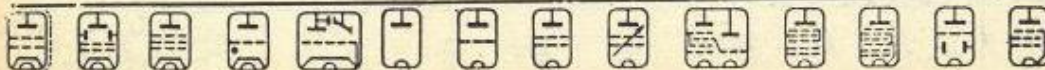
شکلهای معمولی محفظه رزونانس عبارتند از استوانه ای (سیلندری)، چهار گوش و کره ای (شکل ۶۴-۲)، فرکانس رزونانس این محفظه ها بستگی به ابعاد محفظه و مد منتشره در موجبر دارد. برای پائین ترین مدها طول موج رزونانس بترتیب زیر خواهد بود:

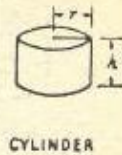
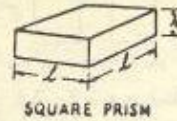
$2.61r$	استوانه ای
1.411	چهار گوش
$2.28r$	کره ای

وقتی بلندی محفظه کوتاهتر از نصف طول موج باشد، طول موج رزونانس محفظه استوانه ای و چهار گوش مستقل از ارتفاع آن خواهد بود. در دیگر مدهای نوسان ارتفاع بایستی مضربی از نصف طول موج باشد. یک محفظه استوانه ای را میتوان با یک دیسک اتصال کوتاه کننده، متحرک تنظیم نمود. روشهای دیگر تنظیم نظیر قرار دادن پدال تنظیم در داخل محفظه تیر مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش توزیع میدانهای الکتریکی و مغناطیسی تغییر داده میشود.

یک فرم محفظه نوسان در عمل در شکل ۶۵-۲ نشان داده شده است. این فرم محفظه نوسان عبارتست از یک خط هم محور که یکطرفش با بار خازنی بسته شده است. مد واقعی که در این محفظه نوسان می کند متفاوت از مدی است که در خط هم محور منتشر می گردد.

فرکانس نوسان چنین محفظه ای بستگی بقطر دو استوانه و فاصله "d" بین دو انتهای استوانه ها دارد.





شکل ۶۴-۲- اشکال مختلف
محفظه های رزونانس.

در مقایسه با مدارهای رزونانس معمولی، محفظه‌های نوسان دارای ضریب مرغوبیت خیلی زیاد هستند. در مورد محفظه‌های نوسان مقدار ۱۰۰۰ یا بیشتر برای ضریب مرغوبیت آنها مقداری معمولی است و چنانچه در طراحی محفظه‌ها دقت گردد میتوان ضرایب مرغوبیت را تا حدود چندین هزار بالا برد.

– کوپلاژ به محفظه‌های نوسان و موجبرها – Coupling to Waveguides and Cavity Resonators

برای تزریق انرژی به داخل یا اخذ انرژی از یک محفظه نوسان و موجبر میتوان از روشهای مغناطیسی و الکتریکی استفاده نمود، برای انتقال انرژی به داخل موجبرها اغلب از کابل کواکسیال استفاده می‌شود که دو روش کوپلاژ در شکل ۶۶-۲ آمده است. در شکل ۱ مغز یک کابل کواکسیال داخل موجبر شده و طوری خم شده که موازی میدان خطوط نیروی الکتریکی قرار گرفته است. در شکل ۲ مغز کابل بصورت حلقه درآمده بطوریکه خطوط نیروی مغناطیسی از داخل آن عبور می‌کند. نقطه‌ای که کابل وارد موجبر یا محفظه میشود با توجه به مد منتشره در آن تعیین می‌گردد و وقتی وسیله کوپلاژ در محل جدا کثرت میدان است ما کمترین کوپلاژ صورت خواهد گرفت.

