

انواع پاسخ‌های مدار؛ روش‌های نوشتن معادلات مدار؛ نرم‌افزارهای تحلیل مدار - ر. بیات - ۹۹۱

تحلیل ۱-۱) مگر/ه‌مش کاتست/حلقه (۲-۱) ولتاژ/جریان

پایه ۱-۲) استاتیک (دائمی یا صاف) (۲-۲) گذرا (دینامیک)

$$V = RI$$

$$V_L = L \frac{dI_L}{dt}$$
 (دیفرانسیل)

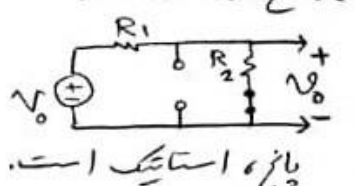
$$V_C = \frac{1}{C} \int I_C dt$$
 (اینتگرال)
 روابط متعلقه: $V = Z(j\omega)I$ و $I = Y(j\omega)V$

روش ۱-۳) منظم (۲-۳) نظری (۲-۳) میانبر
 در روش نظری، بدون طی کردن مراحل طولانی روش منظم، معادلات مدار نوشته می‌شود.
 در روش میانبر، با منبع وابسته و همچنین با سلف‌ها ترموچ شده، مانند منابع مستقل برخورد می‌شود.

حل ۱-۴) کرامر (۲-۴) حذف

+ مطالب فرعی دو فصل ۱۰ و ۱۱ (و ۱۲*) : تبدیل منابع (توان، پورتن) و دوگانگی
 Source Transformation
 Duality

+ مدار RT: استاتیک

مدار RLCTMT: گذرا + دائمی $\leftarrow$ گذشت زمان
 مثال: مدار

 پاسخ دینامیک دارد.
 پاسخ استاتیک است.

+ پاسخ دینامیک با استفاده از معادلات انتگرال-دیفراسیل (SD) به دست می‌آید.
 پاسخ استاتیک با تبدیل‌های ساده (مدارهای RT) یا به روش فازوری به دست می‌آید.

(۱) تحلیل گره: مدار با $n+1$ گره، n متغیر ولتاژ گره دارد.

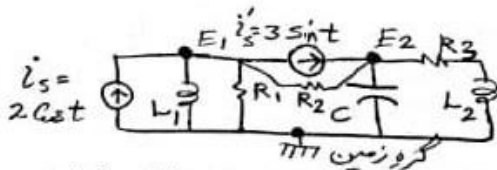
منظم ← نظری ← میانبر و تصمیم Δn

$n = \text{node}$

$$Y_n \cdot \underline{e} = \underline{I_s} \quad \text{یا} \quad Y_n \cdot \underline{E} = \underline{I_s}$$

جریان
شماره
گره
بردار
ولتاژ
شماره
گره

(۲) روش نظری: مثال نوشتن معادلات گره در حالت دائمی سینوسی



نکته: هر گره را که منبسط به آن متصل نباشد، می توان اذغام کرد.

$$L_1 = 1 \quad L_2 = 2 \quad C = 3 \quad R_1 = 4 \quad R_2 = 5 \quad R_3 = 6$$

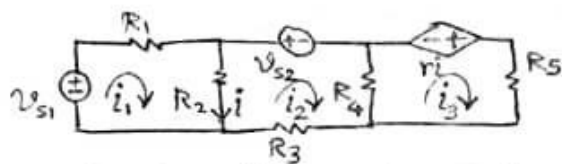
معادلات گره $Y_n(j\omega) \cdot \underline{E} = \underline{I_s}$

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{s1} \\ I_{s2} \end{bmatrix} \quad ; \quad Y_2(j\omega) = j \times 1 \times 3 = j3 [\text{mho}]$$

$$Y_{L1}(j\omega) = \frac{1}{j \times 1 \times 1} = -j \quad Z_{L2} = j L_2 \omega = j2 [\text{ohm}]$$

$$\begin{bmatrix} -j + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} & -\frac{1}{5} \\ -\frac{1}{5} & \frac{1}{5} + j3 + \frac{1}{6 + j2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 - 3e^{-j90} \\ 3e^{-j90} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 + j3 \\ -j3 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{matrix} E_1, E_2 \\ e_1, e_2 \end{matrix}$$

۳) روش میانه برای مثال برای معادلات مشی در مدار مقاومتی



نکته: در روش مشی، مشی پیوسته،
فقط یک گره میانه (در روش گره) را دارد.

