

مدارهای

الکترونیک 2 دکتر

نادری



مطالعه (۲) استاداری

موضوع مطالب

۲- سرفاه ها و قضیه بکان

۱- عناصر نیروی دوج (سلف جبر نیروی دوج)

۴- تجزیه و تحلیل حلقه و طاق است

۳- تجزیه و تحلیل نیرو و تنش

۶- فرکانس ها و ضریب

۵- معادلات حالت

۸- قضیه رست

۷- استخراج فرکانسی

۱۰- دو قضیه ها

۹- توابع بسط

۱۱- است و
ولایت است

۱- نظریه اساسی مدارها و سیم ها
۲- تحلیل مهندسی مدار

۱۲

۵- ۳- ۲- ۱- ۰

۱۶، ۲، ۱۷

امکان میان نرم

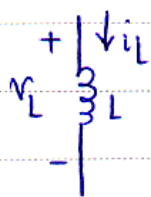
۲- ۱- ۰



POWEREN.IR

فصل آخر جلد اول اربیت لویه

سلف خاص نزدیک شده:

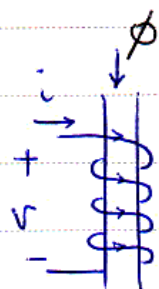


$$v_L = \frac{d(i_L)}{dt} = L \frac{di_L}{dt} + i_L \frac{dL}{dt}$$

در مدارهای القایی (۱) با سلف استاتیو

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

در سلف خاص و تغییر اندر زمان $\frac{dL}{dt} = 0$



در منابع جریان از + -
دست راست ϕ

در واقع اگر سلف تغییر زمان $\phi(t)$ هم نمی یابد در سلف در آن ولتاژ القا می کند

سیم پیچ سلف به سلف با مقدار اهم از می رود

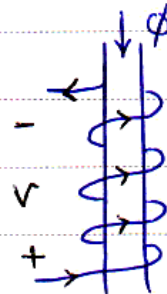
این سیم پیچ با سلف اهم از را سلف می دهد سلف به صورت زیر تعریف می شود

$$\lambda = Li$$

$$v = \frac{d\lambda}{dt} = \frac{d(Li)}{dt} = L \frac{di}{dt} \quad \Leftarrow \quad v = \frac{d\lambda}{dt}$$

ولتاژ القایی دو سلف عبارت است از:

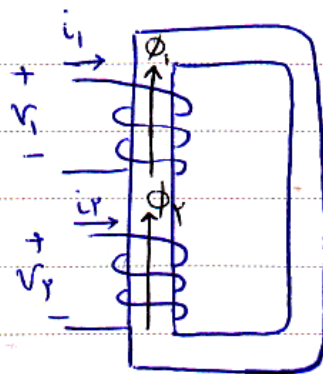
به واسطه ولتاژ القایی در اساس قانون انرژیکور است که جریان عبور از سیم پیچ نسبت تولید سازی می شود به سلف



سلف ϕ

به وجود آورده اند مخالفت کند

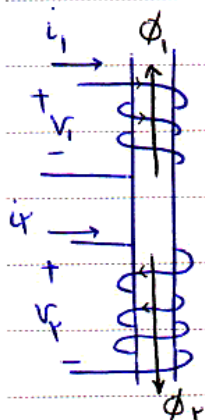
تندر 3 با توجه به روانی سلف، ولتاژ القایی دو سلف (سیم پیچ)



و است به سلف عبور از آن است

حال دو سیم پیچ را در نظر بگیرید که در یک سلف شده اند

کل شار عبور از هر سیم به (شار مثبت) $\phi = \phi_1 + \phi_2$



جهت مثبت با $\phi = \phi_1 - \phi_2$ شار منفی

در سیم به دلتا، در سیم سلف به شار عبور از آن همانطور است در سیم جار بون

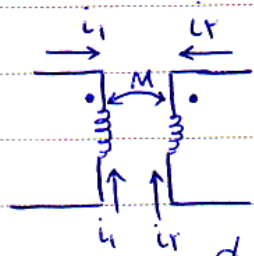
شار عبور از هر سیم به سیم به دلتا است به همین حالتی به شار عبور از سیم به

به دلتا است باید سلف جار نیز سلفی توهم نیز در سلف جار می تواند به صورت مثبت یا منفی باشد

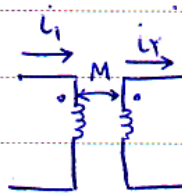
وقتی شار بولسیر می توانی با شار بولسیر دیگر باشد نیز اگر مثبت و در عین این صورت اگر منفی دارد.

قرار داد در سلف مدار:

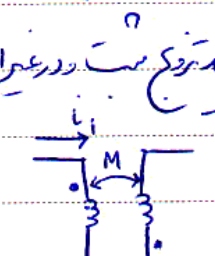
سلف جار نیز سیم را با سلف نقطه دار نشان می دهیم وقتی ورود یا خروج جریان به هر جار نقطه دار هر دو سلف نشان



$\phi = \phi_1 + \phi_2$



$\phi = \phi_1 - \phi_2$



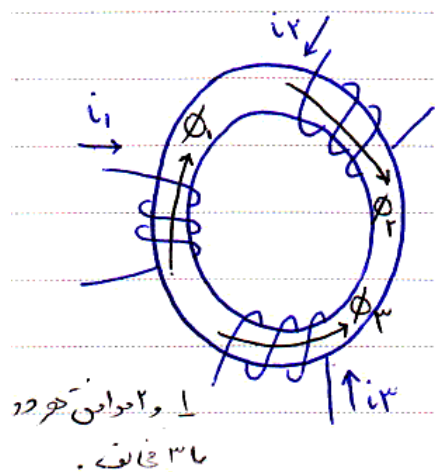
$\phi = \phi_1 + \phi_2$

در دو سلف جار سلف با ضربت نیز در M شار جار بولسیر به صورت زیر بیان می شوند و

$$\begin{cases} \lambda_1 = L_1 i_1 \pm M i_2 \\ \lambda_2 = \pm M i_1 + L_2 i_2 \end{cases}$$

$v = \frac{d\lambda}{dt}$

$$\begin{cases} v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_r}{dt} \\ v_r = \pm M \frac{di_1}{dt} + L_r \frac{di_r}{dt} \end{cases}$$



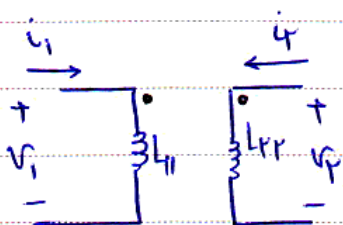
ساز (سلفا) از یک سلف زیر اثر قرار گیرد.

ماتریس اندوکتانس به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} \\ L_{12} & L_{22} & L_{23} \\ L_{13} & L_{23} & L_{33} \end{bmatrix}$$

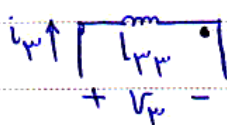
عناصر قطر، اندوکتانس هر خودی و عناصر غیر قطر، اندوکتانس متقابل است.

با تعیین سه‌هار نقطه دار و عمل مدار این سلف روابط دتار را می‌نویسم:



$$v_1 = L_{11} \frac{di_1}{dt} + L_{12} \frac{di_r}{dt} - L_{13} \frac{di_p}{dt}$$

$$v_r = L_{12} \frac{di_1}{dt} + L_{22} \frac{di_r}{dt} - L_{23} \frac{di_p}{dt}$$



$$v_p = -L_{13} \frac{di_1}{dt} - L_{23} \frac{di_r}{dt} + L_{33} \frac{di_p}{dt}$$

$$\frac{d}{dt} \rightarrow j\omega$$

ساز روابط در حوزه فرکانس صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} v_1 &= (L_{11} j\omega) i_1 + (L_{12} j\omega) i_r - (L_{13} j\omega) i_p \\ &\vdots \end{aligned}$$

$$\lambda_1 = -i_1 + r_{12} - i_2$$

$$\lambda_1 = -\lambda_2$$

موازی و جهت جریان خلاف

$$\lambda_2 = r_{21} - i_1 + r_{22}$$

$$r_{21} - i_1 + r_{22} = i_1 - r_{12} + i_2$$

$$\rightarrow r_{21} + r_{22} = -i_1 \quad (1)$$

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 \quad \lambda = -r_{12} + r_{22}$$

$$\lambda = \omega i_1 - r_{12} + \omega i_2 \quad (2)$$

$$i = i_1 - i_2 \quad (3) \rightarrow i_1 = i + i_2$$

$$r_{21} + r_{22} + r_{12} = -i \rightarrow r_{21} = -\omega i_2$$

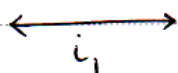
جایگزینی در (2), (1)

$$i_2 = -\frac{r_{12}}{\omega} i$$

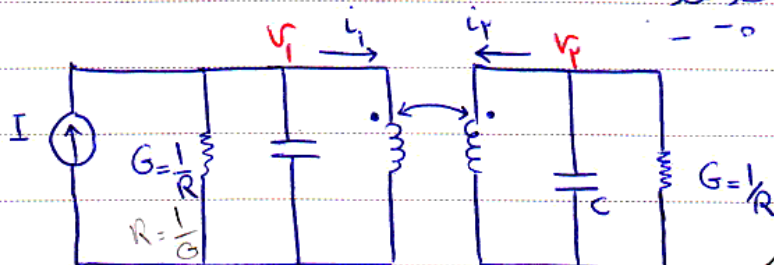
$$\lambda = \omega(i - \frac{r_{12}}{\omega} i) - r_{12}(-\frac{r_{12}}{\omega} i) + \omega i$$

$$\lambda = r_{12} + \frac{r_{12}^2}{\omega} i + \omega i$$

$$\lambda = \frac{r_{12}}{\omega} i \rightarrow L_{eq} = \frac{r_{12}}{\omega}$$



مثال (1) و (2) را با استفاده از این روش می‌توانید



$$L = \begin{bmatrix} L & LK \\ LK & L \end{bmatrix}$$

در سلف‌های موازی جهت یک‌پارچه ضرب آثار معکوس استفاده کنیم

$$\Gamma = \frac{L}{L^2(1-k^2)} \begin{bmatrix} 1 & -k \\ -k & 1 \end{bmatrix}$$

حل در حوزه فرکانس

$$\begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{12} & L_{22} \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{ماتریس}} \omega \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{12} & L_{22} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Gamma_{11} & \Gamma_{12} \\ \Gamma_{12} & \Gamma_{22} \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{ماتریس}} \frac{1}{\omega} \begin{bmatrix} \Gamma_{11} & \Gamma_{12} \\ \Gamma_{12} & \Gamma_{22} \end{bmatrix}$$

$$L, C \rightarrow \frac{1}{\omega}$$

$$\lambda \rightarrow V$$

در ماتریس

$$\Gamma = \frac{1}{j\omega L(1-k^2)} \begin{bmatrix} 1 & -k \\ -k & 1 \end{bmatrix}$$

در دو سلف متزنج شده

$$\begin{cases} i_1 = \Gamma_{11}(j\omega)V_1 + \Gamma_{1r}(j\omega)V_r \\ i_r = \Gamma_{r1}(j\omega)V_1 + \Gamma_{rr}(j\omega)V_r \end{cases}$$

Kcl: $I = V_1 G + V_1 c j\omega + \frac{1}{j\omega L(1-k^2)} (V_1 - k V_r)$

Kcl: $V_r c j\omega + V_r G + \frac{1}{j\omega L(1-k^2)} (V_r - k V_1) = 0$

$$\begin{cases} I_1 = V_1 \left(G + c j\omega + \frac{1}{j\omega L(1-k^2)} \right) - \frac{k}{j\omega L(1-k^2)} V_r \\ V_r (c j\omega + G + \frac{1}{j\omega L(1-k^2)}) = \frac{k}{j\omega L(1-k^2)} V_1 \end{cases}$$

دو معادله در دو مجهول

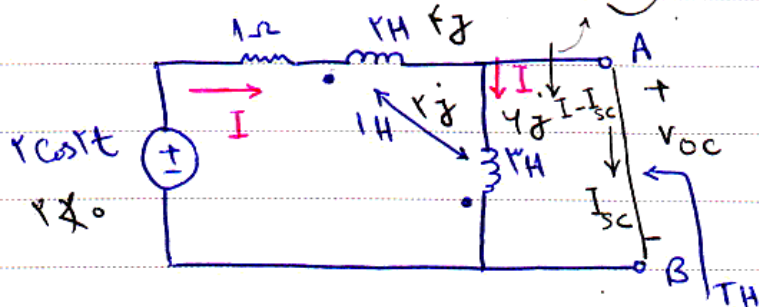
نکته: در حلقه فاز و رگر دو سلف متزنج شده:

$$\begin{cases} V_1 = L_{11} j\omega I_1 + L_{1r} j\omega I_r \\ V_r = L_{r1} j\omega I_1 + L_{rr} j\omega I_r \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{j\omega} \begin{bmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} \\ \pi_{12} & \pi_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} I_1 = \frac{\Gamma_{11}}{j\omega} V_1 + \frac{\Gamma_{1r}}{j\omega} V_r \\ I_r = \frac{\Gamma_{r1}}{j\omega} V_1 + \frac{\Gamma_{rr}}{j\omega} V_r \end{cases}$$

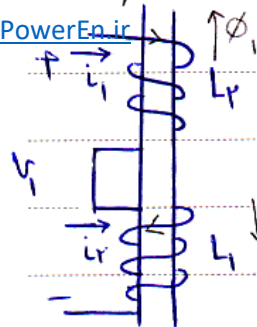
بر اتصال کوتاه



نکته: مدار معادل تون براساس P

$$\omega = 2$$

استفاده از مدار معادل تون برای پاسخ سوال
جواب برامی دهد.

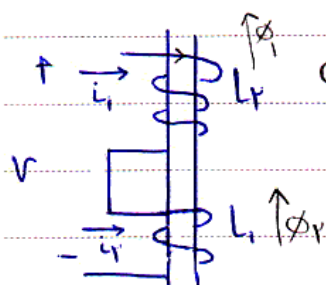


$$i_1 = i_2 = i$$

$$v = v_1 + v_2$$

$$\begin{cases} v_1 = L_1 \frac{di}{dt} - M \frac{di}{dt} \\ v_2 = -M \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} \end{cases} \rightarrow v = (L_1 + L_2 - 2M) \frac{di}{dt}$$

$\leftarrow L_{eq}$



رابطه تنبلی

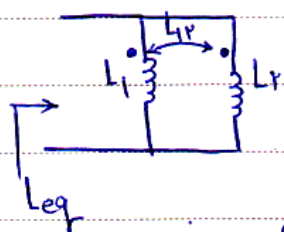
$$v = (L_1 + L_2 + 2M) \frac{di}{dt}$$

$\leftarrow L_{eq}$

برای هر دو می توانیم معادله داریم (در اصل برابر است)

در دو سلف نیز می توانیم:

$$L_{eq} = L_1 + L_2 \pm 2M$$



$$\lambda = Li$$

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix}$$

سلف معادل دو سلف نیز می توانیم موازی:

در دو سلف نیز می توانیم موازی:

می توانیم جریان ها را در حسب سارهای سلف

$$\begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} i_1 = \Gamma_{11} \lambda_1 + \Gamma_{12} \lambda_2 \\ i_2 = \Gamma_{21} \lambda_1 + \Gamma_{22} \lambda_2 \end{cases}$$

ضرایب متعلقه

در سلف ها موازی، سارها می توانند

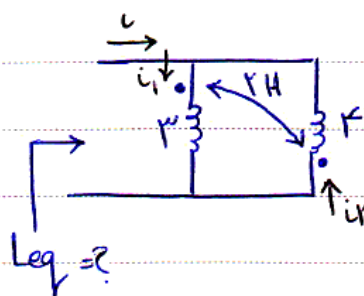
صفت

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$$

$$i_1 = (r_{11} + r_{12}) \lambda$$

$$i_2 = (r_{12} + r_{22}) \lambda$$

$$i = i_1 + i_2 = (r_{11} + r_{22} + 2r_{12}) \lambda \quad i = \underbrace{(r_{11} + r_{22} + 2r_{12})}_{r_{eq} = \frac{1}{L_{eq}}} \lambda$$



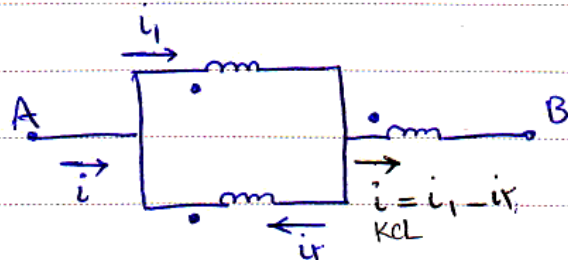
$$L = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 \\ r_2 & r_2 \end{bmatrix} \rightarrow r = \frac{1}{r_{11}r_{22} - r_{12}^2} \begin{bmatrix} r_{22} & -r_{12} \\ -r_{12} & r_{11} \end{bmatrix}$$

$$r = \begin{bmatrix} \frac{1}{r_1} & -\frac{r_{12}}{r_{11}r_{22} - r_{12}^2} \\ -\frac{r_{12}}{r_{11}r_{22} - r_{12}^2} & \frac{1}{r_{22}} \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \lambda_1 = \lambda \\ \lambda_2 = -\lambda \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_1 = r_{11} \lambda_1 + r_{12} \lambda_2 \\ i_2 = r_{12} \lambda_1 + r_{22} \lambda_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_1 = \frac{1}{r_1} \lambda + (-\frac{1}{r_2}) \times (-\lambda) = \frac{r_2}{r_1} \lambda \\ i_2 = (-\frac{1}{r_1} \times \lambda) + \frac{r_2}{r_1} (-\lambda) = -\frac{2}{r_1} \lambda \end{cases}$$

$$i = i_1 - i_2 = (\frac{r_2}{r_1} + \frac{2}{r_1}) \lambda = \frac{3}{r_1} \lambda \quad i = \frac{3}{r_1} \lambda \rightarrow r_{eq} = \frac{1}{L_{eq}} = \frac{3}{r_1} \rightarrow L_{eq} = \frac{1}{3}$$



سوال: سطح مغناطیسی از رابطه AB را بدست آورید.

$$L = \begin{bmatrix} r_1 & 1 & r_2 \\ 1 & r_1 & 1 \\ r_2 & 1 & r_2 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_1 = r_1 i_1 - i_2 + r_2 i_2$$

$$i_2 = i$$

ادامه سطح مغناطیسی

با 2 مخالف

$$KVL: V = I + 4jI - 2jI + 2jI - 2jI$$

در حوزۀ بار و ولت می بینیم:

$$V = (1 + 4j)I$$

$$V_{oc} = 4jI$$

$$I = \frac{V}{1 + 4j} \quad V_{oc} = \frac{4j}{1 + 4j} = 1.29 + j1.1j = 1.30V \angle 9.24^\circ$$

$$KVL: V = I + 4jI - 2j(I - I_{sc})$$

اتصال کوتاه:

$$V = I(1 + 4j) + 2jI_{sc}$$

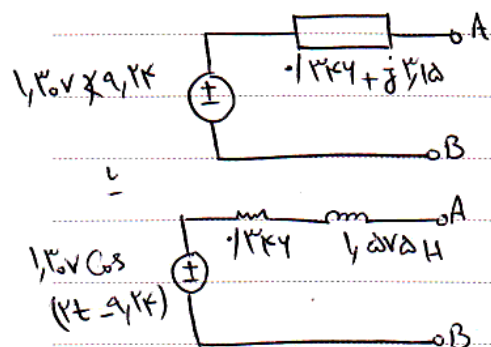
$$KVL: 4j(I - I_{sc}) - 2jI = 0 \rightarrow 4jI = 4jI_{sc} \rightarrow I = \frac{3}{4}I_{sc}$$

$$V = \left(\frac{3 + 4j}{4} + 2j\right)I_{sc} = \frac{3 + 10j}{4}I_{sc}$$

جایگزینی:

$$I_{sc} = \frac{4}{3 + 10j} = -j1.1 - j1.29Vj = -j1.12 \angle -45.5^\circ$$

$$Z_{th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}} = \frac{1.30V \angle 9.24^\circ}{-j1.12 \angle -45.5^\circ} = 1.172 \angle 54.74^\circ = 0.644 + j0.915$$



مدار معادل نویس:

$$Lj\omega = 0.915j$$

$$\begin{cases} L_a = L_1 - M \\ L_b = L_2 - M \\ L_c = M \end{cases} \quad \text{مدار معادل T}$$

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad (K \leq 1)$$

سازد هسته جاری می شود به از اینصورت زیر بررسی خواهد کرد:

$$V_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{v_1}{N_1} = \frac{v_m}{N_1} \sin \omega t \rightarrow \phi = \frac{v_m}{N_1 \omega} \cos \omega t$$

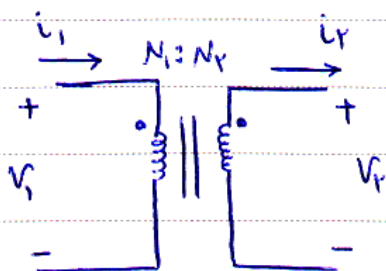
این سلفازیم به یک شویند در آن و یک بار را تمام شود 2

$$v_r = N_r \frac{d\phi}{dt} = \frac{N_r}{N_1} v_m \sin \omega t$$

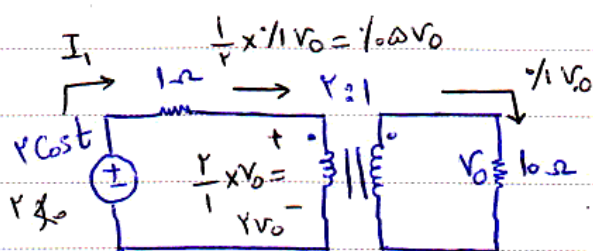
$$\rightarrow \frac{V_f}{V_i} = \frac{N_f}{N_i}$$

در تانس ایدال، تلفات ستم صفر فرض می شود، بنابراین قدرت لحظه اً دو ستم صفر برابر است $p = v_i$

$$V_1 i_1 = V_r i_r \rightarrow \frac{V_1}{V_r} = \frac{i_r}{i_1} \rightarrow \left| \frac{i_r}{i_1} = \frac{N_1}{N_r} \quad \frac{V_1}{V_r} = \frac{N_1}{N_r} = \frac{i_r}{i_1} \right|$$



سهميل براميس ؟



(۴) مدت کسبه سه از مبلغ ارباب آورده
دو تنه خرما ۲ (۷۰)

انکار سے استفادہ یعنی تسبیحوں کے سلف و حاضریں ہوں۔

در آن زمان تو را هیچ خبری از من نبودم و دارم یکی دارد و از (تو) خارج می شود

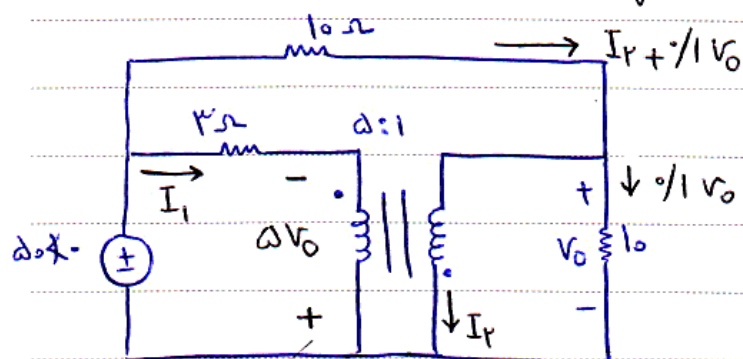
$$KVL: \quad 2Cost = 1 \times \% \Delta V_0 + 2V_0$$

$$2Cost = 2V_0 \Delta V_0 \rightarrow V_0 = \% \Delta V_0 Cost$$

$$I_1 = \% \Delta V_0 = \% KAV Cost = \% ENV \%$$

$$V_{rms} = \frac{V}{\sqrt{2}} \quad I_{rms} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

$$P = V_{rms} \times I_{rms} = \frac{V}{\sqrt{2}} \times \frac{I}{\sqrt{2}} = \% KAV \text{ W}$$



سوال: V_0 را نسبت آورده

$$I_1 = \frac{1}{\Delta} I_2 \rightarrow I_2 = \Delta I_1$$

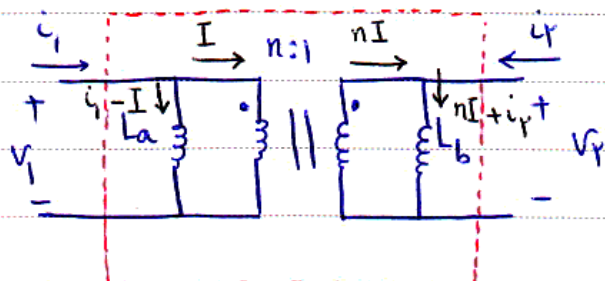
$$KVL: \quad 50 = 3I_1 - \Delta V_0$$

$$I_1 = \frac{50 + \Delta V_0}{3} \rightarrow I_2 = \frac{250 + 2\Delta V_0}{3}$$

$$KVL: \quad 50 = 10(I_2 + \% \Delta V_0) + V_0 \rightarrow 50 = 10I_2 + 2V_0$$

$$50 = \frac{2500 + 250V_0}{3} + 2V_0 \rightarrow 150 = 2500 + 254V_0 \rightarrow V_0 = -9.1A$$

سوال: سرشار نقطه دار عوض کرده و مقدار V_0 را نسبت آورده



سوال: این مدار چگونه با دو سلف ترکیب شده

$$L = \begin{bmatrix} L_1 & M \\ M & L_2 \end{bmatrix}$$

$$v_1 = L_a \frac{d(i_1 - I)}{dt} = L_a \frac{di_1}{dt} - L_a \frac{dI}{dt} \quad (1)$$

$$L_b \frac{d(nI + ir)}{dt} = nL_b \frac{dI}{dt} + L_b \frac{dir}{dt} \quad (1)$$

$$V_1 = nV_r \rightarrow L_a \frac{di_1}{dt} - L_a \frac{dI}{dt} = n^r L_b \frac{dI}{dt} + nL_b \frac{dir}{dt}$$

$$(n^r L_b + L_a) \frac{dI}{dt} = L_a \frac{di_1}{dt} - nL_b \frac{dir}{dt}$$

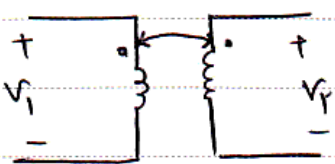
$$\frac{dI}{dt} = \frac{L_a}{n^r L_b + L_a} \frac{di_1}{dt} - \frac{nL_b}{n^r L_b + L_a} \frac{dir}{dt} \quad (2)$$

$$V_1 = L_a \frac{di_1}{dt} - \frac{L_a^r}{n^r L_b + L_a} \frac{di_1}{dt} + \frac{nL_a L_b}{n^r L_b + L_a} \frac{dir}{dt} \quad : (1) \rightarrow (2)$$

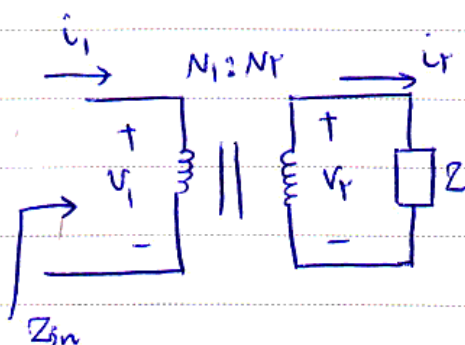
$$V_1 = \frac{n^r L_a L_b}{n^r L_b + L_a} \frac{di_1}{dt} + \frac{nL_a L_b}{n^r L_b + L_a} \frac{dir}{dt}$$

$$V_r = \frac{nL_a L_b}{n^r L_b + L_a} \frac{di_1}{dt} - \frac{n^r L_b^r}{n^r L_b + L_a} \frac{dir}{dt} + L_b \frac{dir}{dt} \quad : (2) \rightarrow (3)$$

$$V_r = \frac{nL_a L_b}{n^r L_b + L_a} \frac{di_1}{dt} + \frac{L_a L_b}{n^r L_b + L_a} \frac{dir}{dt}$$



$$L = \begin{bmatrix} \frac{n^r L_b L_a}{n^r L_b + L_a} & \frac{nL_a L_b}{n^r L_b + L_a} \\ \frac{nL_a L_b}{n^r L_b + L_a} & \frac{L_a L_b}{n^r L_b + L_a} \end{bmatrix}$$



حالت ارجاع امپدانس به اول :

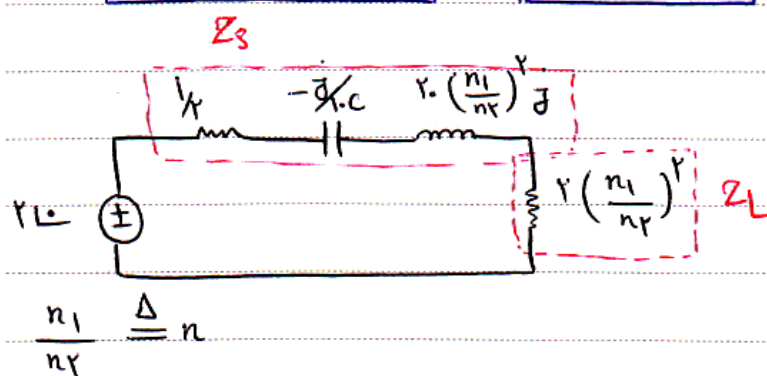
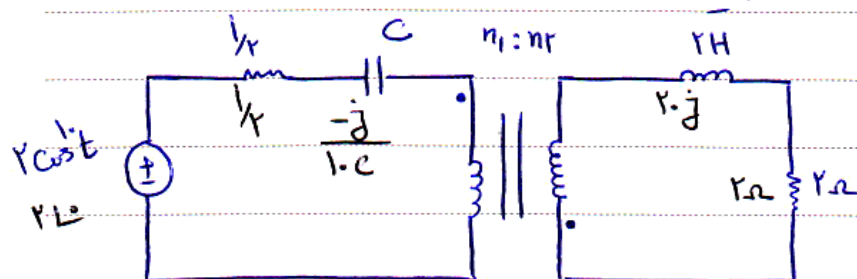
$$Z = \frac{V_r}{i_r}$$

$$Z_{in} = \frac{V_1}{i_1} = ?$$

$$Z_{in} = \frac{V_1}{i_1} = \frac{\left(\frac{N_1}{N_2}\right) V_2}{\left(\frac{N_2}{N_1}\right) i_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z$$

→ $Z_{in} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z$ → خاصیت ارجاع امپدانس (این هم به هر دو طرفه دارند و می توانند)

مثال) نسبت امپدانس و مقدار خازن را به گونه ای پیدا کنید که توان کولری به مقاومت 2Ω حداکثر شود



نسبت امپدانس ارجاع می دهیم

$$Z_S = \frac{1}{r} + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad Z_L = r n^2$$

* $Z_L = Z_S$ شرط انتقال حداکثر توان :

$$r n^2 = \frac{1}{r} - j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

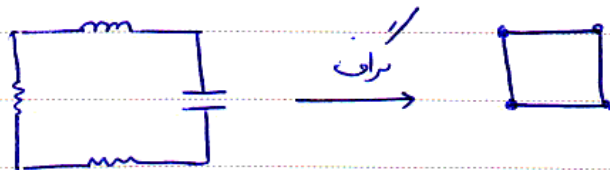
$$\begin{cases} r n^2 = \frac{1}{r} \rightarrow n^2 = \frac{1}{r} \rightarrow n = \frac{1}{r} \\ \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \rightarrow \omega = \frac{1}{L} \rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L} \end{cases}$$

فصل دوم: تئری گراف ها و قضیه پلان

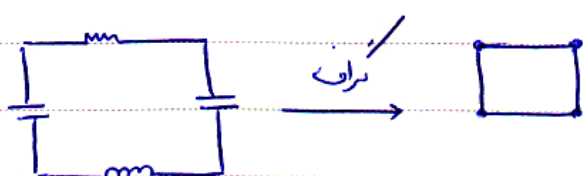
عناصر فزوده: عناصری که با اضافه کردن آنها به گراف، گراف را به یک گراف تبدیل می دهد.

در این صورت قوانین KVL و KCL دیگر برقرار نخواهد بود.

تئری گراف



قوانین KVL و KCL ارتباطی به هم ندارند

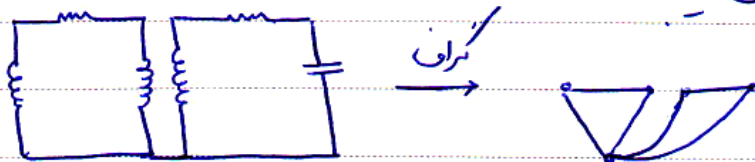


اگر چه مدار ندارد و نمی توان به آن هیچ عنصری اضافه کرد

یک شاخه در تئری گراف قرار داده و در هر شاخه را با یک عنصر می توانیم

ساخته کنیم که به آن عناصر اضافه می کنیم.

* از روی تئری گراف نمی توان تشخیص داد که یک گراف به چه عناصری تبدیل می شود.



تئری گراف

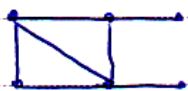
مفهوم از تئری گراف به تئری گراف ما تبدیل می شود و می توانیم به آن عناصر اضافه کنیم.

مثلاً اگر تئری گراف ما را به تئری گراف



تئری گراف به تئری گراف ما تبدیل می شود و می توانیم به آن عناصر اضافه کنیم.

گراف پویسته: به تراز پویسته می گویند هر دو گره دگوله آن حداقل یک مسیر وجود داشته باشد.



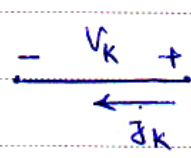
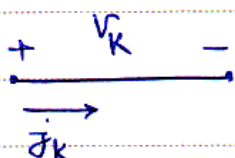
پویسته



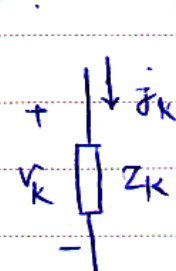
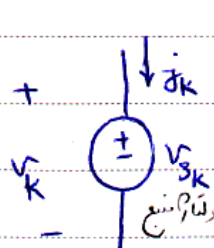
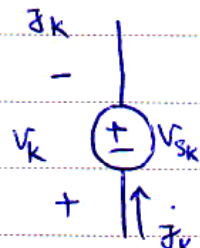
ناپویسته

حالت های قراردادی جریان؟

حالت جریان در شاخه به طور دگوله انتخاب می شود و می تازیم و بنا بر اساس حالت انتخاب سطوح قطبیت را



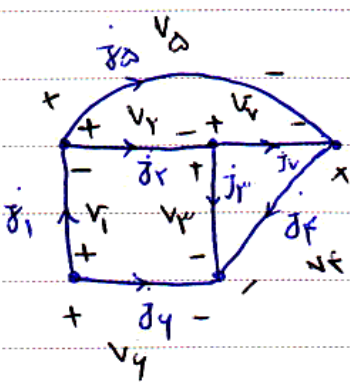
در حالت در دو درون قرار می گیرد.



$V_k i_k > 0$ (تولید)
 $V_k i_k < 0$ (مصرف)

تراز چیست؟

تراز به عنوان شاخه ها در آن تعیین شده باشد تراز است.



ماتریس پتانسیل گره و شاخه (Aa)

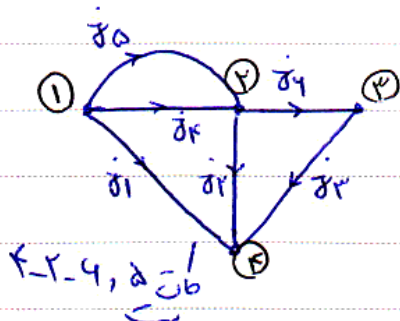
در یک تراز به تراز عناصر این ماتریس به صورت زیر فرض می شود:

$$a_{ik} = \begin{cases} 1 \\ 0 \\ -1 \end{cases}$$

A_a

اگر شاخه K با یکی از شاخه‌های دایره و جریان آن به خارج شود.
اگر شاخه K در یکی از شاخه‌های دایره باشد.
اگر شاخه K با یکی از شاخه‌های دایره و جریان آن وارد شود.

$$a_{ik} = \begin{cases} 1 \\ 0 \\ -1 \end{cases}$$



شاخه $\Rightarrow$

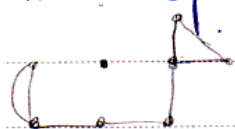
شاخه	1	2	3	4	5	6
1	1	0	0	1	1	0
2	0	1	0	-1	-1	1
3	0	0	1	0	0	-1
4	-1	-1	-1	0	0	0

$$A_a = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

مال

جمع جبر جریان‌ها را در سده به یک سره صورت است. حال این قانون را تعمیم می‌دهیم.