با چرخش پروب یا حلقه (loop) تا اندازه ۹۰ درجه مقدار کوپلاژ تغییر می کند. وقتی پروب عمود بر خطوط میدان الکتریکی است، کوپلاژ حداقل است. بهمین ترتیب، وقتی صفحه حلقه موازی خطوط مغناطیسی باشد کوپلاژ کمترین مقدار را خواهد داشت. روش اول کوپلاژ بروش الکتریکی و

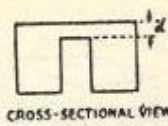
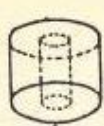
مدولاسیون ، هتروودین کردن ، و ضربان

MODULATION, HETERODYNING, AND BEATS

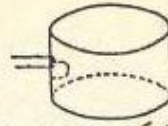
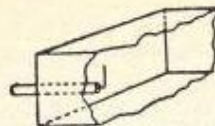
همچنانکه میدانید یکی از کاربردهای مهم فرکانسهای رادیویی انتقال صدا و موزیک می باشد. بهمین دلیل راحتتر است که طیف صوتی را که لازم است ارسال گردد ابتدا تبدیل به فرکانس رادیویی کرده و منتقل نمود و سپس آنرا به صوت برگرداند. فرض کنید سیگنال صوتی که باید ارسال گردد یک تک فرکانس ۱۰۰۰ هرتز باشد (سیگنال تن) و بخواهند آنرا همراه سیگنالی بفرکانس یک مگاهرتز (۱/۰۰۰/۰۰۰ هرتز) بفرستند یک روش ممکن برای انجام اینکار اینست دو سیگنال یک مگاهرتز و یک کیلوهرتز با هم جمع گردند، که در اینصورت یک فرکانس رادیویی ۱/۰۰۱ مگاهرتز بدست می آید. هیچ روش ساده‌ای برای انجام مستقیم این کار وجود ندارد، اگر چه این اثر در انتقال ((تک باند جانبی)) *single-sideband* استفاده می شود.

وقتی دو فرکانس مختلف در یک مدار معمولی در یک لحظه وجود داشته باشد هر کدام رفتاری را خواهند داشت که در صورت عدم وجود دیگری داشته‌اند. این اثر را اصل جمع آثار یا سوپرپوزیشن **Superposition** گویند یعنی هرگاه چند منبع در یک مدار وجود داشته باشد میتوان یکی یکی آنرا در نظر گرفت و اثر هر کدام را جداگانه حساب کرده و سپس آثار آنها را با هم جمع نمود. این بخاطر آنست که در نقطه مدار در هر لحظه فقط یک مقدار جریان یا ولتاژ می‌تواند وجود داشته باشد. به شکل





شکل ۶۵-۲ - محفظه های رزونانس
استوانه ای.



شکل ۶۶-۲ - کوپلاژیبه موجبرها و

محفظة های رزونانس.

۶۷-۲ نگاه کنید در Δ یک سیگنال سینوسی یک کیلوهرتز و در B یک سیگنال سینوسی بفرکانس یک مگاهرتز و در شکل Γ حاصل جمع این دو سیگنال را نشان داده شده است. در اینجا دامنه سیگنال یک مگاهرتز توسط سیگنال یک کیلوهرتز کنترل می گردد. دلایل استفاده از مدولاسیون بعداً ذکر خواهد شد ولی همین قدر بس که گفته شود سیگنال صوتی نمی تواند منتشر گردد و خیلی زود مستهلک می گردد در ثانی سرعت صوت خیلی کم است ولی سرعت امواج رادیویی برابر سرعت نور است و بنابراین وقتی سیگنالی بر آنها سوار شود با سرعت نور منتشر خواهد شد.

برای کنترل دامنه یک سیگنال توسط سیگنال دیگر وسایلی وجود دارد. مثلاً هرگاه سیگنال یک کیلوهرتزی برای کنترل سیگنال یک مگاهرتزی بکار برده شود، ماکزیمم خروجی Γ در حالتی حاصل میشود که سیگنال یک کیلوهرتزی در نقطه ماکزیمم (پیک) یک نیم سیکل و می نیم نیز هنگامی بدست می آید که سیگنال یک کیلوهرتزی در پیک نیم سیکل بعدی قرار گیرد. این پروسه را مدولاسیون دامنه amplitude modulation گویند و نحوه آنرا در شکل ۶۷-۲ (۲) مشاهده می کنید.

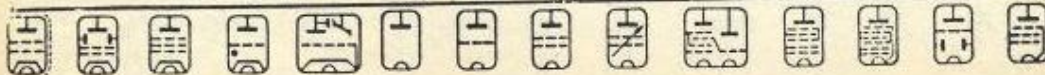
در این لحظه سیگنال حاصل کلاً در فرکانس رادیویی خواهد بود منتها دامنه آن با فرکانس مدولاسیون (یک کیلوهرتز) تغییر می کند.

