

تدریس پودمان پنجم

محاسبه مقادیر AC در مدارهای الکترونیکی

(واحد یادگیری ۹ و ۱۰)

واحد
یادگیری ۹

کسب شایستگی در تحلیل انواع فیلترها، نوسان‌سازها و انجام
محاسبات ساده مدارهای تک فاز و سه فاز

دانش‌افزایی

■ محاسبه امپدانس در مدار RLC سری

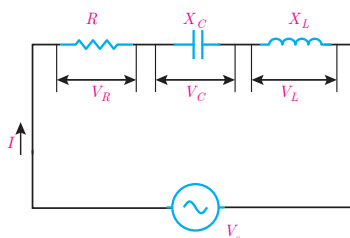
در کتاب درسی در مورد مدارهای RL، RC و RLC سری و موازی و چگونگی محاسبه امپدانس و جریان مدار بحث شده است. به دلیل پیچیدگی ترسیم‌برداری کمیت‌ها، از توضیح این موارد در کتاب درسی پرهیز و فقط به نوشتن فرمول‌ها پرداخته شده است. در این مرحله به منظور دانش‌افزایی، رسم دیاگرام برداری ولتاژها در مدار RLC سری و موازی و محاسبه Z به طور مختصر توضیح داده می‌شود. محاسبات در مدارهای RL و RC نیز به همین روش صورت می‌گیرد.

✓ دیاگرام برداری ولتاژها در مدار RLC

سری:

□ در شکل ۱۳۱ مدار الکتریکی RLC

سری رسم شده است. در این مدار سه قطعه R، L و C به طور سری به هم وصل شده‌اند.

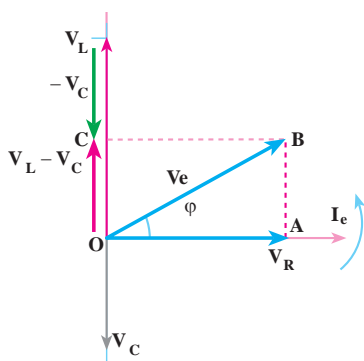


شکل ۱۳۱

□ اگر از مدار جریان سینوسی $i = I_m \sin(\omega t + \theta_i)$ عبور کند. در دو سر مقاومت اهمی ولتاژی به معادله $v_R = RI_m \sin(\omega t + \theta_i)$ ایجاد می‌شود. این ولتاژ با جریان مدار هم فاز است و روی محور افقی و هم‌جهت با جریان قرار دارد.

□ در دو سر سلف ولتاژی به معادله $v_L = X_L I_m \sin(\omega t + \theta_i + 90^\circ)$ و در دو سر خازن ولتاژی به معادله $v_C = X_C I_m \sin(\omega t + \theta_i - 90^\circ)$ پدید می‌آید. در شکل ۱۳۲

□ دیاگرام برداری ولتاژها رسم شده است. از آنجا که جریان در همه قطعات R, L و C یکسان است، دیاگرام برداری بر مبنای جریان رسم شده است. همان‌طور که در شکل ۱۳۲ مشاهده می‌کنید، این ولتاژها با یکدیگر هم‌فاز نیستند لذا ولتاژ کل از



شکل ۱۳۲

رابطه برداری $\vec{V}_e = \vec{V}_R + \vec{V}_L + \vec{V}_C$ محاسبه می‌شود.

□ در این دیاگرام $X_L > X_C$ فرض شده است و در مجموع مدار دارای خاصیت مدار $R-L$ سری است. با تغییر مقادیر X_L و X_C می‌توان شرایط زیر را ایجاد نمود.

✓ اگر $X_L > X_C$ باشد، مدار در مجموع خاصیت اهمی سلفی دارد (معادل مدار $R-L$ سری) و ولتاژ نسبت به جریان به اندازه ϕ درجه جلوتر است و تقدم فاز دارد.

✓ اگر $X_L = X_C$ باشد، مدار در مجموع خاصیت اهمی دارد و به‌صورت معادل مدار R خالص عمل می‌کند. در این حالت ولتاژ و جریان با هم هم‌فاز هستند و مدار در حالت تشدید یا رزونانس قرار می‌گیرد.

✓ اگر $X_C > X_L$ باشد، مدار در مجموع خاصیت اهمی خازنی دارد و معادل مدار $R-C$ سری است. در این حالت ولتاژ نسبت به جریان به اندازه ϕ درجه عقب‌تر است.

✓ با تغییر مقادیر R, L و C می‌توان اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ کل مدار را از $90^\circ -$ درجه تا $90^\circ +$ درجه تغییر داد.