معادلات مشی: $\sum \underline{z} = \underline{v_s}$

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 & 0 \\ -R_2 & R_2 + R_3 + R_4 & -R_4 \\ 0 & -R_4 & R_4 + R_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{s1} \\ -v_{s2} \\ 0 \end{bmatrix}$$

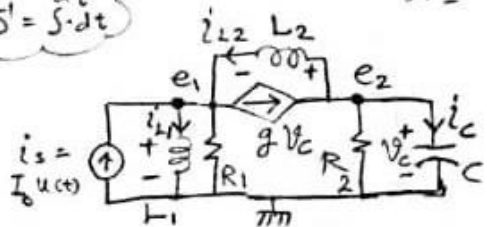
$$\underline{z} = \underline{z}_1 - \underline{z}_2$$

جایگزینی $i_3 = i_1 - i_2$ که وقتی به سمت چپ برده شود، درجه‌ها به شکل زیر در
معادلات ماتریسی اضافه می‌شود:

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 & 0 \\ -R_2 & R_2 + R_3 + R_4 & -R_4 \\ -r & r - R_4 & R_4 + R_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{s1} \\ -v_{s2} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (\text{معادلات مشی})$$

۴) معادلات انتگرال - دیفرانسیل: مثال مکرر و مشابه

$$\begin{cases} D = \frac{d}{dt} \\ D' = \int dt \end{cases}$$



$$\left. \begin{aligned} i_{L1}(0^-) &= I_1 \\ i_{L2}(0^-) &= I_2 \\ V_c(0^-) &= V_0 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{شرایط} \\ \text{اولیه:} \end{array}$$

معادلات SD مکرر: $V_n(D) \cdot e = i_s$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{L_2 D} + \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{L_2 D} \\ -\frac{1}{L_2 D} & \frac{1}{L_2 D} + \frac{1}{R_2} + CD \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{s1} \\ i_{s2} \end{bmatrix} \quad \leftarrow \begin{cases} \frac{1}{LD} = \frac{1}{L} \int dt' \\ CD = C \frac{d}{dt} \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_{s1} \\ \dot{i}_{s2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{i}_s + I_2 - I_1 - g e_2 \\ g e_2 - I_2 \end{bmatrix} \quad \text{از اینجا که: } \dot{i}_L(t) = i_L(0^-) + \frac{1}{L} \int_0^t V_L dt$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{L_1 D} + \frac{1}{L_2 D} + \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{L_2 D} + g \\ -\frac{1}{L_2 D} & \frac{1}{L_2 D} + \frac{1}{R_2} + CD - g \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{i}_s + I_2 - I_1 \\ -I_2 \end{bmatrix} \quad \text{جمله های شامل مجهول } e_2 \text{ به سمت چپ برده می شود:} \quad (\text{معادلات SD})$$

در پایان باید شرایط اولیه یعنی $e_1(0^+)$ و $e_2(0^+)$ نیز محاسبه شود:

$$\begin{aligned} e_1 &= R_1(\dot{i}_s + \dot{i}_{L2} - \dot{i}_{L1} - g V_c) \text{ و } e_2 = V_c \\ \text{اینکه ورودی شامل صفر به نسبت.} \end{aligned} \rightarrow \begin{aligned} e_2(0^+) &= V_0 \\ e_1(0^+) &= R_1(I_0 + I_2 - I_1 - g V_0) \end{aligned}$$

$e(0^+)$ بردار شرایط اولیه در صورت نیاز برای حل دستگاه معادلات SD است.
با حل کردن دستگاه معادلات SD، هر یک از پاسخ ها مدار را برای $t > 0$ می توان محاسبه کرد.

مقاله تبدیل منابع و دوشانی