گیرنده هایی که در یک مگاهرتز تنظیم شده اند می توانند این سیگنال را دریافت نموده و سیگنال صوتی را از آن جدا سازند به این عمل جدا کردن سیگنال صوتی از سیگنال فرکانس رادیویی، آشکارسازی یا دتکسیون (detection) گویند.

در این موج مدوله شده بغیر از فرکانس رادیویی (یک مگاهرتز) دو فرکانس دیگر وجود دارد. یکی مجموع $(1 + 0.001)$ و دیگری تفاوت $(1 - 0.001)$ دو فرکانس، بنابراین فرکانسهای رادیویی که بعد از عمل مدولاسیون ظاهر می شوند عبارتند از: یک مگاهرتز، $1/0.001$ و 0.999 مگاهرتز. اثبات موضوع فوق از نظر ریاضی بسیار ساده است و می توانید به کتابهای کلاسیک رجوع کنید.

همانطور که اشاره شد وقتی یک فرکانس صوتی برای کنترل دامنه فرکانس رادیویی بکار میرود ((مدولاسیون دامنه)) خواهد بود. و هنگامیکه فرکانس رادیویی فرکانس رادیویی دیگری را مدوله کند، این عمل هترودینینگ heterodyning نامیده می شود. یک کلمه کلی برای حامل فرکانسها و تفاوت فرکانسها در مورد مدولاسیون دامنه و هترودینینگ استفاده میشود عبارتست از فرکانسهای ضریبان یا $beat frequencies$ فرکانس حاصل جمع، فرکانس بالایی upper side frequency و فرکانس تفاضل فرکانس پائینی lower side frequency نامیده میشود. در این مثال ساده فرض شده که سیگنال مدوله کنند $modulating\ signal$ یک تک فرکانس pure tone باشد ولی در عمل سیگنال مدوله کننده یک باند فرکانسی می باشد مثل سیگنال صحبت یا موزیک. در این حالت فرکانسهای جانبی به نام باند جانبی بالایی upper side band و باند جانبی پائینی lower side band نامیده میشود. در شکل ۶۷-۲ (۲) فرکانسهای که در عمل مدولاسیون ظاهر می شوند نشان داده شده است.

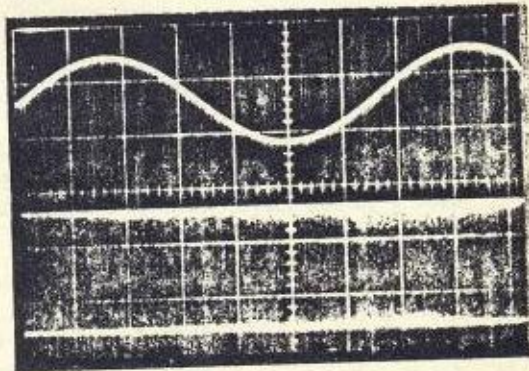
مدولاسیون دامنه AM تنها مدولاسیون قابل استفاده در عمل نیست. دیگر انواع مدولاسیون عبارتند از: مدولاسیون فاز phase modulation و مدولاسیون فرکانس frequency modulation. در مدولاسیون فرکانس، سیگنال مدوله کننده فرکانس سیگنال رادیویی را کنترل می کند. در هر مدولاسیون در اثر این عمل یک سری فرکانسهای رادیویی تولید میشوند که بطور متقارن نسبت به فرکانس رادیویی قرار می گیرند فرکانس رادیویی را فرکانس حامل یا کریر carrier می نامند. برای توضیح بیشتر می توانید به پیوستهای این کتاب رجوع نمایید.