✓ محاسبه امپدانس در مدار RLC سری

□ در دیاگرام برداری شکل ۱۳۲ و در مثلث OAB ، رابطه $\overline{OB}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{AB}^2$ برقرار است. به‌جای هریک از مشخصه‌ها، معادل بردار ولتاژ را قرار می‌دهیم.

$$V_e^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$

□ به‌جای V_e می‌توان $I_e Z$ ، به‌جای V_R می‌توان $I_e R$ ، به‌جای V_L می‌توان $I_e X_L$ و به‌جای V_C می‌توان $I_e X_C$ را قرار داد.

$$(I_e Z)^2 = (I_e R)^2 + (I_e X_L - I_e X_C)^2$$

□ با حذف I_e از طرفین تساوی رابطه زیر به دست می آید.

$$(Z)^2 = (R)^2 + (X_L - X_C)^2 \rightarrow Z = \sqrt{(R)^2 + (X_L - X_C)^2}$$

■ محاسبه امپدانس در مدار RLC موازی:

□ مدار الکتریکی RLC موازی در شکل ۱۳۳ رسم شده است. در این مدار سه قطعه R ، L و C به طور موازی به هم وصل شده اند. در این مدار چون ولتاژ دو سر مدار و دو سر قطعات یکسان است باید محاسبات مربوط به امپدانس را از طریق جریان عبوری از هر شاخه انجام دهیم. اگر به دوسر مدار ولتاژ سینوسی $v = V_m \sin(\omega t)$ وصل شود و مدار را تغذیه کند. شرایط زیر حاکم است.

□ جریان عبوری از مقاومت با ولتاژ همفاز است.

□ جریان خازن از ولتاژ 90° درجه جلوتر است.

□ جریان عبوری از سلف از ولتاژ 90° درجه عقب تر است.

□ به این ترتیب معادله زمانی جریان در هر یک از قطعات به صورت زیر است.

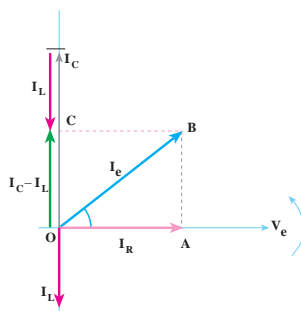
$$\sin(\omega t + 90^\circ), \quad i_L = \frac{V_m}{X_L} \sin(\omega t - 90^\circ), \quad i_R = \frac{V_m}{R} \sin(\omega t) \quad i_C = \frac{V_m}{X_C}$$

□ در شکل ۱۳۴ دیگرام برداری جریان ها در مدار RLC موازی رسم شده است.

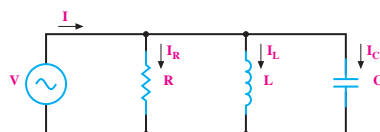
در رسم دیگرام $X_L > X_C$ فرض کرده ایم. در نتیجه $I_C > I_L$ است. جریان کل از

$$\vec{I}_e = \vec{I}_R + \vec{I}_L + \vec{I}_C$$

رابطه برداری زیر قابل محاسبه است:



شکل ۱۳۴



شکل ۱۳۳

□ در دیاگرام برداری شکل ۱۳۴ و در مثلث OAB می‌توانیم بنویسیم.

$$\overline{OB}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{AB}^2$$

با جایگزینی مقادیر، رابطه زیر به دست می‌آید.

$$I_e^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2$$

□ به جای I_e می‌توانیم $\frac{V_e}{Z}$ ، به جای I_R می‌توانیم $\frac{V_e}{R}$ ، به جای I_L می‌توانیم $\frac{V_e}{X_L}$

و به جای I_C می‌توانیم $\frac{V_e}{X_C}$ را قرار دهیم.

$$\left(\frac{V_e}{Z}\right)^2 = \left(\frac{V_e}{R}\right)^2 + \left(\frac{V_e}{X_C} - \frac{V_e}{X_L}\right)^2$$

با حذف V_e از طرفین تساوی داریم:

$$\left(\frac{1}{Z}\right)^2 = \left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2$$

□ در مدار الکتریکی RLC با حذف هر یک از قطعات R ، L و C ، مدار به مدار L-C، R-C یا R-L تبدیل می‌شود و رسم دیاگرام برداری و محاسبات به همین شیوه انجام می‌گیرد.

دانش‌افزایی

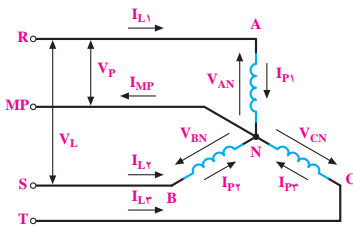
■ مدار سه فاز

در کتاب درسی در باره مدار سه فاز با بار متعادل و روابط مربوطه برای حل مسایل در حد نیاز توضیح داده شده است. در این قسمت می‌خواهیم در ارتباط با محاسبه انواع توان در اتصال ستاره و مثلث و مقایسه آنها توضیح دهیم.