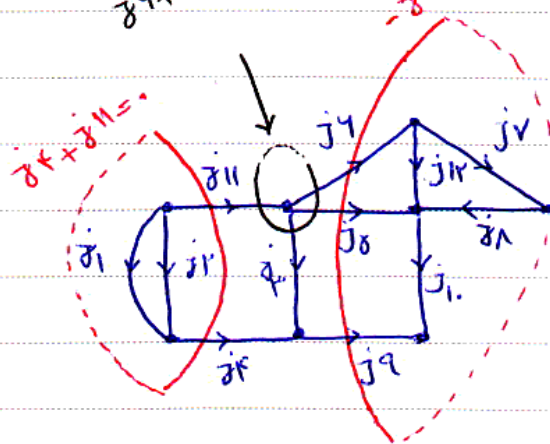
کراف کات است: دسته از شاخه‌ها را یک کراف تشکیل می‌دهد که باقی‌مانده از شاخه‌های دایره باشد.



$$i_4 + i_5 + i_3 - i_1 = 0$$

1) حذف تمام شاخه‌ها از این کراف باقی‌مانده باقی‌مانده.

2) حذف تمام شاخه‌ها غیر از این کراف باقی‌مانده.



کراف کات است: دسته از شاخه‌ها را یک کراف تشکیل می‌دهد که باقی‌مانده از شاخه‌های دایره باشد.

کراف کات است: دسته از شاخه‌ها را یک کراف تشکیل می‌دهد که باقی‌مانده از شاخه‌های دایره باشد.

کراف کات است: دسته از شاخه‌ها را یک کراف تشکیل می‌دهد که باقی‌مانده از شاخه‌های دایره باشد.

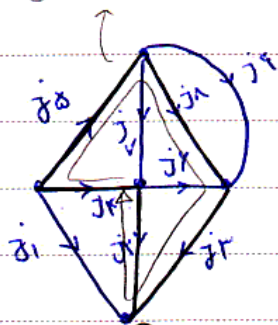
قرار داد: اگر کراف با یک سطح طاقی نشان دهیم، جریان‌ها خارج شده از کراف با علامت مثبت و جریان‌ها

طریقه‌های مختلف نوشتن معادلات هر ترمینال

حلقه و قانون KVL: یک ترمینال از یک ترمینال توسط رابطه‌هاست:

(۱) ترمینال نوشته‌اند.

(۲) به هر ترمینال شاخه وصل باشد.



$$-V_4 + V_5 + V_8 + V_2 - V_1 = 0$$

تفسیر معادله: اگر هر ترمینال ترمینال آن دارای شاخه و n ترمینال باشد خطای ترمینال و شاخه j_k در

$$\sum_{k=1}^b V_k j_k = 0$$

V_k معادله نوشته‌اند، خواهیم داشت:

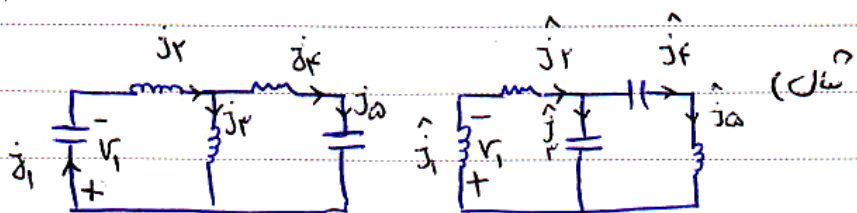
$$V_k j_k > 0 \quad \text{رای عناصر} \quad V_k j_k < 0 \quad \text{رای منابع}$$

توجه: اگر دو ترمینال یک ترمینال داشته باشند و در دو ترمینال شاخه‌ها را اضافه یا کم کنیم و به هر ترمینال

جریان را کم کنیم، تفسیر معادله روابط زیر را تغییر نمی‌دهد:

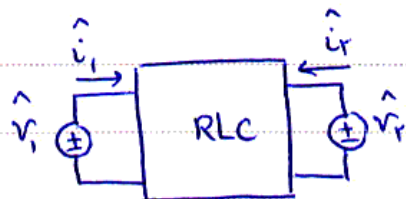
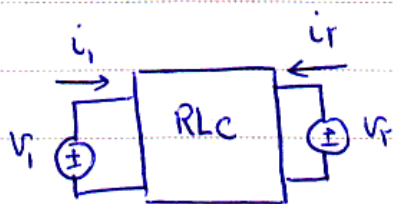
$$1) \sum_{k=1}^b V_k j_k = \sum_{k=1}^b \hat{V}_k \hat{j}_k$$

$$2) \sum_{k=1}^b \hat{V}_k \hat{j}_k = \sum_{k=1}^b V_k j_k$$



بر اساس زیر درجهت اسباب مقسّر معطال دقت کنید:

یک مدار RLC ثابت در نظر بگیرید به منابع آن را بصورت زیر جایگزین کنیم:



مرحله هشتم اسباب کنیم:

$$\hat{v}_1 i_1 + \hat{v}_2 i_2 = v_1 \hat{i}_1 + v_2 \hat{i}_2$$

$$\sum_{k=1}^b \hat{v}_k \dot{\chi}_k = \sum_{k=1}^b v_k \dot{\chi}_k$$

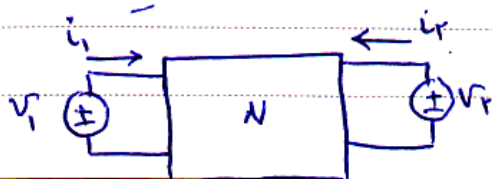
$$\hat{v}_1 i_1 + \hat{v}_2 i_2 + \underbrace{\sum_{k=3}^b \hat{v}_k \dot{\chi}_k}_{\text{ناقص باربرد}} = v_1 \hat{i}_1 + v_2 \hat{i}_2 + \underbrace{\sum_{k=3}^b v_k \dot{\chi}_k}_{\text{ناقص باربرد}}$$

$$v_k = z_k \dot{\chi}_k \rightarrow \sum_{k=3}^b v_k \dot{\chi}_k = \sum_{k=3}^b z_k \dot{\chi}_k \dot{\chi}_k$$

$$\hat{v}_k = z_k \dot{\chi}_k \rightarrow \sum_{k=3}^b \hat{v}_k \dot{\chi}_k = \sum_{k=3}^b z_k \dot{\chi}_k \dot{\chi}_k$$

$$\Rightarrow v_1 \hat{i}_1 + v_2 \hat{i}_2 = \hat{v}_1 i_1 + \hat{v}_2 i_2$$

سوال: شبیه N از عناصر RLC خطی و تغییرناپذیر از زمان تشکیل شده. اندازه گیری های زیر در آن انجام شد.



است:

$$V_1 = F \cos(\omega t + 40^\circ) \quad , \quad V_F = 0$$

$$i_1 = \cos(\omega t + 10^\circ) \quad , \quad i_F = 2 \cos(\omega t + 70^\circ)$$

$$\hat{V}_1 = \cos(\omega t + 10^\circ) \quad , \quad \hat{V}_F = 2 \cos(\omega t + 70^\circ) \quad \hat{i}_1 = ?$$

$$V_1 = F \angle 40^\circ$$

$$i_1 = 1 \angle 10^\circ$$

$$\hat{V}_1 = 1 \angle 10^\circ$$

م. حوزه‌ی مازوری برسم

$$V_F = 0$$

$$i_F = 2 \angle 70^\circ$$

$$\hat{V}_F = 2 \angle 70^\circ$$

$$V_1 \hat{i}_1 + V_F \hat{i}_F = \hat{V}_1 i_1 + \hat{V}_F i_F$$

م. حوزه‌ی مازوری برسم

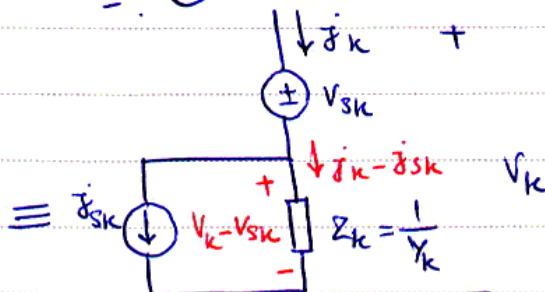
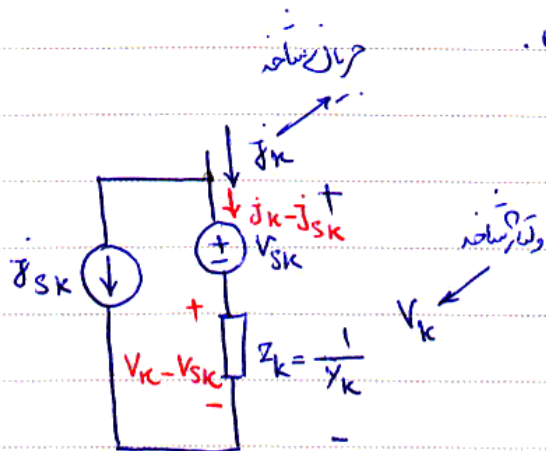
$$F \angle 40^\circ \times \hat{i}_1 + 0 = 1 \angle 10^\circ \times 1 \angle 10^\circ + 2 \angle 70^\circ \times 2 \angle 70^\circ$$

$$F \angle 40^\circ \hat{i}_1 = 1 \angle 19^\circ + 4 \angle 19^\circ$$

$$\hat{i}_1 = \frac{5 \angle 19^\circ}{F \angle 40^\circ} = \frac{5}{F} \angle 19^\circ \rightarrow \hat{i}_1 = \frac{5}{F} \cos(\omega t + 19^\circ)$$

فصل ۳: تجزیه و تحلیل پهنای باند
مدل‌های یک شبکه

این شاخه در حالت پهنای باند، منبع جریان و امپدانس است.



معادلات KVL، KCL در هر دو مدل یک نتیجه یکسانی می‌دهد و هم معادله

$$j_k = j_{sk} + V_k Y_k - V_{sk} Y_k$$

بنابراین رابطه شاخه k: KCL

کاربرد در روش پهنای باند

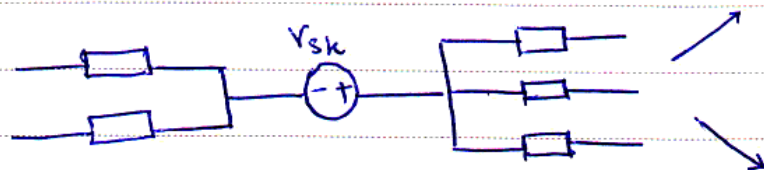
$$V_k = V_{sk} + Z_k j_k - Z_k j_{sk}$$

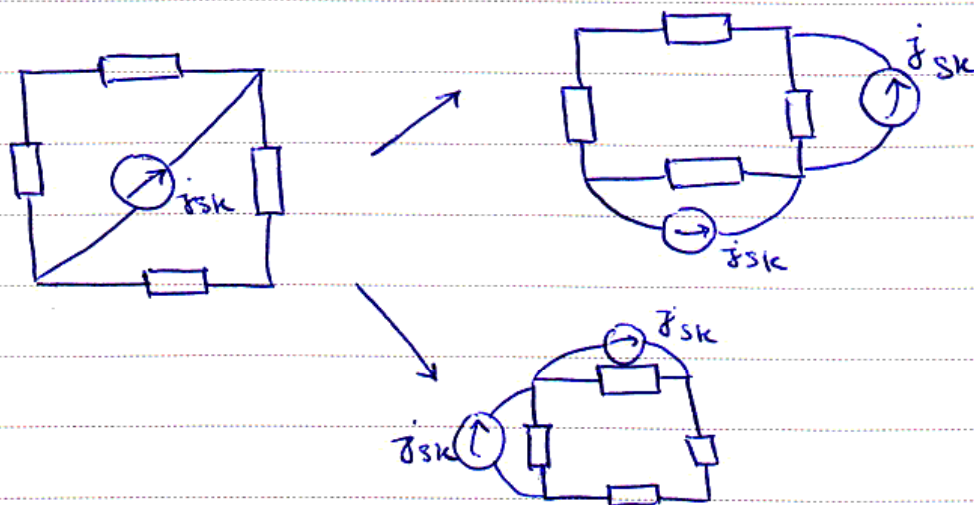
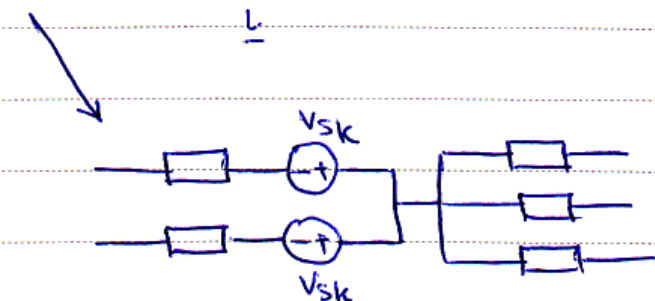
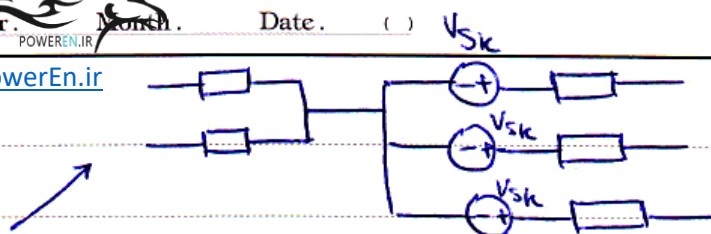
بنابراین رابطه شاخه k: KVL

کاربرد در روش پهنای باند

برای این که در این روش شاخه‌های که تنها شامل منابع هستند را جدا کنیم، تبدیل را انجام می‌دهیم که

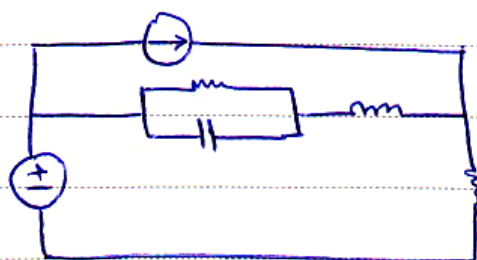
تفسیر در نتیجه نهایی مدار حاصل شود





در تبدیل منابع ولتاژ و جریان اگر KVL به کار ببریم و در تبدیل منابع جریان اگر KCL به کار ببریم این معادلات ثابت می شود:

به عنوان مثال:



روش هر تبدیل منابع نوع هم در منابع مستقل هم در منابع وابسته کاربرد است.

تجزیه و تحلیل نه

فرض کنید مداري را در نظر بگیرید. در این صورت بردارهای زیر را تعریف می‌کنیم:

$$\vec{j} = \begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ \vdots \\ j_b \end{bmatrix}$$

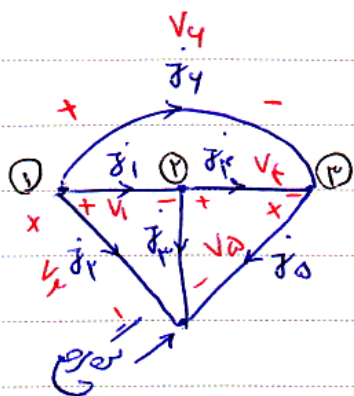
بردار جریان شاخه‌ها

$$\vec{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_b \end{bmatrix}$$

بردار ولتاژ شاخه‌ها

در روش کوه، معمولاً انرژی به بیشترین اتصال ممکن محدود دارد و می‌توانیم به عنوان مثال انتخاب می‌کنیم. اگر n_t تعداد شاخه‌ها

$$n_t = n + 1$$



فرض کنید گراف جهت دار مدار به صورت زیر باشد

ماتریس لاپلاس به وضوح در روش کوه به صورت زیر است:

$$A = (A_a)$$

بدون شاخه‌ها

$$A \cdot \vec{j} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \\ j_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j_1 + j_2 + j_4 \\ -j_1 + j_2 + j_4 \\ -j_4 + j_5 - j_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

سایط قانون

KCL

$$\rightarrow A \cdot \vec{j} = 0$$

$$\vec{e} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_r \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}$$

بردار ولتاژ شاخه‌ها را e می‌نامیم

$$A^t \cdot \vec{e} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_r \\ e_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_1 - e_r \\ e_1 \\ e_r - e_r \\ e_r \\ e_r \\ e_1 - e_r \end{bmatrix}$$

حال می‌توانیم $A^t \cdot \vec{e}$ را به دست آوریم

$$= \begin{bmatrix} v_1 \\ v_r \\ v_f \\ v_f \\ v_0 \\ v_f \end{bmatrix} \Rightarrow A^t e = v \quad \text{استاب KVL}$$

$$\sum_{k=1}^b v_k j_k = 0$$

استاب KVL
نویسند

$$\rightarrow v_1 j_1 + v_r j_r + \dots + v_b j_b = 0$$

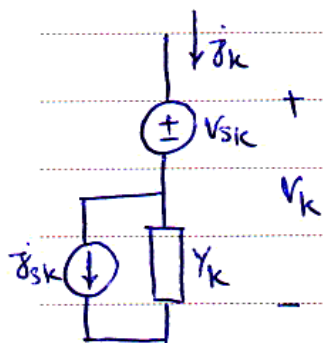
$$\sum v_k j_k = [v_1 \ v_r \ \dots \ v_b] \begin{bmatrix} j_1 \\ j_r \\ \vdots \\ j_b \end{bmatrix} = v^t \cdot j = (A^t \cdot e)^t \cdot j = e^t \cdot A \cdot j = 0$$

$$v = \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_b \end{bmatrix}$$

روشنی تغییر دهنده

همه روشن امکان پذیر است. در روشن بره، دانه روشن می شود و محمول می شود است.

(۱) روشن تنظیم (۲) روشن نظری (۳) روشن پایانه



$$j_k = j_{sk} + Y_k v_k - Y_k v_{sk}$$

(۱) روشن تنظیم

این رابطه را برای تمام شاخه ها می نویسیم:

$$j_1 = j_{s1} + Y_1 v_1 - Y_1 v_{s1}$$

$$j_r = j_{sr} + Y_r v_r - Y_r v_{sr}$$

$$\vdots$$

$$j_b$$

$$\xrightarrow{\text{جمع می کنیم}} j = j_s + Yv - Yv_s$$

$$A \cdot j = A j_s + AYv - AYv_s$$

$$\downarrow 0$$

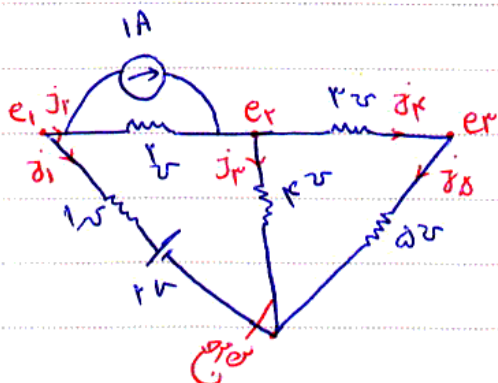
$$\downarrow A^t \cdot e$$

دورن مدار A ضرب می کنیم.

$$0 = A j_s + A Y A^t \cdot e - A Y v_s$$

$$\underbrace{A Y A^t}_{Y_n} \cdot e = \underbrace{A Y v_s}_{I_s} - A j_s \quad (A) \rightarrow Y_n \cdot e = I_s$$

فرم است معادله A، منابع ولتاژ را به منابع جریان تبدیل می‌کنند.



مثال: یک مدار ساده را در نظر بگیرید. ابتدا استناد از جدول

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$j_k = j_{sk} + Y_k v_k - Y_k v_{sk}$$

$$j_1 = 0 + 1 v_1 - 1 x_2$$

$$j_2 = 1 + 2 v_2 - 2 x_0$$

$$j_3 = 0 + 4 v_3 - 4 x_0$$

$$j_4 = 0 + 3 v_4 - 3 x_0$$

$$j_5 = 0 + 5 v_5 - 5 x_0$$

$$Y_n = A Y A^t$$

$$I_s = A Y v_s - A j_s$$

$$\Rightarrow Y_n \cdot e = I_s =$$

$$v = A^t \cdot e$$

$$\begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

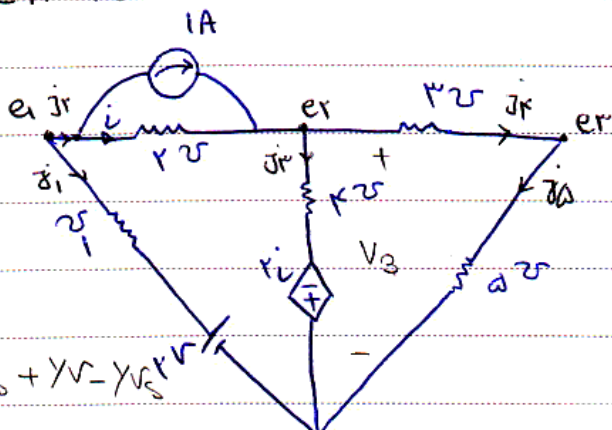
$$\begin{matrix} \xleftrightarrow{j} & \xleftrightarrow{j_s} & \xleftrightarrow{Y} & \xleftrightarrow{v} & \xleftrightarrow{Y} & \xleftrightarrow{v_s} \end{matrix}$$

$$Y_n = A Y A^t = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 0 \\ -2 & 9 & -3 \\ 0 & -3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$I_s = A Y v_s - A j_s = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Y_n \cdot e = I_s \quad \begin{bmatrix} 4 & -2 & 0 \\ -2 & 4 & -3 \\ 0 & -3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_r \\ e_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} \rightarrow e$$

$$V = A^t \cdot e$$



مثال ۱

استاد من برای دستم (i)

$$i = j_r - 1$$

$$KCL: j_r = i + 1 \Rightarrow i = j_r - 1$$

$$\bar{J} = \bar{J}_s + YV - YV_s$$

$$\bar{J}_1 = 0 + 1V_1 - 1 \times 2$$

$$\bar{J}_r = 1 + 2V_r - 2 \times 0$$

$$\bar{J}_f = 0 + 4(V_f - (-2i)) = 4(V_f + 2j_r - 2) = 4V_f + 8j_r - 8 = 4V_f + 12V_r + 8 - 8 = 0 + 4V_f + 12V_r + 0$$

$$\bar{J}_4 = 0 + 2V_4 - 2 \times 0$$

$$\bar{J}_5 = 0 + 2V_5 - 2 \times 0$$

$$\bar{J}_3 = 0 + 4V_3 - 4(-2i) = 4(V_3 - (-2i))$$

$$Y_n = AY A^t = ?$$

$$\rightarrow Y_n \cdot e = I_s$$

$$I_s = AY V_s - A \bar{J}_s = ?$$

روش دیگری

در شرایط زیر از روش دیگری استفاده می‌کنیم

(۱) منابع ولتاژ وجود ندارند یا اگر وجود دارند به منابع جریان تبدیل می‌شوند

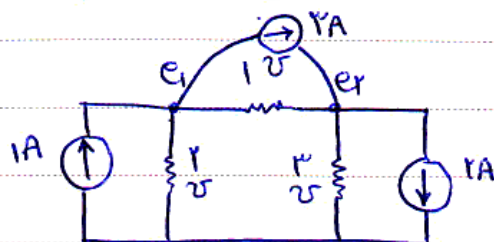
(۲) سلف‌ها از خروجی شده و منابع ولتاژ وجود ندارند یا اگر در این صورت در معادله $Y_n \cdot e = I_s$

$$Y_n \cdot e = i_s$$

می توان Y_n و I_s را مستقیماً به صورت زیر بسط داد.

$$Y_{ij} = \begin{cases} i = j & \text{جمع ادیتانس های متصل به پرتگاه نام} \\ i \neq j & \text{جمع ادیتانس های متصل بین پرتگاه نام} \end{cases}$$

i_s جمع جریان های وارد شده به پرتگاه (دارنده علامت مثبت خارج شده به علامت منفی)



ماتریس Y_n

$$Y_n = \begin{bmatrix} 1+2 & -1 \\ -1 & 1+3 \end{bmatrix}$$

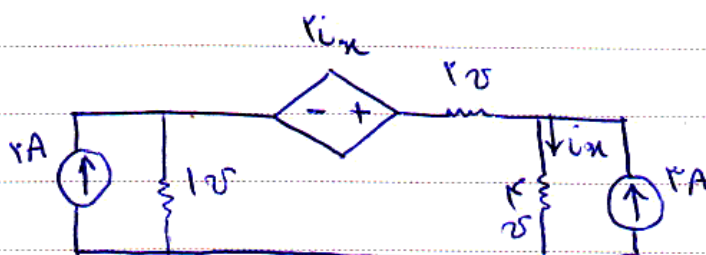
$$i_s = \begin{bmatrix} 1-3 \\ 2-2 \end{bmatrix} \quad Y_n \cdot e = I_s \rightarrow \begin{bmatrix} 3 & -1 \\ -1 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

روش میانشیر:

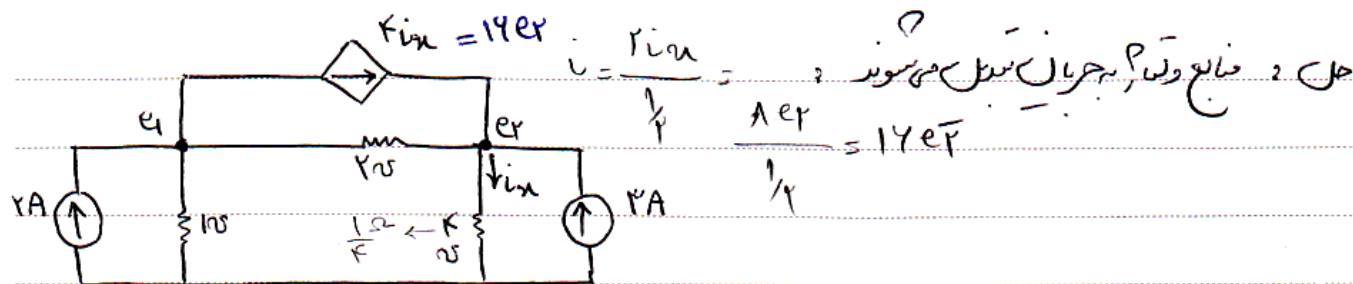
همان روش تئوری است، با این تفاوت که منابع وابسته نیز می تواند وجود داشته باشند. در این روش، ابتدا منابع

وابسته را مانند منابع مستقل در نظر می گیریم و معادلات را از روش تئوری می نویسیم. در انتها این منابع وابسته را به

ماتریس Y_n بر می گردانیم.



ماتریس



در ولت‌ها، ولتاژ هر حالتی و محول معادلات است. وقتی از روش میانبر استفاده می‌کنیم، تمام رابطه‌ها

چون از آنست که ساری دارد، علامت‌ها را در نظر بگیریم.

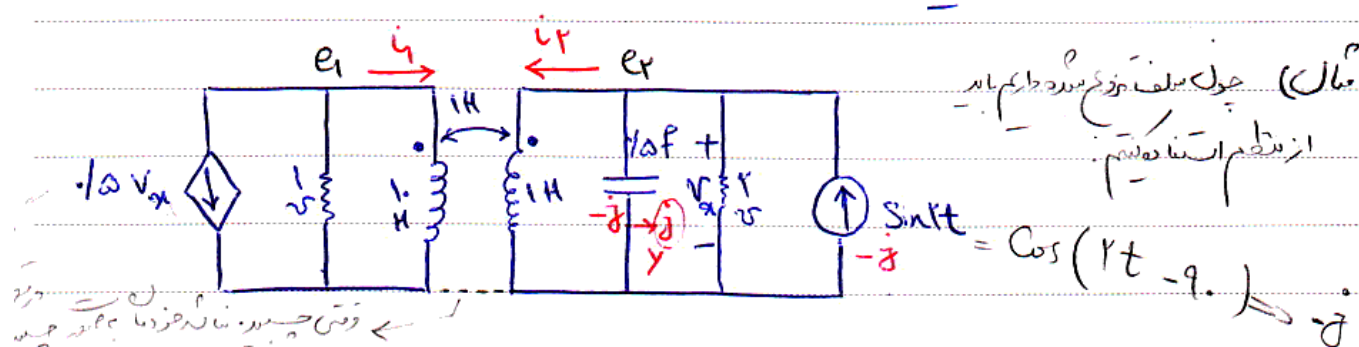
$$i_x = \frac{e_r}{1} = 14e_r$$

$$Y_n \cdot e = I_s \rightarrow \begin{bmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 - 14e_r \\ 14e_r + 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 3 & 14 \\ -2 & -10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \end{bmatrix}$$

تجزیه و تحلیل برای هر حالت داشته باشیم:

وقتی منابع موجود در مدار در درجیم سینوسی در صورتیکه فرکانس یا بسازی توان از تحلیل حالت داشته استفاده شود.

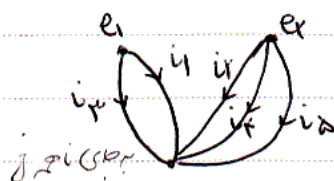


$$L = \begin{bmatrix} 10 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \Gamma = \frac{1}{10 - 1} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{9} & -\frac{1}{9} \\ -\frac{1}{9} & \frac{10}{9} \end{bmatrix}$$

$$\lambda = Li \Rightarrow i = \frac{\lambda}{L} = \lambda r \Rightarrow I = v \frac{1}{j\omega} r$$

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{v}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{j\omega} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} \\ r_{12} & r_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

در حلقه‌های سویی مایکرو، 2



$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{9j\omega} & \frac{-1}{9j\omega} \\ \frac{-1}{9j\omega} & \frac{1}{9j\omega} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

$$\dot{v}_k = \dot{v}_{sk} + Y_k v_k - Y_k v_{sk}$$

معادلات کبره بر روی تقطیع:

$$\dot{v}_1 = 1/5 v_{s1} + 1 \times v_1, v_{s1} = v_{s1}$$

$$\dot{v}_2 = -(-j) + 0 + 1 v_{s2} \rightarrow \dot{v}_2 = j + 1 v_{s2}$$

$$\dot{v}_3 = 0 + j \times v_3 \rightarrow \dot{v}_3 = j v_3$$

$$\dot{v}_4 = 1/5 \times v_{s4} + v_4 \rightarrow \dot{v}_4 = 1/5 v_{s4} + v_4$$

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{9j\omega} & \frac{-1}{9j\omega} \\ \frac{-1}{9j\omega} & \frac{1}{9j\omega} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

$$\dot{v} = \dot{v}_s + Yv - Yv_s$$

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{v}_2 \\ \dot{v}_3 \\ \dot{v}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{9j\omega} & \frac{-1}{9j\omega} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-1}{9j\omega} & \frac{1}{9j\omega} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1/5 \\ 0 & 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_{s4} \end{bmatrix}$$

$\dot{v}_s$

$$Y_n = AY_b A^t$$

$$\dot{v}_s = AY_b v_s - A \dot{v}_s$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

معادلات اتصال-دفترانی:

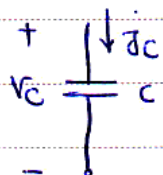
چنانچه بخواهیم این معادله را به صورتی که در کتاب درج شده است، به دست آوریم، معادلات

اسیرال - دیوانیس لازم خواهد بود.

$$\frac{d}{dt} \Delta = D$$

اسیرال: D

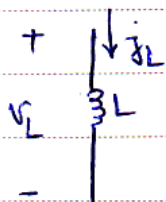
حال ادیتاسین صلی سلف خازن در حوزه اسیرال - دیوانیس لازم نیست چرا که داریم:



$$i_c = C \frac{d}{dt} v_c = CD \dot{v}_c$$

۱- خازن:

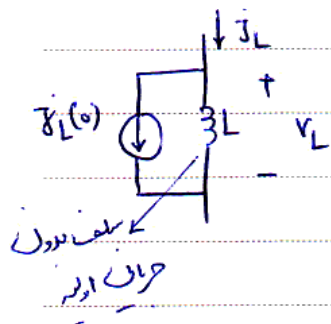
$$Y_c = \frac{i_c}{v_c} = CD$$



۲- سلف:

$$i_L = \frac{1}{L} \int v_L dt + i_L(0)$$

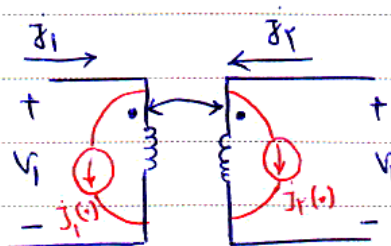
جریان اولیه سلف $i_L(0)$ را باید منع جریان موازی سلف را به هم آید از معادلات حذف شود.



$$i = \frac{1}{L} \int v_L dt \Rightarrow v_L = L \frac{d}{dt} i$$

$$v_L = LD \dot{i} \Rightarrow Y_L = \frac{i}{v_L} = \frac{1}{LD}$$

برای سلف صلی توزیع سلف می توانیم آن را تقسیم دهیم:



$$\begin{bmatrix} \dot{i}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{D} \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{12} & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} i_1(0) \\ i_2(0) \end{bmatrix}$$

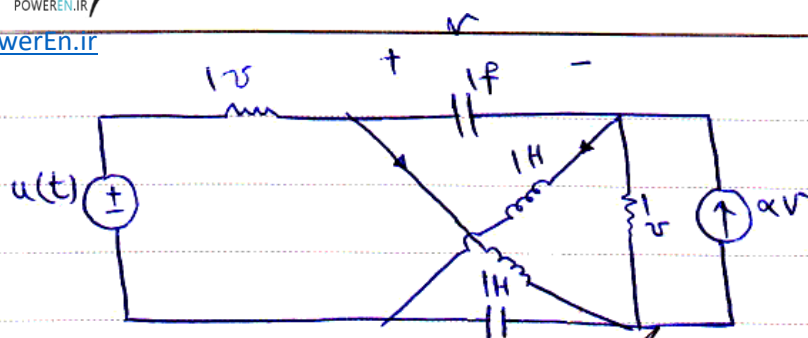
$$\lambda = Li$$

$$i = \lambda r$$

$$\dot{i} = \frac{1}{\lambda} \frac{d}{dt} r = \frac{1}{D} \dot{r}$$

$$\dot{r} = \frac{1}{D} \dot{v} r$$

سلف اولی

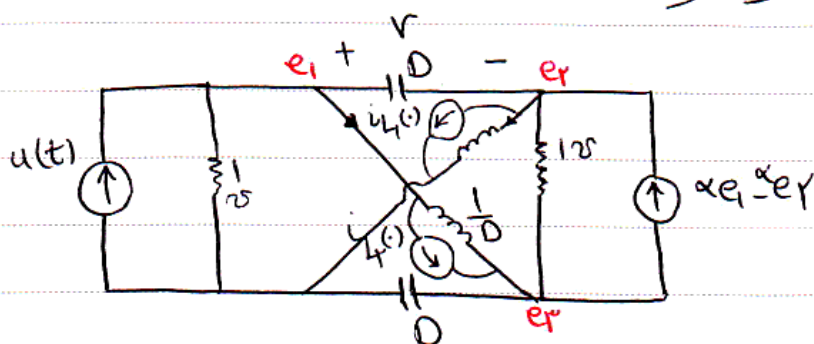


سوال ۲۹

$i_{L1}(0), i_{L2}(0), v_C(0), v_C(0)$

در صورتی که برای نوشتن معادلات استفاده می‌کنیم

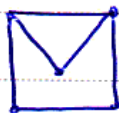
برای وجود $u(t)$ داریم از برای نوشتن معادلات حل می‌کنیم



$$\begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{D} & -D & \frac{1}{D} \\ -D - \alpha & 1 + D + \frac{1}{D} & -1 \\ \frac{1}{D} + \alpha & -1 - \alpha & 1 + \frac{1}{D} + D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u(t) - i_{L2}(0) \\ \alpha e_1 - \alpha e_2 - i_{L1}(0) \\ -\alpha e_1 + \alpha e_2 + i_{L1}(0) \end{bmatrix}$$

تجزیه و تحلیل می‌کنیم

برای حل این معادلات از نظر ریاضی تفاوت اندکی در روابط می‌توانیم داشت.



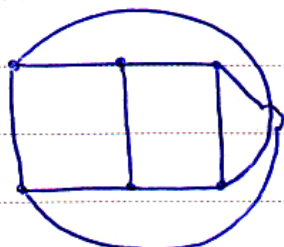
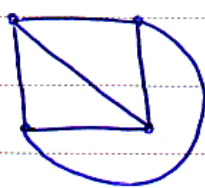
سوال ۳۰

برای حل این معادلات از نظر ریاضی تفاوت اندکی در روابط می‌توانیم داشت.

شال



از این سطح
است



عوض سطح

شال درونی و شال بیرونی:

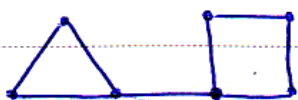
حلقه ای که در آن هیچ مساحتی وجود نداشته باشد را شال درونی می گویند و حلقه ای

که در خارج از آن هیچ مساحتی وجود نداشته باشد، شال بیرونی است.



برای مثال، لولا دارای لولای بیرونی است که به دورش یک مساحت کشیده شده که به آن دره هم

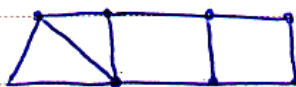
مصلح اند، تعریف می شود.



شال بیرونی اول S_1 شال بیرونی دوم S_2

شال بیرونی

به برای مثال، لولا می گویند که هرگاه به دورش یک مساحت کشیده شوند، حداقل دو دره به هم متصل باشند

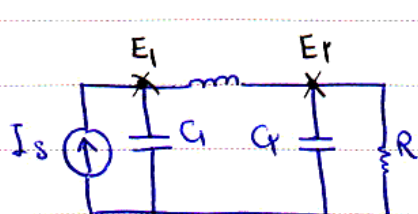


شال بیرونی

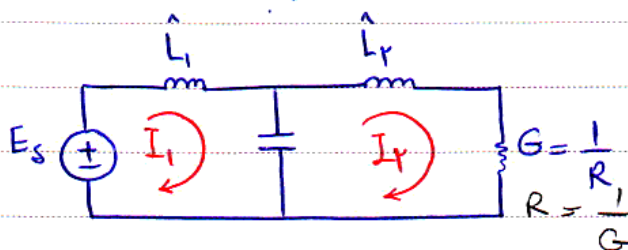
توجه: در یک مدار، بین منابع جریان داشته باشیم، از KCL استفاده می‌کنیم.
توجه: در یک مدار، بین منابع ولتاژ داشته باشیم، از KVL استفاده می‌کنیم.