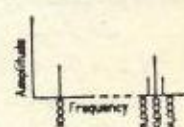
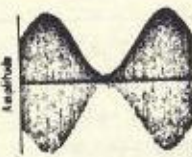
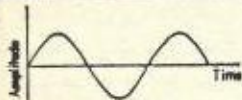
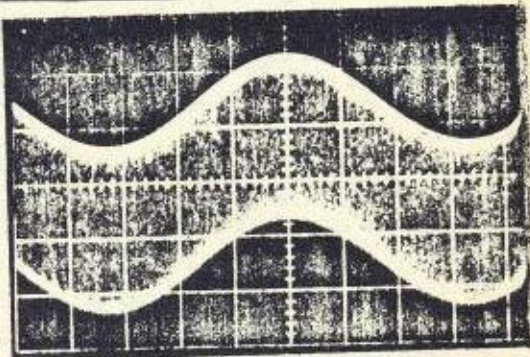
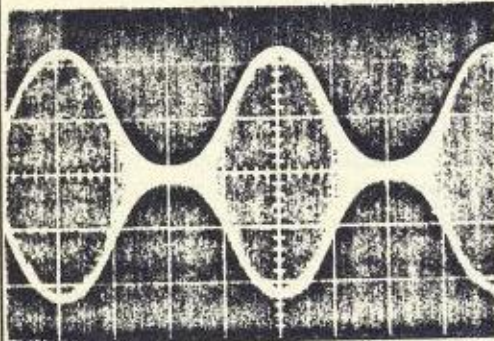
ترانسفورمرها و سیم پیچ‌های حلقه‌ای (تروئیدی)

TOROIDAL INDUCTORS AND TRANSFORMERS

اکثر سازندگان وسایل سعی بر این دارند که هر چه بیشتر وسایل ساخته شده را کوچکتر و سبکتر سازند. یکی از المانهایی که در این راه مشکل ایجاد می‌کند سیم پیچ‌ها می‌باشند. تروئیدها راه حلی است



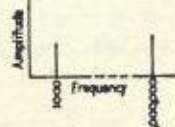
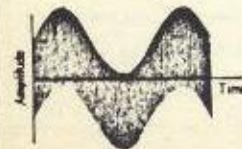
شکل ۶۸-۲ - فرم موجهای واقعی
شکل ۶۷-۲ بر صفحه اسیلوسکپ.



الف - سیگنال صوتی که لازم است مدوله شود.

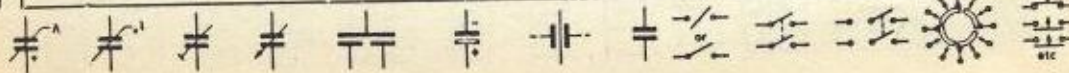


ب - سیگنال مدوله کننده یا موج حامل



د - سیگنالهای فوق در یک مداری که دامنه سیگنال صوتی می‌تواند دامنه سیگنال حامل را کنترل نماید. شکل ۶۷-۲ - مدولاسیون دامنه همراه با طیف فرکانسی آن.

ج - دو سیگنال فوق در یک مدار که هر کدام شدت خود را حفظ می‌کنند.



عملی برای این مشکل، تروئیدها نه تنها فضای کمی اشغال می کنند بلکه دارای ضریب مرغوبیت بالا هستند و همچنین در مواقعی که قابلیت انتخاب مهم است آنها می توانند رل خود را ایفا کنند.

اگر یک سیم پیچ معمولی و یک تروئید که دارای یک مقدار ضریب مرغوبیت هستند در نظر بگیرید خواهید دید که تروئید چندین بار کوچکتر از سیم پیچ معمولی می باشد. برای اینکه مقدار Q در یک فرکانس مشخص بهترین مقدار ممکن را داشته باشد باید نوع هسته (core) نیز نوع مناسب باشد. هر سازنده ای سعی بر آن دارد که بین طبقات تنظیم شده در یک مدار حد اقل تداخل وجود داشته باشد. در اینجا تروئید بخوبی انجام وظیفه می کند، سیم پیچ تروئیدی از نظر محافظت خود محافظ می باشد self-shielding یعنی می توان گفت که فلوی مغناطیسی تقریباً بتمامی در داخل خود سیم پیچ بسته می گردد. بدین ترتیب بسبب بسته شدن فلوی مغناطیسی در داخل خود هسته سیم پیچ دو مدار مجاور هم در هم بدون تأثیر خواهند بود و تروئید را می توان از نظر فیزیکی مجاور دیگر المانهای مدار از جمله شاسی و بدنه جعبه مدار قرار داد بدون اینکه بازده مدار کاهش یابد. پرماییته زیادهستهای فریت تروئید این امکان را میدهد که بتوان با تعداد دور کمتر یک سیم پیچ تهیه نمود. وقتی تعداد دور کمتر باشد می توان از سیم با مقطع بزرگتر استفاده نمود که در نتیجه مقاومت آن کمتر و بالطبع تلفات حرارتی و مقاومتی کمتر خواهد شد.