✓ محاسبه توان در اتصال ستاره با بار متعادل

□ در شکل ۱۳۵ یک نمونه مدار سه

فاز ستاره با بار متعادل رسم شده است. اگر بار شامل R ، L و C باشد. توان مفید در هر فاز در مقاومت اهمی مصرف می‌شود و توان غیرمفید در راکتانس خازنی یا القایی هر فاز وجود دارد.



شکل ۱۳۵

□ چون بار متعادل است، توان مصرفی در هر فاز باهم برابر است. همچنین توان غیرمصرفی (غیرمفید) در هر فاز با هم برابر هستند. از جمع توان مصرفی فازها توان

$$P_{e1} = I_{P1} V_{P1} \cos \phi_1 = R_1 I_{P1}^2 \quad \text{مصرفی کل سه فاز به دست می آید.}$$

$$P_{e2} = I_{P2} V_{P2} \cos \phi_2 = R_2 I_{P2}^2$$

$$P_{e3} = I_{P3} V_{P3} \cos \phi_3 = R_3 I_{P3}^2$$

□ توان مصرفی کل نیز از حاصل جمع سه توان مصرفی به دست می آید.

$$P_{e_{\text{کل}}} = P_{e1} + P_{e2} + P_{e3} \rightarrow P_{e_{\text{کل}}} = 3 I_P V_P \cos \phi$$

□ چون $I_L = I_P$ و $V_L = \sqrt{3} V_P$ است لذا $I_L \times \frac{V_L}{\sqrt{3}} \cos \phi = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi$ توان غیر مؤثر کل نیز به همین شیوه قابل محاسبه است.

□ با جمع توان های غیرمفید هر فاز با یکدیگر، توان غیرمفید کل به دست می آید.

$$P_{d1} = I_{P1} V_{P1} \sin \phi_1 = X_1 I_{P1}^2$$

$$P_{d2} = I_{P2} V_{P2} \sin \phi_2 = X_2 I_{P2}^2$$

$$P_{d3} = I_{P3} V_{P3} \sin \phi_3 = X_3 I_{P3}^2$$

□ توان دواته کل از حاصل جمع سه توان دواته به دست می آید.

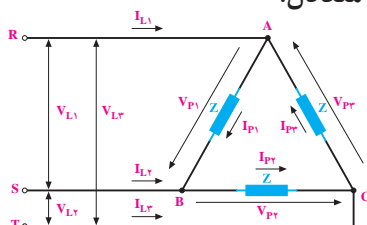
$$P_{d_{\text{کل}}} = P_{d1} + P_{d2} + P_{d3} \rightarrow P_{d_{\text{کل}}} = 3 I_P V_P \sin \phi$$

□ چون $I_L = I_P$ و $V_L = \sqrt{3} V_P$ است لذا $I_L \times \frac{V_L}{\sqrt{3}} \sin \phi = \sqrt{3} V_L I_L \sin \phi$

□ توان ظاهری نیز از رابطه $P_S = \sqrt{(P_e^2 + P_d^2)}$ قابل محاسبه است. لذا توان

$$P_S = \sqrt{3} V_L I_L \quad \text{ظاهری برابر است با}$$

□ محاسبه توان در اتصال مثلث با بار متعادل:



شکل ۱۳۶

□ در شکل ۱۳۶ یک نمونه مدار سه

فاز مثلث با بار متعادل رسم شده است.

□ با توجه به مطالبی که در محاسبه

توان شرح داده شد، توان های مفید و

غیرمفید کل از روابط زیر قابل محاسبه

است.

$$P_e = 3P_{e1} = 3I_P^2 R = 3V_P I_P \cos \phi$$

$$P_d = 3P_{d1} = 3I_P^2 X = 3V_P I_P \sin \phi$$

□ با توجه به اینکه $V_L = V_P$ و $I_L = \sqrt{3}I_P$ است با جاگذاری در معادلات فوق توان‌های مفید و غیرمفید و ظاهری از روابط نهایی زیر قابل محاسبه است.

$$P_e = \sqrt{3}V_L I_L \cos \phi \quad [W]$$

$$P_d = \sqrt{3}V_L I_L \sin \phi \quad [R.A.V] \quad P_S = \sqrt{P_e^2 + P_d^2} = \sqrt{3}V_L I_L \quad [A.V]$$

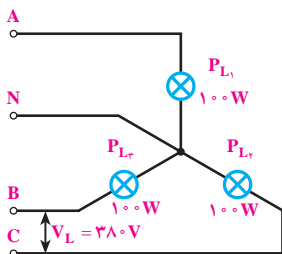
□ با توجه به روابط توان مشاهده می‌شود که در بار متعادل ظاهراً در اتصال مثلث و ستاره مقدار توان‌ها یکسان هستند، در صورتی که اگر بارهای یکسان را یک بار به صورت ستاره و بار دیگر به صورت مثلث ببندیم، توان در اتصال مثلث سه برابر توان در اتصال ستاره است.

$$P_{e\Delta} = 3P_{e\lambda}$$

■ اثر قطع یک فاز از خطوط انتقال بر مصرف کننده‌ها

✓ اتصال ستاره:

□ فرض کنید سه لامپ ۱۰۰ وات مانند شکل ۱۳۷ به یک شبکه سه فاز چهار سیمه وصل شده‌اند. اگر فاز A قطع شود یا مصرف کننده P_{L1} از مدار خارج شود،



شکل ۱۳۷

در صورتی که سیم نول وصل باشد، دو

مصرف کننده دیگر یعنی P_{L2} و P_{L3}

با توان نامی خود به کار ادامه می‌دهند.