خاصیت دوطرفه: این خاصیت در ترانزیستورهای مسطح بویسته می‌شود و ولتاژ صحت می‌دهند. عناصری که نباید دوطرفه باشند، مثلاً دیود.

عناصری مانند ترانزیستور، دیود، سلف‌های متغیر و غیره را از بحث خارج می‌کنیم. به بعد در زیر توضیح می‌دهیم.



مدار (A)



مدار (B)

KCL

$$I_s = E_1 C_1 j\omega + \frac{E_1 - E_r}{L_j\omega}$$

مدار A :

$$I_s = E_1 \left(C_1 j\omega + \frac{1}{L_j\omega} \right) - E_r \times \frac{1}{L_j\omega} \quad (1)$$

KCL $\frac{E_1 - E_r}{L_j\omega} = E_r C_r j\omega + \frac{E_r}{R}$

$$E_1 \times \frac{1}{L_j\omega} - E_r \left(\frac{1}{L_j\omega} + C_r j\omega + \frac{1}{R} \right) = 0 \quad (2)$$

KVL

$$E_s = \hat{L}_1 j\omega I_1 + \frac{1}{\hat{C} j\omega} (I_1 - I_r)$$

مدار B :

$$\rightarrow E_s = I_1 \left(L_1 j\omega + \frac{1}{\hat{C} j\omega} \right) - I_r \times \frac{1}{\hat{C} j\omega} \quad (3)$$

KVL $\frac{1}{\hat{C} j\omega} (I_r - I_1) + \hat{L}_r j\omega I_r + R I_r = 0$

$$\frac{1}{\hat{C} j\omega} I_1 - I_r \left(\frac{1}{\hat{C} j\omega} + \hat{L}_r j\omega + R \right) = 0 \quad (4)$$

Year . Month . Date . ()

بافتن روابط ① ، ② و ③ و ④ مشاهده می شود که بافتن روابط وجود دارد

$$E \longleftrightarrow I$$

حالتی را به I داده و برعکس

$$C \longleftrightarrow L$$

حالتی را به L داده و برعکس

$$R \longleftrightarrow G = \frac{1}{R}$$

حالتی را به G داده و برعکس

* این دو مدار (A و B) دو کان هم هستند یعنی اگر مدار A را حل کنیم، ساخت آن برای مدار B قابل استفاده است

برای کانهای دو کان :

دو کان و دو کان را در دو کان می بینیم، اگر به نظر می آید که این دو کان

۱- میان کانهای و با در نظر گرفتن می شود که در کانهای و بافتن روابط وجود داشته باشد

۲- میان کانهای و با در نظر گرفتن می شود که در کانهای و بافتن روابط وجود داشته باشد

۳- میان ساختارهای دو کان بافتن روابط وجود داشته باشد یعنی هرگاه دو کان بافتن روابط دارای ساختار

مشترک باشند، کانهای ساختار بافتن روابط در مدار دو کان ساختار داشته باشد که این دو کان را به هم وصل می کنند

الگوریتم برای مدار دو کان :

۱- برای هر یک از کانهای و بافتن روابط (در نظر گرفتن می شود) می شود که از کانهای و بافتن روابط

۲- برای هر ساختار K از و در بین می شود که ساختار بافتن روابط مشترک است، یک ساختار و بافتن روابط می شود که کانهای

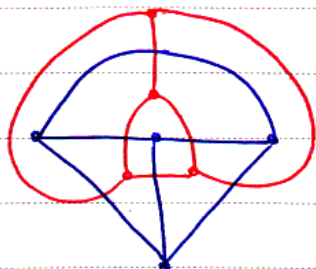
گراف متصل است.

۳- بن عناصر g و $\hat{g}$ تناظر زیر را به خوبی یادداشت کنید؟

$L \longleftrightarrow C$

$R \longleftrightarrow G$

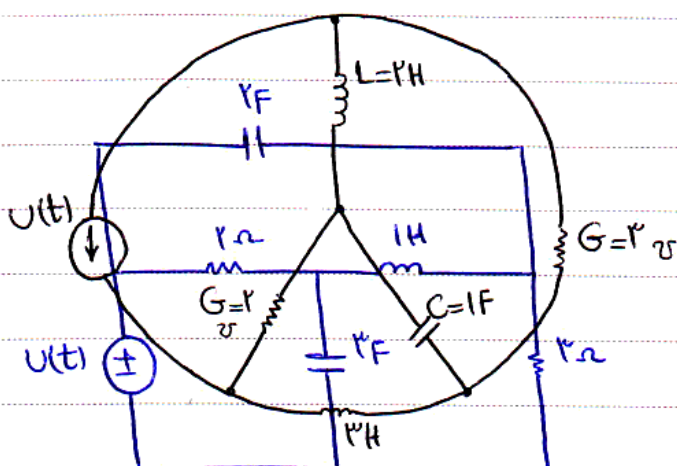
$I \longleftrightarrow E$ مثل منابع ولتاژ
مثل منابع جریان



مثال) گراف های بدون گراف زیر را به دست آورید؟

مثلاً اگر با هر سیم بزرگ درونی سیم بزرگ می داریم.

مثال) گراف بدون مدار زیر را به دست آورید.



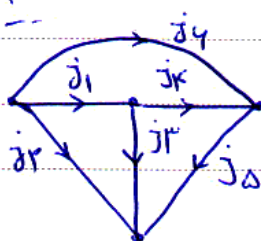
جریان به سمت راست شیخ دارد می شود.

تجزیه و تحلیل میس؟

در یک مدار به دارای b شاخه و n_t می باشد، تعدادش ها عبارت است از:

$$L = b - n_t + 1$$

در میس میس برای هر یک از شاخه ها جهت تعیین میس را به عنوان جهت قراردادی در نظر می گیریم.



$$L = 5 - 2 + 1 = 4$$

شاخه
میس

$$i = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_n \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}$$

ماتریس M را به صورت زیر تعریف می‌کنیم

$$M_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{اگر شاخه } K \text{ در شاخه نام قرار داشته و جهت یکسان باشد} \\ 0 & \text{اگر شاخه } K \text{ در شاخه نام نباشد} \\ -1 & \text{اگر شاخه } K \text{ در شاخه نام قرار داشته و مخالف جهت باشد} \end{cases}$$



ماتریس M را بر اساس این

$$M = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}_{3 \times 6}$$

استیپهای KVL، KCL :

$$M \cdot V = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 - v_2 + v_3 \\ -v_2 + v_4 + v_5 \\ -v_1 - v_4 + v_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\boxed{M \cdot V = 0} \quad \text{استیپ KVL}$$

$$M^t \cdot i = ?$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_1 - i_3 \\ -i_1 \\ i_2 - i_3 \\ i_2 - i_3 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \\ j_6 \end{bmatrix}$$

$$\boxed{M^t \cdot i = j}$$

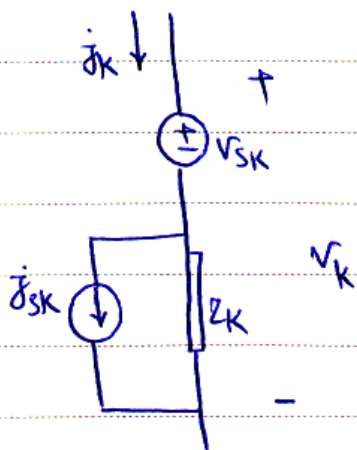
استیپ KCL :

روش کانالیزه

منقسم
تقریب
بیانیه

به روش وجود دارد

روش مقسم



$$V_k = V_{SK} + Z_k j_k - Z_k j_{sk}$$

دقیق را بعدی بون برای نام ساخته خاص صورت مارتین نوشته شود

$$V = V_s + Z_b j - Z_b j_s$$

در طرف برادر M ضرب می شود

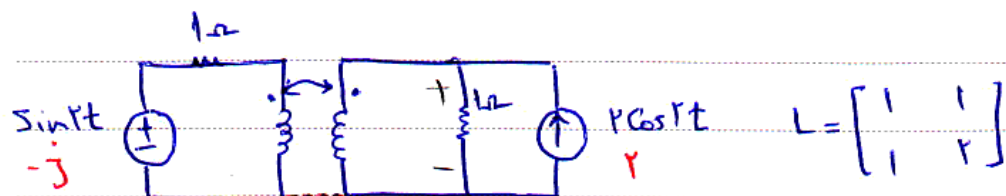
$$M \cdot V = M V_s + M Z_b j - M Z_b j_s$$

$M^t \cdot i$

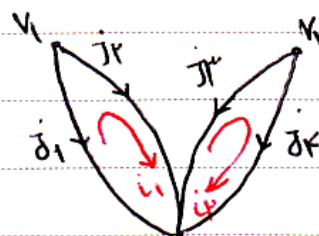
①

$$\underbrace{M Z_b M^t}_{Z_m} \cdot i = \underbrace{M Z_b j_s - M V_s}_{e_s} \Rightarrow Z_m \cdot i = e_s$$

حرف راست معادله ① که منابع جریان مستقل را به دست می آید



مثال ۱



$$M = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

منابع گسسته

$$V_k = V_{SK} + Z_k J_k - Z_k J_{SK}$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \end{bmatrix}$$

ابتدا برای سلف های توزیع شده می نویسیم

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j1 & j1 \\ j1 & j2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= -j + 1 \times j1 - 1 \times 0 \\ V_2 &= 0 + 1 \times j2 - 1 \times (-2) \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j1 & j1 & 0 \\ 0 & j1 & j2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \\ J_4 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j1 & j1 & 0 \\ 0 & j1 & j2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -2 \end{bmatrix}$$

$$\underbrace{\quad}_{V_S} \quad \underbrace{\quad}_{Z_b} \quad \underbrace{\quad}_{Z_b} \quad \underbrace{\quad}_{J_S}$$

$$Z_m \cdot i = e_s$$

$$Z_m = M Z_b M^t = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j1 & j1 & 0 \\ 0 & j1 & j2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+j1 & -j1 \\ -j1 & 1+j1 \end{bmatrix}$$

$$e_s = M Z_b J_S - M V_S$$

$$e_s = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$e_s = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2 \end{bmatrix}$$

روشن‌نوی:

اگر رابطه در مدار را برآورد معادله $Z_m \cdot i = e_s$ ماتریس‌های Z_m و e_s را می‌توان مستقیماً نوشت:

(۱) منابع جریان وجود نداشته باشند. اگر دارند جمع ولتاژ تبدیل شوند. (مجموعی منابع مستقل باشند)

(۲) سلف‌ها فرغ شده در مدار موجود نباشد. تعداد سلف‌ها L

$$\begin{bmatrix} Z_{11} & \dots & Z_{1L} \\ \vdots & & \vdots \\ Z_{L1} & \dots & Z_{LL} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ \vdots \\ i_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{s1} \\ \vdots \\ e_{sL} \end{bmatrix}$$

$$Z_{ij} = \begin{cases} i=j & \text{مجموع امپدانس‌ها در وجود روشن‌نام} \\ i \neq j & \text{-(مجموع امپدانس‌های مشترک بین سلف‌ها)}$$

$$e_{si} = \text{مجموع همه منابع ولتاژ موجود در روشن‌نام از مصدب مثبت منبع و در سلف‌ها علامت منفی و اگر از مصدب منفی وارد شدیم علامت مثبت.}$$

روشن‌نویس:

چون روشن‌نویس یک است با این تفاوت که منابع وابسته نیز می‌توانند وجود داشته باشند. منابع وابسته را می‌توان منابع



مستقل فرض می‌کنیم و پارامترهای جریانی و توانی را به صورت تابعی از زمان در نظر می‌گیریم.

پارامترهای جریانی و توانی را به صورت تابعی از زمان در نظر می‌گیریم.

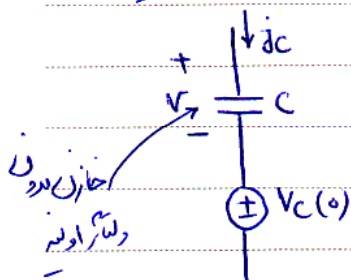
معادلات استرال - رینالین :

استرال‌های سلف و خازن را در این حوزه به دست می‌آوریم.

۱- خازن :

$$v_c = \frac{1}{c} \int j_c dt + v_c(0)$$

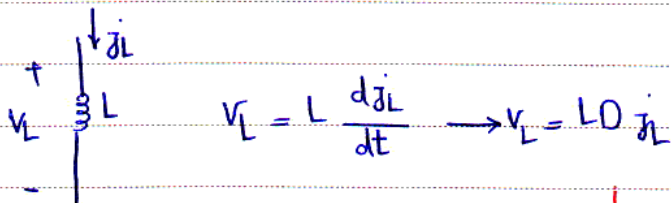
برای حل کردن معادله استرال از معادله آنرا به صورت یک معادله دیفرانسیل در نظر می‌گیریم.



$$v = \frac{1}{c} \int j_c dt \Rightarrow c \frac{dv}{dt} = j_c$$

$$c dv = j_c \rightarrow z_c = \frac{v}{j_c} \Rightarrow z_c = \frac{1}{cD}$$

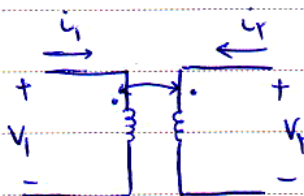
۲- سلف :



$$v_L = L \frac{dj_L}{dt} \rightarrow v_L = LD j_L$$

$$z_L = \frac{v_L}{j_L} \rightarrow z_L = LD$$

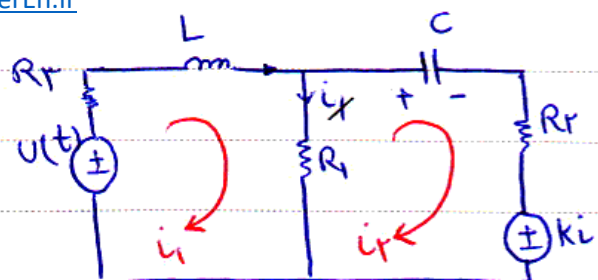
با تقسیم برای سلف‌های ترکیبی خواهیم داشت :



$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = D \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{12} & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

$$\lambda = Li \Rightarrow v = L j \omega i = LD i$$

$$v = LD i$$



$$V_C(0) = V_0$$

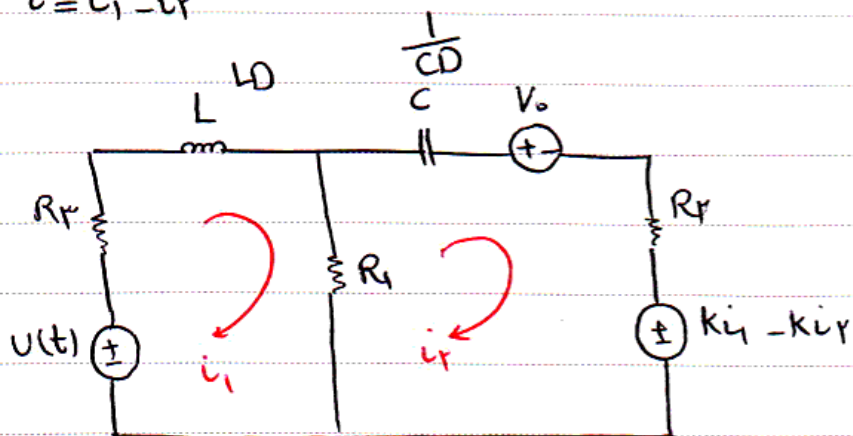
$$i_L(0) = I$$

مال^p

حل از روش میانه پس: چون مدار در ریم نیست،

دارای سلف و خازن است و شرایط اولیه داده شده است در حوزه لاپلاس حل کنیم.

$$\dot{i} = i_1 - i_2$$



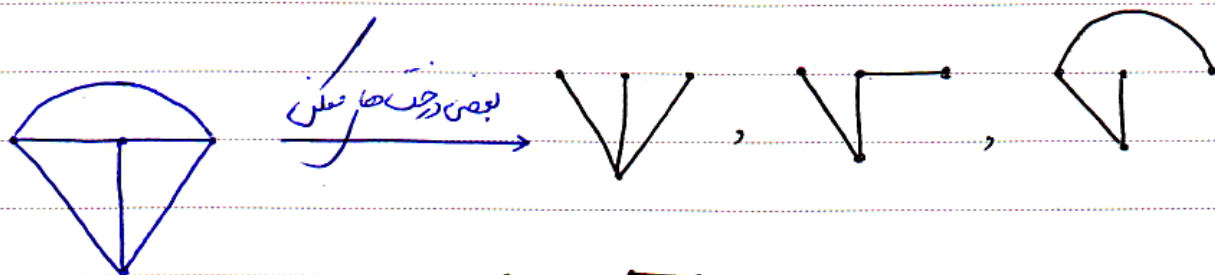
$$Z_m \cdot i = e_s$$

$$\begin{bmatrix} R_f + L D + R_1 & -R_1 \\ -R_1 + K & R_1 + \frac{1}{CD} + R_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U(t) \\ -V_0 - K i_1 + K i_2 \end{bmatrix}$$

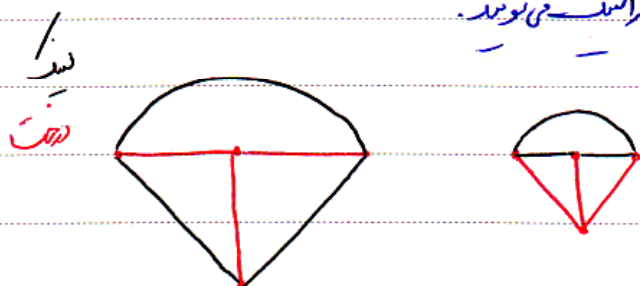
فصل ۱۱: تجزیه گسلی حلقه‌ی اساسی و طایفه‌ی اساسی:

درخت: یک گراف از یک گراف بوسیله برادری گراف می‌تواند:

- (۱) بوسیله یک
- (۲) یک گره‌ها را شامل شود
- (۳) هیچ حلقه‌ای تشکیل ندهد



نکته: ساختارهای از گراف به از ساختارهای درخت نیستند و این می‌تواند:



قضیه اساسی تقریبی گراف:

اگر گراف بوسیله G و درخت انتخابی T از آن گراف را در نظر بگیریم:

(۱) بین هر دو گره از گراف G روی درخت T یک مسیر منحصر به فرد وجود دارد.

(۲) تعداد ساختارهای درخت برابر با $n - 1$ و تعداد گره‌ها برابر با $n - 1 + 1 = n$ است.

(۳) هر گراف درخت T همراه با یک مجموعه گره‌ها می‌تواند یک حلقه را تشکیل دهد. با آن حلقه اساسی

سیرت بقدر نسبت حاجتوں اساس دایم۔

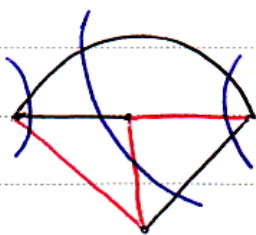
۴) هر ساختاری که دارای یک یا چند حلقه باشد و تمام حلقه‌های آن دارای یک رأس مشترک باشند، یک گراف ستاره‌ای نامیده می‌شود. (مثلاً گراف در تصویر زیر)

تساخر با آن ساختی درخت می روند یعنی به بند و ساختهای درخت، طاعت است اساسی دایم.

روغن ۳۰ رسک ۱۰ اور دل کات رسک اساسی ضاحر یا ساخدی رسک ۲

ساخته دهها مورد تقریر از دسترسیم، در ص ۲۰۲ سماء انحراف قسم من شود. نیک جای این روش انحراف هم

دلیل جهت برآورد آن ساختار درخت، تسلسل حالت است اساسی متناظر با آن ساختار درخت را می‌دهند.



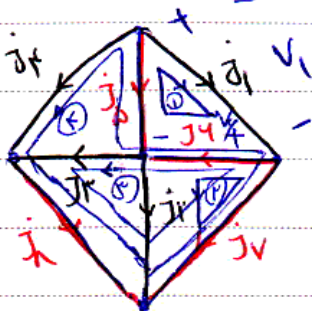
خبرہ دکنس حلقہ کا اساسی :

مراد دادا) L و $L+1$ درخت طراز $L+1$ L شماره گذاری می‌شود

مراد (۲) حب حقیقی اساسی فساد پر اجراء کے احکم حب اجرائی کے تحت قرار دینا

فرض کنید که برای هر دو جهت انتخابی مانند شکل زیر باشد:

جهت مطالعه این است.



حلقه‌ی اساسی متناظر با هر یک از شاخه‌های درخت

استادهای KVL و KCL

ماتریس B به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$B_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اگر شاخه‌ی j در حلقه‌ی اساسی i با جهت مثبت باشد} \\ 0 & \text{اگر شاخه‌ی j در حلقه‌ی اساسی i نباشد} \\ -1 & \text{اگر شاخه‌ی j در حلقه‌ی اساسی i با جهت منفی باشد} \end{cases}$$

ماتریس B برای مثال قبلی:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

استادهای KVL و KCL

$$v = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_b \end{bmatrix} \quad \text{ماتریس شاخه‌های اساسی} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}$$

$$i = \begin{bmatrix} i_1 \\ \vdots \\ i_b \end{bmatrix} \quad \text{ماتریس شاخه‌های اساسی}$$

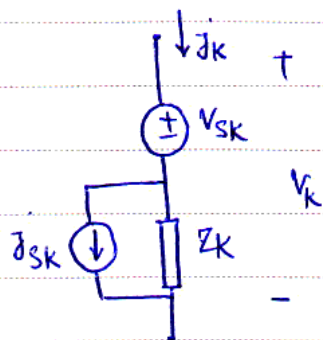
$$B \cdot v = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \\ v_7 \\ v_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 - v_5 + v_6 \\ v_2 + v_6 - v_7 \\ v_3 + v_6 - v_7 + v_8 \\ v_4 - v_5 + v_6 - v_7 + v_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$B \cdot v = 0 \quad \text{استاد KVL}$$

$$B^t \cdot i = j \quad \text{استیلاط KCL}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ -i_1 - i_4 \\ i_1 + i_2 + i_3 + i_4 \\ -i_2 - i_3 - i_4 \\ i_2 + i_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \\ j_6 \\ j_7 \\ j_8 \end{bmatrix} \Rightarrow B^t \cdot i = j$$

معادلات حلقه‌ای اساسی: در روش داریم: $\frac{\text{تقری}}{\text{میانبر}}$
 ۱- روش تنظیم
 جبراً تعیین می‌کنیم برای شاخه‌ای را به یاد داریم.



$$v_k = v_{sk} + z_k j_k - z_k j_{sk}$$

وقتی رابطه را برای تمام شاخه‌ها بنویسیم، به صورت ماتریسی خواهیم داشت:

$$v = v_s + z_b j - z_j j_s$$

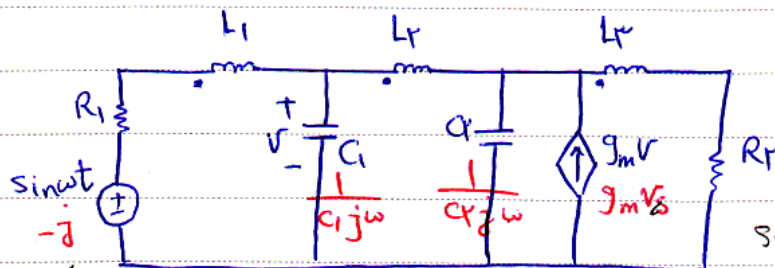
$$B \cdot v = B v_s + B z_b j - B z_j j_s$$

طرفین در B ضرب می‌شود:

$$\Rightarrow \underbrace{B z_b B^t}_{z_B} \cdot i = \underbrace{B z_b j_s - B v_s}_{e_s} \quad \textcircled{A} \Rightarrow z_B \cdot i = e_s$$

مولفه‌ی $B z_b B^t$ در طرف راست رابطه‌ی $\textcircled{A}$ ، عمل تبدیل منابع مستقل جریان را به منابع ولتاژ انجام می‌دهد.

سوال: در مدار زیر روش تنظیم حلقه‌ای اساسی، را نشان بدهید؟



$$L = \begin{bmatrix} L_1 & L_r & L_r \\ L_r & L_r & L_r \\ L_r & L_r & L_r \end{bmatrix}$$

$$\sin wt = 1 \cos(wt - 90^\circ) = 1 \angle -90^\circ = -j$$

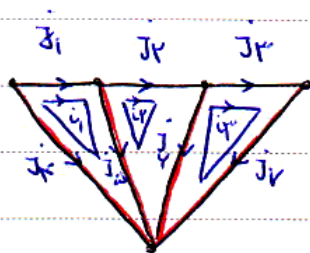
$$\cos -90^\circ + j \sin(-90^\circ) = -j$$

APCO

$$\sin wt = \cos(wt - 90^\circ) = e^{-j90^\circ} = \cos 90^\circ - j \sin 90^\circ = -j$$

$$A \cos(wt + \theta) = A e^{j\theta}$$

در حوزه مازور کار می کنیم



برای :

نسبت و درخت :

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

ماتریس یابی
درادستی ۱ و ۲

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = j\omega \begin{bmatrix} F & Y & 1 \\ Y & F & Y \\ 1 & Y & F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \end{bmatrix}$$

ابتدا برای سلف های نزدیک شده : $\lambda = L_i$

$$V = L j\omega i$$

ج بردارهای سلف ها

$$V_k = V_{sk} + Z_k j_k - Z_k j_{sk}$$

$$V_1 = F j\omega \times j_1 + Y j\omega \times j_2 + j\omega \times j_3$$

$$V_2 = Y j\omega \times j_1 + F j\omega \times j_2 + Y j\omega \times j_3$$

$$V_3 = j\omega \times j_1 + Y j\omega \times j_2 + F j\omega \times j_3$$

$$V_4 = -j + R_1 \times j_4 - R_1 \times j_0$$

$$V_5 = 0 + \frac{1}{C_1 j\omega} \times j_5 - \frac{1}{C_1 j\omega} \times j_0$$

$$V_6 = 0 + \frac{1}{C_2 j\omega} \times j_6 - \frac{1}{C_2 j\omega} \times (-g_m V_5)$$

$$V_6 = 0 + \frac{1}{C_2 j\omega} j_6 + \frac{g_m}{C_2 j\omega} \left(\frac{1}{C_1 j\omega} \right) j_5 \Rightarrow V_6 = \frac{-g_m}{C_1 C_2 \omega^2} j_5 + \frac{1}{C_2 j\omega} j_6$$

$$V_V = 0 + R_f j_V - R_f x_0$$

همچنین مائری؟

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \\ V_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -j \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_1 j\omega & R_2 j\omega & j\omega & 0 & 0 & 0 & 0 \\ R_2 j\omega & R_3 j\omega & R_4 j\omega & 0 & 0 & 0 & 0 \\ j\omega & R_4 j\omega & R_5 j\omega & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_1 j\omega} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_2 j\omega} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & R_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \\ j_6 \\ j_7 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

V_s Z_b j_s

$$Z_B = B Z_b B^t$$

$$e_s = B Z_b j_s - B V_s \quad \begin{bmatrix} \quad \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \quad \end{bmatrix}$$

۱) روش تفریق: اگر شرایط زیر در مدار برقرار باشد در معادله $e_s = Z_B i_s$ مائری های Z_B و e_s را می توان

معمولاً تفسیر داد.

۱) منابع جریان وجود نداشته باشند و اگر دارند منبع ولتاژ تبدیل شوند.

۲) سلف نریز شده وضع داشته وجود نداشته باشد.

$$\begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ \vdots \\ i_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{s1} \\ \vdots \\ e_{sn} \end{bmatrix}$$

مجموع امپدانس های موجود در حلقه اساسی نام

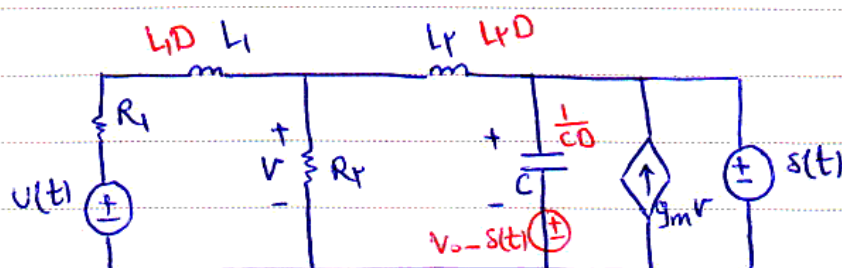
$z_{ij} = \begin{cases} i=j & \text{مجموع امپدانس حلقه اساسی نام} \\ i \neq j & \text{مجموع امپدانس حلقه مشترک بین حلقه های اساسی نام (از جهت حلقه های اساسی در ساختار سلف که مسایان بود با علامت مثبت و اگر حلقه بود با علامت منفی جمع می زنیم).} \end{cases}$

$e_{S_i} =$ مجموع منابع ولتاژ موجود در حلقه‌ی اساسی i (اگر از سر منبع وارد شدیم علامت + و اگر از سر مثبت وارد شدیم علامت - صحت می‌دهد)

۳) روش منابع در حلقه‌ی تعویض است.

با این تفاوت که منابع وابسته نمی‌توانند وجود داشته باشند. وابستگی‌ها را در حلقه‌های تعویض و منابع وابسته را

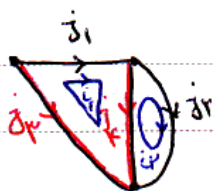
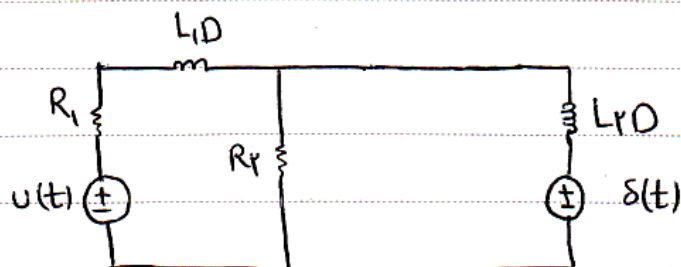
مانند منابع مستقل فرض می‌کنیم. معادلات را بر روش تعویض می‌نویسیم. در نهایت اگر وابستگی را به ماتریس Z_B برمی‌گردانیم



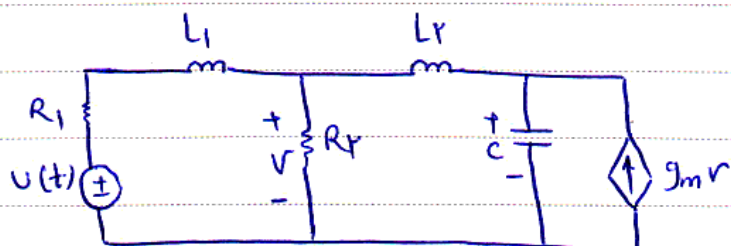
سوال

$$\begin{aligned}
 v_c(0) &= v_0 \\
 i_{L_1}(0) &= i_{L_r}(0) = I_0
 \end{aligned}$$

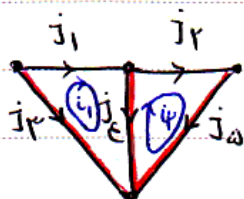
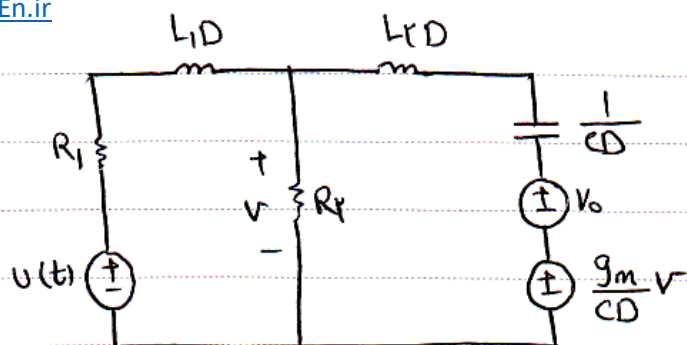
در حلقه‌ی استرال - در نوشتن حل می‌کنیم:



$$\begin{bmatrix} R_1 + L_1 D + R_f & -R_f \\ -R_f & R_f + L_r D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U(t) \\ -s(t) \end{bmatrix}$$



سوال



$$v = R_f i_1 - R_f i_2$$

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_f + L_r D & -R_f \\ -R_f & R_f + L_r D + \frac{1}{C_D} - \frac{g_m R_f}{C_D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u(t) \\ -V_o - \frac{g_m R_f}{C_D} i_1 + \frac{g_m R_f}{C_D} i_2 \end{bmatrix}$$

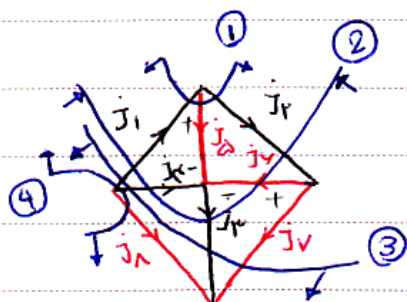
مجموعه و تحلیل گام است:

با تعین جهت مناسب در شاخه مدار:

وارداد ۱: شاخه‌ها را از ۱ تا ۴ و شاخه‌ها را از ۱ تا ۴ با شماره گذاری کنیم

وارداد ۲: جهت گام است را هم جهت با جهت شاخه‌ها قرار در نظر بگیریم

مسئله فرض کنید یک گراف و درجه اتحالی به صورت زیر باشد و



مانند Q د

$$Q_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \\ -1 \end{cases}$$

اگر سازه در یک سمت باشد و در آن سمت جهت باشد
اگر سازه در یک سمت باشد و در آن سمت جهت نباشد
اگر سازه در یک سمت باشد و در آن سمت جهت نباشد

دوستان! سازه داریم

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ماتریس اینجایی که از آن برداشتیم

استاد! KVL و KCL

$$j = \begin{bmatrix} j_1 \\ \vdots \\ j_b \end{bmatrix}$$

در یک سازه

$$v = \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_b \end{bmatrix}$$

در یک سازه

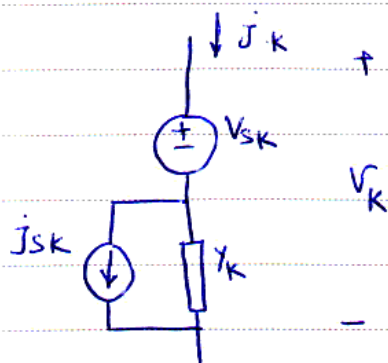
$$e = \begin{bmatrix} e_{L+1} \\ \vdots \\ e_b \end{bmatrix}$$

در یک سازه

$$Q \cdot j = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \\ j_6 \\ j_7 \\ j_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j_1 + j_2 + j_5 \\ j_1 - j_2 - j_3 + j_4 + j_6 \\ -j_1 + j_3 - j_4 + j_7 \\ j_1 + j_4 + j_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow Q \cdot j = 0 \quad \text{استاد! KCL}$$

$$Q \cdot e = \begin{bmatrix} -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_\Delta \\ e_q \\ e_v \\ e_\Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \\ v_7 \\ v_8 \end{bmatrix} \Rightarrow Q \cdot e = v \text{ استناد KVL}$$



$$j_k = j_{sk} + y_k v_k - y_k v_{sk}$$

معادلات گره‌هاست اساسی و
تعیین نمودار ساختار محدود در نظر می‌گیریم

دسترسی معادله را برای تمام شاخه‌ها بنویسیم، معادلات ماتریسی زیر را حاصل می‌شود:

$$j = j_s + y_q v - y_q v_s$$

$$Q \cdot j = Q j_s + Q y_q v - Q y_q v_s$$

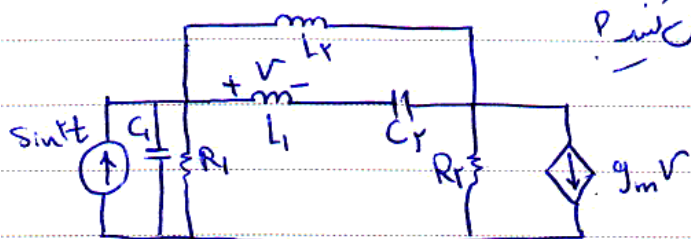
در اینجا Q :

$$Q y_q Q^T \cdot e = Q y_q v_s - Q j_s$$

$$Y_Q \cdot e = i_s$$

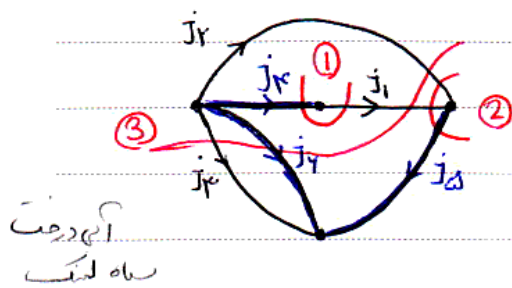
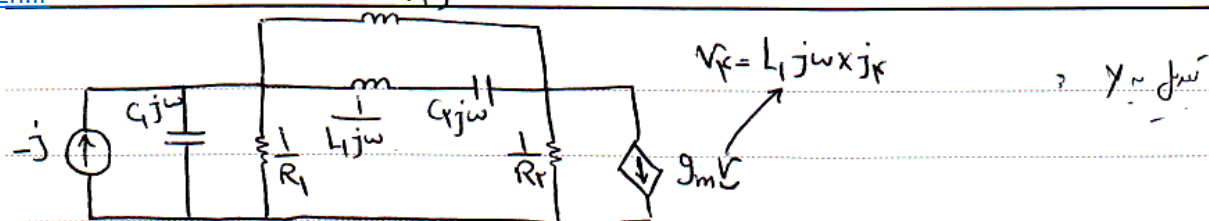
تبدیل منابع دیتا، سست جریان

سوال: مدار زیر را به روش گره‌هاست اساسی تنظیم کنید؟



در این مدار گره‌هاست
خون، ادیتاسی، به کار داریم
در این مدار گره‌هاست

$$Y_L = \frac{1}{Lj\omega} \Leftarrow Z_L = j\omega L \quad Y_C = j\omega C \Leftarrow Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$



$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$j_1 = 0 + C_1 j\omega \times V_1 - C_1 j\omega \times 0$$

$$j_2 = 0 + \frac{1}{L_1 j\omega} V_2 - \frac{1}{L_1 j\omega} \times 0$$

$$j_3 = -(-j) + C_1 j\omega \times V_3 - C_1 j\omega \times 0$$

$$j_4 = 0 + \frac{1}{L_1 j\omega} \times V_4 - \frac{1}{L_1 j\omega} \times 0$$

$$j_5 = g_m V_4 + \frac{1}{R_f} V_5 - \frac{1}{R_f} \times 0$$

$$j_5 = g_m \times L_1 j\omega \left(\frac{1}{L_1 j\omega} \right) V_4 + \frac{1}{R_f} V_5 \Rightarrow j_5 = 0 + g_m V_4 + \frac{1}{R_f} V_5$$

$$j_6 = 0 + \frac{1}{R_1} V_6 - \frac{1}{R_1} \times 0$$

$$j_s = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ j \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad V_s = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Y_q = \begin{bmatrix} C_1 j\omega & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_1 j\omega} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 j\omega & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{L_1 j\omega} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & g_m & \frac{1}{R_f} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{R_1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} Y_Q = Q Y_q Q^t \\ I_s = Q Y_q V_s - Q j_s \end{cases}$$

ولید جواب

۲. روش حرکت ۲ اگر سلف نیز در مدار قرار بگیرد می توان γ_Q و γ را استخراج داد:

(۱) منابع ولتاژ موجود نباشند اگر سلف منبع جریان تبدیل شوند.