منظور از کلمه تروئید شکل سیم پیچ است نه جنس ماده هسته سیم پیچ. هسته های تروئید توسط کارخانه های مختلف در اندازه های متفاوت ساخته میشود که هر کدام خصوصیات و مشخصاتی دارند. بعضی از هسته ها از نوارهای سیکلون آهن *silypersil* ساخته میشوند. روی این هسته ها از مواد پلاستیکی پوشیده شده اند که بدین ترتیب یک عایق هم خواهد بود. این نوع هسته برای فرکانسهای پائین و قدرتهای کم مثل کاربردهایی نظیر مبدل های AC به DC یا DC به AC بکار میروند. برای کار بردهای صوتی و فرکانس رادیویی از پودر آهن و فریت استفاده می گردد. فریت نظیر یک ماده عایق عمل می کند، که بدین ترتیب دیگر احتیاجی به ماده عایق دیگر برای پوشش آن نمی باشد.

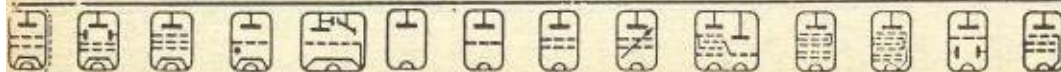
انتخاب هسته Choosing a Core

برای انتخاب هسته تروئید برای یک کار بخصوص قاعده ساده ای در دسترس نیست. در این مورد چندین مورد باید در نظر گرفته شود مثل فرکانس کار، اثر فرکانس بر اندازه فیزیکی و پرماییته هسته و اینکه هسته در چه مداری بکار می رود (سیگنالهای بزرگ یا کوچک). هر چه پرماییته هسته زیادهتر باشد تعداد دور سیم پیچ های مورد نیاز برای یک مقدار مشخص اندوکتانس کمتر خواهد بود. مثلاً اگر یک هسته با اندازه معینی دارای پرماییته ۴۰۰ می باشد، اگر نظر بگیریم ۲۵ دور از سیم معینی برای مقدار اندوکتانس مشخصی لازم باشد (مثلاً ۱۰ میکروهنری) چون حد اقل تلفات اهمی مورد نظر است باید تا حد امکان پرماییته را زیاد انتخاب نمود. چنانچه هسته ای با سطح مقطع بزرگتری انتخاب گردد تعداد دورهای سیم پیچ کاهش خواهد یافت. در مورد انتخاب هسته چند نکته را باید در نظر گرفت. سه نوع هسته در عمل مورد استفاده قرار می گیرد: ۱) برای فرکانسهای رادیویی تا ۱۰ مگا هرتز و ۲) برای فرکانسهای تا ۵۰ مگا هرتز و ۳) تا ۲۲۵ مگا هرتز این سه نوع ماده برای هسته تقریباً تمامی احتیاجات را بر طرف می کنند. چنانچه ماده نامناسبی برای هسته انتخاب گردد مدار تنظیم شده بخوبی کار نخواهد کرد. چنانکه برای فرکانسهای خیلی بالا (VHF) و فرکانسهای بالا (UHF) از هسته بزرگتری استفاده میشود، مشکل خواهد بود که سیم پیچ مناسبی روی تروئید پیچیده گردد زیرا در این حالت به سیم خیلی نازک احتیاج است. به همین دلیل در اینگونه مواقع از هسته کوچکتر و با پرماییته کمتر باید استفاده گردد.

داشتن اطلاعاتی در باره انواع هسته ها (از کارخانه های مختلف) برای استفاده از آنها و سفارش آنها کمک بزرگی است.

اگر تعداد دورهای یک تروئید مشخص باشد از فرمول زیر بسادگی میتوان اندوکتانس آنرا محاسبه نمود:

$$L = (0.0046 \mu N^2 h \log_{10} \frac{OD}{ID}) \mu H$$



L = اندوکتانس بر حسب میکرو هانری (μH)

= پرماییته ماده هسته .

N = تعداد دورهای سیم پیچ .