در نتیجه توان سیستم سه فاز برابر

یعنی $P_{L2} + P_{L3} = 200 W$ می‌شود.

مدار با دو سوم قدرت نامی خود به کار

ادامه می‌دهد.

□ اگر سیم نول و فاز A قطع شود دو بار P_{L2} و P_{L3} با هم سری می‌شوند و از

ولتاژ خطی B و C تغذیه می‌کنند. در این حالت مقاومت مدار دو برابر شده و جریان

کاهش می‌یابد و نور لامپ و توان لامپ کم‌تر می‌شود. در این حالت توان مدار برابر

است با:

$$P_e = \frac{V_L^2}{2R} = \frac{3V_P^2}{2R} = \frac{3}{2} \times \frac{V_P^2}{R}$$

□ در موتورهای سه فاز، اگر یک فاز قطع شود موتور به صورت دو فاز کار می‌کند و

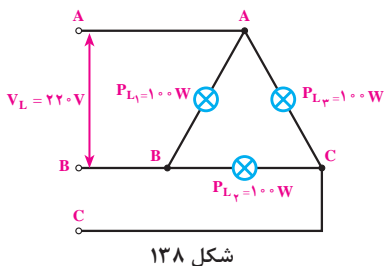
توان آن به نصف توان نامی خود می‌رسد. در این حالت علاوه بر کاهش توان، حوزه

دوار در سطح استاتور از شکل سه فاز خارج می‌شود.

□ اگر موتور زیر بار باشد، امکان غلبه بار بر قدرت موتور زیاد است و موتور را زیر بار می‌خواباند. در این شرایط اگر سیستم حفاظتی مدار عمل نکند، موتور می‌سوزد.

✓ اتصال مثلث

□ اگر در شکل ۱۳۸ سه فاز سالم باشد و فقط یکی از مصرف‌کننده‌ها مثلاً P_{L1} از شبکه خارج شود، دو لامپ دیگر یعنی P_{L2} و P_{L3} با توان نامی خود به کار ادامه می‌دهند.



□ در این شرایط مدار با دو سوم قدرت نامی خود کار می‌کند.

□ اگر مصرف‌کننده‌ها سالم باشند و فقط یکی از فازها، مثلاً فاز A قطع شود، لامپ چون ولتاژ نامی را از دو فاز B و C دریافت می‌کند، با نور طبیعی و توان نامی خود به کار ادامه می‌دهد.

□ در این حالت دو لامپ P_{L1} و P_{L3} به دلیل قطع شدن فاز A با هم سری شده و از ولتاژ خطی B و C تغذیه می‌کنند.

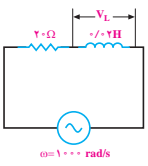
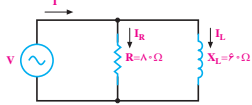
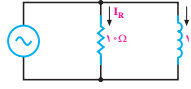
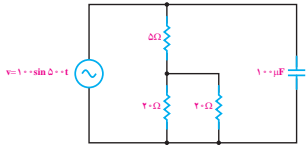
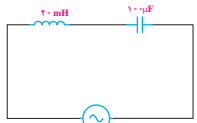
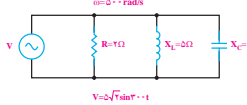
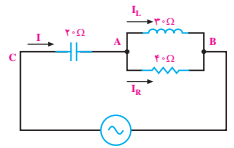
□ در این شرایط ولتاژ تغذیه دو مصرف‌کننده نصف می‌شود. لذا با قطع یک فاز توان مدار سه فاز مثلث برابر با نصف توان نامی می‌شود.

$$P_e = \frac{V_L^2}{2R} + P_{L2}$$

■ اثر تعویض دو فاز بر کمیت‌های الکتریکی مصرف‌کننده‌ها

تعویض دو فاز در شبکه‌های سه فاز، وقتی مصرف‌کننده‌ها متعادل هستند، هیچ تأثیر نامطلوبی در مقادیر جریان فازی، خطی، توان‌های مفید و غیرمفید و ضریب توان ندارد. فقط در موتورها یا مصرف‌کننده‌هایی که گردش مکانیکی دارند، جهت گردش عوض می‌شود.