(۲) سلف زوفا شده و منبع ولتاژ داشته باشیم.

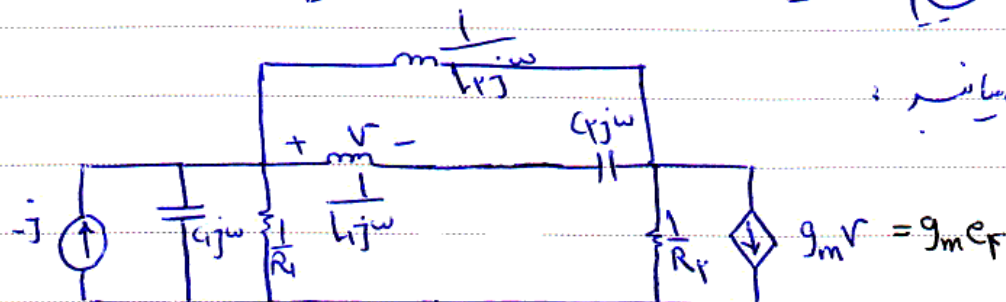
$$y_{ij} = \begin{cases} i=j & \text{مجموع ادیتانس ها در مختل بهات سلف نام} \\ i \neq j & \text{مجموع ادیتانس ها در مشترکات سلف و زوفا} \\ & \text{(از جهت درگاه سلف در ساختار مشترک یکسان بود)} \\ & \text{با علامت مثبت در غیر این صورت با علامت منفی جمع میزنیم.} \end{cases}$$

$$i_{Si} = \text{مجموع جریان منابع جریان موجود در درگاه سلف نام (از جهت منبع مخالف جهت درگاه سلف بود با علامت مثبت در غیر این صورت با علامت منفی جمع میزنیم)}$$

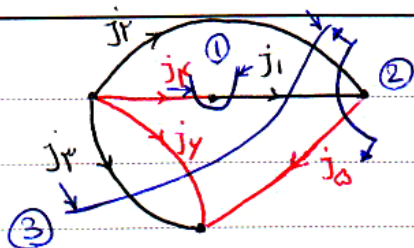
۳. روش میانبر: همان روشی است که با این تفاوت که منابع ولتاژ نیز می توانند وجود داشته باشند.

مانند واسطه ها را بر حسب ولتاژ ساختار درخت میزنیم و منابع ولتاژ را مانند منابع مستقل میزنیم.

معادلات را بر روشی که در روش اول واسطه را به ماتریس γ_Q بر میزنیم.



مثال: مثال قبل بر روش میانبر.



$$\begin{bmatrix} \frac{1}{L_1 j\omega} + C_1 j\omega & C_1 j\omega & -C_1 j\omega \\ C_1 j\omega + g_m & \frac{1}{L_2 j\omega} + C_1 j\omega + \frac{1}{R_2} & \frac{-1}{L_2 j\omega} - C_1 j\omega \\ -C_1 j\omega & \frac{-1}{L_2 j\omega} - C_1 j\omega & C_1 j\omega + \frac{1}{R_1} + C_1 j\omega + \frac{1}{L_2 j\omega} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_x \\ e_\Delta \\ e_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ g_m e_x \\ 0 \end{bmatrix}$$

نکات مهم برای حل مسائل:

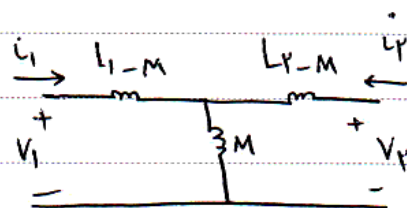
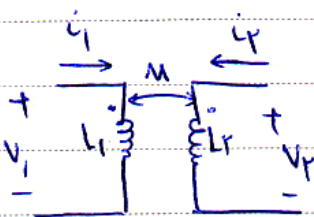
۱- در روش نود ولتاژات ست اساسی منابع جریان را می توان به همراه یک سلفه در نظر گرفت.

۲- در تحلیل گره ها و حلقه ها منابع ولتاژ را می توان به همراه یک سلفه در نظر گرفت.

۳- در تحلیل گره ها و ولتاژات ست اساسی، گراف ها می توانند غیر مسطح باشند اما در روش مس خیز.

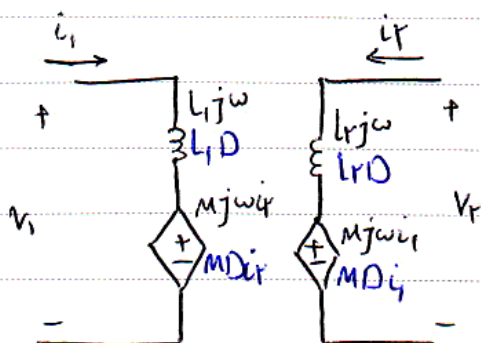
۴- در روش حصار مانند، گفته بودیم سلف توزیع شده نباید وجود داشته، لکن می توان به طریقی حصار توزیع شده را معادل کرد.

و از روش میانبر استفاده کرد.



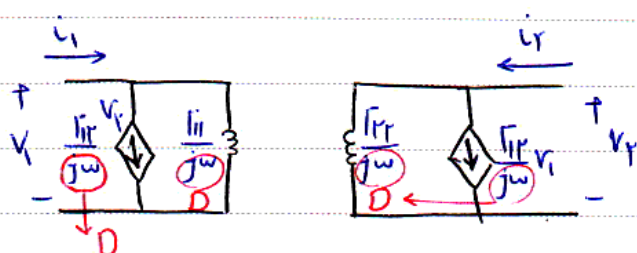
معادل اصل: مدار معادل T

روش استفاده از این معادل این است که سلف ها در مجاورت هم باشند و با سلف متکامل داشته باشند.



معادل دوم:

کاربرد در روش مش در حلقه اساسی.



معادل سوم:

کاربرد در روش مش در گره های تک ست اساسی.

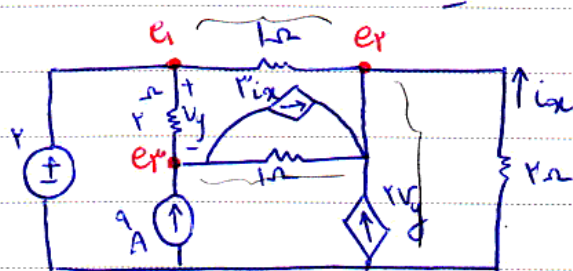
۵- در بعضی مدارات به هنگام استفاده از روش های تعویض منابع مستقل و محدود دارد که قابل تبدیل نیستند یا تبدیل آن ها

برخی اتمام می شود. لذا منابع جریان در تبدیل ها روش و حلقه اساسی و منابع ولتاژ در تبدیل ها روش و گره های تک ست اساسی.

در این موارد به صورت زیر عمل می کنیم.

الف) در تحلیل ها روش و گره های تک ست اساسی، این منابع (منابع ولتاژ)، ولتاژ و یا ولتاژ یک منبع درخت اند. در این

حالت در روش های تعویض، ولتاژ مشخص شده را در برابر e قرار می دهیم، پس به صورت زیر می توانیم x_a تا x_n



خذف می کنیم. /
مثال: حل از روش های منابع متغیر



$$\Rightarrow r_{V_y} = r_{e_1} - r_{e_r}$$

$$a + \frac{1}{r} \text{er}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} -\frac{3}{4} & \frac{1}{4} & 1 \\ -\frac{1}{4} & -\frac{3}{4} & \frac{1}{4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ e_r \\ e_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -9 \end{bmatrix}$$

$$|e_T = y - K e_T$$

$$\boxed{r_{ey} - a_{ey} = -14}$$

$$e_r = Y - K \times Y = -Y \rightarrow |e_r| = -Y$$

$$i_{gx} = -\frac{er}{r} = -1$$

(- در تحلیل حاضر، در حلقه اساسی، این منابع (منابع جریان)، جریان یک می باشد، در حلقه اساسی اند.

در این حالت در بین حاکم نظری، عزیزان شخص شده اند و در این فرآیند هم، می شود به رابطه $Z_B \perp Z_m$

حذف حرف



فصل ۱۲: معادلات حالت

معدهای حالت: کوچکترین دسته از متغیرهای سیستم است به صورتی که بتوان با دانستن آن متغیرها در $t = t_0$ دانستن

متغیرها در $t > t_0$ توان مقادیر متغیرها را در هر لحظه $t > t_0$ تعیین کرد. اگر سیستم n متغیر حالت $x_1(t), x_2(t), \dots$

$$x(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{bmatrix}$$

و $x(t)$ وجود داشته باشد، بردار حالت به صورت زیر تعریف می شود:

معادلات حالت: اگر معادلات دینامیک یک سیستم را به صورت زیر بنویسیم، این سیستم معادلات حالت تشکیل شده است.

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t), u(t))$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = x'(t)$$

بردار ورودی ها $u(t)$
بردار حالت $x(t)$

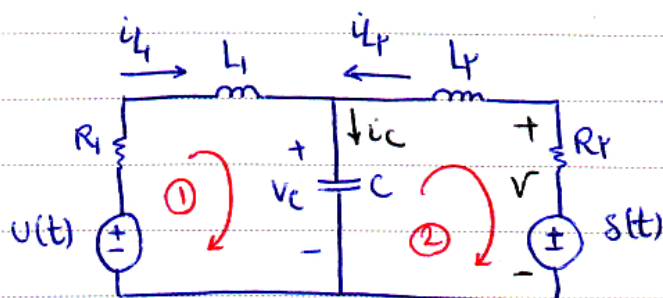
در شبکه های حضور دینامیک و غیرایزمان

$$x'(t) = A x(t) + B u(t)$$

$$y(t) = C x(t) + D u(t)$$

ی
خروجی
سیستم

مثال: مدار زیر را در نظر بگیرید:



$$\text{KVL (1): } -U(t) + R_1 i_{L1} + L_1 \frac{di_{L1}}{dt} + v_C = 0$$

$$\rightarrow \frac{di_{L1}}{dt} = -\frac{R_1}{L_1} i_{L1} - \frac{1}{L_1} v_C + \frac{1}{L_1} U(t)$$

$$KVL(2): -V_C - L_r \frac{di_{L_r}}{dt} - R_r i_{L_r} + s(t) = 0$$

$$\left| \frac{di_{L_r}}{dt} = \frac{-R_r}{L_r} i_{L_r} - \frac{1}{L_r} V_C + \frac{1}{L_r} s(t) \right.$$

$$KCL: i_L + i_{L_r} = C \frac{dv_C}{dt} \rightarrow \left| \frac{dv_C}{dt} = \frac{1}{C} i_L + \frac{1}{C} i_{L_r} \right.$$

در اساس این معادلات می‌توان بردار حالت را به صورت زیر تعریف کرد:

$$V = -R_r i_{L_r} + s(t)$$

حوزه سیستم به صورت بردار است:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

حالت:

$$y = Cx + Du$$

بردار ورودی ها

بردار خروجی ها

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L \\ \dot{i}_{L_r} \\ \dot{v}_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-R_l}{L} & 0 & \frac{1}{L} \\ 0 & \frac{-R_r}{L_r} & -\frac{1}{L_r} \\ \frac{1}{C} & \frac{1}{C} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ i_{L_r} \\ v_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_r} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(t) \\ s(t) \end{bmatrix}$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \dot{i}_L \\ \dot{i}_{L_r} \\ \dot{v}_C \end{bmatrix}}_{\dot{x}} = \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{-R_l}{L} & 0 & \frac{1}{L} \\ 0 & \frac{-R_r}{L_r} & -\frac{1}{L_r} \\ \frac{1}{C} & \frac{1}{C} & 0 \end{bmatrix}}_A \underbrace{\begin{bmatrix} i_L \\ i_{L_r} \\ v_C \end{bmatrix}}_x + \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_r} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}}_B \underbrace{\begin{bmatrix} u(t) \\ s(t) \end{bmatrix}}_u$$

$$V = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & -R_r & 0 \end{bmatrix}}_C \underbrace{\begin{bmatrix} i_L \\ i_{L_r} \\ v_C \end{bmatrix}}_x + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}}_D \underbrace{\begin{bmatrix} u(t) \\ s(t) \end{bmatrix}}_u$$

به طوری که اگر در یک سیستم، n متغیر حالت، m ورودی و k خروجی داشته باشیم، ابعاد ماتریس ها در نظام حالت به صورت زیر خواهد بود:

$$[\dot{x}]_{n \times 1} = [A]_{n \times n} [x]_{n \times 1} + [B]_{n \times m} [u]_{m \times 1}$$

نیز خواهد بود:

$$[y]_{k \times 1} = [C]_{k \times n} [x]_{n \times 1} + [D]_{k \times m} [u]_{m \times 1}$$

الگوریتم معادلات حالت:

۱- انتخاب متغیرهای حالت: بر اساس عناصر ذخیره کننده انرژی انجام می شود. در سلف ها انرژی را در سلف ها و

در ولتاژ خازن ها به عنوان متغیرهای حالت انتخاب می شوند. به طوری که می توان، سلف ها و بار خازن ها را به عنوان

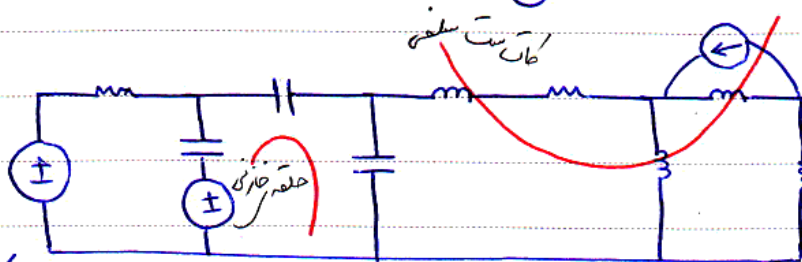
متغیرهای حالت انتخاب نمود.

۲- انتخاب درخت مناسب: درختی انتخاب می کنیم که شامل خازن ها بوده و شامل سلف ها نباشد.

سوال: آیا می توان پیدا کرد؟ خیر، در شرایطی که سلف ها در خازن ها قرار دارند انتخاب نمی کنیم، همچنین

در شرایطی که سلف ها در سلف ها قرار دارند انتخاب نمی کنیم. در نتیجه تعداد درخت های خازنی و سلف ها را تعداد

حالت کم می شود. حالت خازنی و سلف ها با یکدیگر متعلق به یک متغیر می توان مشخص داد.



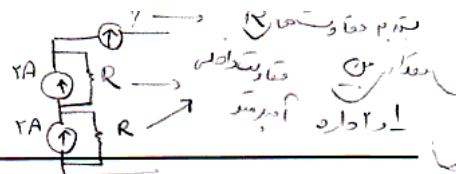
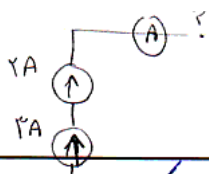
۳- تعداد متغیرهای حالت: ۴-۱-۱=۲: تعداد خازن ها: ۱: تعداد سلف ها: ۴: تعداد عناصر ذخیره کننده

۳- KCL: بار در سلف ها خازنی می کنیم و متغیر می کنیم که در سلف ها متغیرهای حالت نوشته شود.

۴- KVL: بار در سلف ها شامل سلف ها می کنیم و متغیر می کنیم که در سلف ها متغیرهای حالت نوشته شود.

Subject :

Year . Month . Date . ()



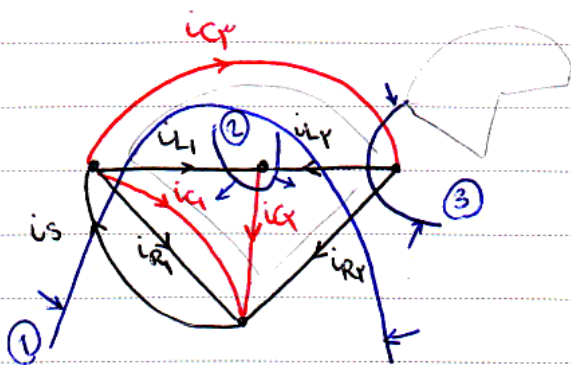
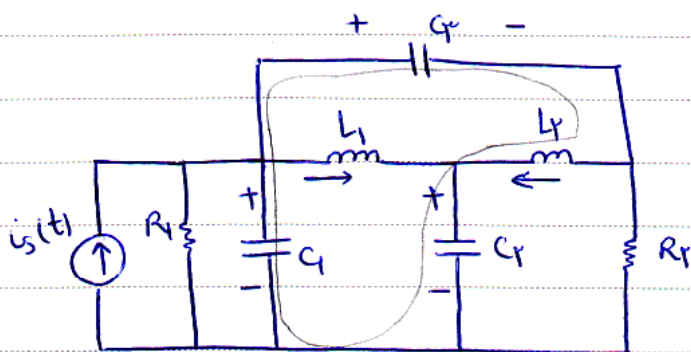
۵- در صورت وجود متغیر غیر حالت در مراحل ۲ و ۳ از این متغیر غیر حالت، متغیر یک سلف بود، حل کنید اساسی را در آن

سلف می نویسیم متغیر حالت تبدیل شود

۶- در صورت وجود متغیر غیر حالت در مراحل ۲ و ۳، در صورتیکه این متغیر در یک سلف درجست بود، طاب سلف اساسی

را در آن سلف درجست می نویسیم متغیر حالت تبدیل شود

مثال) معادلات حالت مدار زیر ؟



منبع جریان را به عنوان یک سلف مستقل در نظر می گیریم

$$x(t) = \begin{bmatrix} i_{L1} \\ i_{L2} \\ v_{C1} \\ v_{C2} \\ v_{C3} \end{bmatrix}$$

$$KCL(1): i_{L1} + i_{L2} + C_1 \frac{dv_{C1}}{dt} + i_{R1} - i_s + i_{R2} = 0$$

$$\frac{dv_{C1}}{dt} = -\frac{1}{C_1} i_{L1} - \frac{1}{C_1} i_{L2} - \frac{1}{C_1} (i_{R1}) - \frac{1}{C_1} (i_{R2}) + \frac{1}{C_1} i_s \quad (1)$$

$$KCL(2): C_2 \frac{dv_{C2}}{dt} - i_{L1} - i_{L2} = 0 \rightarrow \frac{dv_{C2}}{dt} = \frac{1}{C_2} i_{L1} + \frac{1}{C_2} i_{L2}$$

$$KCL(3): C_r \frac{dv_{Cr}}{dt} - i_{Lr} - i_{Rr} = 0 \rightarrow \left| \frac{dv_{Cr}}{dt} = \frac{1}{C_r} i_{Lr} + \frac{1}{C_r} i_{Rr} \right. \quad (2)$$

$$KVL(1): L_1 \frac{di_{L1}}{dt} + v_{Cr} - v_{C1} = 0 \rightarrow \left| \frac{di_{L1}}{dt} = \frac{1}{L_1} v_{C1} - \frac{1}{L_1} v_{Cr} \right.$$

$$KVL(2): L_r \frac{di_{Lr}}{dt} + v_{Cr} - v_{C1} + v_{Cr} = 0 \rightarrow \left| \frac{di_{Lr}}{dt} = \frac{1}{L_r} v_{C1} - \frac{1}{L_r} v_{Cr} - \frac{1}{L_r} v_{Cr} \right.$$

$$KVL: R_1 i_{R1} - v_{C1} = 0 \rightarrow \left| i_{R1} = \frac{v_{C1}}{R_1} \right. \quad \text{حرف غلط است}$$

$$KVL: R_r i_{Rr} - v_{C1} + v_{Cr} = 0 \rightarrow \left| i_{Rr} = \frac{v_{C1} - v_{Cr}}{R_r} \right. \quad \text{حرف غلط است}$$

$$\left| i_{Rr} = \frac{1}{R_r} v_{C1} - \frac{1}{R_r} v_{Cr} \right.$$

$$\frac{dv_{C1}}{dt} = -\frac{1}{C_1} i_{L1} - \frac{1}{C_1} i_{Lr} - \frac{1}{C_1} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_r} \right) v_{C1} - \frac{1}{R_r} v_{Cr} + \frac{1}{C_1} i_s \quad (2), (1)$$

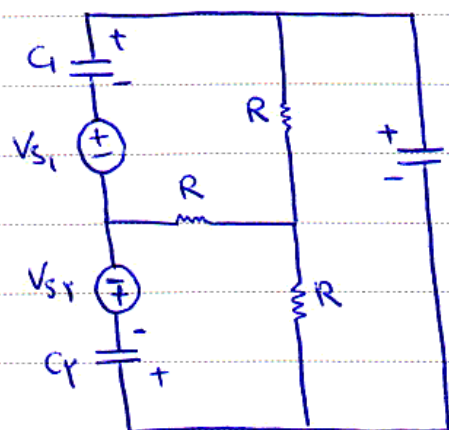
$$\frac{dv_{Cr}}{dt} = \frac{1}{C_r} i_{Lr} + \frac{1}{C_r} \frac{v_{C1}}{R_r} - \frac{1}{C_r R_r} v_{Cr}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_{L1} \\ \dot{i}_{Lr} \\ \dot{v}_{C1} \\ \dot{v}_{Cr} \\ \dot{v}_{Cr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{L_1} & \frac{-1}{L_1} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{L_r} & \frac{-1}{L_r} & \frac{-1}{L_r} \\ \frac{-1}{C_1} & \frac{-1}{C_1} & \frac{-1}{C_1} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_r} \right) & 0 & \frac{-1}{R_r} \\ \frac{1}{C_r} & \frac{1}{C_r} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_r} & \frac{1}{C_r R_r} & 0 & \frac{-1}{C_r R_r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{L1} \\ i_{Lr} \\ v_{C1} \\ v_{Cr} \\ v_{Cr} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{C_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} i_s(t)$$

← A →

← B →

مثال ۲: قبل از تقسیم این مدار به حالت چسب هم نوشته



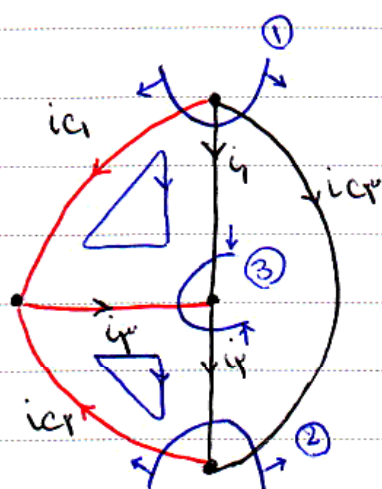
شوند از تعداد متغیرهای حالت هم می شود ماند حلقه خارجی و بات است

$$V_{C2} + V_{S2} - V_{S1} - V_{C1} + V_{C3} = 0$$

سلفی

$$V_{C3} = V_{C1} - V_{C2} + V_{S1} - V_{S2}$$

یعنی از تعداد متغیرهای حالت هم می شود ماند حلقه خارجی و بات است



$$x = \begin{bmatrix} V_{C1} \\ V_{C2} \end{bmatrix}$$

۱ تا ۲ را به عنوان انتخاب می کنیم

$$Kcl(1): C_1 \frac{dV_{C1}}{dt} + i_1 + i_{C3} = 0 \rightarrow \dot{V}_{C1} = -\frac{1}{C_1} i_1 - \frac{1}{C_1} i_{C3} \quad ①$$

$$Kcl(2): C_2 \frac{dV_{C2}}{dt} - i_2 - i_{C3} = 0 \rightarrow \dot{V}_{C2} = \frac{1}{C_2} i_2 + \frac{1}{C_2} i_{C3} \quad ②$$

حذف غیر حالت ها: این متغیر نیست است حلقه اساسی این نیست از این می نویسیم

$$KVL: R i_1 - R i_2 - V_{S1} - V_{C1} = 0 \rightarrow i_1 = \underbrace{i_2}_{\text{غیر حالت}} + \frac{1}{R} V_{C1} + \frac{1}{R} V_{S1} \quad (A)$$

به این درج به یک ساختار درخت است. کات است ساختار این ساده از این می نویسیم

$$Kcl(3): i_3 + i_1 - i_2 = 0 \rightarrow i_3 = i_2 - i_1$$

$$i_1 = i_1 + \frac{1}{R} V_{C1} + \frac{1}{R} V_{S1}$$

جانبی در (A)

$$\rightarrow i_1 = \frac{1}{R} \textcircled{i_1} + \frac{1}{R} V_{C1} + \frac{1}{R} V_{S1} \quad (B)$$

این معادله نیست است. علتش اینست که این معادله را در این سیستم

$$KVL(2): R i_1 + V_{C1} + V_{S1} + R i_1 = 0 \rightarrow i_1 = \frac{-V_{C1}}{R} - \frac{V_{S1}}{R}$$

$$i_1 = i_1 - \frac{1}{R} V_{C1} - \frac{1}{R} V_{S1} \rightarrow i_1 = \frac{1}{R} i_1 - \frac{1}{R} V_{C1} - \frac{1}{R} V_{S1} \quad (C)$$

$$i_1 = \frac{1}{R} i_1 - \frac{1}{R} V_{C1} - \frac{1}{R} V_{S1} + \frac{1}{R} V_{C1} + \frac{1}{R} V_{S1}$$

جانبی در (C) و (B)

$$\frac{R}{R} i_1 = \frac{-1}{R} V_{C1} - \frac{1}{R} V_{S1} + \frac{1}{R} V_{C1} + \frac{1}{R} V_{S1}$$

$$i_1 = \frac{-1}{R} V_{C1} - \frac{1}{R} V_{S1} + \frac{1}{R} V_{C1} + \frac{1}{R} V_{S1} \quad (E)$$

جانبی در (E) و (C)، این نیز جواب معادله حالت سال در مورد

$$i_1 = \frac{-1}{R} V_{C1} - \frac{1}{R} V_{S1} + \frac{1}{R} V_{C1} + \frac{1}{R} V_{S1} - \frac{1}{R} V_{C1} - \frac{1}{R} V_{S1}$$

$$i_1 = \frac{1}{R} V_{C1} - \frac{1}{R} V_{C1} - \frac{1}{R} V_{S1} + \frac{1}{R} V_{S1} \quad (F)$$

این در این صورت روابط E و F، خود در حالت تبدیل شوند.

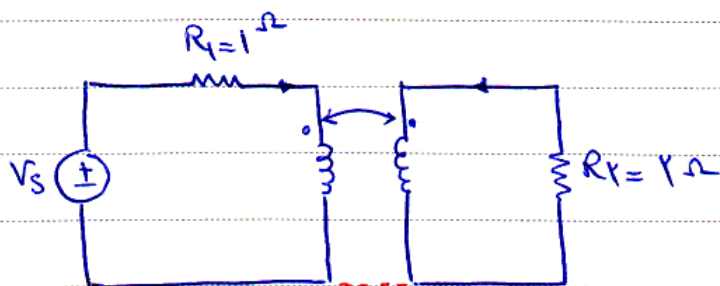
$$V_{C1} = V_{C1} - V_{C1} + V_{S1} - V_{S1}$$

حذف غیر حالت ها

$$i_{cp} = C_p \dot{V}_{cp} \rightarrow i_{cp} = C_p \dot{V}_{c1} - C_p \dot{V}_{c2} + C_p \dot{V}_{s1} - C_p \dot{V}_{s2} \quad (9)$$

اجابتهی g در ① و ② استفاده از سایر روابط اندازه گیری شده، معادلات حالت بدست می آید. اطمینان حاصل کنید

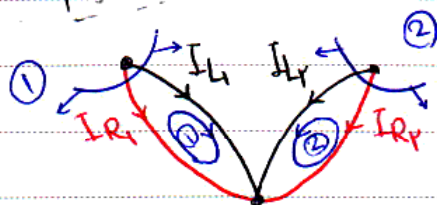
دانشجو



$$L = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$$

مثال

خودمان به دست می آوریم



برای

$$\lambda_1 = L_{11} i_1 + M i_2 \xrightarrow{\frac{d}{dt}} v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

$$KVL(1): 1 \times \frac{dI_{L1}}{dt} + 1 \times \frac{dI_{L2}}{dt} - V_s - 1 \times I_{R1} = 0$$

$$I_{L1} + I_{L2} - I_{R1} + V_s = 0 \quad (1)$$

$$KVL(2): 2 \times \frac{dI_{L2}}{dt} + 1 \times \frac{dI_{L1}}{dt} - 2 I_{R2} = 0 \rightarrow 2 I_{L2} + I_{L1} = 2 I_{R2} \quad (2)$$

هدف عند حالت I_{R1} : تغییرات I_{R1} است. به دست می آید که I_{R1} متغیر است.

$$KCL(1): I_{L1} + I_{R1} = 0 \rightarrow I_{R1} = -I_{L1} \quad (A)$$

خلف غنچه I_{R_2} : متغیر ساختار درخت است، ثابت اساسی آن را می نویسیم.

$$\text{kel (2): } I_{L_2} + I_{R_2} = 0 \rightarrow I_{R_2} = -I_{L_2} \quad (3)$$

بجایگزینی (A) در (1) و (B) در (2)،

$$\begin{cases} I_{L_1} + I_{L_2} = -I_{L_1} + V_s \rightarrow I_{L_1} = -I_{L_2} - I_{L_2} + V_s & (3) \\ 2I_{L_2} + I_{L_1} = -2I_{L_2} & (4) \end{cases}$$

$$2I_{L_2} - I_{L_1} - I_{L_2} + V_s = -2I_{L_2} \rightarrow I_{L_2} = I_{L_1} - 2I_{L_2} - V_s \quad (5)$$

بجایگزینی (3) در (4) و

$$I_{L_1} = -I_{L_1} - I_{L_1} + 2I_{L_2} + V_s + V_s$$

بجایگزینی (5) در (3) :

$$I_{L_1} = -2I_{L_1} + 2I_{L_2} + 2V_s \quad (6)$$

از (5) و (6) :

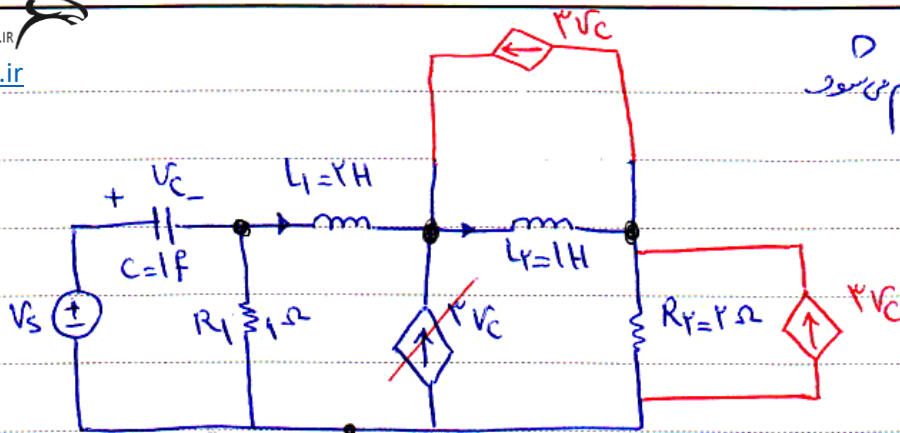
$$\begin{bmatrix} I_{L_1} \\ I_{L_2} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} -2 & 2 \\ 1 & -2 \end{bmatrix}}_A \begin{bmatrix} I_{L_1} \\ I_{L_2} \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 2 \\ -1 \end{bmatrix}}_B V_s$$

نکته: در شرایطی که تغییر خارجی و طاق است سلفی را می توانیم به چپ یا راست تغییر حالت و چپ هم نوشته می شوند، از تعداد تغییر حالت اکم می شود.

در منابع وابسته نیز علاوه بر شرایط فوق، ممکن است تغییر حالت را از چپ هم بیان کنند، در این صورت

با زخم از تعداد متغیرها حالت نسبی شود

مثال (۱)



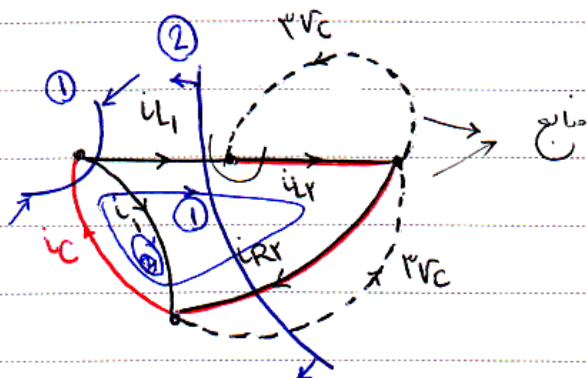
تعداد عناصر ذخیره کننده انرژی ۳ است. به نظر می رسد ۳ متغیر حالت داشته باشیم ولی اگر دقت کنیم، مشاهده می کنیم که ۲

$$KCL: 3V_C = i_{L_2} - i_{L_1}$$

یعنی یکی از متغیرهای حالت بر حسب بقیه بیان می شود، در نتیجه ۲ متغیر حالت داریم. از ۳ متغیر موجود، ۱ را به عنوان انتخاب می کنیم.

$$x = \begin{bmatrix} i_{L_1} \\ V_C \end{bmatrix}$$

حال متغیرهای حالت را به دست می آوریم:



معادلات

$$KCL(1): C \frac{dV_C}{dt} - i_1 - i_{L_1} = 0 \rightarrow \dot{V_C} = \frac{1}{C} i_{L_1} + \frac{1}{C} i_1 \quad (1)$$

$$KVL(1): L_1 \frac{di_{L_1}}{dt} + L_2 \frac{di_{L_2}}{dt} + R_2 i_{R_2} - V_s + V_C = 0$$

$$L_1 \dot{i}_{L_1} + L_2 \dot{i}_{L_2} + R_2 i_{R_2} - V_s + V_C = 0 \quad (2)$$

PAPCO

خون غبطت اینا، اینا مغزیک نیست است، حلقه اساسی آن را می نویسم.

$$KVL(2): R_1 i_1 - V_s + V_c = 0 \rightarrow i_1 = \frac{-1}{R_1} V_c + \frac{1}{R_1} V_s \quad (A)$$

خون غبطت اینا، اینا مغزیک نیست است. کت اساسی این را می نویسم.

$$KCL(2): i_{R_f} - i_{L_1} - 2V_c = 0 \rightarrow i_{R_f} = i_{L_1} + 2V_c \quad (B)$$

خون غبطت اینا،

$$i_{L_r} = i_{L_1} + 2V_c \rightarrow i_{L_r} = i_{L_1} + 2V_c \quad (C)$$

جانبی (A), (B), (C) در (1) و (2)

$$V_c = \frac{1}{C} i_{L_1} - \frac{1}{R_{1C}} V_c + \frac{1}{CR_1} V_s \quad (3)$$

$$L_1 \ddot{i}_{L_1} + L_r \ddot{i}_{L_r} + 2L_r \dot{V}_c + R_f i_{L_1} + 2R_f V_c - V_s + V_c = 0$$

$$(L_1 + L_r) \ddot{i}_{L_1} + \frac{2L_r}{C} \dot{i}_{L_1} - \frac{2L_r}{R_{1C}} \dot{V}_c + \frac{2L_r}{R_{1C}} V_s + R_f i_{L_1} + 2R_f V_c - V_s + V_c = 0$$

← $2L_r \dot{V}_c$ →

$$(L_1 + L_r) \ddot{i}_{L_1} + \left(\frac{2L_r}{C} + R_f\right) \dot{i}_{L_1} + \left(1 + 2R_f - \frac{2L_r}{R_{1C}}\right) \dot{V}_c + V_s \left(\frac{2L_r}{R_{1C}} - 1\right) = 0$$

عوض می دهیم

$$V_c = i_{L_1} - V_c + V_s$$

$$2 \ddot{i}_{L_1} + 5 \dot{i}_{L_1} + 2 \dot{V}_c + 2 V_s = 0 \rightarrow \ddot{i}_{L_1} = -\frac{5}{2} \dot{i}_{L_1} - \frac{2}{2} \dot{V}_c - \frac{2}{2} V_s$$

$$\begin{bmatrix} v_c \\ i_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -\frac{4}{3} & -\frac{5}{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_c \\ i_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ -\frac{2}{3} \end{bmatrix} v_s$$

نکته: در صورت لزوم، می‌توان یک شاخه مستقل در نظر گرفت، در این صورت سعی می‌شود منابع ولتاژ فرد شاخه خارج از منابع جریان فرد در شاخه باشند.