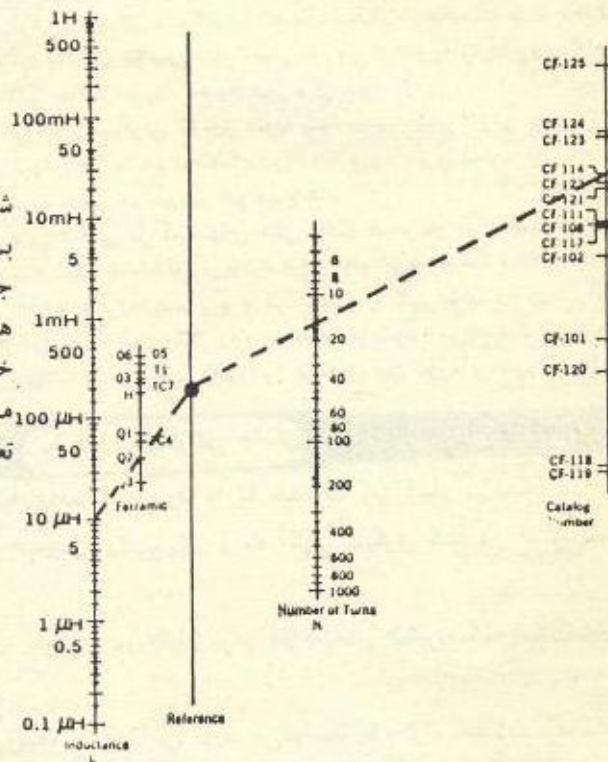
h = ارتفاع هسته بر حسب سانتی متر .

ϕ = قطر خارجی هسته بر حسب سانتی متر .

ϕ_i = قطر داخلی هسته بر حسب سانتی متر .

لگاریتم اعشاری است یعنی مبنایش ده می باشد . از نمودگرام شکل ۶۹-۲ میتوان برای طرح سیم پیچ های تروئیدی استفاده نمود که این سیم پیچ باید روی هسته پیشنهاد شده از طرف کارخانه ایندیا جنرال پیچید گردد . Indiana General .

شکل ۶۹-۲ - نموداری (نمودگرام) برای محاسبه تعداد دورهای مورد نیاز جهت یک اندوکتانس بخصوص با یک هسته معین . روش کار چنین است که خطی از مقدار اندوکتانس مطلوب به ماده هسته بکاررفته رسم کنید تا ستون تعداد دور را قطع نماید .

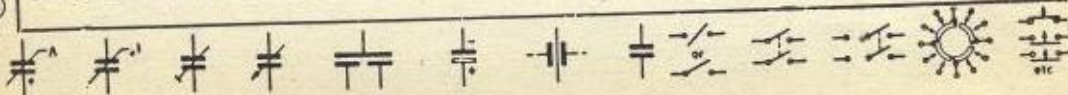


Specific Applications

کار بردها -

بخاطر آنکه تروئیدها در مدارهایی بقدرتهای از چند میکرو وات گرفته تا چند کیلو وات استفاده می گردند ، تقریباً در هر مدار تنظیم شده و کار بردهای ترانسفورمری مورد استفاده دارند . اکثر آماتورها با ترانسفورمر بالین (balun) آشنا هستند . balun از اول دو کلمه balance و unbalance تشکیل شده است (ترانسفورمر بالین در سیستم های آنتن ها بکار برده میشوند . تروئیدها را میتوان بجای ترانسفورمرهای بالین بکار گرفت زیرا آنها در حکم یک ترانسفورمر با باند وسیع هستند که جمع و جور بوده و بازه خوبی هم دارند . برای طرح ترانسفورمرهای تروئیدی میتوان به کتابهای مربوطه رجوع کنید .

در مواقعی که قابلیت انتخاب (سلکتیویته) بالامد نظر است میتوان از سیم پیچ های تروئیدی



استفاده نمود. یک سیم پیچ تروئیدی که دارای ضریب مرغوبیت (Q) بالا است و در مدار تنظیم شده فرکانس صوتی و طبقات مخلوط کننده mixer گیرنده‌های مخابراتی بکار می‌رود، خیلی بهتر از سیم پیچ‌های معمولی می‌تواند فرکانس سایه‌ای (image) را دفع نماید.