کاربرگ ارزشیابی واحد یادگیری ۹

نام و نام خانوادگی هنرجو:	تاریخ:
آزمون نظری: سؤال براساس الگوی پرسشی	بارم آزمون: ۲۰ نمره
<p>۱- اگر جریان مؤثر مدار ۲ آمپر باشد، ولتاژ مؤثر کل مدار را محاسبه کنید.</p>  <p>۲- در مدار RL موازی، جریان عبوری از مقاومت ۳ آمپر است. جریان مؤثر کل و ولتاژ مؤثر کل را محاسبه کنید.</p>  <p>۳- در یک مدار LC سری ولتاژ دو سر سلف و خازن با هم هم‌فاز هستند. صحیح □ غلط □</p> <p>۴- در مدار RL شکل مقابل، اگر ولتاژ مؤثر کل ۲۰۰ ولت باشد، جریان کل و امپدانس مدار را محاسبه کنید.</p>  <p>۵- اگر در مدار RC موازی شکل مقابل ω برابر رادیان بر ثانیه باشد، X_C و Z مدار را محاسبه کنید.</p>  <p>۶- در مدار LC سری شکل مقابل، امپدانس مدار را محاسبه کنید. مدار معادل سلف است یا خازن؟</p>  <p>۷- در مدار مقابل، ولتاژ مؤثر کل مدار ۴۰ ولت است. جریان هر شاخه و جریان کل و امپدانس کل را محاسبه کنید.</p>  <p>۸- با استفاده از اعداد موهومی امپدانس مدار را محاسبه کنید.</p>  <p>۹- سه بار القایی مساوی با امپدانس هر بار برابر $Z = 44 \Omega$ با اتصال ستاره به شبکه چهارسیمه وصل هستند. اگر ولتاژ خطی برابر $V_L = 380$ ولت باشد مطلوبست:</p> <p>الف) رسم شکل مدار</p> <p>ب) محاسبه جریان هر خط و هر فاز.</p> <p>۱۰- ...</p>	
آزمون نرم‌افزاری: -	
آزمون سخت‌افزاری: -	
شایستگی‌های غیر فنی: بارم آزمون: ۲۰ نمره	
کلیه آزمون‌ها براساس استاندارد عملکرد نمونه برگ ۸-۱ انجام می‌شود.	

واحد
یادگیری ۱۰

مدار معادل AC تقویت کننده های یک طبقه و دو طبقه

■ نکاتی درباره محاسبه خازن کوپلاژ و بای پاس

✓ برای آموزش این واحد یادگیری، لازم است هنرجو رفتار خازن یا سلف را در مدار AC و در فرکانس های مختلف، به طور دقیق و کامل یاد بگیرد و محاسبات مربوط به آن را انجام دهد. زیرا هنگامی که می خواهد مدار یک تقویت کننده را معادل سازی کند، باید تشخیص دهد که کدام خازن اتصال کوتاه و کدام خازن باز است.

✓ فراگیری رفتار خازن در جریان متناوب این درک را در هنرجو به وجود می آورد که خازن و سلف می توانند با توجه به مقدار فرکانس کار مدار، رفتارهای متفاوتی داشته باشند.



شکل ۱۳۹

✓ در مدارهای کوپلاژ، خازن کوپلاژ بین دو طبقه قرار می گیرد. به این ترتیب یک مدار جدید شکل می گیرد که با امپدانس خروجی مدار طبقه اول و دوم سری می شود، شکل ۱۳۹.

✓ خازن بای پاس با مقاومت یا امپدانس مدار موازی می شود و در صورت برقراری شرایط، مانع افت ولتاژ AC در دوسر مقاومت بار می شود.

✓ خازن کوپلاژ چون به صورت سری با ورودی قرار می گیرد، براساس تقسیم ولتاژ، و خازن بای پاس چون به صورت موازی با مقاومت یا امپدانس قرار دارد، براساس تقسیم جریان کار می کند.

✓ اتصال کوتاه یا باز بودن یک خازن (به صورت کلید بسته یا باز) یک خازن در مدار AC به طور نسبی و در مقایسه با امپدانس بار سنجیده می شود و برای اتصال کوتاه در نظر گرفتن خازن، امپدانس خازن باید حداکثر ۱۰ درصد امپدانس بار باشد. مثلاً اگر یک خازن با مقاومت یا امپدانس ورودی ۱۰۰ کیلو اهم سری شود و به صورت خازن کوپلاژ عمل کند، باید در فرکانس مورد نظر مقدار راکتانس آن حداکثر ۱۰ کیلو اهم باشد. در این شرایط می توانیم خازن را اتصال کوتاه در نظر بگیریم.

✓ مثال: در صورتی که در یک تقویت کننده فرکانس کار مدار در محدوده بین ۱۰۰ هرتز تا ده کیلو هرتز و مقاومت R_E برابر ۱۰ کیلو اهم باشد مقدار خازن بای پاس را محاسبه کنید.