فصل ۱۳: تبدیل لاپلاس

از این روش برای استخراج حقیقی و تفسیر اندیز زمان استفاده می‌شود.

$$F(s) = \mathcal{L}[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t) e^{-st} dt$$

ابتدا در درج روابط لاپلاس:

$$\mathcal{L}[s(t)] = 1$$

$$\mathcal{L}\left[\int f(t) dt\right] = \frac{F(s)}{s}$$

$$\mathcal{L}[u(t)] = \frac{1}{s}$$

$$\mathcal{L}[e^{\alpha t}] = \frac{1}{s-\alpha}$$

$$\mathcal{L}[1] = \frac{1}{s}$$

$$\mathcal{L}[\sin \beta t] = \frac{\beta}{s^2 + \beta^2}$$

$$\mathcal{L}[\cos \beta t] = \frac{s}{s^2 + \beta^2}$$

$$\mathcal{L}[t^n] = \frac{n!}{s^{n+1}}$$

$$\mathcal{L}[s^n(t)] = s^n$$

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s^4}\right] = \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{3!} \cdot \frac{3!}{s^4}\right] = \frac{1}{3!} \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{3!}{s^4}\right] = \frac{1}{6} t^3 \quad (\text{مثال})$$

* در سایر از منابع، محلول برای از لاپلاس و یا لاپلاس برای از انواع از خواص تبدیل لاپلاس استفاده می‌شود.

مرد در خواص:

$$\mathcal{L}[e^{\alpha t} f(t)] = F(s-\alpha) \quad (1)$$

$$\mathcal{L}[e^{-\lambda t} \cos(\lambda t)] = ? \quad (\text{مثال})$$

$$\mathcal{L}[\cos(\lambda t)] = \frac{s}{s^2 + \lambda^2}$$

$$\mathcal{L}[e^{-\lambda t} \cos \lambda t] = \frac{s+\lambda}{(s+\lambda)^2 + \lambda^2}$$

$$\mathcal{L}[t^n f(t)] = (-1)^n \frac{d^n}{ds^n} F(s) \quad (1)$$

$$\mathcal{L}[t^r e^{rt}] = ? \quad (-1)^r \frac{d^r}{ds^r} \left(\frac{1}{s-r} \right) = - \frac{d}{ds} \left(\frac{1}{(s-r)^2} \right) = \frac{2}{(s-r)^3} \quad (2)$$

$$\mathcal{L}\left[\frac{df(t)}{dt}\right] = sF(s) - f(0^-) \quad r = r(1) \rightarrow \mathcal{L}[s(t)] \quad \text{حکم ضرب در } s$$

$$\mathcal{L}\left[\frac{d^n f(t)}{dt^n}\right] = s^n F(s) - s^{n-1} f(0^-) - s^{n-2} f'(0^-) - \dots - s f^{(n-2)}(0^-) - f^{(n-1)}(0^-) \quad (3)$$

$\mathcal{L}[s^{(n)}(t)] = s^n$

نکته: باید به تمام استناد از معده مشتق گیری، ضربهای نهایی از $f(0^-)$ ظاهر شود یا نباشد.

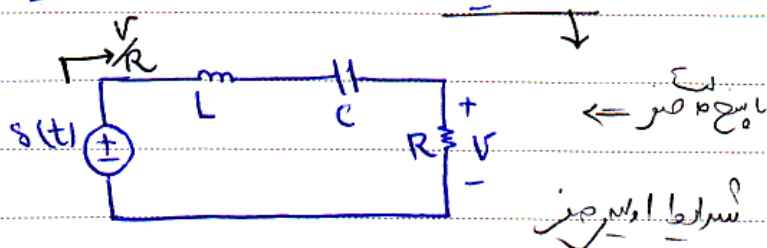
مقادیر مقدار اولیه و مقدار نهایی:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s) \quad \text{قضیه مقدار نهایی}$$

$$\lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{s \rightarrow \infty} sF(s) \quad \text{قضیه مقدار اولیه}$$

یادآوری: این معده و این معده ضرب در s در جاهای این معده حالت اضوابط

مثال: در مدار زیر با استفاده از تبدیل لاپلاس، این معده ضرب در s و این معده s (تابع تبدیل سیستم)



هدف دست آوردن v است.
$$\delta(t) = L \frac{d}{dt} \left[\frac{v}{R} \right] + \frac{1}{C} \int \frac{v}{R} dt + v(0) + v$$

$$\delta(t) = \frac{L}{R} \frac{dv}{dt} + \frac{1}{RC} \int v dt + v \xrightarrow{L} 1 = \frac{L}{R} [sV(s) - v(0)] + \frac{1}{RCs} V(s) + V(s)$$

$$1 = V(s) \left[\frac{Ls}{R} + \frac{1}{RCs} + 1 \right]$$

$$1 = V(s) \left[\frac{Lcs^2 + 1 + RCs}{Rsc} \right] \rightarrow V(s) = \frac{Rcs}{Lcs^2 + 1 + RCs} \Rightarrow V(s) = \frac{\frac{R}{L}s}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}}$$

* مدار به دست آوردن پاسخ در حوزه زمان از معادله بالا استفاده می‌کنیم.

بسط به صورت جزئی

$$F(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0} = \frac{P(s)}{Q(s)} \quad m \leq n$$

صورت $P(s) = 0 \xrightarrow{\text{صورت}} z_1, z_2, \dots, z_m$

مخرج $Q(s) = 0 \xrightarrow{\text{مخرج}} p_1, p_2, \dots, p_n$

$$Q(s) = (s - p_1)(s - p_2)(s - p_3) \dots (s - p_n)$$

۱- قطب‌ها صغیر و ساده

$$F(s) = \sum_{j=1}^n \frac{k_j}{(s - p_j)} \quad k_j = (s - p_j) F(s) \Big|_{s=p_j}$$

$$F(s) = \frac{2}{(s+1)(s+2)} = \frac{k_1}{s+1} + \frac{k_2}{s+2}$$

مثال

$$k_1 = (s+1)F(s) \Big|_{s=-1} = \frac{2}{s+2} \Big|_{s=-1} = 2$$

$$R_1 = (s+1)F(s) \Big|_{s=-1} = \frac{r}{s+1} \Big|_{s=-1} = -r$$

$$f(t) = [re^{-t} - re^{-rt}]u(t)$$

۲- قطب ها حقیقی و تکراری؟

$$Q(s) = (s-p_1)^{n_1} (s-p_2)^{n_2} (s-p_r)^{n_r} \dots (s-p_r)^{n_r}$$

$$F(s) = \frac{k_{11}}{(s-p_1)} + \frac{k_{1r}}{(s-p_1)^r} + \dots + \frac{k_{r1}}{(s-p_r)^{n_1}} +$$

$$\frac{k_{r1}}{(s-p_r)} + \frac{k_{rr}}{(s-p_r)^r} + \dots + \frac{k_{rn_r}}{(s-p_r)^{n_r}} +$$

$$\frac{k_{ri}}{(s-p_r)} + \frac{k_{rr}}{(s-p_r)^r} + \dots + \frac{k_{rn_r}}{(s-p_r)^{n_r}}$$

$$k_i n_i = (s-p_i)^{n_i} F(s) \Big|_{s=p_i}$$

$$k_i n_{i-1} = \frac{d}{ds} \left[(s-p_i)^{n_i} F(s) \right] \Big|_{s=p_i}$$

$$k_i n_{i-r} = \frac{1}{r!} \frac{d^r}{ds^r} \left[(s-p_i)^{n_i} F(s) \right] \Big|_{s=p_i}$$

$$k_i n_{i-r} = \frac{1}{r!} \frac{d^r}{ds^r} \left[(s-p_i)^{n_i} F(s) \right] \Big|_{s=p_i}$$

$$F(s) = \frac{1}{(s+1)^r s^r}$$

(دو)

$$= \frac{k_{11}}{(s+1)} + \frac{k_{1r}}{(s+1)^r} + \frac{k_{1r'}}{(s+1)^r} + \frac{k_{r1}}{s} + \frac{k_{rr}}{s^r}$$

$$k_{1r'} = (s+1)^r F(s) \Big|_{s=-1} = \frac{1}{s^r} \Big|_{s=-1} = 1$$

$$k_{1r} = \frac{d}{ds} \left[(s+1)^r F(s) \right] \Big|_{s=-1} = \frac{d}{ds} \left[\frac{1}{s^r} \right] \Big|_{s=-1} = \frac{-r}{s^{r+1}} \Big|_{s=-1} = r$$

$$k_{11} = \frac{1}{r!} \frac{d^r}{ds^r} \left[(s+1)^r F(s) \right] \Big|_{s=-1} = \frac{d}{ds} \left[-\frac{1}{s^r} \right] \Big|_{s=-1} = \frac{r}{s^{r+1}} \Big|_{s=-1} = r$$

$$k_{rr} = \left[s^r F(s) \right] \Big|_{s=0} = \frac{1}{(s+1)^r} \Big|_{s=0} = 1$$

$$k_{r1} = \frac{d}{ds} \left[s^r F(s) \right] \Big|_{s=0} = \frac{d}{ds} \left[\frac{1}{(s+1)^r} \right] \Big|_{s=0} = \frac{-r}{(s+1)^{r+1}} \Big|_{s=0} = -r$$

$$f(t) = \left[r e^{-t} + r t e^{-t} + \frac{1}{r} t^r e^{-t} + t^{-r} \right] u(t)$$

$$F(s) = \frac{k_1}{s - (\alpha + j\beta)} + \frac{k_2}{s - (\alpha - j\beta)}$$

۳- قطب مزدوج: $s_{1,2} = \alpha \pm j\beta$

$$k_1 = |k| \angle \theta_k$$

مخرج (نشان دهد) k_1 و k_2 مزدوجند؟

$$k_2 = |k| \angle -\theta_k$$

$$F(s) = \frac{k}{s - (\alpha + j\beta)} + \frac{k^*}{s - (\alpha - j\beta)}$$

$$f(t) = k e^{(\alpha + j\beta)t} + k^* e^{(\alpha - j\beta)t}$$

$$f(t) = |k| e^{j\theta_k} e^{\alpha t} e^{j\beta t} + |k| e^{-j\theta_k} e^{\alpha t} e^{-j\beta t}$$

$$f(t) = |k| e^{\alpha t} \left[e^{j(\beta t + \theta_k)} + e^{-j(\beta t + \theta_k)} \right]$$

$$f(t) = \sqrt{|k|} e^{\alpha t} \cos(\beta t + \theta_k)$$

$$F(s) = \frac{s^2 + 2s + 1}{(s^2 + 2s + 1)(s + 1)}$$

$$p: -1 + 2j, -1 - 2j, -1$$

(مال)

$$F(s) = \frac{k}{(s - (-1 + 2j))} + \frac{k^*}{(s - (-1 - 2j))} + \frac{k_1}{s + 1}$$

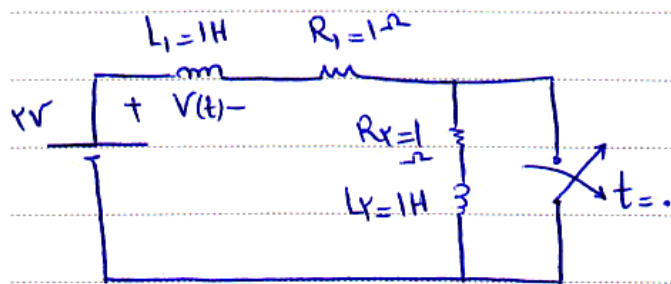
$$k = (s - (-1 + 2j)) F(s) \Big|_{s = -1 + 2j} = \frac{(-1 + 2j)^2 + 2(-1 + 2j) + 1}{(-1 + 2j + 1 + 2j)(-1 + 2j + 1)} = \frac{j}{2} = \frac{1}{2} \angle 90^\circ$$

$$\begin{cases} |k| = \frac{1}{2} \\ \theta_k = 90^\circ \end{cases}$$

$$k_1 = (s + 1) F(s) \Big|_{s = -1} = \frac{s^2 + 2s + 1}{s^2 + 2s + 1} \Big|_{s = -1} = 1$$

$$\rightarrow f(t) = \left[\frac{1}{2} e^{-t} \cos(2t + 90^\circ) + e^{-t} \right] u(t)$$

مال) در مدار زیر با استفاده از آنالیز در حوزه فرکانس، $v(t)$ را بدست آورید.



توضیح: در مورد مدارها، لطفاً دقت کنید.

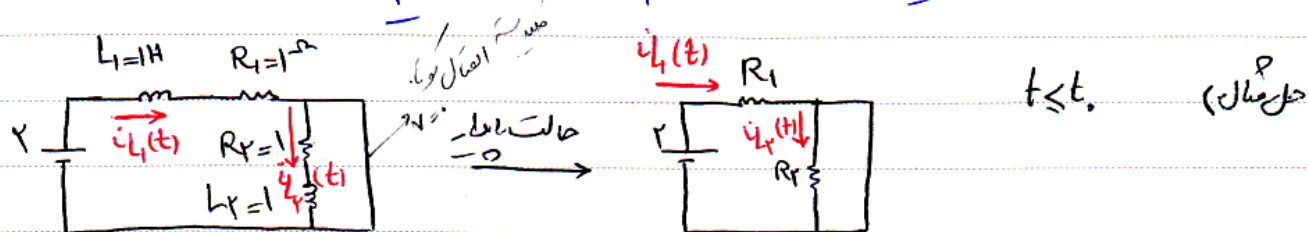
برای حل این مسئله، ابتدا باید مدار را برای $t = 0$ تحلیل کنیم. در این لحظه، کلید بسته می‌شود و مدار به یک مدار بسته تبدیل می‌گردد. سپس با استفاده از آنالیز در حوزه فرکانس، می‌توانیم پاسخ را بدست آوریم.

(۱) $t \leq t_0$ فرض می‌شود مدار در وضعیت پایدار خود قرار دارد، یعنی در رژیم DC، سلف‌ها اتصال کوتاه و خازن‌ها قطع می‌شوند.

اتصال بار فرض می‌شوند و اگر در رژیم سست می‌باشیم از بازو استفاده می‌کنیم.

(۲) $t = t_0$ در معادلات بخش قبل اثر را در نظر می‌گیریم. شرایط اولیه را از رژیم قبلی می‌گیریم.

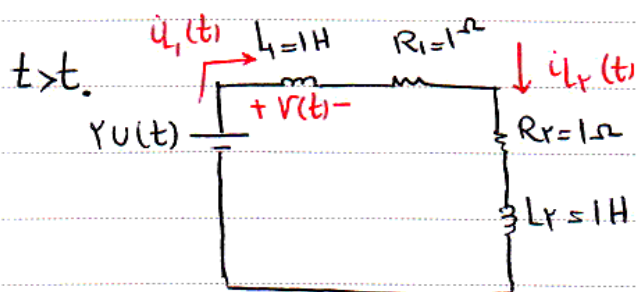
(۳) $t > t_0$ با استفاده از تبدیل لاپلاس، معادلات حاکم بر مدار را به دست می‌آوریم.



$$i_{L1}(t) = \frac{V}{R1} = \frac{V}{1} = VA, \quad i_{L2}(t) = 0, \quad V(t) = 0$$

اتصال کوتاه

$$t = 0 \rightarrow \begin{cases} i_{L1}(0) = V \\ i_{L2}(0) = 0 \end{cases}$$



$$KVL: \quad VU(t) = L1 \frac{di_{L1}(t)}{dt} + R1 i_{L1}(t) + R2 i_{L2}(t) + L2 \frac{di_{L2}}{dt}$$

$$VU(t) = \frac{di_{L1}(t)}{dt} + i_{L1}(t) + i_{L2}(t) + \frac{di_{L2}(t)}{dt}$$

نکته: اگرچه $i_{L1}(t) = i_{L2}(t)$ اما چون شرایط اولیه آن‌ها متفاوت می‌باشد و در مدار آن‌ها متصل از زمان t_0 به بعد.

$$\frac{V}{s} = s I_L(s) - \underbrace{i_L(0^-)}_0 + I_{Lr}(s) + I_{Lr}(s) +$$

۲. حوزه لاپلاس میزنم:

$$s I_{Lr}(s) - \underbrace{i_{Lr}(0^-)}_0 \quad I_L(s) = I_{Lr}(s) \triangleq I_L(s)$$

$$\frac{V}{s} = I_L(s) (2s+1) - 1 \rightarrow \frac{V}{s} + 1 = 2 I_L(s) (s+1)$$

$$\frac{V(s+1)}{s} = 2(s+1) I_L(s) \rightarrow I_L(s) = \frac{1}{s}$$

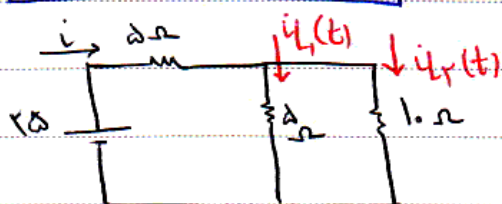
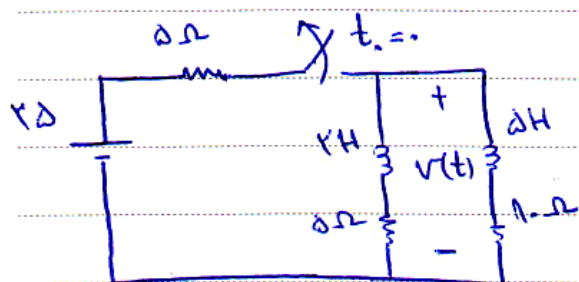
نکته: تا رسیدن به جواب نهایی، استفاده از حوزه لاپلاس را ادامه می‌دهیم.

$$\begin{cases} i_L(t) = V(t) \\ v(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} = 1 \times \frac{d}{dt} (V(t)) = \delta(t) \end{cases} \quad \text{اشک$$

$$v(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} \xrightarrow{L} V(s) = L (s I_L(s) - i_{Lr}(0)) = 1 \times (s \times \frac{1}{s} - 1) = -1$$

$$V(s) = -1 \Rightarrow v(t) = -\delta(t)$$

مثال: مدار زیر را با استفاده از آنالیز حوزه لاپلاس تحلیل کرده و $V(t)$ را بدست آورید؟



$t \leq 0$

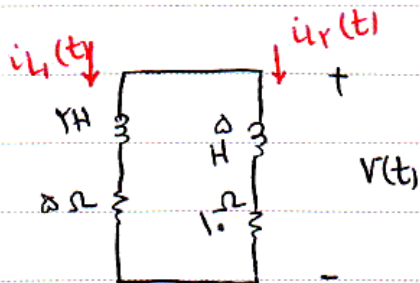
$$i = \frac{2\Delta}{\Delta + (\Delta || 1)} = 2A$$

$$i_L(t) = 2 \times \frac{1}{1\Delta} = 2A$$

$$i_{Lr}(t) = 2 \times \frac{\Delta}{1\Delta} = 1A$$

$$i_{L1}(0^-) = 2A, \quad i_{Lr}(0^-) = 1A$$

$t = 0$



$t > 0$

$$KVL: 2 \frac{di_L(t)}{dt} + \Delta i_{L1}(t) - 1 \cdot i_{Lr}(t) - \Delta \frac{di_{Lr}(t)}{dt} = 0$$

$$\xrightarrow{L} 2 [s I_L(s) - i_{L1}(0^-)] + \Delta I_L(s) - 1 \cdot I_{Lr}(s) - \Delta [s I_{Lr}(s) - i_{Lr}(0^-)] = 0$$

$$i_{Lr}(0^-) = 2, \quad i_{Lr}(0^+) = 1, \quad I_{Lr}(s) = -I_L(s)$$

$$2s I_L(s) - 2 + \Delta I_L(s) + 1 \cdot I_L(s) + \Delta s I_L(s) + \Delta = 0$$

$$I_L(s) (2s + 1\Delta) = -1 \Rightarrow I_L(s) = \frac{-1}{2s + 1\Delta} = \frac{-1/V}{s + \frac{1\Delta}{2V}}$$

$$i_{L1}(t) = \frac{-1}{V} e^{-\frac{1\Delta}{2V} t} u(t)$$

$$i_{L1}(0^+) = -\frac{1}{V}, \quad i_{Lr}(0^+) = \frac{1}{V}$$

$$i_{Lr}(t) = \frac{1}{V} e^{-\frac{1\Delta}{2V} t} u(t)$$

دست اندازید برای سلف ها تغییرات داشته باشند در ولتاژ و جریان ها ایجاد تغییر خواهد کرد.

$$V(t) = 2 \frac{di_{L1}(t)}{dt} + \Delta i_{L1}(t)$$

دست‌نویس از: $i_L(t)$ ، مسأله استفاده کنیم. چون در این صورت:

$$V(s) = r \left[s I_L(s) - i_L(0^-) \right] + \Delta I_L(s)$$

$$V(s) = (rs + \Delta) I_L(s) - r \rightarrow V(s) = \frac{-(rs + \Delta)}{Vs + 1\Delta} - r = \frac{-rs - \Delta - rVs - 1\Delta}{Vs + 1\Delta}$$

$$V(s) = \frac{-r.s - 4\Delta}{Vs + 1\Delta}$$

$$F(s) = \frac{-r}{Vs + 1\Delta} = \frac{-\frac{r}{V}}{s + \frac{1\Delta}{V}} \xrightarrow{L^{-1}}$$

حال برای معلوم کردن $u(t)$:

$$\frac{-r}{V} e^{-\frac{1\Delta}{V}t} u(t) = f(t)$$

$$sF(s) - f(0^-) \xrightarrow{L^{-1}} \frac{df(t)}{dt}$$

پس خواص طبق:

$$\Rightarrow sF(s) \xrightarrow{L^{-1}} \frac{df(t)}{dt} + f(0^-)$$

$$\frac{-r.s}{Vs + 1\Delta} \xrightarrow{L^{-1}} \frac{d}{dt} \left(\frac{-r}{V} e^{-\frac{1\Delta}{V}t} u(t) \right) - \frac{r}{V} e^{-\frac{1\Delta}{V} \times 0} u(0^-) =$$

$$\frac{-r}{V} \times \left(-\frac{1\Delta}{V} \right) e^{-\frac{1\Delta}{V}t} u(t) - \frac{r}{V} e^{-\frac{1\Delta}{V}t} \delta(t)$$

$$* f(t) \delta(t - T) = f(T) \delta(t - T) \quad \frac{-r}{V} \delta(t)$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{r.s}{Vs + 1\Delta} \xrightarrow{L^{-1}} \frac{r\Delta}{V} e^{-\frac{1\Delta}{V}t} u(t) - \frac{r}{V} \delta(t) \\ \frac{-4\Delta}{Vs + 1\Delta} \xrightarrow{L^{-1}} \frac{-4\Delta}{V} e^{-\frac{1\Delta}{V}t} u(t) \end{array} \right.$$

$$v(t) = \frac{45}{49} e^{-10\sqrt{t}} u(t) - \frac{20}{V} s(t) - \frac{45}{V} e^{-10\sqrt{t}} u(t)$$

$$v(t) = \frac{20}{V} s(t) - \frac{45}{49} e^{-10\sqrt{t}} u(t) \Rightarrow$$

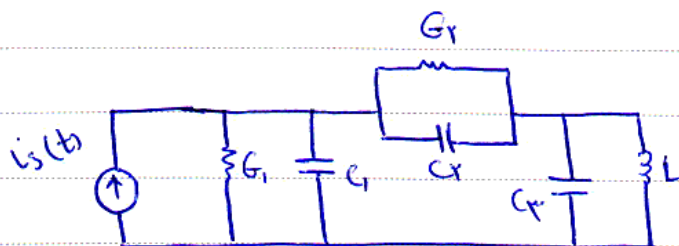
$v(t)$ دارا صفر است.

نظم نرول معادلات جبر جبری

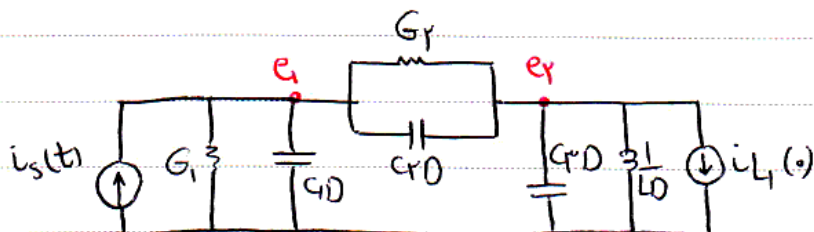
حذف اتصال معادلات حوزه استرال - دیفرانسیل به حوزه لاپلاس است.

بایک مثال، مساله را بررسی می‌کنیم.

مثال: معادلات استرال دیفرانسیل مدار زیر را در حوزه استرال دیفرانسیل به روش زیر برداشت آورده.



$$v_C(s), v_{C_2}(s), v_{C_3}(s), i_L(s)$$



حوزه استرال - دیفرانسیل

از روش میانه برداشت

$$\begin{bmatrix} G_1 + G_2 + C_1 D + C_2 D & -G_2 - C_2 D \\ -G_2 - C_2 D & G_2 + C_2 D + C_3 D + \frac{1}{LD} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_s(t) \\ -i_L(s) \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} D F(t) \xrightarrow{L} s F(s) - f(s) \\ \frac{1}{D} F(t) \xrightarrow{L} \frac{F(s)}{s} \end{cases}$$

$$\begin{cases} G_1 e_1 + G_1 e_1 + C_1 D e_1 + C_1 D e_1 - G_1 e_1 - C_1 D e_1 = i_s(t) \\ -G_1 e_1 - C_1 D e_1 + G_1 e_1 + C_1 D e_1 + C_1 D e_1 + \frac{1}{L D} e_1 = -\dot{i}_L(t) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} (G_1 + G_1) e_1 + (C_1 + C_1) D e_1 - G_1 e_1 - C_1 D e_1 = i_s(t) \\ -G_1 e_1 - C_1 D e_1 + G_1 e_1 + (C_1 + C_1) D e_1 + \frac{1}{L D} e_1 = -\dot{i}_L(t) \end{cases}$$

استعمال جوفه كلاس :

$$(G_1 + G_1) E_1(s) + (C_1 + C_1) [s E_1(s) - e_1(-)] - G_1 E_1(s)$$

$$- C_1 [s E_1(s) - e_1(-)] = I_s(s)$$

$V_{C_1}(-)$

$V_{C_2}(-)$

$$\textcircled{1} \rightarrow E_1(s) (G_1 + G_1 + C_1 s + C_1 s) + E_1(s) (-G_1 - C_1 s) = I_s(s) + C_1 e_1(-) + C_1 (e_1(-) - e_1(-))$$

$$-G_1 E_1(s) - C_1 [s E_1(s) - e_1(-)] + G_1 E_1(s) + (C_1 + C_1) [s E_1(s) - e_1(-)] + \frac{1}{L s} E_1(s)$$

$$= -\frac{\dot{i}_L(t)}{s}$$

$V_{C_1}(-)$

$V_{C_2}(-)$

$$\textcircled{2} E_1(s) (-G_1 - C_1 s) + E_1(s) (G_1 + C_1 s + C_1 s + \frac{1}{L s}) = -\frac{\dot{i}_L(t)}{s} - C_1 e_1(-) + C_1 e_1(-) + C_1 e_1(-)$$

$V_{C_2}(-)$

معادلات را به صورت ماتریسی می نویسیم :

$$\begin{bmatrix} G_1 + G_1 + C_1 s + C_1 s & -G_1 - C_1 s \\ -G_1 - C_1 s & G_1 + C_1 s + C_1 s + \frac{1}{L s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1(s) \\ E_2(s) \end{bmatrix} =$$

بردار بردار اولیه

$$\begin{bmatrix} I_s(s) \\ -\frac{i_4(s)}{s} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_1 e_1(s) + C_2 (e_1(s) - e_2(s)) \\ C_1 v_{C1}(s) + C_2 v_{C2}(s) \\ -C_2 e_1(s) + C_2 e_2(s) + C_3 e_2(s) \\ -C_2 v_{C1}(s) + C_2 v_{C2}(s) + C_3 v_{C2}(s) \end{bmatrix}$$

اما اگر تبدیل معادلات فوق را به حل مستقیم به صورت زیر وجود دارد

شود در استرال دو واسیل

$$Y_n \cdot e = i_s \xrightarrow{L} Y_n(s) \cdot E(s) = I_s(s) + \alpha$$

$$Z_m \cdot i = e_s \xrightarrow{L} Z_m(s) \cdot I(s) = E_s(s) + \alpha$$

$$Z_B \cdot i = e_s \xrightarrow{L} Z_B(s) \cdot I(s) = E_s(s) + \alpha$$

$$Y_Q \cdot e = i_s \xrightarrow{L} Y_Q(s) \cdot E(s) = I_s(s) + \alpha$$

در روش چهار ترفه و کات است اساسی، بردار بردار اولیه شامل و کات اولیه خازن ها است

در روش چهار ترفه و حلقه است اساسی، بردار بردار اولیه شامل جریان اولیه سلف ها است

$$\frac{1}{D} \rightarrow \frac{1}{s}$$

$$D \rightarrow s$$

بر تبدیل معادلات استرال دو واسیل به جوفه لایس در طرف چپ معادلات اول ایند D ها را به S تبدیل

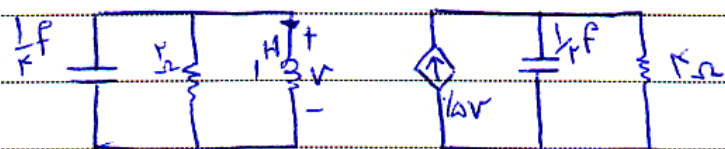
همین و هر جا D داریم (نه $\frac{1}{D}$) اجماع علامت دهان ضرب، بردار اولیه را در برادر α جمع می کنیم

فرض کنید معادلات استرال دو واسیل یک مدار را نشان می دهد به صورت زیر باشد

$$\begin{bmatrix} D + \frac{1}{D} & -D & R \\ -D & RD + R & D \\ R & D & \Delta D + \frac{1}{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U(t) \\ 0 \\ \delta(t) \end{bmatrix}$$

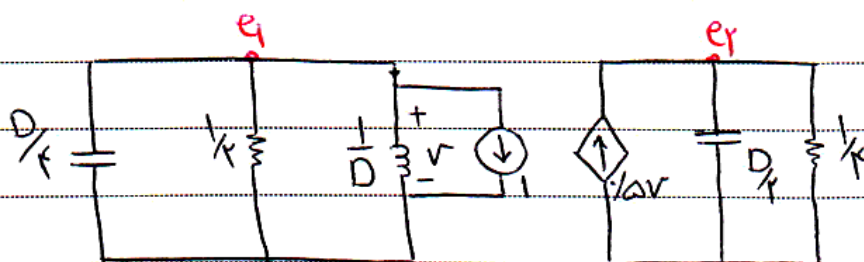
$$\begin{bmatrix} sD + \frac{1}{s} & -s & R \\ -s & RD + R & D \\ R & D & \Delta D + \frac{1}{s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(s) \\ I_2(s) \\ I_3(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{s} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} Ri_1(s^-) - i_2(s^-) \\ -i_1(s^-) + Ri_2(s^-) + i_3(s^-) \\ i_2(s^-) + \Delta i_3(s^-) \end{bmatrix}}_{\alpha}$$

مثال) در مدار فوق‌الذکر ابتدا باید پهنای (درجه‌بندی) را



$$i_1(s^-) = 1A \quad V_{C_1}(s^-) = 2V \quad V_{C_2}(s^-) = 1V$$

ابتدا معادلات استرال و نوسان را در این مدارها می‌نویسیم.



$$\begin{bmatrix} \frac{D}{F} + \frac{1}{R} + \frac{1}{D} & 0 \\ -\frac{1}{R} & \frac{1}{F} + \frac{D}{R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ -\frac{1}{\Delta e_1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{s} & 0 \\ -\frac{1}{r} & \frac{1}{r} + \frac{s}{r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1(s) \\ E_r(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{s} \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{r} e_1(s) \\ \frac{1}{r} e_r(s) \end{bmatrix}$$

$V_{C1}(s) = 1$
 $V_{C2}(s) = 1$

$$\begin{bmatrix} \frac{s^2 + rs + r}{rs} & 0 \\ -\frac{1}{r} & \frac{rs+1}{r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1(s) \\ E_r(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{s-r}{rs} \\ \frac{1}{r} \end{bmatrix}$$

$$E_1(s) = \frac{\begin{vmatrix} \frac{s-r}{rs} & 0 \\ \frac{1}{r} & \frac{rs+1}{r} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \frac{s^2 + rs + r}{rs} & 0 \\ -\frac{1}{r} & \frac{rs+1}{r} \end{vmatrix}} = \frac{(s-r)(rs+1)}{rs} \cdot \frac{rs}{(s^2 + rs + r)(rs+1)}$$

$$E_1(s) = \frac{rs - r}{s^2 + rs + r}$$

$$P_1, P_2 = -1 \pm j\sqrt{r} \quad E_1(s) = \frac{K}{(s - (-1 + j\sqrt{r}))} + \frac{K^*}{(s - (-1 - j\sqrt{r}))}$$

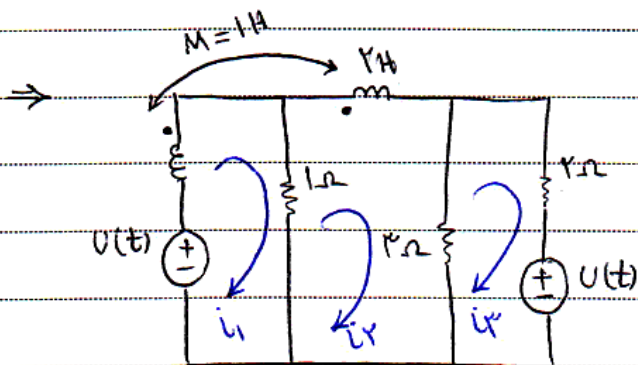
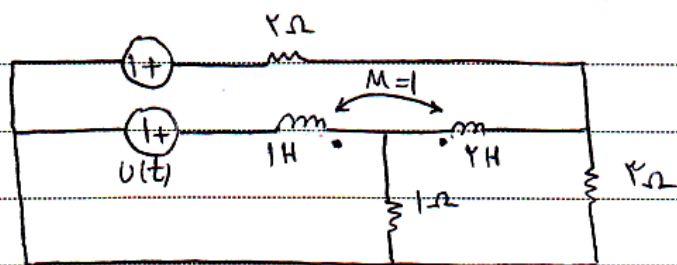
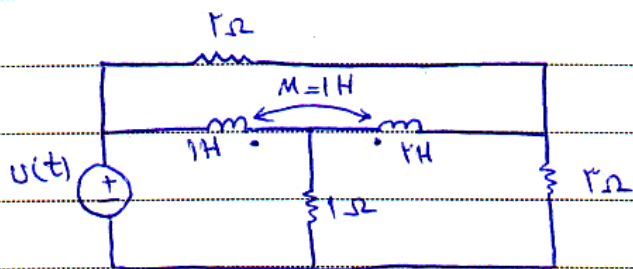
$$K = \left. \frac{(s - (-1 - j\sqrt{r})) E_1(s)}{s - (-1 + j\sqrt{r})} \right|_{s = -1 + j\sqrt{r}} = \frac{rs - r}{s + 1 + j\sqrt{r}} \bigg|_{s = -1 + j\sqrt{r}} = \frac{-r + j\sqrt{r} - r}{j\sqrt{r}} = \frac{-r + j\sqrt{r}}{j\sqrt{r}}$$

$\angle K = 40^\circ$
 $|K| = r$
 $\angle K^* = 40^\circ$

$$r(t) = r|K|e^{\alpha t} \cos(\beta t + \angle K)$$

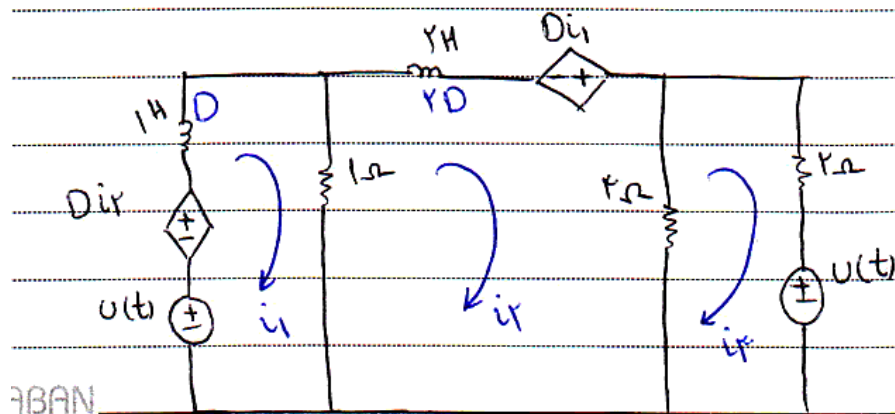
$$= r e^{-t} \cos(\sqrt{r} t + 40^\circ)$$

تک با استفاده از روش مائیس و معادلات آنالیز کنید

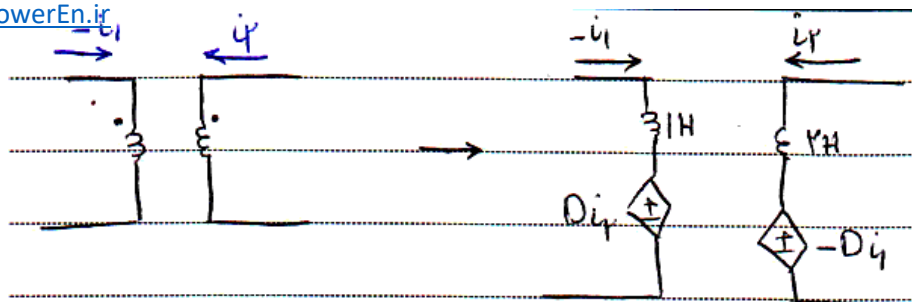


روش مائیس استفاده کنید

برای استفاده از روش مائیس، معادلات تلف خارج از مدار استفاده کنید



7BAN



$$\begin{bmatrix} D+1 & -1-D & 0 \\ -1-D & 2D+2 & -2 \\ 0 & -2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U(t)+Di_1 \\ Di_1 \\ -U(t) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} s+1 & -1-s & 0 \\ -1-s & 2s+2 & -2 \\ 0 & -2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(s) \\ I_2(s) \\ I_3(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{s} + i_1(-) - i_2(-) \\ -i_1(-) + 2i_2(-) \\ -\frac{1}{s} \end{bmatrix}$$

معادلات حالت و شرایط اولیه

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

در معادلات حالت را به دست آوریم

$$\xrightarrow{L} sX(s) - x(0^-) = AX(s) + BU(s)$$

$$X(s)(sI - A) = BU(s) + x(0^-) \Rightarrow X(s) = (sI - A)^{-1} [BU(s) + x(0^-)]$$

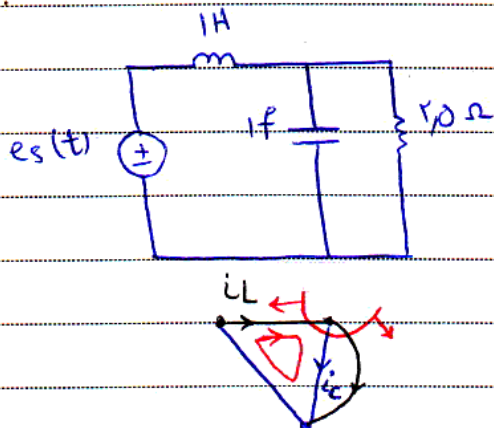
$$\text{پاسخ حالت صفر} \quad X(s) = (sI - A)^{-1} BU(s)$$

$$\text{پاسخ در حالت صفر} \quad X(s) = (sI - A)^{-1} x(0^-)$$

* پاسخ دینامیک مدارهای پاسخ حالت صفر است.