یک کاربرد دیگر برای سیم پیچ تروئیدی، استفاده از آن در گیرنده‌ها و فرستنده‌های ترانزیستوری و مدارهای لامپی است. از این سیم پیچ‌ها در وسایل فوق در طبقات ورودی (باند وسیع) و طبقات میانی و یا برای ترانسفورمرهای فرکانس صوتی استفاده می‌گردد. تروئیدها را بخاطر حجم کمتر و بازده بالاتر در وسایل فوق مورد استفاده قرار می‌دهند. در مواقعی که در یک باند فرکانسی مشخص یک ترانسفورمر باند وسیع broad-band احتیاج است دیگر نیازی به کنترل‌های تنظیم tuning نمی‌باشد. از این ترانسفورمرها بخصوص در گیرنده و فرستنده‌های اتومبیل استفاده می‌شود. طرح یک ترانسفورمر باند وسیع در محدوده فرکانسی ۳ تا ۳۰ مگا هرتز مشکلی نیست و فقط باید توجهاتی در مورد تشعشع انرژی هارمونیک نمود مخصوصاً وقتی از این ترانسفورمر در طبقات نهایی فرستنده استفاده می‌گردد.

بواسطه اینکه ترانسفورمرها و سیم پیچ‌های تروئیدی دارای self-shielding هستند می‌توان مدارهای تنظیم شده را در مجاورت هم قرار داد و کل دستگاه را کوچک ساخت. خاصیت خود حفاظتی تروئیدها سبب می‌شود که بتوان یک تروئید را روی شاسی مدار اصلی یا روی شاسی فلزی یا روی کابینت سوار نمود، بدون آنکه در آنها تأثیر حاصل شود. معمولاً دور و نزدیک کردن یک تروئید از یک صفحه فلزی سبب تغییر کاپاسیتانس کلی مدار می‌گردد که این بنوبه خود سبب تغییر جزئی در فرکانس تشدید مدار تنظیم شده می‌شود. چون تروئیدها احتیاج به تعداد دور سیم پیچ کمتری نسبت به یک سیم پیچ هادی معمولی دارند دستگاه ساخته شده خیلی کم حجم‌تر خواهد شد.

مسائلی که در مورد ترانسفورمرهای لایه‌ای در قسمتهای قبلی گفته شده در مورد سیم پیچ‌ها و ترانسفورماری که روی هسته تروئید بسته می‌شوند صادق می‌باشد برای جلوگیری از اشباع و اثر حرارت باید سطح مقطع تروئید باندازه کافی باشد و گر نه سیم پیچ و ترانسفورمر کار خود را بخوبی انجام نخواهند داد. در مواقعی که از تروئیدها در مدارهای با ولتاژ زیاد استفاده می‌شود، می‌بایست هسته را با یک نوار شیشه‌ای یا ماده عایق دیگری پوشانند. نوارهای تفلون را می‌توان بین دورهای سیم‌ها و یا بین سیم‌ها و هسته قرار داد.

سازمان انتشاراتی دانش

سرپرستی مهندس اویسی و علیزاده فعالیت خود را با خدمات زیر آغاز می‌کند:

- ۱ - انتشار کتب فنی علمی در خصوص الکترونیک (به آگهی دیگری که در این مجله آمده توجه فرمائید)
- ۲ - در دسترس قرار دادن کتب موجود در بازار برای علاقمندان الکترونیک. لیست موجود در همین کتاب ذکر شده است.
- ۳ - ارسال نقشه مدارهای الکترونیک - در این مورد می‌توانید نام و مشخصات نقشه را ذکر و همراه ۲۰ ریال تمبر باطل نشده برای ارسال تا ما شرایط ارسال نقشه را در صورت موجود بودن آن برایتان بفرستیم.
- ۴ - پاسخگویی به پرسشهای الکترونیک از طریق مکاتبه. برای دریافت پاسخ خود لطفاً بازای هر پرسش ۵۰ ریال تمبر باطل نشده همراه ذکر پرسشهای خود پست نمائید.

در زیر پارهای از جدیدترین کتب انتشار یافته این موسسه معرفی می‌گردد

- ۱ - مجموعه مدار (جلد ۱) ۱۰۰ ریال ۲ - آموزش الکترونیک بروش پرسش و پاسخ ۲۰۰ ریال
 - ۳ - طرح مدارات با آی - سی دو جلد هر جلد بیهای ۱۲۰ ریال
- لیست کتب موجود این موسسه در صفحات ۹ و ۶۷ بجا رسیده است.