□ مقدار راکتانس خازن بای پاس را حداکثر ده درصد یا یک دهم مقدار مقاومت

$$X_C \leq \frac{1}{10} R_E \quad \text{امیتر در نظر می گیریم.}$$

□ چون فرکانس بین صد هرتز تا ۱۰ کیلو هرتز قرار دارد، برای اینکه مدار درست عمل کند، باید خازن بای پاس را برای پایین ترین مقدار فرکانس، یعنی ۱۰۰ هرتز محاسبه کنیم. زیرا در این فرکانس هم خازن باید به صورت اتصال کوتاه عمل کند.

$$\frac{1}{2\pi f_{\min} C_E} \leq \frac{1}{10} R_E$$

□ با توجه به رابطه بین خازن و فرکانس مقدار ظرفیت خازن را برای فرکانس ۱۰۰ هرتز محاسبه می کنیم.

□ مقادیر را جایگزین می کنیم و مقدار ظرفیت خازن را به دست می آوریم.

$$C_E \geq \frac{10}{2\pi f_{\min} R_E}$$

$$C_E \geq \frac{10}{2 \times 3.14 \times 100 \times 10 \times 10^3}$$

$$C_E \geq 1/59 \mu F$$

□ مقدار خازن را تقریباً برابر با ۲ میکروفاراد یا استاندارد آن ۲/۲ میکروفاراد یا بزرگ تر در نظر می گیریم.

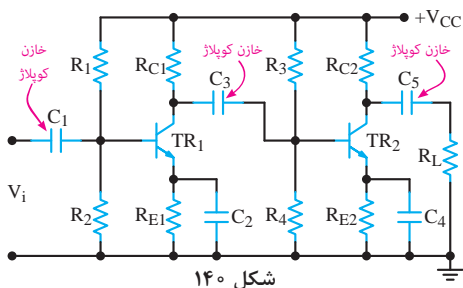
□ یادآور می شود که ولتاژ کار خازن باید بیشتر از ولتاژ تغذیه مدار باشد .

□ اگر مقدار کمترین فرکانس دو برابر، یعنی ۲۰۰ هرتز شود، مقدار ظرفیت خازن نصف و برابر با یک میکروفاراد می شود. به همین ترتیب با افزایش فرکانس کمینه، مقدار ظرفیت خازن کاهش می یابد.

□ در صورتی که بخواهیم تمام فرکانس های صوتی را داشته باشیم، باید از تقویت کننده با کوپلاژ مستقیم یا DC استفاده کنیم. در این حالت طبقات تقویت کننده از نظر بایاس از DC از یکدیگر ایزوله نمی شوند و بایاس هر طبقه روی طبقه بعدی اثر می گذارد. بنابراین نیاز به فرایند طراحی خاص دارد.

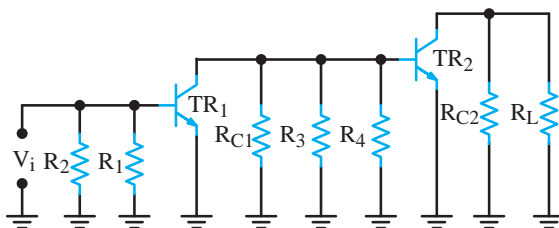
■ نکاتی درباره محاسبه مقادیر A_v ، A_i و A_p

✓ در تقویت کننده های یک یا چند طبقه، هنگامی که مدار معادل AC تقویت کننده را ترسیم می کنیم، منابع ولتاژ حذف می شوند. در شکل ۱۴۰، مدار تقویت کننده دو طبقه امیتر مشترک را نشان داده ایم.



✓ همان طور که مشاهده می‌شود، تقویت‌کننده‌ها دارای خازن کوپلاژ و بای‌پاس هستند.

✓ در شکل ۱۴۱ مدار معادل AC تقویت‌کننده امیتر مشترک شکل ۱۴۰ را نشان داده‌ایم. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این مدار به جز منبع AC که به ورودی وصل می‌شود، هیچ‌گونه منبع دیگری از جمله منبع DC وجود ندارد. غالباً برای هنجریان این پرسش مطرح می‌شود که منابع DC چرا حذف شده‌اند؟



✓ از طرفی در مقاطع بالاتر آموخته‌ایم که برای حل این‌گونه مدارها باید از مدارهای معادل h ، π یا y و پارامترهای مربوط به آنها به صورت یک مدار دوقطبی استفاده کنیم.

✓ برای پاسخ به پرسش هنجریان لازم است این نکته را ذکر کنیم و آنان را مجاب نماییم که به این مفاهیم در مقاطع بالاتر پرداخته می‌شود، زیرا به مبانی ریاضی و مداری بیشتری نیاز دارد.