Year. Month. Date. ()

سوال: با استفاده از معادلات حالت پاسخ دینامیک مدار زیر را بدست آورید.



$$KCL: C \frac{dv_C}{dt} + \frac{v_C}{20} - i_L = 0$$

$$v_C = -\frac{1}{20} v_C + i_L$$

$$KVL: L \frac{di_L}{dt} + v_C - e_s = 0 \Rightarrow i_L = -v_C + e_s$$

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_C \\ \dot{i}_L \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} -\frac{1}{20} & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}}_A \begin{bmatrix} v_C \\ i_L \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}}_B e_s$$

$$SI \quad A = \begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -\frac{1}{20} & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{s+1}{20} & -1 \\ 1 & s \end{bmatrix}$$

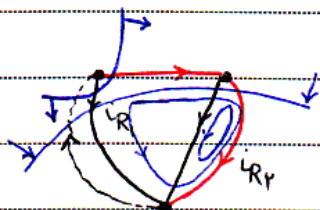
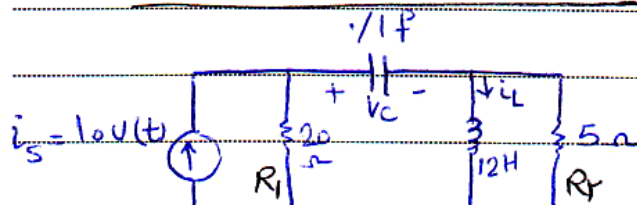
$$(SI - A)^{-1} = \frac{1}{\frac{(s+1)(s+20)}{20} - (-1)} \begin{bmatrix} s & 1 \\ -1 & \frac{s+1}{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{20s}{20s^2 + s + 20} & \frac{20}{20s^2 + s + 20} \\ -\frac{20}{20s^2 + s + 20} & \frac{(s+1)}{(20s^2 + s + 20)} \end{bmatrix}$$

$$e_s(t) = \delta(t) \rightarrow E_s(s) = 1$$

$$X(s) = \begin{bmatrix} V_C(s) \\ I_L(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (sI - A)^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times 1$$

(ایستخ حالت صفر)

پس (حال) در حالت صفر، معادلات حالت را به دست آورید پس پاسخ به ورودی را به دست آورید و از آنجا که اولی صفر است پس باید



مکان 2

$$KCL: -i \frac{dV_C}{dt} + i_{R1} - 10V(t) = 0 \rightarrow \frac{dV_C}{dt} = -10i_{R1} + 10i_s \quad (1)$$

عبارت

$$KVL: i \frac{dI_L}{dt} = 2i_{R2} \rightarrow \frac{dI_L}{dt} = 2i_{R2} \quad (2)$$

تعبیر

$$KVL: 10i_{R1} - 2i_{R2} - V_C = 0 \Rightarrow i_{R1} = \frac{1}{5}i_{R2} + \frac{1}{5}V_C \quad (A)$$

تعبیر عبارت

عبارت

$$V_C = -10i_{R2} - \frac{1}{5}V_C + 10i_s \quad (3)$$

(A) و (1)

$$KCL: i_{R2} + i_L + i_{R1} - i_s = 0$$

تعبیر عبارت iR2

$$i_{R2} = -i_L - i_{R1} + i_s$$

$$i_{R2} = -i_L - \frac{1}{5}i_{R2} - \frac{1}{5}V_C + i_s$$

(A) در معادله اول جایگزین

TABAN

$$\frac{\Delta}{K} i_{Rr} = -i_L - \frac{1}{r_c} v_c + i_s$$

$$i_{Rr} = -\frac{K}{\Delta} i_L - \frac{1}{r_c \Delta} v_c + \frac{K}{\Delta} i_s \quad (B)$$

رابطه (3) را در (2) قرار دهیم تا معادلات حالت تولید شود.

$$\dot{i}_L = -r_o i_L - v_c + r_o i_s \quad \text{معادلات} \quad (B) \rightarrow (2)$$

$$v_c = r_o i_L + \frac{1}{K} v_c - r_o i_s - \frac{1}{K} v_c + i_o i_s \quad (B) \rightarrow (3)$$

$$v_c = r_o i_L - \frac{1}{K} v_c + i_s \quad \text{معادلات}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r_o & -1 \\ r_o & -1/K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r_o \\ 1 \end{bmatrix} i_s$$

حساب روابط i_L و v_c .

برای راه استفاده از معادلات انتقال در این روش درجود استفاده از معادلات لاپلاس و تبدیل.

راه استفاده از خود لاپلاس با استفاده از ماتریس A است.

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad \text{و} \quad x(0^-) = x_0$$

$$X(s) = (sI - A)^{-1} [Bu(s) + x(0^-)]$$

$$X(s) = (sI - A)^{-1} Bu(s) = \begin{bmatrix} s+r_o & 1 \\ -r_o & s+1/K \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} r_o \\ 1 \end{bmatrix} \left(1 \times \frac{1}{s} \right) \quad u(s)$$

شرایط اولیه صفر.

$$X(S) = \frac{1}{(s+r_0)(s+1/k)+r} \begin{bmatrix} s+1/k & -1 \\ r & s+r_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{r_0}{s} \\ \frac{\Lambda_0}{s} \end{bmatrix}$$

$$X(S) = \begin{bmatrix} I_L(S) \\ V_C(S) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r_0 s}{s(s^2+r_0/k s+1.0)} \\ \frac{\Lambda_0 s+r_{00}}{s(s^2+r_0/k s+1.0)} \end{bmatrix}$$

$$I_L(S) = \frac{K_1}{s} + \frac{K_r}{(s+1.0 \Delta)} + \frac{K_r}{(s+19.190)}$$

$$K_1 = \left. \frac{r_0 s}{s^2+r_0/k s+1.0} \right|_{s=0} = 0$$

$$K_r = \left. \frac{r_0 s}{s(s+19.190)} \right|_{s=-1.0 \Delta} = 10.11$$

$$K_r = \left. \frac{r_0 s}{s(s+1.0 \Delta)} \right|_{s=-19.190} = -10.11$$

$$i_L(t) = 10.11 \left(e^{-1.0 \Delta t} - e^{-19.190 t} \right) u(t)$$

حالت پایدار و نوسان

فصل ۱۴: فرکانس خاص

سیستم را تبدیل به فرکانس خاص

$$x(t) = 2\cos 2t + e^{-2t} \quad y(t) = \sin 2t + \cos(2t + \pi) + \frac{1}{2}e^{-2t} + 2e^{-2t}$$

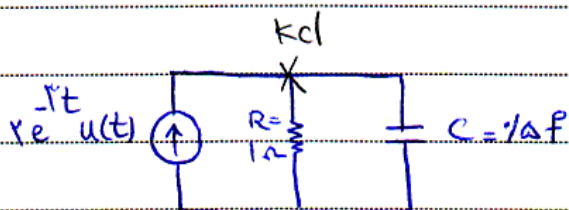
فرکانس خاص $2t$ و $2t$ به فرکانس خاص تبدیل می شود. اما فرکانس $2t$ و $2t$ را می توان به فرکانس خاص تبدیل کرد.

این سیستم را می توان به فرکانس خاص تبدیل کرد.

بنابراین این سیستم را می توان به فرکانس خاص تبدیل کرد.

فرکانس خاص را می توان به فرکانس خاص تبدیل کرد.

این را می توان به فرکانس خاص تبدیل کرد.



$$V_C(s) = 2V$$

میانگین این سیگنال را می توان به فرکانس خاص تبدیل کرد.

$$2e^{-2t} = \frac{1}{5} \frac{dV_C}{dt} + \frac{V_C}{1}$$

میانگین این سیگنال را می توان به فرکانس خاص تبدیل کرد.

$$\frac{dv_c}{dt} + 2v_c = 4e^{-2t}$$

معادله دیفرانسیل مدار

پاسخ همگن $v_c(t) = Ke^{-2t}$

پاسخ مجبور $v_c(t) = Ae^{-2t}$ $\xrightarrow{\text{در معادله}}$ $2Ae^{-2t} + 2Ae^{-2t} = 4e^{-2t} \rightarrow A=1$

پاسخ کلی $v_c(t) = v_{c,h}(t) + v_{c,p}(t) \rightarrow v_c(t) = Ke^{-2t} + e^{-2t}$

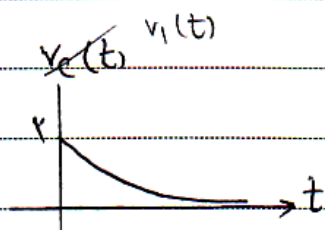
$v_c(0) = 2 \rightarrow K + 1 = 2 \rightarrow K = 1$

$$v_c(t) = (4e^{-2t} - 2e^{-2t}) u(t)$$

پاسخ به جواب سوال ۲: $s = -2$ قطب سیستم است. $s = -2$ ساده فاکتور سیستم است. $s = -2$ ساده فاکتور سیستم است. $s = -2$ ساده فاکتور سیستم است.

$$\frac{dv_c}{dt} + 2v_c = 0 \rightarrow s + 2 = 0 \rightarrow s = -2$$

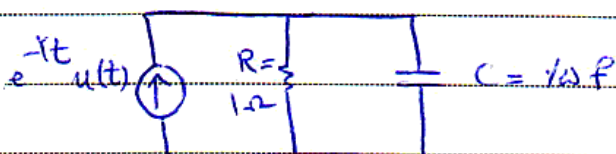
پاسخ: در حالتی که ورودی مشخصه را برسی کنیم



پاسخ: $s = -2$ قطب سیستم است

حالتی که ورودی مشخصه را برسی کنیم

پاسخ: $s = -2$



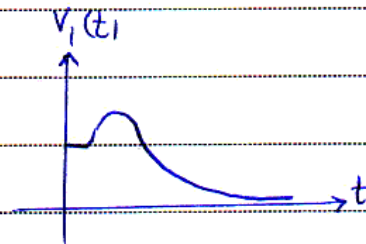
$v_c(0) = 2V$

$$e^{-rt} = \frac{1}{s} \frac{dV_c}{dt} + \frac{V_c}{1}$$

ایستادن V_c

$$\frac{dV_c}{dt} + r V_c = r e^{-rt}$$

ایستادن $V_c(t) = k t e^{-rt}$



ایستادن $V_c(t) = A e^{-rt}$ $\xrightarrow{\text{مقادیر معادله}}$ $r A e^{-rt} + r A e^{-rt} = r e^{-rt} \rightarrow A = 1$

ایستادن $V_c(t) = V_c(t) + V_c(t) \Rightarrow V_c(t) = k t e^{-rt} + e^{-rt} \rightarrow V_c(t) = e^{-rt} (1 + k t)$

مثال) معادله مشخصه را بنویسید و جواب را بیابید

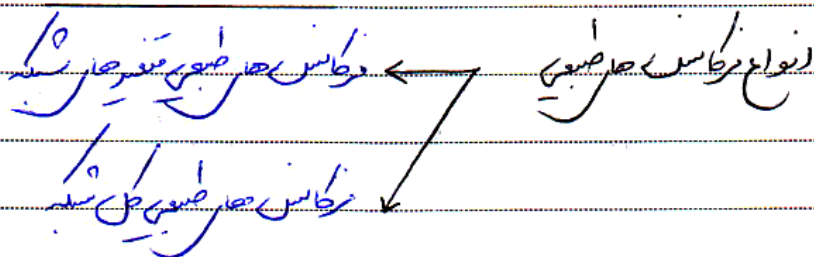
$$\frac{d^2 i_L}{dt^2} + r i_L + r = 0$$

$$s = \frac{-r \pm r}{2} = 0$$

$$s^2 + r s + r = 0$$

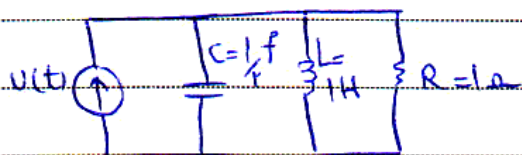
$$s = \frac{-r \pm r}{2} = -r$$

ایستادن

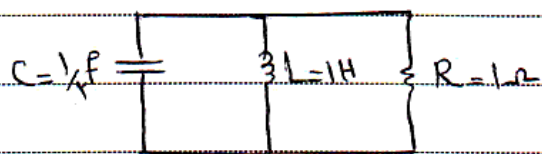


نمی‌توان گفت که این معادله از نوع طبیعی است و در واقع این معادله از نوع طبیعی است

مثال) فرکانس طبیعی را بیابید و پاسخ را بنویسید



سفر را هم تمام موارد در شرایط درودی صفر قرار ندهد



$$i_C + i_L + i_R = 0$$

$$C \frac{dv_C}{dt} + \frac{1}{L} \int v_C dt + \frac{v_C}{R} = 0 \rightarrow \text{معادله مدار}$$

$$C \frac{d^2 v_C}{dt^2} + \frac{1}{L} v_C + \frac{1}{R} \frac{dv_C}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{2} \frac{d^2 v_C}{dt^2} + v_C + \frac{dv_C}{dt} = 0$$

$$\frac{d^2 v_C}{dt^2} + 2 \frac{dv_C}{dt} + 2 v_C = 0 \rightarrow s^2 + 2s + 2 = 0 \quad \text{معادله مشخصه}$$

$$s_{1,2} = \frac{-2 \pm \sqrt{4j^2}}{2} = -1 \pm j \quad \text{ریشه ها صریح}$$

پس جواب می توان داد به صورت $i_C(t) = e^{-t} (\cos t + \sin t)$ و چون $i_L(t) = -i_C(t)$ پس $i_L(t) = -e^{-t} (\cos t + \sin t)$

$$\text{پس در } t=0: C \frac{dv_C}{dt} + \frac{1}{L} \int v_C dt + i_L(0) + \frac{v_C}{R} = 0$$

$$\frac{dv_C}{dt} + 2 \int v_C dt + 2 v_C + 2 i_L(0) = 0 \xrightarrow{L} s v_C(s) - v_C(0) + \frac{2}{s} v_C(s) +$$

$$2 v_C(s) + \frac{2 i_L(0)}{s} = 0$$

$$v_C(s) \left(s + \frac{2}{s} + 2 \right) = v_C(0) - \frac{2}{s} i_L(0)$$

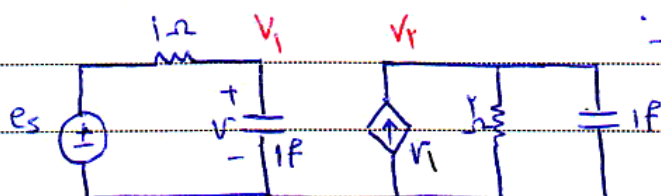
$$v_C(s) = \frac{v_C(0) - \frac{2}{s} i_L(0)}{s + \frac{2}{s} + 2}$$

$$V_C(s) = \frac{sV_C(-) - rI_L(-)}{s^2 + rs + r}$$

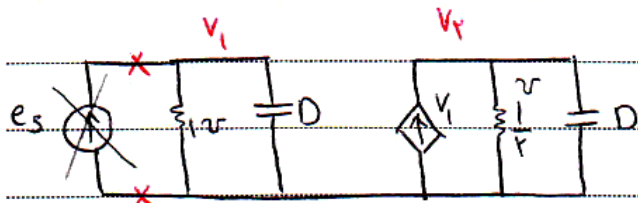
$$\begin{aligned} s &= -1 + j \\ s &= -1 - j \end{aligned}$$

نمی

مثال ۲) توانش بحرایی V_1 و V_2 را بدست آورید



در حالت دوم در صفت مدار را از حالت اول تغییر می دهیم



$$\begin{bmatrix} D+1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} s+1 & 0 \\ -1 & s+1/4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1(s) \\ V_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1(-) \\ V_2(-) \end{bmatrix}$$

$$V_1(s) = \frac{\begin{vmatrix} V_1(-) & 0 \\ V_2(-) & s+1/4 \end{vmatrix}}{(s+1)(s+1/4)} = \frac{V_1(-)(s+1/4)}{(s+1)(s+1/4)}$$

$$V_1(s) = \frac{V_1(-)}{s+1} \xrightarrow{\text{توانش بحرایی}} s = -1$$

$$V_2(s) = \frac{\begin{vmatrix} s+1 & V_1(-) \\ -1 & V_2(-) \end{vmatrix}}{(s+1)(s+1/4)} \Rightarrow V_2(s) = \frac{V_2(-)(s+1) + V_1(-)}{(s+1)(s+1/4)}$$

$$\begin{aligned} s &= -1 \\ s &= -1/4 \end{aligned}$$

۲. $s = -1$ و $s = -1/p$ فرض کنیم. ضرایب مدار را در $s = -1/p$ و $s = -1$ محاسبه می‌کنیم.

$$\begin{cases} e_s(t) = u(t) \\ e_s(t) = e^{-t} u(t) \end{cases}$$

سوال: در مثال قبل، پاسخ پدید می‌آید یا نه؟

$$V_{C1}(0^-) = V_{C2}(0^-) = 1$$

$$\begin{bmatrix} D+1 & 0 \\ 0 & D+1/p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} s+1 & 0 \\ -1 & s+1/p \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1(s) \\ V_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{C1}(0^-) + E_s \\ 1 \\ V_{C2}(0^-) \end{bmatrix}$$

$$V_1(s) = \frac{\begin{vmatrix} 1+E_s & 0 \\ 1 & s+1/p \end{vmatrix}}{(s+1)(s+1/p)} = \frac{(1+E_s)(s+1/p)}{(s+1)(s+1/p)} = \frac{1+E_s}{s+1}$$

$$V_2(s) = \frac{\begin{vmatrix} s+1 & 1+E_s \\ -1 & 1 \end{vmatrix}}{(s+1)(s+1/p)} = \frac{s+1+E_s}{(s+1)(s+1/p)}$$

$$V_1(s) = \frac{1+1/s}{s+1} = \frac{s+1}{s(s+1)} = \frac{1}{s}$$

$$E_s = \frac{1}{s} \quad (\text{الف})$$

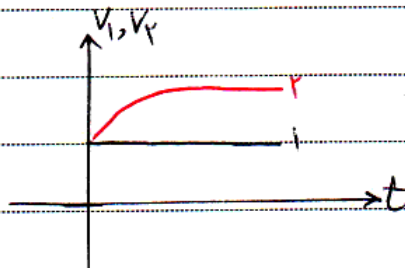
$$\Rightarrow V_1(t) = u(t)$$

$$V_2(s) = \frac{s+1+1/s}{(s+1)(s+1/p)} = \frac{s+1}{s(s+1/p)} = \frac{k_1}{s} + \frac{k_2}{s+1/p}$$

$$K_1 = \frac{s+1}{s+1/2} \bigg|_{s=0} = 2$$

$$K_2 = \frac{s+1}{s} \bigg|_{s=-1/2} = -1$$

$$V_f(s) = \frac{2}{s} - \frac{1}{s+1/2} \rightarrow V_f(t) = (2 - e^{-1/2 t}) u(t)$$



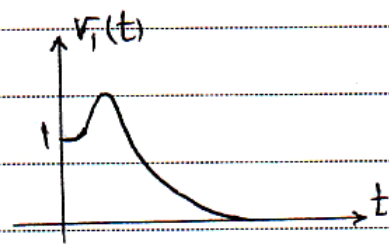
نکته: این ورودی، توسط بعضی مدارات غیر ایده‌آل می‌شود $E_g = \frac{1}{(s+1)}$

$$V_f(s) = \frac{1 + \frac{1}{s+1}}{s+1} = \frac{s+2}{(s+1)^2}$$

$$V_f(s) = \frac{K_{11}}{s+1} + \frac{K_{12}}{(s+1)^2}$$

$$K_{12} = (s+2) \bigg|_{s=-1} = 1 \quad K_{11} = \frac{d}{ds} \left[(s+2) \right] \bigg|_{s=-1} = -1$$

$$V_f(t) = (e^{-t} + t e^{-t}) u(t) \Rightarrow V_f(t) = e^{-t} (1+t) u(t)$$



$$V_f(s) = \frac{(s+2) + \frac{1}{s+1}}{(s+1)(s+1/2)} = \frac{s^2 + 2s + 2}{(s+1)(s+1/2)}$$

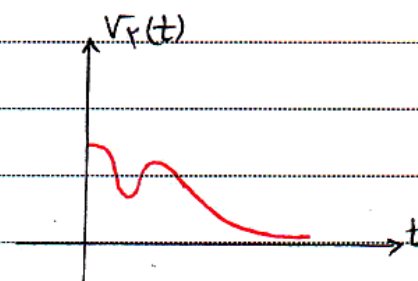
$$V_f(s) = \frac{s^2 + 2s + 2}{(s+1)^2 (s+1/2)} = \frac{K_{11}}{s+1} + \frac{K_{12}}{(s+1)^2} + \frac{K_2}{s+1/2}$$

$$K_2 = \frac{s^2 + 2s + 2}{s+1/2} \bigg|_{s=-1/2} = \frac{1 - 1 + 2}{-1/2} = -2$$

$$K_{11} = \frac{d}{ds} \left[\frac{s^2 + 1s + 1}{s + 1/4} \right]_{s=-1} = \left[\frac{(1s+1)(s+1/4) - s^2 - 1s - 1}{(s+1/4)^2} \right]_{s=-1} = \frac{1 \times (-1/4) - 1 + 1 - 1}{1/16} = -4$$

$$K_r = \frac{s^2 + 1s + 1}{(s+1)^2} \Big|_{s=-1/4} = \frac{1/16 - 1/4 + 1}{1/16} = 4$$

$$V_{cr}(t) = (-4e^{-t} - 1te^{-t} + 4e^{-1/4t}) u(t)$$



$$f(t) = k_1 e^{s_1 t} + k_2 e^{s_2 t} + k_3 e^{s_3 t} + \dots$$

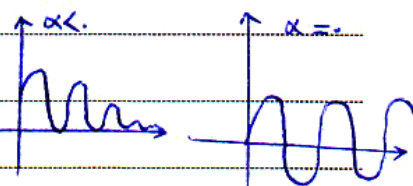
حالت خاصیت در فرکانس خاص

(۱) اگر حقیقی باشد از علامت منفی و اگر دایره باشد از علامت مثبت است. حقیقی منفی اند و فرکانس خاص است.

مقدار توان در فرکانس خاص (cos و sin)

$$s_{1,2} = \alpha \pm j\omega$$

$$f(t) = e^{(\alpha+j\omega)t} + e^{(\alpha-j\omega)t} = e^{\alpha t} (e^{j\omega t} + e^{-j\omega t})$$



$$f(t) = r e^{\alpha t} \cos \omega t$$

α : ضرایب حقیقی (ضریب میرایی)

ω : ضرایب توافقی (فرکانس)

(۲) هرگاه، تغییر در فرکانس و یا در ضرایب باشد و این به سلف و خازن مربوط است.

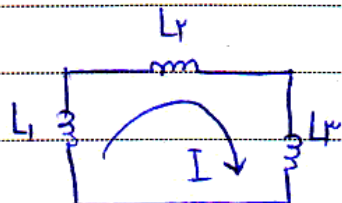
فرد از تعدادی سلف تشکیل شده، چون سلف ها انداز ال عوض می شوند پس است فرکانس است. I در آن

$$\frac{I_0}{s} \xrightarrow{1} I_0 e^{st} u(t)$$

اینجا باید دقت کرد

در این حلقه سلفی یک فرکانس صفر خواهیم داشت.

بنابراین $s=0$ فرکانس صفری جریان سلف خواهد بود.



مال

$$KVL: L_1 \frac{dI_{L_1}}{dt} + L_2 \frac{dI_{L_2}}{dt} + L_3 \frac{dI_{L_3}}{dt} = 0$$

$$L_1 (s I_{L_1}(s) - I_{L_1}(0^-)) + L_2 (s I_{L_2}(s) - I_{L_2}(0^-)) + L_3 (s I_{L_3}(s) - I_{L_3}(0^-)) = 0$$

$$I_{L_1}(s) = I_{L_2}(s) = I_{L_3}(s) \triangleq I_L(s)$$

$$I_L(s) = \frac{L_1 I_{L_1}(0^-) + L_2 I_{L_2}(0^-) + L_3 I_{L_3}(0^-)}{s(L_1 + L_2 + L_3)} = \frac{I_0}{s}$$

اگر $s=0$ فرکانس صفری جریان سلف باشد فرکانس صفری سلف نخواهد بود.

$$v_L(t) = L \frac{dI_L(t)}{dt} \rightarrow v_L(s) = L (s \tilde{I}_L(s) - i_L(0^-))$$

$$\frac{I_0}{s}$$

(۳) نحوه تغییر سلف مورد نظر نسبت به فرکانس است. این خازن فقط در یک فرکانس سلفی است.

فرکانس سلفی در خازن ها ایده آل فرض می شود و ممکن است در فرکانس ω در دینامیک خطا ایجاد کند.

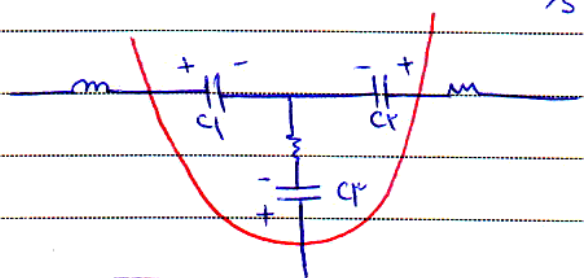
$$v(s) = \frac{v_0}{s} \xrightarrow{L^{-1}} v_0 e^{st} u(t)$$

در این صورت:

* اگر $S=0$ روابط ضعیف و تکرار حارر باشد، روابط ضعیف حارر خواهد بود.

$$I_C(S) = C \frac{dv_C(S)}{dt} - C v_C(0^-) = C (1 - v_C(0^-))$$

و $S=0$ روابط ضعیف و تکرار حارر خواهد بود.

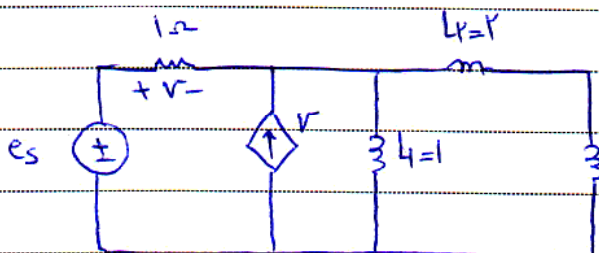


✓ به تعداد حدیته ها رابطه های است و آنها را می توانیم روابط ضعیف میزنیم

$$C_1 \frac{dv_{C1}}{dt} + C_2 \frac{dv_{C2}}{dt} + C_3 \frac{dv_{C3}}{dt} = 0$$

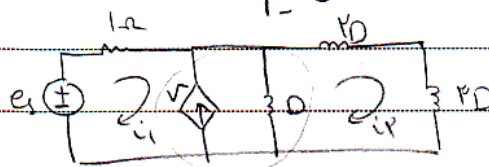
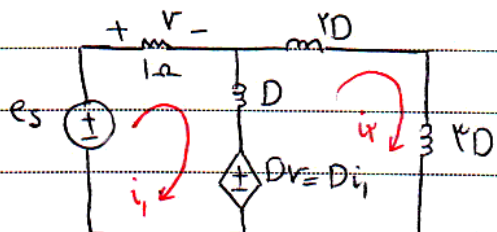
$$C_1 S v_{C1}(S) - C_1 v_{C1}(0^-) + C_2 S v_{C2}(S) - C_2 v_{C2}(0^-) + C_3 S v_{C3}(S) - C_3 v_{C3}(0^-) = 0$$

مثال ۵) روابط ضعیف حارر سلف ها را به دست آورید



$$I_{L1}(0^-) = 1$$

$$I_{L2}(0^-) = I_{L3}(0^-) = 3$$



از روش مش به حل میزنیم

$$v = 1 \times i_1 = i_1$$

$$\begin{bmatrix} D+1 & -D \\ -D & 4D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_s - D i_4 \\ 0 i_4 \end{bmatrix}$$

$$I_{L1}(0^-) + I_{L2}(0^-) + I_{L3}(0^-) = 5$$

$$\begin{bmatrix} 1S+1 & -S \\ -S & 4S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(S) \\ I_4(S) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_s + 1 i_1(0^-) - 4 i_4(0^-) \\ -2 i_1(0^-) + 4 i_4(0^-) \end{bmatrix}$$

$$-2 I_{L1}(0^-) - 2 I_{L2}(0^-) + 4 I_{L3}(0^-) = 1 \quad \text{TABAN}$$

$$i_1(s) - i_2(s) = I_{L_1}(s)$$

$$\rightarrow i_1(s) = I_{L_1}(s) + I_{L_2}(s)$$

$$i_2(s) = I_{L_2}(s) = I_{L_1}(s)$$

$$\begin{bmatrix} 2s+1 & -s \\ -2s & 2s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1(s) \\ I_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} es+\Delta \\ 10 \end{bmatrix}$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} es+\Delta & -s \\ 10 & 2s \end{vmatrix}}{(2s+1)2s - 2s^2} = \frac{2s(es+\Delta) + 10s}{12s^2 + 2s - 2s^2}$$

$$I_1(s) = \frac{2s(es+\Delta) + 10s}{s(10s+4)}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 2s+1 & es+\Delta \\ -2s & 10 \end{vmatrix}}{(2s+1)2s - 2s^2} = \frac{10(2s+1) + 2s(es+\Delta)}{s(10s+4)}$$

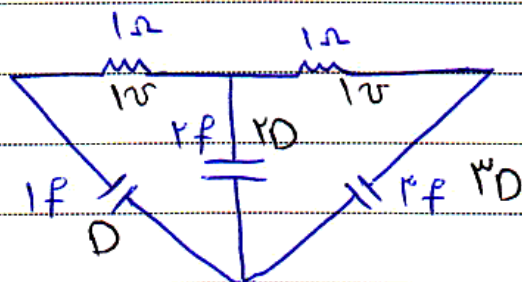
$$I_{L_1}(s) = I_1(s) - I_2(s) = \frac{\text{○}}{s(10s+4)}$$

$$I_{L_2}(s) = I_{L_1}(s) = \frac{10(2s+1) + 2s(es+\Delta)}{s(10s+4)}$$

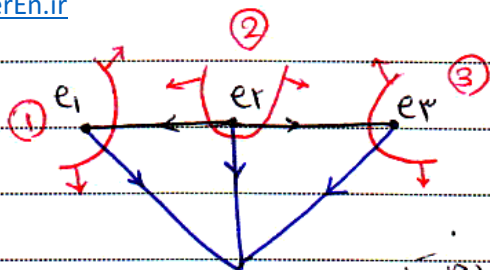
است $s = -\frac{4}{10}$ و $s = 0$ نقاط بحرانی می باشد

مثال) توانی همی و توانی غیر همی را بدست آورید.

نیروی همی شرایط استیفا می باشد



مدار خود در مدارهای ورودی و خروجی (موردی ندارد)



بردار ولتاژ ساخته شده در جهت

$$\begin{bmatrix} 0+1 & -1 & 0 \\ -1 & 2D+2 & -1 \\ 0 & -1 & 2D+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_r \\ e_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} S+1 & -1 & 0 \\ -1 & 2S+2 & -1 \\ 0 & -1 & 3S+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_r \\ E_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{C1}(0^-) \\ 2V_{C2}(0^-) \\ 3V_{C3}(0^-) \end{bmatrix}$$

$$E_1 = \frac{\begin{vmatrix} V_{C1}(0^-) & -1 & 0 \\ 2V_{C2}(0^-) & 2(S+1) & -1 \\ 3V_{C3}(0^-) & -1 & (3S+1) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} S+1 & -1 & 0 \\ -1 & 2(S+1) & -1 \\ 0 & -1 & 3S+1 \end{vmatrix}} = \frac{V_{C1}(0^-) [2(S+1)(3S+1) - 1] + (2V_{C2}(0^-)(3S+1) + 3V_{C3}(0^-))}{S+1 [2(S+1)(3S+1) - 1] - (-1) \times (-3S-1)}$$

$$= \frac{\begin{vmatrix} A & & \\ & A & \\ & & A \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A & & \\ & A & \\ & & A \end{vmatrix}} = \frac{2(S+1)^2(3S+1) - (S+1) - 3S-1}{2(S+1)^2(3S+1) - 4S-2}$$

$$= \frac{(2S^2 + 4S + 2)(3S+1) - 4S-2}{4S^3 + 12S^2 + 12S + 4S + 2S + 2 - 4S - 2}$$

$$= \frac{4S^3 + 12S^2 + 4S}{S(4S^2 + 12S + 4)}$$

س=0 روش جمع و تفریق خنثی C1 است یعنی ولتاژ مقدار ولتاژ C1 است

$$e_1(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s E_1(s) = \frac{V_{C1}(0^-) + 2V_{C2}(0^-) + 3V_{C3}(0^-)}{4}$$

e_1 و e_2 و e_3 هم خودشان.

نشان هر ضعی کل مدار: (نشان هر ضعی وجود در شبکه)

نشان هر ضعی سه اجتماع: اگر نشان هر ضعی ساخته می باشد، است می شود سرب دست کردن نشان هر ضعی

ضعی سه لازم نیست: نشان هر ضعی ساخته می باشد، است می شود سرب دست کردن، زیرا اگر $s \neq 0$ نشان هر ضعی همان ضعی است.