✓ ممکن است در کلاس درس هنجریانی باشند که از نظر استعداد و علاقه در سطح بالاتری نسبت به بقیه هنجریان قرار داشته باشند و پرسش‌هایی را مطرح نمایند. لذا لازم است هنرآموزان مدل‌های دوقطبی h و π را مرور کنند و آمادگی لازم را برای پاسخگویی در ارتباط با محاسبه مقادیر Av ، Ai و Ap در تقویت‌کننده‌های یک طبقه یا چند طبقه داشته باشند.

✓ منابعی مانند مدارهای میکروالکترونیک سدر (Adel. S. Sedra)، قطعات و مدارهای الکترونیک نشلسکی (Robert L. Boylestad & Louis Nashelsky) و قطعات و مدارهای الکترونیک میلمن (Jacob Millman & Christos C. Halkias)

برای مرور مطالب مناسب است. توصیه می‌شود برای ارتقاء سطح دانش زبان تخصصی از منابع به زبان اصلی استفاده کنید.

✓ مدل هیبرید (h) از روی معادلات مدار دو درجه‌ای به دست می‌آید که این معادلات رابطه بین ولتاژها و جریان‌های ورودی و خروجی را مشخص می‌کنند.

$$\begin{cases} V_i = h_i i_i + h_r V_o \\ I_o = h_f I_i + h_o V_o \end{cases}$$

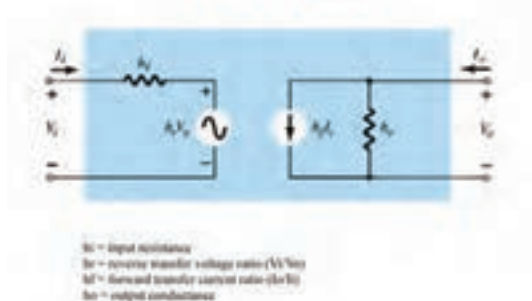
هریک از پارامترهای مدل h نشان‌دهنده یک کمیت الکتریکی هستند. h_i نسبت ولتاژ ورودی به جریان ورودی (مقاومت ورودی)، h_r نسبت ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی (بهره ولتاژ معکوس)، h_f نسبت جریان خروجی به جریان ورودی (بهره جریان مستقیم) و h_o نسبت جریان خروجی به جریان ورودی (رسانایی خروجی) است.

$$h_i = \left. \frac{V_i}{I_i} \right|_{V_o=0} \quad h_r = \left. \frac{V_i}{V_o} \right|_{I_i=0} \quad h_f = \left. \frac{I_o}{I_i} \right|_{V_o=0} \quad h_o = \left. \frac{I_o}{V_o} \right|_{I_i=0}$$

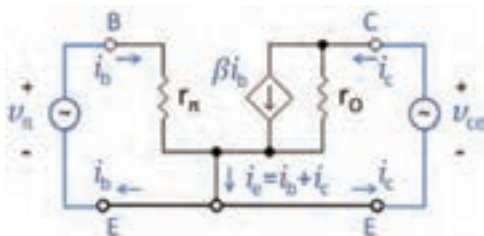
در شکل ۱۴۲ مدل h ترانزیستور را مشاهده می‌کنید.

✓ همان‌طور که می‌دانید وارد شدن به این نوع مباحث در سطح هنرستان نبوده و کافی است با اشاراتی که می‌کنید انگیزه هنرجویان را برای یادگیری و علاقه‌مند شدن برای صعود به سطوح بالاتر شایستگی تشویق کنید.

General h-Parameters for any Transistor Configuration



شکل ۱۴۲



شکل ۱۴۳

✓ مدل دیگری به نام مدل

π نیز وجود دارد که نمونه آن را در شکل ۱۴۳ مشاهده می‌کنید.

✓ هنگام بررسی و محاسبه A_v ، A_i و A_p در تقویت کننده‌ها، لازم است مبحث لگاریتم و دسی بل را دوباره مرور کنید و چند نمونه مثال نیز حل نمایید.

✓ می‌دانیم اگر چند طبقه تقویت کننده پشت سرهم قرار گیرند، بهره کل از حاصل ضرب بهره هر طبقه در دیگری به دست می‌آید. پس از بیان لگاریتم و دسی بل، دلایل مربوط به تبدیل شدن حاصل ضرب‌ها به حاصل جمع‌ها را در دسی بل به طور کامل توضیح دهید.

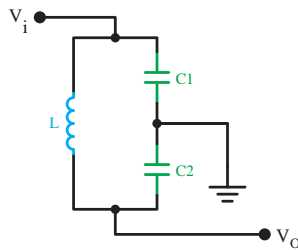
■ یکی از مشکلات مربوط به درک نوسان‌سازها چگونگی ایجاد فیدبک مثبت و به نوسان افتادن مدار و تداوم نوسان‌ها است. برای انتقال مفاهیم توصیه می‌کنیم با ارائه مثال‌های ملموس و مرتبط مانند نمونه‌های زیر مبحث نوسان‌سازها را تفهیم کنید.

✓ مثال تاب برای نوسان‌سازی نمونه مناسبی برای درک مطلب است، زیرا شروع نوسان حرکت اولیه تاب و تداوم نوسان با وارد کردن ضربه‌های کوچک و همسو به پشت تاب سوار و توقف نوسان از طریق وارد کردن ضربه‌های کوچک و غیر همسو به پشت تاب سوار صورت می‌گیرد.

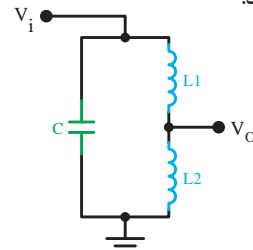
✓ نزدیک کردن میکروفون به بلندگو و سوت کشیدن آن مثال مناسب دیگری در این زمینه است.

✓ در مورد شرط نوسان‌سازی و اصل بارک‌هاوزن و ارتباط عناصر فیدبک در نوسان‌سازهای هارتلی و کولپیتس نیز معمولاً پرسش می‌کنند. در این زمینه تعیین میزان افت و ضریب تضعیف شبکه فیدبک را می‌توانید توضیح دهید.

□ در شکل‌های ۱۴۴ و ۱۴۵ مدار فیدبک نوسان‌ساز هارتلی و کولپیتس را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۱۴۵



شکل ۱۴۴

□ در مدار شکل ۹ ضریب بهره (میزان تضعیف) با استفاده از مدار تقسیم ولتاژ L_1 و L_2 از تقسیم V_o بر V_i به دست می‌آید:

$$B_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{iX_{L_2}}{i(X_{L_1} + X_{L_2})} = \frac{X_{L_2}}{X_{L_1} + X_{L_2}} = \frac{L_2}{L_1 + L_2}$$

□ به این ترتیب اگر میزان تضعیف مدار فیدبک $B_V = 0/1$ باشد، باید ضریب تقویت مدار تقویت کننده $A_V = 10$ باشد تا نوسان‌های مدار پایدار بماند.

□ محاسبات مربوط به مدار فیدبک نوسان‌ساز کولپیتس که در شکل ۱۰ می‌بینید نیز مشابه مدار هارتلی است، با این تفاوت که به جای X_L باید X_C را در روابط قرار دهیم.

- ۱ برنامه درسی رشته الکترونیک، شورای برنامه‌ریزی رشته الکترونیک، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۳.
- ۲ راهنمای برنامه درسی رشته الکترونیک، شورای برنامه‌ریزی رشته الکترونیک، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۳.
- ۳ اصول و مبانی مدارهای الکتریکی، فلوید توماس، مترجم مهرداد عابدی، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه امیرکبیر.
- ۴ الکترونیک عمومی ۲، کد ۴۹۰/۱۵، سید محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی، یدالله رضازاده، غلامحسین نصری، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۵ کتاب مبانی مخابرات و رادیو پایه سوم هنرستان شاخه فنی و حرفه‌ای، سید محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی و ...، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۶ مبانی دیجیتال، یدالله رضازاده، غلامحسین نصری، فتح‌الله نظریان، مهین ظریفیان جولایی، رسول ملک محمد، محمد شبانی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۷ مدارهای الکتریکی، علی عراقی، فریدون علومی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۸ آزمایشگاه مجازی ۲، مهین ظریفیان جولایی، سیدمحمود صموتی، سیدعلی صموتی، محمود شبانی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۹ کتاب آزمایشگاه مبانی مخابرات و رادیو جلد اول پایه سوم هنرستان شاخه فنی و حرفه‌ای، یدالله رضازاده، سیدمحمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی، محمود شبانی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۱۰ سایت‌های اینترنتی برگه‌های اطلاعات Data book، کتاب اطلاعات Data book و دستینه Hand book. ۲۰۱۸.
- ۱۱ Electronic Devices and circuit theory, Robert Boilstad luis Nash-lasky, prentice Hall, 2005.
- ۱۲ Electronic Devices (Conventional Current Version), 10th Edition, Thomas L. Floyd, McGraw-Hall, 2018.
- ۱۳ TinyAVR Microcontroller Projects for the Evil Genius (Evil Genius Series) 1 st
- ۱۴ Digital Electronics, Roger L. Tokheim, McGraw-Hall
- ۱۵ Digital Design, M. Morris Mano, prentice - Hall, 1990.
- ۱۶ Schaums Outline of Electronic Communication, Lioyd Temes, McGraw - Hall, 1998.
- ۱۷ Electronic communication, Lioyd Temes, McGraw -Hall, 1998.
- ۱۸ Electronic Circuit Theory and Technology, john Bird, Routledge, 2014.