نشان ضعی و تار ساخته هم خواهد بود.

$$j_k = I e^{st}$$

(۱) ساخته می باشد.

$$v_k = R j_k = R I e^{st} = v e^{st}$$

$$v_k = L \frac{dj_k}{dt} = L \frac{d}{dt} [I e^{st}] = L I s e^{st} = v e^{st}$$

(۲) ساخته می باشد.

$$v_k = \frac{1}{c} \int j_k dt + v_c(0^-) = \frac{1}{c} \int I e^{st} dt + v_c(0^-)$$

(۳) ساخته می باشد.

$$= \left(\frac{I}{c} \times \frac{1}{s} \right) e^{st} + v_c(0^-) = v e^{st} + v_c(0^-) - v$$

به طور مشابه می توان اثبات کرد اگر $s \neq 0$ نشان ضعی و تار ساخته می باشد، نشان هر ضعی همان ضعی خواهد بود.

$s=0$ ممکن است نشان ضعی و تار ساخته می شود، نشان هر ضعی همان ضعی خواهد بود، تحت شرایط خاص؟

والتس

تار

حدا

تصمیم: فرکانس هر منبعی غیر صفر باشد و تغییر پذیر باشد (مانند پهنای باند) پس هر غیر صفر معادله در فرکانس $P(s)$

است که $P(s)$ ماتریس است بدین از روش، معادلات مدار را توصیف می کنند

در روش یونین: $Y_n(s) E(s) = I_s(s) + \alpha \rightarrow P(s) = Y_n(s)$

در روش کرن: $Z_n(s) I(s) = E_s(s) + \alpha \rightarrow P(s) = Z_n(s)$

در روش حلقه اساسی: $Z_B(s) I(s) = E_s(s) + \alpha \rightarrow P(s) = Z_B(s)$

در روش قطب اساسی: $Y_Q(s) E(s) = I_s(s) + \alpha \rightarrow P(s) = Y_Q(s)$

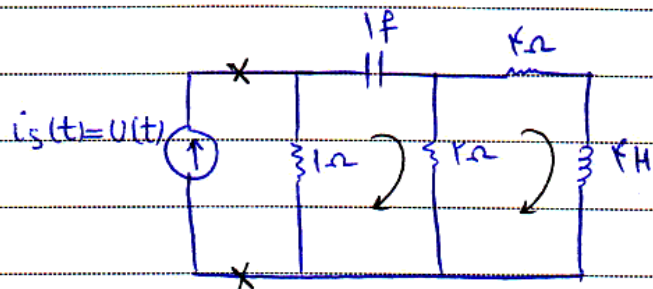
$$E(s) = Y_n^{-1}(s) (I_s(s) + \alpha)$$

اسات (مثلاً در روش کرن):

$$E(s) = \frac{\text{ماتریس در فرکانس کل مدار}}{\det(Y_n(s))} [I_s(s) + \alpha]$$

شماره فرکانس هر منبعی غیر صفر باشد

مثال: فرکانس هر منبعی غیر صفر است آورده



در مدار این سیستم دو آتش داریم

$$Z_n = \begin{bmatrix} \frac{1}{D} + 3 & -2 \\ -2 & 2 + 4D + 4 \end{bmatrix}$$

$$Z_n(s) = \begin{bmatrix} \frac{3s+1}{s} & -2 \\ -2 & 4s+4 \end{bmatrix}$$

$$\det(Z_n(s)) = \frac{(3s+1)(4s+4) - 4s}{s} = \frac{12s^2 + 16s + 4 - 4s}{s} = \frac{4(3s^2 + 3s + 1)}{s}$$

$$|Z_n(s)| = 0 \rightarrow \begin{cases} s = -\frac{1}{3} \\ s = -1 \end{cases}$$

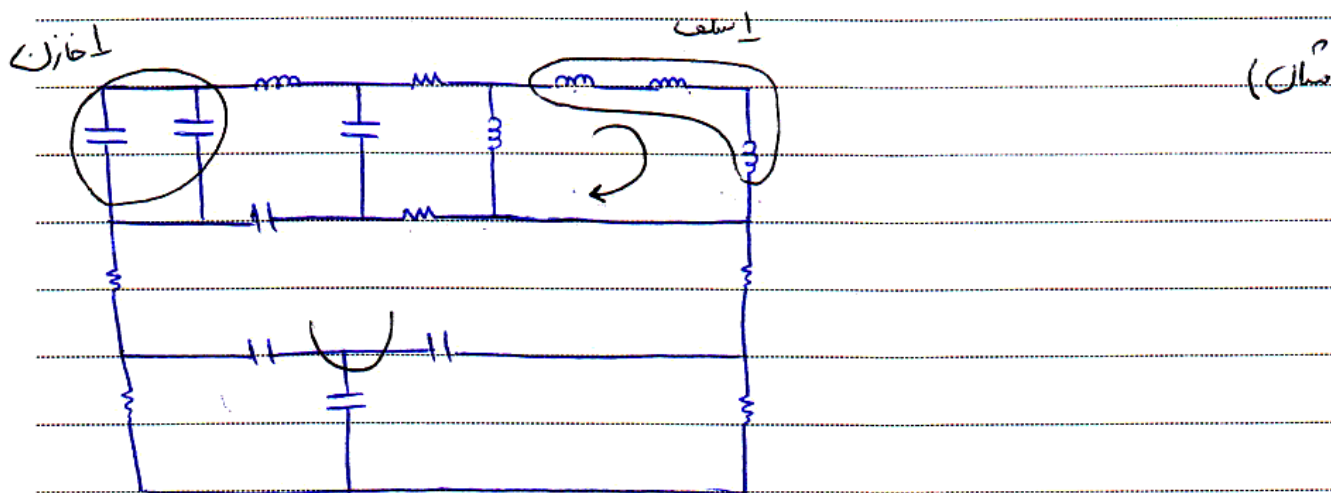
رتبه مدار و تعداد فرکانس‌های طبیعی ۲

به درجه دترمینان $P(s)$ ، $|P(s)|$ ، (رتبه مدار) معادل یک :

(تعداد پolesهای سلفی) - (تعداد حلقه‌های خارجی) - (تعداد عناصر خودکنش‌ناز) :

که برای تعداد فرکانس‌های طبیعی نیز صحت تعداد فرکانس‌های طبیعی غیر صفر :

(تعداد حلقه‌های سلفی) - (تعداد پolesهای خارجی) - (رتبه مدار)



$$\left. \begin{array}{l} \text{تعداد عناصر غیر صفری} = 9 \\ \text{تعداد حلقه‌های خارجی} = 0 \\ \text{تعداد گره‌های مستقل} = 0 \\ \text{تعداد گره‌های خارجی} = 1 \\ \text{تعداد حلقه‌های مستقل} = 1 \end{array} \right\} \rightarrow \text{رتبه مدار} = 9$$

$$\begin{array}{l} \text{تعداد فرکانس‌های طبیعی} = 9 \\ \text{تعداد فرکانس‌های غیر صفری} = 7 \end{array}$$

فرکانس‌های طبیعی و معادلات حالت ۲

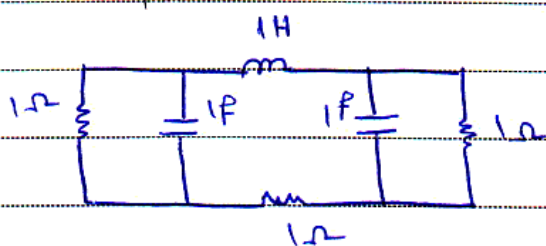
$$x(s) = (sI - A)^{-1} [BU(s) + x(0^-)] \quad \text{در معادلات حالت داریم}$$

$$x(s) = (sI - A)^{-1} x(0^-) \quad \text{در ورودی صفر} \rightarrow \text{فرکانس‌های طبیعی}$$

$$|sI - A| = 0 \quad \text{روش دیگر برای آوردن فرکانس‌های طبیعی}$$

ضرایب در معادلات حالت (در هر $(sI - A)$ است یعنی در هر $|sI - A|$ در میان)

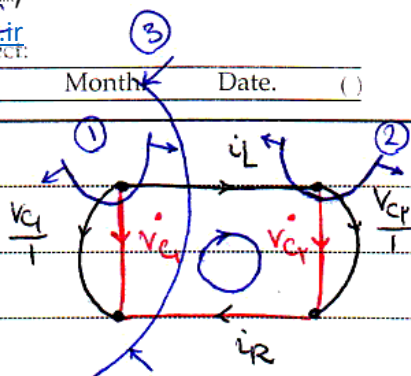
مثال ۲: با استفاده از معادلات حالت، فرکانس‌های طبیعی را بیابید



و برای از طریق معادلات حالت می‌خواهیم فرکانس‌های طبیعی را بیابیم به طریقی که نیاز نیست، یعنی حتی اگر مدار را از

منابع وابسته را قطع کنیم

در ورودی می‌بندیم و ورودی خارج می‌کنیم



$$\text{KCL: } \dot{V}_{C1} + \dot{V}_C + \dot{i}_L = 0 \rightarrow \dot{V}_{C1} = -\dot{V}_C - \dot{i}_L$$

$$\text{KCL: } \dot{V}_{C2} + \dot{V}_C - \dot{i}_L = 0 \rightarrow \dot{V}_{C2} = -\dot{V}_C + \dot{i}_L$$

$$\text{KVL: } \dot{i}_L + \dot{V}_C + i_R \times 1 - \dot{V}_{C1} = 0 \rightarrow \dot{i}_L = \dot{V}_{C1} - \dot{V}_C - i_R$$

$$\text{KCL: } i_R - \dot{i}_L = 0 \rightarrow i_R = \dot{i}_L$$

حالت پایدار را در (SI-A) پیدا می‌کنیم

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_{C1} \\ \dot{V}_{C2} \\ \dot{i}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{C1} \\ V_C \\ i_L \end{bmatrix}$$

$$SI - A = \begin{bmatrix} s & 0 & 0 \\ 0 & s & 0 \\ 0 & 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s+1 & 0 & 1 \\ 0 & s+1 & -1 \\ -1 & 1 & s+1 \end{bmatrix}$$

$$\det(SI - A) = 0 \rightarrow \text{پایدار می‌شود}$$

$$|SI - A| = (s+1) \left[(s+1)^2 + 1 \right] + (s+1)$$

$$= (s+1) \left[s^2 + 2s + 2 \right] + (s+1) = (s+1) (s^2 + 2s + 2)$$

$$= \frac{-2 \pm 2\sqrt{2}j}{2}$$

$$\begin{cases} s = -1 \\ s_1 = -1 + j\sqrt{2} \\ s_2 = -1 - j\sqrt{2} \end{cases}$$

معاذ الله، انا انا، انا انا، انا انا

مجلس ۱۵ و رابع سید

بجواب آج کے سید صورتِ نری عارف و مہرِ سحر

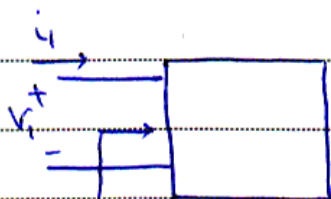
$$H(s) = \frac{L[\text{ایستگاه حالت صفر}]}{L[\text{منبع ورودی}]}$$

معقول است که در صورتی که جمع شود، به معنای ورودی را آن جمع می‌شود و در خروجی می‌شود

$$H(s) = \frac{\mathcal{L}[h(t)]}{\mathcal{L}[s(t)]} = \mathcal{L}[h(t)]$$

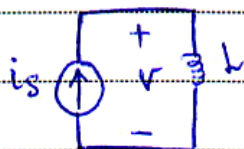
$$h(t)$$

انواع تابع شد



$$H(s) = Z(s) = \frac{V_1(s)}{I_1(s)}$$

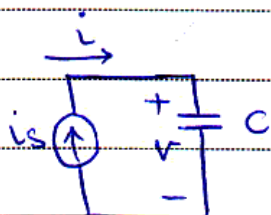
(1) ایمانی نصیحتیں (25)



$$v = L \frac{di_L}{dt} = L s I_L(s) - L i_L(-)$$

$$\Rightarrow Z_s = \frac{V(s)}{I(s)} = Ls$$

الفريق الثاني: فريق السيد د. حبيب صفر في اسم من سوري

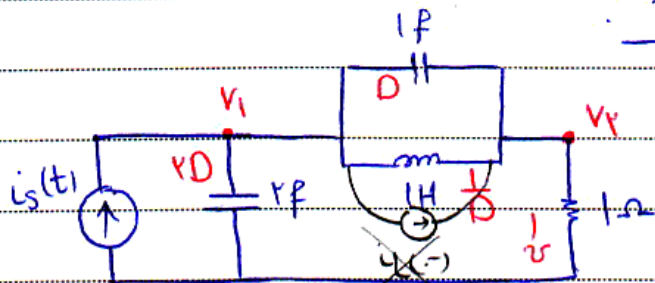


$$r = \frac{1}{c} \int_0^t i \, ds \, dt + v_c(0^-)$$

۲
(میان)

$$V(s) = \frac{1}{Cs} I(s) \rightarrow Z(s) = \frac{1}{Cs}$$

مثال: در مدار زیر، امپدانس تعریف شده را پیدا کنید.



$$Z(s) = \frac{V_1(s)}{I_s(s)}$$

در اینجا صفر

از روش اول حل می‌کنیم. هدف: نسبت ورودی $Z(s)$ است.

شرط اول: برای معادلات جفوری، باید این را فرض کنیم (D به S تبدیل می‌کنیم).

$$\begin{bmatrix} 3s+1 & -(s+1/s) \\ (s+1/s) & s+1/s+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_s \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2V_1(-1) \\ - \end{bmatrix}$$

در اینجا شرط اول = 0

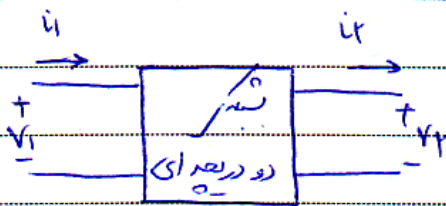
$$\Rightarrow \begin{bmatrix} 3s+1 & -\frac{s^2+1}{s} \\ \frac{s^2+1}{s} & \frac{s^2+s+1}{s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_s \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = \frac{\frac{s^2+s+1}{s} I_s}{(3s^2+1)(s^2+s+1) - (s^2+1)^2} \Rightarrow Z(s) = \frac{V_1(s)}{I_s(s)} = \frac{s(s^2+s+1)}{(3s^2+1)(s^2+s+1) - (s^2+1)^2}$$

تعریف توان: نسبت به استفاده از روشی خاص

در اینجا توان به روش استفاده از نسبت دو در یک است.

(۱) ابعادنس نقطه‌ای و (وقتی خوب از دیدگاه انجام شود)



$$H(s) = Z(s) = \frac{V_2(s)}{I_1(s)}$$

$$H(s) = \frac{V_2(s)}{I_1(s)}$$

(۲) ابعادنس انتقالی

$$H(s) = \frac{I_2(s)}{V_1(s)}$$

(۳) ابعادنس انتقالی

$$H(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)}$$

(۴) نسبت انتقال ولتاژ

$$H(s) = \frac{I_2(s)}{I_1(s)}$$

(۵) نسبت انتقال جریان

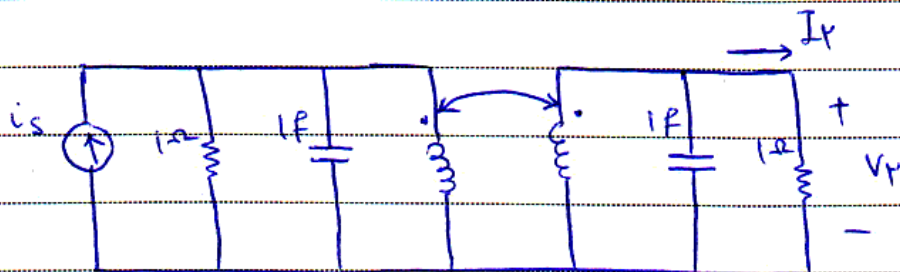
اما اگر بخواهیم این روابط استفاده کنیم

$$\frac{(\frac{I_2}{V_2})}{\frac{V_1}{V_2}} = \frac{I_2}{V_1} = \frac{I_1}{V_1}$$

ابعادنس نقطه‌ای

مثال (در حل از زیر به روابط سلسله‌ای و موازی استفاده کنید)

الف) ابعادنس نقطه‌ای $\frac{V_2}{I_1}$ ب) ابعادنس انتقالی $\frac{V_2}{I_1}$ ج) نسبت انتقال ولتاژ $\frac{V_2}{V_1}$

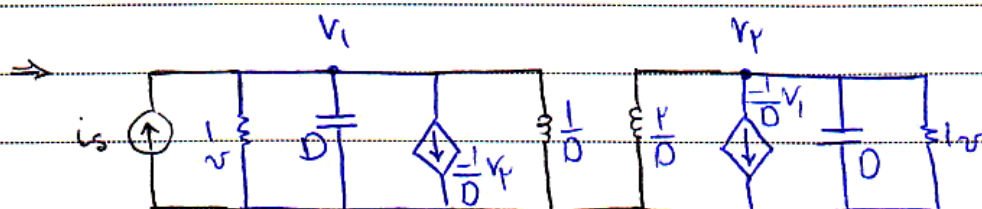
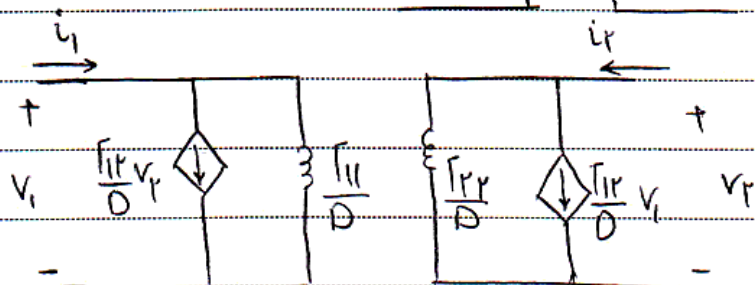
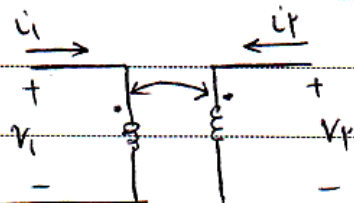


$$L = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

با توجه به ماهیت المان‌ها که به صورت موازی اندازیده می‌شوند (از روی صحت روابط نسبت استفاده می‌کنیم)

$$\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow F = F^{-1} = \frac{1}{2-1} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow F = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} s + 1/s + 1 & 0 \\ 0 & r/s + s + 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_l \\ v_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_s + 1/D v_r \\ 1/D v_l \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{s^r + s + 1}{s} & -\frac{1}{s} \\ -\frac{1}{s} & \frac{s^r + s + r}{s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_l \\ v_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_s \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Z(s) = \frac{v_l(s)}{I_s(s)}$$

$$H_l(s) = \frac{v_r(s)}{I_s(s)}$$

$$H_r(s) = \frac{v_r(s)}{v_l(s)} = \frac{H_l(s)}{Z(s)}$$

$$v_l(s) = \frac{\frac{s^r + s + 1}{s} I(s)}{\frac{(s^r + s + 1)(s^r + s + r)}{s^r} - \frac{1}{s^r}}$$

$$\Rightarrow Z(s) = \frac{s(s^r + s + 1)}{(s^r + s + 1)(s^r + s + r) - 1}$$



$$\frac{1}{s} I_s(s)$$

$$\frac{(s^2+s+1)(s^2+s+2)}{s^2} - \frac{1}{s^2}$$

 $\Rightarrow$

$$H_1(s) = \frac{s}{(s^2+s+1)(s^2+s+2)-1}$$

$$H_2(s) = \frac{1}{s^2+s+1}$$

بسیار ساده و آسان

این عبارت برای تابع تبدیل و رسم آن در صفحه مختصات استفاده می‌شود

تابع $H(s)$ را در نظر بگیرید. فرم کلی تابع تبدیل

$$H(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}$$

$$m \leq n \quad m \leq n$$

در صفحه مختصات (سازگار) صورت کلی تابع تبدیل را به صورت 0 و قطب 1 یا X نمایش می‌دهیم

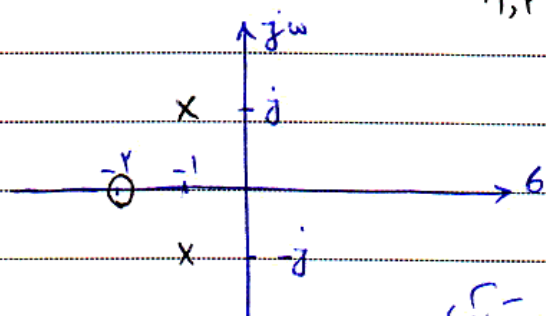
برای رسم این تابع تبدیل در صفحه مختصات

تابع تبدیل را در صفحه مختصات

$$H(s) = \frac{K(s+2)}{s^2+2s+2}$$

$$z_1 = -2$$

$$p_{1,2} = -1 \pm j$$



از فرم کلی تابع تبدیل و رسم آن در صفحه مختصات استفاده می‌شود

برای رسم این تابع تبدیل در صفحه مختصات

$$H(j\omega) = \frac{K(\tau + j\omega)}{\tau - \omega^2 + \tau j\omega}$$

$$H(j0) = 2 \quad \text{نرخ سید}$$

$$H(j0) = \frac{\tau K}{\tau} = 2 \rightarrow K = 2 \Rightarrow H(s) = \frac{2(s+2)}{s^2 + \tau s + 2}$$

$$x(s) \rightarrow [H(s)] \rightarrow y(s)$$

تابع سیگنال در حالت پایدار سینوسی: $\cos$ و $\sin$ ورودی و خروجی

$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

$$H(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)}$$

$$Y(j\omega) = X(j\omega) H(j\omega)$$

$$|Y(j\omega)| \angle Y(j\omega) = |X(j\omega)| \angle X(j\omega) \times |H(j\omega)| \angle H(j\omega)$$

$$|Y(j\omega)| \angle Y(j\omega) = |X(j\omega)| |H(j\omega)| \angle X(j\omega) + \angle H(j\omega)$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi) \rightarrow x(j\omega) = A \angle \phi$$

دخول دافه سینوسی

$$|Y(j\omega)| \angle Y(j\omega) = A |H(j\omega)| \angle \phi + \angle H(j\omega)$$

$$\text{استخراج سیگنال} \rightarrow y(t) = A |H(j\omega)| \cos(\omega t + \phi + \angle H(j\omega))$$

$$y(t) = ? \leftarrow x(t) = \cos t u(t), \quad H(s) = \frac{s^2 + 4}{(s+2)(s^2 + \tau s + 4)}$$

سال نرخ سید

$$x(s) = \frac{s}{s^2 + 1}$$

اول فصل

$$Y(s) = X(s) H(s) \xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} y(t)$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \theta) \Rightarrow x(j\omega) = A \angle \theta$$

را به حل رساند؛ حول درودی در نرم نویسی نکاتش است. اینجلی نویسی حالت مانده به استفاده نرم

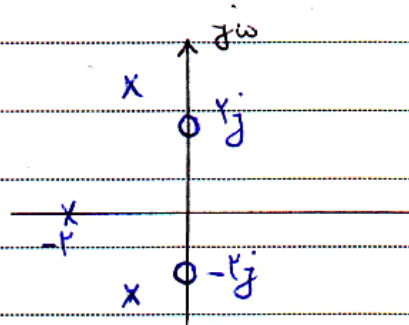
$$\omega = 1$$

$$H(j\omega) = \frac{4-1}{(2+j)(4-1+j)} = \frac{3}{(2+j)(3+j)} = \frac{1}{(2+j)(1+j)}$$

$$H(j\omega) = \frac{1}{1+j} = \frac{1}{\sqrt{10} \angle 45^\circ} = \frac{1}{\sqrt{10}} \angle -45^\circ$$

$$x(j\omega) = 1 \angle 0$$

$$Y(j\omega) = 1 \times \frac{1}{\sqrt{10}} \angle (0 + (-45^\circ)) = \frac{1}{\sqrt{10}} \angle -45^\circ$$



$$\rightarrow y(t) = \frac{1}{\sqrt{10}} \cos(t - 45^\circ)$$

$$y(t) = ? \leftarrow x(t) = \cos 2t \quad \text{نرم نویسی}$$

$$H(j\omega) = \frac{4-\omega^2}{(2+j\omega)(4-\omega^2+j\omega)}$$

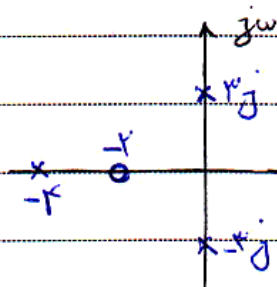
$$H(j2) = 0 \rightarrow Y(j2) = 0 \rightarrow y(t) = 0$$

$$x(t) = \cos 2t$$

$$H(s) = \frac{s+2}{(s^2+4)(s+4)}$$

$$y(t) = ?$$

نرم نویسی



$$H(j\omega) = \frac{2+j\omega}{(4-\omega^2)(4+j\omega)} \rightarrow H(j2) = \infty$$

$$\rightarrow Y(j2) = \infty \rightarrow y(t) = \infty$$

نرم نویسی از تابع تبدیل نرم نویسی نیاز داشته باشد، باید به حالت مانده به نرم نویسی به این نرم نویسی

✓ در فضای پهن باند، توان قرار دهنده باند پهن حالت دائمی سیستم به ازای آن فرکانس به بی نهایت است.

این حالت به معنای خرابی فرمان در فرکانس پهن است.

$$H(j\omega) = |H(j\omega)| \angle H(j\omega)$$

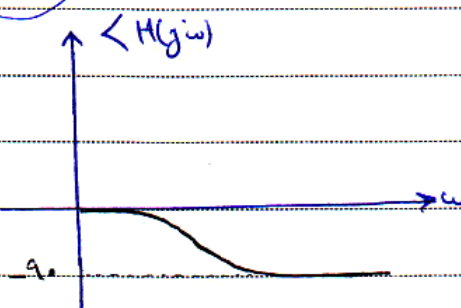
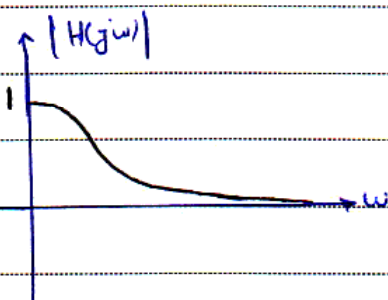
باند پهنی:

به اطلاعات سیستم $|H(j\omega)|$ و $\angle H(j\omega)$ ، باند پهنی می‌گویند.

$$H(s) = \frac{1}{s+1}$$

مثال:

$$H(j\omega) = \frac{1}{1+j\omega} = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{1+\omega^2}} \angle -\tan^{-1}\omega = \frac{1}{\sqrt{1+\omega^2}} \angle -\tan^{-1}\omega$$



داده‌های مثال: $|H(j\omega)|$ و $\angle H(j\omega)$ در یک امپدانس سیستم به ازای این پهن باند پهنی.

عمل در سیستم:

$$H(s) = \frac{K \prod_{j=1}^m (s - z_j)}{\prod_{j=1}^n (s - p_j)}$$

(۱) تعداد صفات باند پهنی:

$$H(j\omega) = \frac{K(j\omega) \prod_{j=1}^m (j\omega - z_j)}{\prod_{j=1}^n (j\omega - p_j)}$$

یعنی:

$$|H(j\omega)| = |K(j\omega)| \cdot \frac{\sum_{j=1}^m |j\omega - z_j|}{\sum_{j=1}^n |j\omega - p_j|}$$

$$\angle H(j\omega) = \angle K(j\omega) + \sum_{j=1}^m \angle (j\omega - z_j) - \sum_{j=1}^n \angle (j\omega - p_j)$$

(۲) قطب‌ها و صفرها را در صفحه مختلط رسم می‌کنیم. زاویه‌ها را به صورت $\angle (j\omega - z_j)$ و $\angle (j\omega - p_j)$ می‌نویسیم.

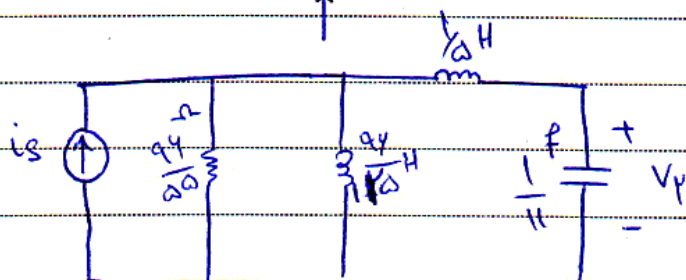
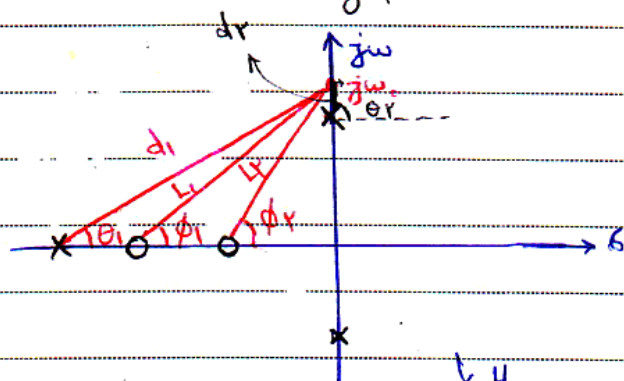
برای رسم این زاویه‌ها باید بدانیم که هر قطب یا صفر در کدام ربع قرار دارد. اگر قطب یا صفر در ربع اول باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j)$ است. اگر در ربع دوم باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j) + \pi$ است. اگر در ربع سوم باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j) + 2\pi$ است. اگر در ربع چهارم باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j) + \pi$ است.

برای رسم این زاویه‌ها باید بدانیم که هر قطب یا صفر در کدام ربع قرار دارد. اگر قطب یا صفر در ربع اول باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j)$ است. اگر در ربع دوم باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j) + \pi$ است. اگر در ربع سوم باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j) + 2\pi$ است. اگر در ربع چهارم باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j) + \pi$ است.

در هر قطب یا صفر، زاویه آن را به صورت $\angle (j\omega - z_j)$ و $\angle (j\omega - p_j)$ می‌نویسیم. اگر قطب یا صفر در ربع اول باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j)$ است. اگر در ربع دوم باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j) + \pi$ است. اگر در ربع سوم باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j) + 2\pi$ است. اگر در ربع چهارم باشد، زاویه آن $\angle (j\omega - z_j) + \pi$ است.

این زاویه‌ها را با $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ می‌نویسیم. اگر قطب یا صفر در ربع اول باشد، زاویه آن θ_j است. اگر در ربع دوم باشد، زاویه آن $\theta_j + \pi$ است. اگر در ربع سوم باشد، زاویه آن $\theta_j + 2\pi$ است. اگر در ربع چهارم باشد، زاویه آن $\theta_j + \pi$ است.

$$|H(j\omega)| = |K(j\omega)| \prod_{j=1}^m L_j, \quad \angle H(j\omega) = \sum_{j=1}^m \phi_j - \sum_{j=1}^n \theta_j$$



مثال: برای یافتن تابع انتقال $H(s)$ در حالت صفر.

علاوه بر این، می‌توانیم از روش دیگر نیز استفاده کنیم.

$$H(s) = \frac{V_f(s)}{I_s(s)} \quad \text{الف}$$

$$i_s(t) = 1 \cos(\omega t - \varphi_0) \quad \text{ب}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta\Delta}{94} + \frac{12\Delta}{94s} + \frac{\Delta}{s} & -\frac{\Delta}{s} \\ -\frac{\Delta}{s} & \frac{\Delta}{s} + \frac{s}{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_f(s) \\ V_f(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_s(s) \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{ج}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta^2\Delta + \Delta\Delta s}{94s} & -\frac{\Delta}{s} \\ -\frac{\Delta}{s} & \frac{s^2 + \Delta\Delta}{11s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_f(s) \\ V_f(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I(s) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$V_f(s) = \frac{\frac{\Delta}{s} I(s)}{\frac{(\Delta\Delta s + \Delta^2\Delta)(s^2 + \Delta\Delta)}{94 \times 11 s^2} - \frac{\Delta\Delta}{s^2}}$$

$$\frac{V_f(s)}{I_s(s)} = \frac{94s}{(s + \Delta)(s^2 + 4s + 12\Delta)} \quad \begin{array}{l} Z=0 \\ p_1 = -\Delta \\ p_{2,3} = -2 \pm j \end{array}$$

$$I_s(j\omega) = 1 \angle -\varphi_0 \rightarrow I_s(j\omega) = 1 \angle -\varphi_0$$

$$I_s(s) = 1 \angle -\varphi_0 \quad \omega_0 = \omega$$

د حل جواب اول:

$$H(j\omega) = \frac{94 \times j\omega}{(\Delta + j\omega)(9 + j\omega)} = \frac{1224 \angle 90^\circ}{1224 \angle -14.1^\circ} = 1 \angle -14.1^\circ$$

$$I_s(j\omega) = 1 \angle -\varphi_0$$

$$\rightarrow V_f(j\omega) = 1224 \times 1 \angle -14.1^\circ \Rightarrow V_f(j\omega) = 1224 \angle -14.1^\circ$$

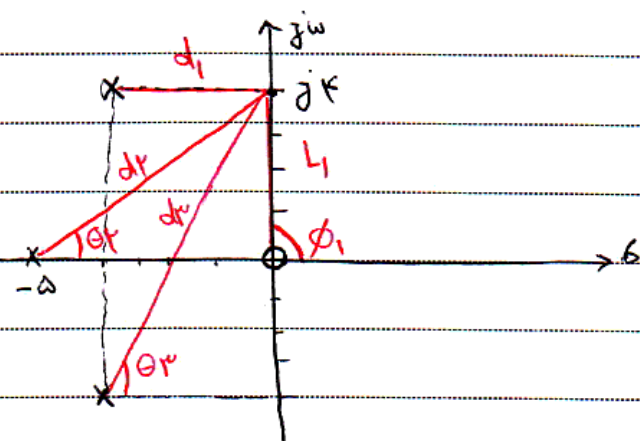
$$\rightarrow V_f(t) = 10 \cos(\omega t - 41,13^\circ)$$

حل از راه حل دوم: از نسبت ضلع مقابل به وتر استفاده می‌کنیم

$$H(s) = \frac{V_f(s)}{I_s(s)} = \frac{94s}{(s+\Delta)(s^2+\gamma s+\kappa)}$$

$$z \rightarrow s = 0$$

$$p \rightarrow -\Delta, -\gamma \pm j\kappa$$



$$\begin{cases} d_1 = \gamma \\ \theta_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} dr = \sqrt{\gamma^2 + \kappa^2} = \gamma_r \kappa \\ \theta_r = \tan^{-1} \frac{\kappa}{\Delta} = 41,41^\circ \end{cases}$$

$$\begin{cases} d_K = \sqrt{\Delta^2 + \kappa^2} = \Delta_r \omega \kappa \\ \theta_K = \tan^{-1} \frac{\Delta}{\gamma} = 49,5^\circ \end{cases}$$

$$\begin{cases} L_1 = \kappa \\ \phi_1 = 90^\circ \end{cases}$$

$$|H(j\kappa)| = \frac{|K| L_1}{d_1 d_r d_K} = \frac{94 \times \kappa}{\gamma_r \kappa \Delta_r \omega \kappa} = \gamma_r \kappa$$

$$\angle H(j\kappa) = \phi_1 - \theta_1 - \theta_r - \theta_K + \angle K = 90^\circ - 41,41^\circ - 49,5^\circ = -11,11^\circ$$

$$H(j\kappa) = \gamma_r \kappa \angle -11,11^\circ$$

$$V_f(j\kappa) = 10 \angle -30^\circ \times \gamma_r \kappa \angle -11,11^\circ = 10 \angle -41,11^\circ$$

$$V_f(t) = 10 \cos(\omega t - 41,11^\circ)$$

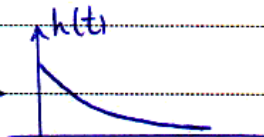
برای مدارهای پسیو:

الف) مدارهای حقیقی:



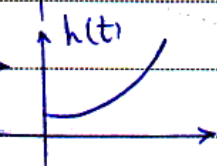
$$H(s) = \frac{K_1}{s - \alpha_1} + \frac{K_2}{s - \alpha_2} \Rightarrow h(t) = K_1 e^{\alpha_1 t} + K_2 e^{\alpha_2 t}$$

$$\alpha_1 < 0, \alpha_2 < 0$$

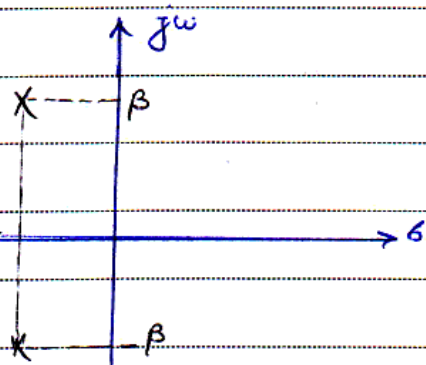


تابع پایداری

$$\alpha_1 > 0, \alpha_2 > 0$$



ناپایدار



$$s_{1,2} = \alpha \pm j\beta$$

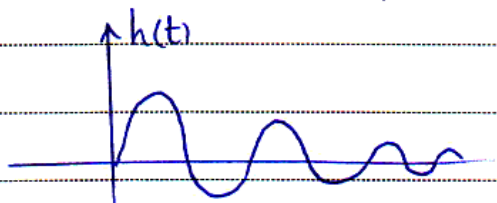
ب) مدارهای نوسانی:

$$H(s) = \frac{K}{s - (\alpha + j\beta)} + \frac{K^*}{s - (\alpha - j\beta)}$$

$$h(t) = \sqrt{K} e^{\alpha t} \cos(\beta t + \angle K)$$

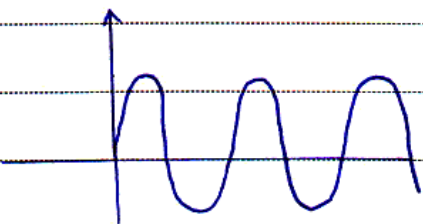
alpha و beta ضرایب در B نقطه اتصال می‌باشند

$$\alpha < 0$$



مدارهای پسیو و نوسانی و ضعیف ناپایدار

$$\alpha = 0$$



مدارهای پسیو و نوسانی و ضعیف پایدار

ABAN

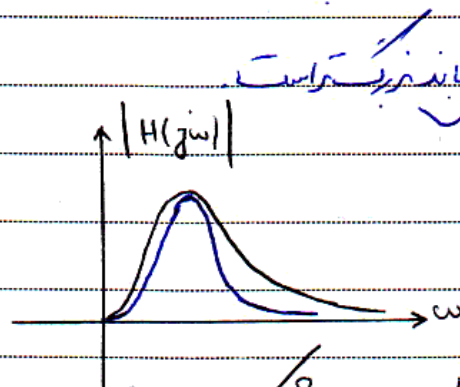
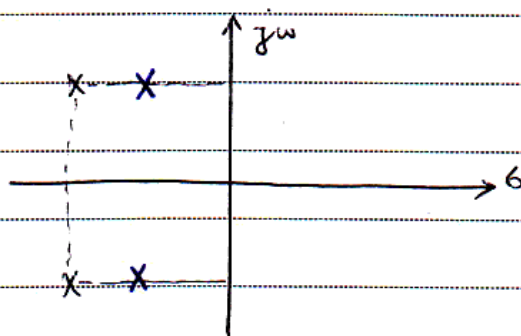
(در عمل فعال نیز می‌باشد)



قطب‌های سیستم $\rightarrow$ ضعیف‌ترند

✓ به هر طریقی هر قطب هم‌جهت با هر فرکانس است و اگر فرکانس محور باشد، امکان دارد این فرکانس

✓ وجود قطب فرکانس (مثلاً) در پاسخ فرکانسی تابع باشد اما در پاسخ نوسان دیده‌اند چون این قطب‌ها از محور



دورتر باشند، پهنای باند فرکانس است

فرکانس‌ها را می‌توان در قطب‌ها تعیین کرد

$$|Y_n(s)| = 0$$

فرکانس‌ها را می‌توان در فرکانس‌ها از روی این فرکانس‌ها دید

$$|Z_m(s)| = 0$$

$$|Z_B(s)| = 0$$

$$|Y_Q(s)| = 0$$

تا این فرکانس است که هر قطب تابع فرکانس ضعیف‌ترند و امکان است این فرکانس‌ها را

قطب تابع فرکانس

خاصیت تعادل در تابع سید:

$$H(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0} \quad m \leq n$$

فرم ساده شده:

در فرکانس $s \rightarrow j\omega$

$$(j\omega)^2 = -\omega^2$$

$$(j\omega) = j\omega$$

$$(j\omega)^4 = \omega^4$$

$$(j\omega)^3 = -j\omega^3$$

$$(j\omega)^6 = -\omega^6 = (j\omega)^4 \times (j\omega)^2$$

$$(j\omega)^5 = j\omega^5 = (j\omega)^3 \times (j\omega)^2$$

$$(j\omega)^8 = \omega^8 = (j\omega)^6 \times (j\omega)^2$$

$$(j\omega)^7 = -j\omega^7$$

$$H(j\omega) = \frac{(b_0 - b_2 \omega^2 + b_4 \omega^4 - \dots) + j\omega(b_1 - b_3 \omega^2 + b_5 \omega^4 - \dots)}{(a_0 - a_2 \omega^2 + a_4 \omega^4 - \dots) + j\omega(a_1 - a_3 \omega^2 + a_5 \omega^4 - \dots)}$$

$$H(j\omega) = \frac{(\omega^2 \text{ ضریب } j) + j\omega(\omega^2 \text{ ضریب } j)}{(\omega^2 \text{ ضریب } j) + j\omega(\omega^2 \text{ ضریب } j)}$$

$$\begin{cases} |H(j\omega)| = |H(-j\omega)| \\ \angle H(j\omega) = -\angle H(-j\omega) \end{cases} \quad \begin{cases} \text{Re}[H(j\omega)] = \text{Re}[H(-j\omega)] \\ \text{Im}[H(j\omega)] = -\text{Im}[H(-j\omega)] \end{cases}$$

مثال: اگر یک سیستم دارای تابع انتقال $H(s)$ باشد، حاصل مقدار قطب و صفرهای آن را بیابید.

$$|H(j0)| = 1$$

$$|H(j1)| = 0$$

$$|H(j\infty)| = 0$$

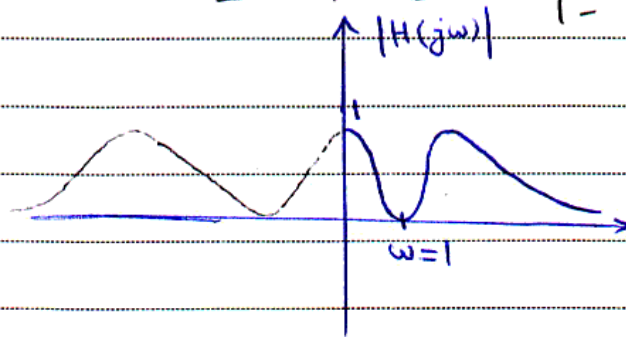
آنچه خاصیت این است: $|H(j\omega)| = 0$

حل آن در صورتی که $s = j$ و $s = -j$

آنچه باید بدانیم: $|H(j\omega)| = 0$ یعنی در هر فرکانس از هر صورت حداقل یکی از اینها است یعنی حداقل ۳ قطب

داریم. حتماً یکی از اینها حقیقی است و دیگری است و قطب دیگر نزدیک اینها

$$H(s) = \frac{(s-j)(s+j) = (s^2+1)}{(s-\alpha)(s-(\alpha+j\beta))(s-(\alpha-j\beta))}$$

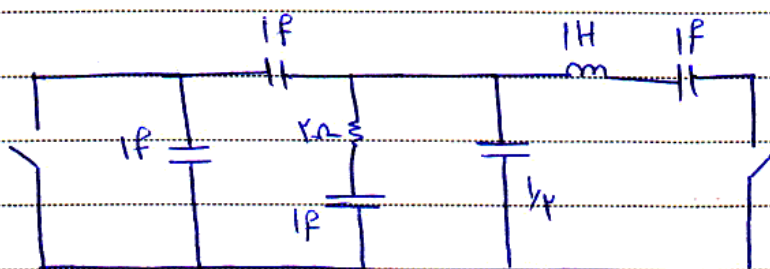


(A) در مدار شکل زیر در دو حالت باز و بسته بودن کلیدها ولتاژ V_1 و V_2 را تعیین کنید.

(1) تعداد فرکانس ها در طیف V_1 در دو حالت 15 است.

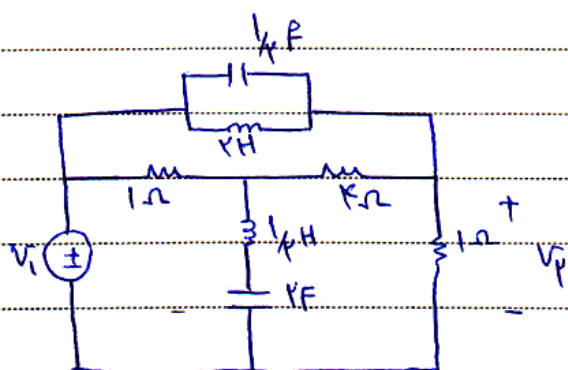
(2) تعداد فرکانس ها در طیف V_2 در دو حالت 15 است.

(3) تعداد فرکانس ها در طیف V_1 در دو حالت 15 است.



(14) معادله 2.2

(B) در مدار زیر ولتاژ V_1 و V_2 را تعیین کنید.



1) $\frac{2(s^2+1)}{(s+1)^2}$

2) $\frac{s^2+1}{(s+2)^2}$

3) $\frac{s^2+1}{s^2+s+1}$

4) $\frac{s^2+1}{(s+1)^2}$

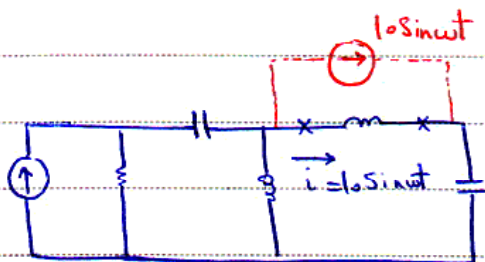
توضیحات

توضیحات: کاربرد شبکه‌های خطی، تغییر انداز و تغییرات

توضیحات: در شبکه‌های N با مشخصات داده شده، عنصر یا شاخه‌ای مانند K به روشی یا سایر عناصر شبکه ندارد و در نظر می‌گیریم.

جایگزینی: برای این شاخه برابر با $V_K(t)$ و جریان برابر با $i_K(t)$ بوده و معادله تغییرات آن مشخص است، می‌توان

به جای K منبع ولتاژ یا معادله تغییرات برابر با $V_K(t)$ و منبع جریان به معادله تغییرات برابر با $i_K(t)$ می‌باشد.



توضیحات: کاربرد شبکه‌های خطی (تغییر انداز و تغییرات)

توضیحات: در شبکه‌های N با مشخصات داده شده، فرض می‌شود که تعداد منابع مستقل یک شود، یا منبع

حالت فوری: برابر است با جمع جبراً منابع خارجی و منابع داخلی از اعمال هر یک از منابع مستقل در صورتی

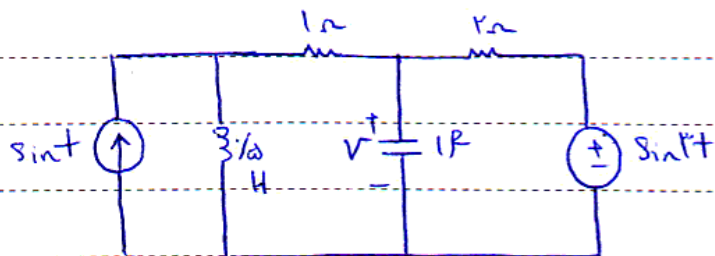
برای تمامی برنده اعمال شوند

توضیحات: در شبکه‌های N خطی و تغییر انداز و تغییرات در حالت دائمی است، یا منبع حالت فوری (یا منبع حالت

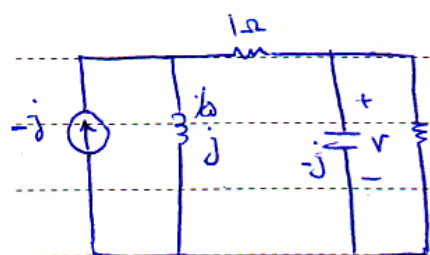
دائم) نامی از اعمال یک تعداد منابع مستقل (حتی از طایفه‌های متفاوت) برابر است با

مجموع جبر اینها را یعنی سینوسی ایسی از اعمال جدید از منابع وقتی به یکدیگر به رسمه اعمال می‌کنند

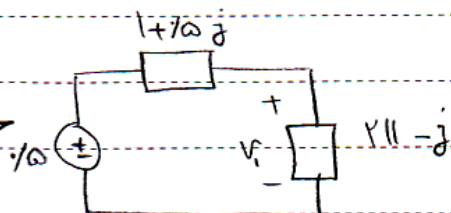
مثال: $v(t)$ را در مدار زیر پیدا کنید؟



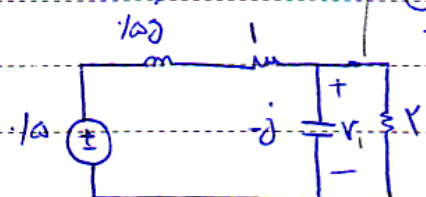
حل: از جمع آمار استفاده می‌کنیم و از تحلیل سینوسی حالت ماندگار



$$\omega = 1$$



↓

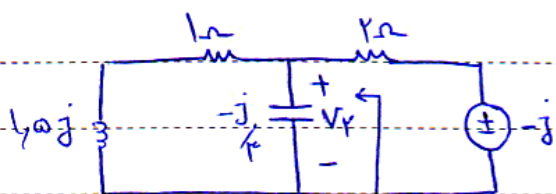


اینجا از جمع جبر

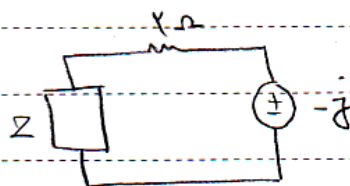
$$v = \frac{(2 || -j)}{j/5 + 1 + (2 || -j)} \times j/5 = \frac{j/5 - 1/j}{j/5 + 1 + j/5 - 1/j} \times j/5$$

$$v = \frac{1}{1} - \frac{10}{1} j = -j \times 9.1$$

$$\Rightarrow v_1(t) = -9.1 \cos(t - 91.34^\circ)$$



$$\omega = 2$$



$$Z = (1 + j/5) || (-j/4) = -j/4 \times 5 = -j/4$$

پس از جمع جبر

$$v = -j \times \frac{(-j/4 \times 5 - 1/j)}{1 + (-j/4 \times 5 - 1/j)} = -1.18 - j0.91 = 1.5 \angle -144.4^\circ$$

NADERI

$$v_f(t) = 117 \cos(3t + 197.7^\circ)$$

$$v(t) = v_1(t) + v_f(t) =$$

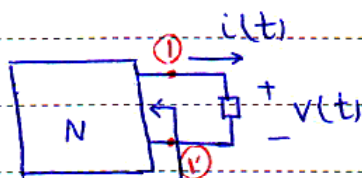
چون دو تابع هم‌تعداد اند مجموع در حوزه زمان، آن‌ها را با هم جمع می‌کنیم

$$v(t) = 117 \cos(3t + 197.7^\circ) + 117 \cos(3t - 51.34^\circ)$$

قضیه کارسینا: معادل توانی کولونین د. داریم در مسئله‌ها خاص، تغییر دینامیک تغییر با زمان

بر اساس این اصل، در اینجا ما یک معادل توانی کولونین داریم، که به عنوان تغییر در سطح خروجی می‌باشد (یعنی)

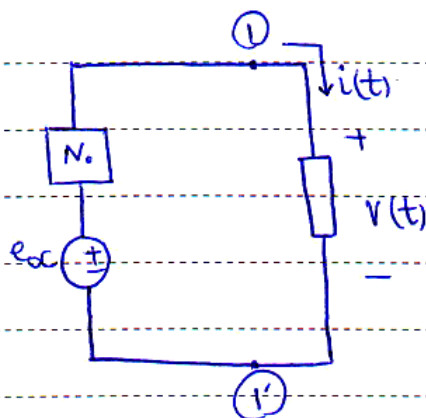
$i(t)$ و سطح خروجی دیگر (یعنی $v(t)$) در مدار معادل سطح زیر حاصل می‌شود



معادل توانی کولونین

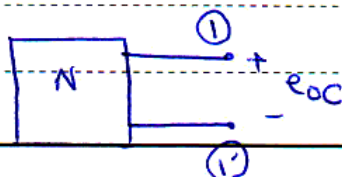
سطح این است که ما می‌توانیم با این مدار معادل، در ادامه بایستیم

تغییر سطحی معادل توانی کولونین، هر یک از مشخصات خروجی را می‌توان با تغییر زیر معادل کرد. در آن سیم N_0 سیم در حال



است. از آنجا که سیم معادل ورودی صفر و حالت صفر می‌شود، این است

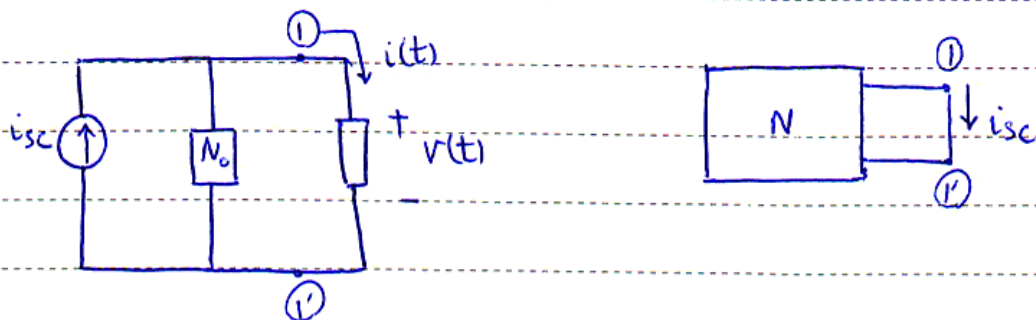
منبع ولتاژ e_{oc} ، ولتاژ مدار باز دوسر (1) و (1') است که به وسیله منابع



مستقل از سیم در مدار است. این به وجود می‌آید

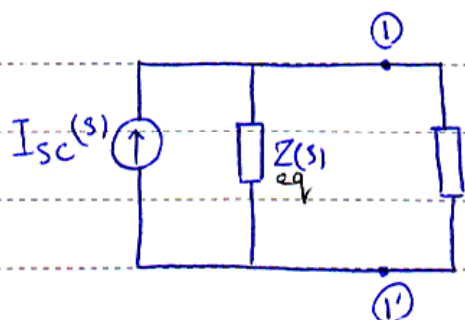
نقشه تبدیل معادل نورن: هر شبکه با مشخصات مفروضه را می توان با شبکه معادل خود که دارای یک منبع N_0

به نام اجزای قبل است و I_{sc} جریان اتصال کوتاه دوسر (۱.۱) باشد از منابع مدار و وسایط اولیه آن است.

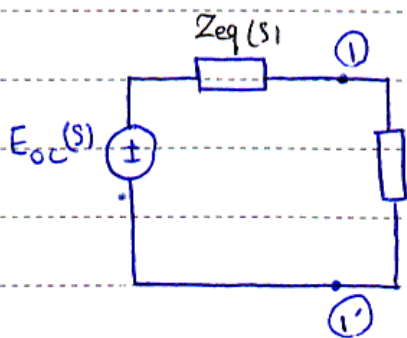


تقسیم می: هرگاه یک N خطی و غیر انیترین باشد می توان از تبدیل لاپلاس استفاده نمود و مدار معادل

توی دو نورن را به صورت زیر حاصل کرد



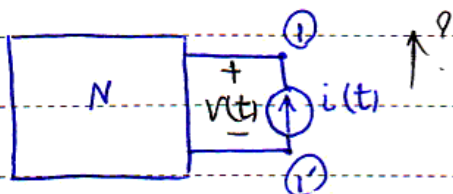
$$Z_{eq}(s) = \frac{E_{oc}(s)}{I_{sc}(s)}$$



دوسر خارج دست آوردن $Z_{eq}(s)$:

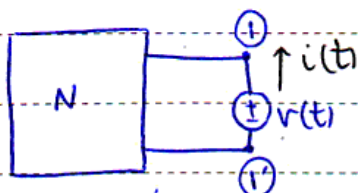
(۱) دوسر اعمال منبع: یعنی از دوسر زیر عمل می کشیم:

(الف) یک منبع جریان $i(t)$ به دوسر (۱.۲) اعمال می کنیم و ولتاژ دوسر آن را مانند شکل زیر به دست می آوریم



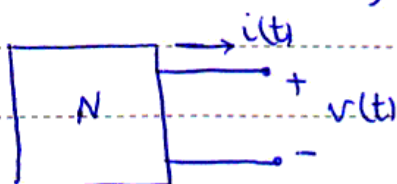
$$Z_{eq} = \frac{v(t)}{i(t)}$$

پس منبع ولتاژ $v(t)$ به دو سر برای اعمال جریان $i(t)$ را مانند شکل زیر به دست می آوریم.



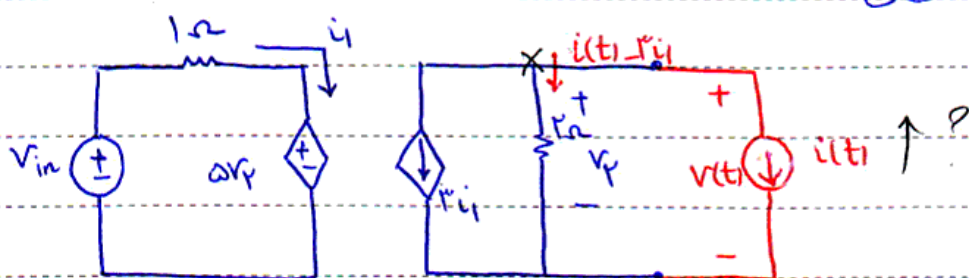
$$Z_{eq} = \frac{v(t)}{i(t)}$$

۲) معادله ولتاژ و جریان در دو سر ① و ② را به صورت زیر به دست می آوریم. (اصطلاح به دست می آوریم) i_{sc} و e_{oc}



$$v(t) = e_{oc} - Z_{eq} i(t)$$

صلح) معادله نویسی از رابطه ① و ②



حل لغوی که در این اعمال به دست می آوریم.

$$v_p = v(t) = 2(i_1(t) - 3i_1)$$

$$v(t) = 2i_1(t) - 4i_1 \quad (1)$$

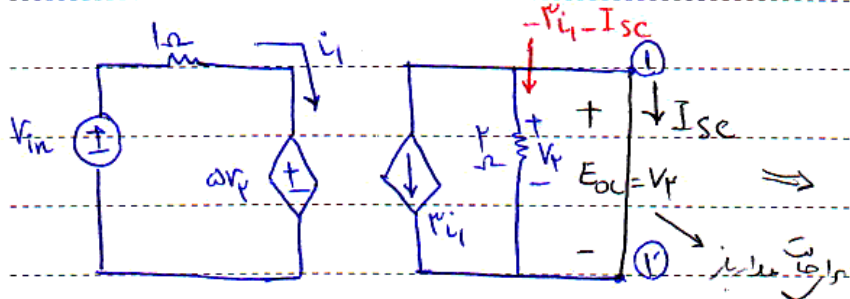
$$KVL: v_{in} = i_1 + \omega v(t) \rightarrow i_1 = v_{in} - \omega v(t) \quad (2)$$

$$① \text{ و } ②: v(t) = 2i_1(t) - 4v_{in} + 3\omega v(t) \Rightarrow 19v(t) = 4v_{in} - 2i_1(t)$$

$$v_r(t) = \left(\frac{4}{29} v_{in} \right) - \left(\frac{2}{29} i_{lt} \right)$$

$\downarrow$ E_{oc} $\downarrow$ Z_{eq}

حالت خروجی در دست آوردن معادله:
(روش دوم)



رابطه استیلا می باشد

$$v_r = -2 \times 3i_1 = -4i_1 \quad i_1 = \frac{v_{in} - v_r}{1} = v_{in} - v_r$$

$$i_1 = v_{in} + 2v_r \rightarrow i_1 = \frac{-v_{in}}{29} \quad v_r = \left(\frac{4}{29} \right) v_{in} \rightarrow E_{oc} = \frac{4}{29} v_{in}$$

$$v_r = 0 \rightarrow 2(-3i_1 - I_{sc}) = 0 \Rightarrow -4i_1 - 2I_{sc} = 0 \rightarrow I_{sc} = -2i_1$$

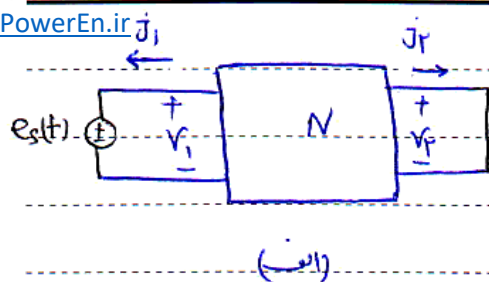
$$KVL: i_1 = v_{in} - v_r \Rightarrow i_1 = v_{in} \rightarrow I_{sc} = -2v_{in}$$

$$Z_{eq} = \frac{E_{oc}}{I_{sc}} = \frac{\frac{4}{29} v_{in}}{-2v_{in}} = -\frac{2}{29}$$

تفسیر هم اینست: بار در دسترس هر خطی تغییرانپذیر از باران، بدون منابع وابسته در دسترس و بدون عنصری
برنامهریزی و شرایط اولیه صفر. این تفسیر به نوع بیان دارد.

بیان ۱) خواص سیستم با استفاده از روشهای مختلف و با تغییر در باران، این روابط را می توانیم استخراج کنیم.

$$j_r(t) = \hat{j}_r(t)$$

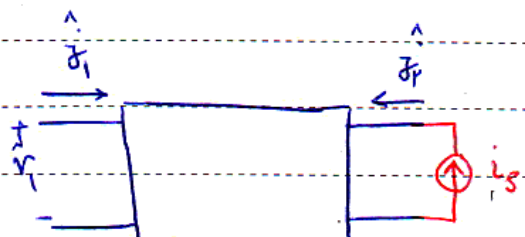
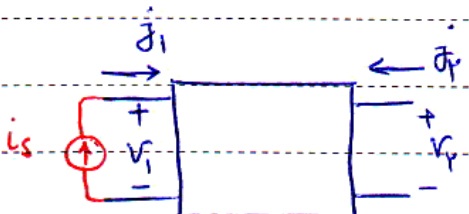
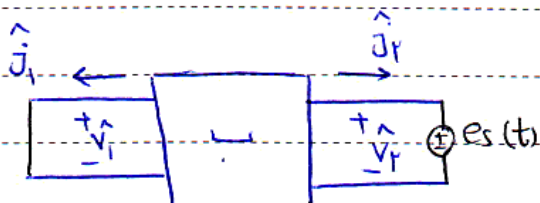


طبق قضیه توان:

$$v_1 \dot{i}_1 + v_2 \dot{i}_2 = \hat{v}_1 \dot{i}_1 + \hat{v}_2 \dot{i}_2$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$
 e_s $\circ$ $\circ$ e_s

$$e_s \dot{i}_1 = e_s \dot{i}_2 \rightarrow \dot{i}_1 = \dot{i}_2$$



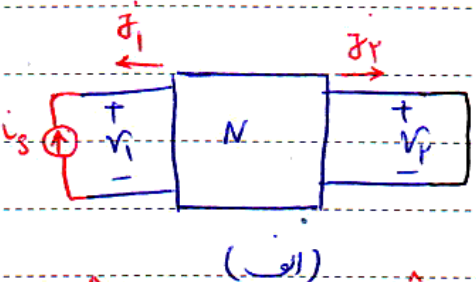
طبق قضیه توان:

$$v_1 \dot{i}_1 + v_2 \dot{i}_2 = \hat{v}_1 \dot{i}_1 + \hat{v}_2 \dot{i}_2$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$
 $\circ$ i_s i_s $\circ$

$$v_2 i_s = \hat{v}_1 i_s \rightarrow v_2 = \hat{v}_1$$

با استفاده از قضیه توان می توان بیان کرد:

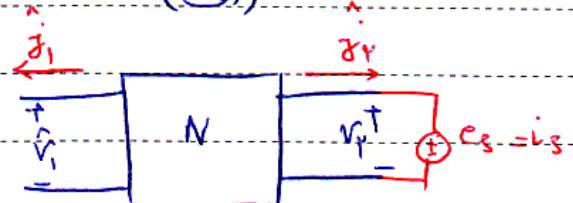


طبق قضیه توان:

$$v_1 \dot{i}_1 + v_2 \dot{i}_2 = \hat{v}_1 \dot{i}_1 + \hat{v}_2 \dot{i}_2$$

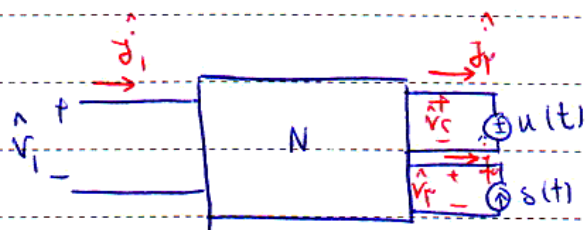
$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$
 $\circ$ $\circ$ $-i_s$ e_s

$$-\hat{v}_1 i_s + i_s \dot{i}_2 = 0 \rightarrow \hat{v}_1 = \dot{i}_2$$

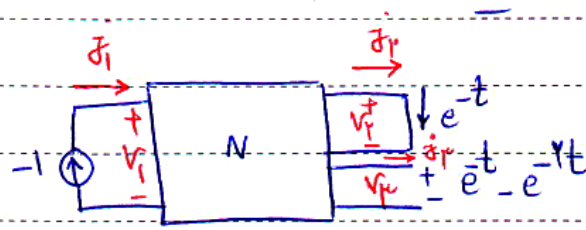


فان (در مدار خطی و غیر متغیر می توان از اصل A، اطلاعات زیر را در دست آورد) اصول مدار برای هر دو B

در مدار خطی و غیر متغیر می توان از اصل A، اطلاعات زیر را در دست آورد



B



A

چون تقسیم حجم این مدار خطی و غیر متغیر می توان از اصل A، اطلاعات زیر را در دست آورد

$$V_1 \hat{I}_1 + V_2 \hat{I}_2 + V_3 \hat{I}_3 = \hat{V}_1 \hat{I}_1 + \hat{V}_2 \hat{I}_2 + \hat{V}_3 \hat{I}_3$$

$$0 + 0 + \left(\frac{1}{s+1} - \frac{1}{s+2} \right) \times (-1) = \hat{V}_1 \left(-\frac{1}{s} \right) + \left(\frac{1}{s} \right) \left(\frac{1}{s+1} \right) + 0$$

$$\frac{-1}{(s+1)(s+2)} = \hat{V}_1 \times \frac{-1}{s} + \frac{1}{s(s+1)}$$

$$\frac{\hat{V}_1}{s} = \frac{1}{s(s+1)} + \frac{1}{(s+1)(s+2)} = \frac{s+2+s}{s(s+1)(s+2)}$$

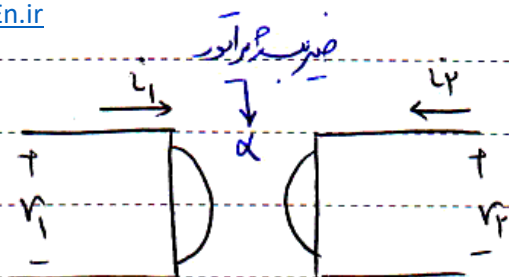
$$\hat{V}_1 = \frac{2}{s+2} \rightarrow \hat{V}_1(t) = 2e^{-2t} u(t)$$

برای نمودار؟

تغییرات در مدار خطی و غیر متغیر می توان از اصل A، اطلاعات زیر را در دست آورد

$$\begin{cases} Z_{ij} = Z_{ji} \\ Y_{ij} = Y_{ji} \end{cases}$$

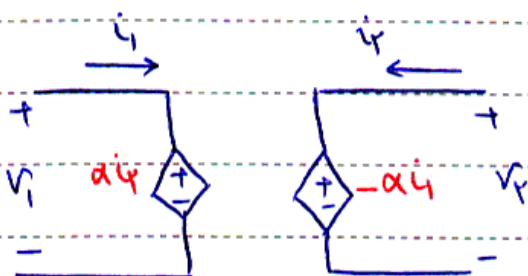
در مورد: یک عنصر غیر خطی و غیر متقابل است.



$$\begin{cases} v_1 = \alpha i_2 \\ v_2 = -\alpha i_1 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} i_2 = \frac{1}{\alpha} v_1 \\ i_1 = -\frac{1}{\alpha} v_2 \end{cases}$$

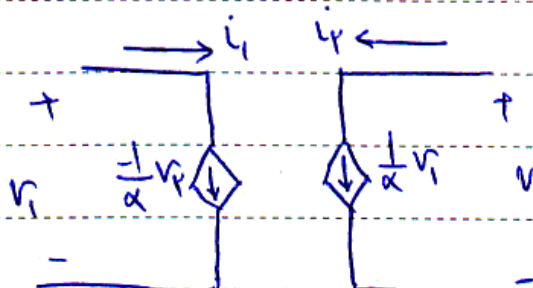
$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \alpha \\ -\alpha & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

در یک طرف یک درآیند هر دو حلقه ای اساسی:



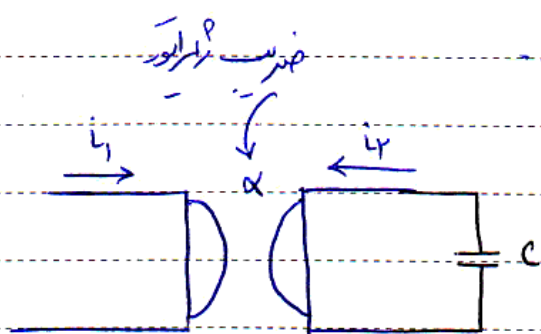
$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{\alpha} \\ \frac{1}{\alpha} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

در یک طرف یک درآیند هر دو حلقه ای اساسی:



در مورد:

$$v_1 i_1 + v_2 i_2 = \alpha i_2 i_1 - \alpha i_2 i_1 = 0$$



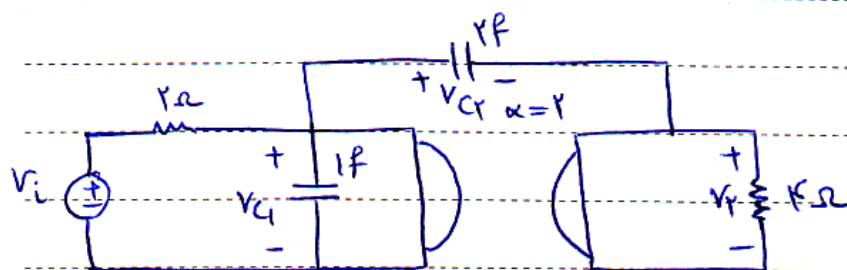
مفهوم این رابطه این است که برای هر یک از این دو سلف می‌توانیم یک معادله بنویسیم و از آنجا که این دو سلف به هم گسسته هستند، می‌توانیم از رابطه $v_1 = \alpha v_2$ استفاده کنیم.

$$\begin{cases} v_1 = \alpha v_2 \\ v_2 = -\alpha v_1 \end{cases} \rightarrow -i_2 = C \frac{dv_2}{dt}$$

$$\rightarrow i_2 = -C \frac{dv_2}{dt}$$

$$\begin{cases} v_1 = \alpha v_2 = -\alpha C \frac{dv_2}{dt} \\ v_2 = -\alpha v_1 \end{cases} \rightarrow v_1 = -\alpha C \frac{d}{dt} (-\alpha v_1)$$

$$\rightarrow v_1 = \alpha^2 C \frac{di_1}{dt}$$



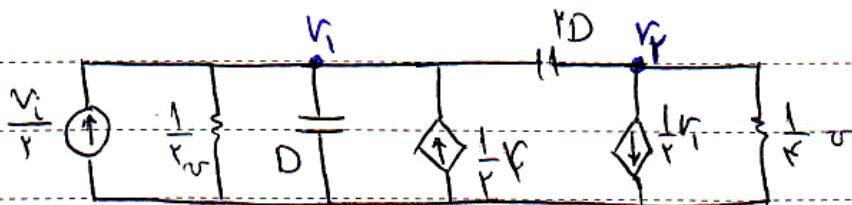
مثال در مدار زیر:

الف) نوشتن معادله برای هر یک از اجزای مدار و استفاده از رابطه $v_1 = \alpha v_2$ برای حل مسئله.

ب) تابع v_2 را به صورت $v_2 = \frac{v_0}{v_1}$ بنویسید.

ج) اگر $v_1 = 2 \sin(t - 40^\circ)$ و $v_0(t)$ را بنویسید.

د) اگر v_1 را به صورت $v_1 = 2 \sin(t - 40^\circ)$ بنویسید.



$$\begin{bmatrix} \frac{1}{r} + rD & -\frac{1}{r} - rD \\ -rD + \frac{1}{r} & rD + \frac{1}{r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{r} + \frac{1}{r} V_2 \\ -\frac{1}{r} V_1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} r s + \frac{1}{r} & -\frac{1}{r} - r s \\ -r s + \frac{1}{r} & r s + \frac{1}{r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{r} + r V_1(s) - 2 V_2(s) \\ -2 V_1(s) + 2 V_2(s) \end{bmatrix}$$

$r V_1(s) + V_2(s)$

$-2 V_1(s)$

$$V_1(s) - V_2(s) = V_{C1}(s) \quad V_1(s) = V_{C1}(s)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{r s + 1}{r} & -\frac{r s + 1}{r} \\ -\frac{r s - 1}{r} & \frac{r s + 1}{r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{r} + 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

ساخته است

$$\frac{(r s + 1)(r s + 1)}{r} - \frac{(r s + 1)(r s - 1)}{r} = 0$$

$$(r s + 1)(r s + 1) - 2(r s + 1)(r s - 1) = 0$$

$$r^2 s^2 + 1 r s + 1 - 2 r^2 s^2 + 2 r s + 2 = 0 \rightarrow r^2 s^2 + 1 r s + 3 = 0$$

$s_1 =$

$s_2 =$

برای بدست آوردن تابع انتقال و پاسخ پهنای باند

