

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 D & MD & 0 & 0 & 0 \\ MD & L_2 D & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_4 D} & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha R_5 & 0 & R_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ v_{s3} \\ v_r(0) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (13-6)$$

می توان تصور نمود که معادله فوق به صورت زیر است:

$$\mathbf{v} = \mathbf{Z}_b(D)\mathbf{j} + \mathbf{v}_s$$

در این مورد  $\mathbf{Z}_b$  ماتریسی است که عناصر آن، اپراتورهای  $D$  و  $D^{-1}$  را در بردارند.

**گام ۴** با استفاده از (۶-۱۲)،  $j_k$ ها را از (۶-۱۳) حذف کرده و سپس با به کار بردن (۶-۱۱)،  $v_k$ ها را از معادله به دست آمده حذف می کنیم. پس از دوباره مرتب کردن جملات به دست می آوریم:

$$\mathbf{MZ}_b(D)\mathbf{M}^T \mathbf{i} = -\mathbf{M}\mathbf{v}_s \quad (14-6)$$

یا:

$$\mathbf{Z}_m(D)\mathbf{i} = \mathbf{e}_s$$

که در آنجا،  $\mathbf{Z}_m(D) \triangleq \mathbf{MZ}_b(D)\mathbf{M}^T$  به عنوان اپراتور ماتریس امپدانس مش، تشخیص داده می شود. معادله ماتریسی در این مثال، به صورت زیر درمی آید:

$$\begin{bmatrix} L_1 D + R_3 + \frac{1}{C_4 D} & MD - \frac{1}{C_4 D} \\ MD + \alpha R_5 - \frac{1}{C_4 D} & L_2 D + R_5 + \frac{1}{C_4 D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{s3} - v_r(0) \\ v_r(0) \end{bmatrix} \quad (15-6)$$

و یا چنانچه معادلات را به صورت اسکالر بنویسیم، خواهیم داشت:

$$L_1 \frac{di_1}{dt} + R_3 i_1 + \frac{1}{C_4} \int_0^t i_1(t') dt' + M \frac{di_2}{dt} - \frac{1}{C_4} \int_0^t i_2(t') dt' = v_{s3}(t) - v_r(0) \quad (16-6)$$

$$M \frac{di_1}{dt} + \alpha R_5 i_1 - \frac{1}{C_4} \int_0^t i_1(t') dt' + L_2 \frac{di_2}{dt} + R_5 i_2(t) + \frac{1}{C_4} \int_0^t i_2(t') dt' = v_r(0)$$

دستگاه معادلات (۶-۱۶)، یک دستگاه دو معادله انتگرال دیفرانسیلی از دو مجهول  $i_1(0)$  و  $i_2(0)$  می باشد. شرایط اولیه لازم،  $i_1(0)$ ،  $i_2(0)$  و  $v_r(0)$  هستند.

**تبصره ۱** هر دستگاه معادلات انتگرال دیفرانسیلی مانند (۶-۱۶) را می توان همیشه با معرفی متغیرهای مناسبی به صورت دستگاه معادلات دیفرانسیلی درآورد. شکل موجهای  $q_1(0)$  و  $q_2(0)$  را به صورت زیر تعریف کنید:

$$q_1(t) = \int_0^t i_1(t') dt' \quad q_2(t) = \int_0^t i_2(t') dt' \quad (17-6)$$

از لحاظ فیزیکی،  $q_1(t)$  مقدار کل باری است (برحسب کولمب) که در فاصله زمانی  $[0, t]$  از  $R_1$  یا  $L_1$  گذشته است. دستگاه معادلات انتگرال دیفرانسیل (۱۶-۶) برحسب  $q_1(t)$  و  $q_2(t)$  به صورت یک دستگاه معادلات دیفرانسیل زیر درمی‌آیند:

$$L_1 \ddot{q}_1 + R_1 \dot{q}_1 + \frac{1}{C_1} q_1 + M \ddot{q}_2 - \frac{1}{C_2} q_2 = v_{sr}(t) - v_2(0)$$

$$M \ddot{q}_1 + R_2 \dot{q}_1 - \frac{1}{C_1} q_1 + L_2 \ddot{q}_2 + R_2 \dot{q}_2 + \frac{1}{C_2} q_2 = v_2(0)$$

شرایط اولیه چنین هستند:

$$q_1(0) = 0 \quad q_2(0) = 0 \quad (17-6) \text{ را ببینید}$$

$$\dot{q}_1(0) = j_1(0) \quad \dot{q}_2(0) = j_2(0)$$

### خلاصه

■ در تجزیه و تحلیل گره،  $n$  ولتاژ گره نسبت به مبنا  $e_1, e_2, \dots, e_n$  به عنوان متغیرهای شبکه به کار می‌روند. با اعمال KCL به تمام گره‌ها بجز گره مبنا،  $n$  معادله وابسته خطی برحسب جریانهای شاخه‌ها به دست می‌آیند. برای شبکه‌های خطی تغییرناپذیر با زمان با در نظر گرفتن معادلات شاخه‌ها می‌توان این  $n$  معادله را صریحاً برحسب  $n$  ولتاژ گره نسبت به مبنا نوشت. در حالت کلی، معادله شبکه حاصل به صورت ماتریسی زیر است:

$$\mathbf{Y}_n(D) \mathbf{e} = \mathbf{i}_s \quad (\text{الف})$$

پس از تعیین  $\mathbf{e}$ ، ولتاژهای  $b$  شاخه را می‌توان بلافاصله از رابطه زیر به دست آورد:

$$\mathbf{v} = \mathbf{A}^T \mathbf{e} \quad (\text{ب})$$

سپس از معادلات شاخه،  $b$  جریان شاخه به دست می‌آیند. نوشتن معادله ماتریسی گره در (الف) را می‌توان با به کار بردن روش گام به گام و ضرب ماتریسی به طور رسمی انجام داد. لیکن برای مدارهای ساده که عناصر تزویج شده مفصلی را در بر نداشته باشند، ماتریس ادمیتانس گره  $\mathbf{Y}_n(D)$ ، همچنین بردار منبع  $\mathbf{i}_s$  را می‌توان به طور نظری نوشت. اغلب توصیه می‌شود که پیش از شروع تجزیه و تحلیل گره تمام منابع ولتاژ را به منابع جریان تبدیل کنید.

■ در تجزیه و تحلیل مش،  $l$  جریان مش  $i_1, i_2, \dots, i_l$  به عنوان متغیرهای شبکه به کار می‌روند و با اعمال KVL به تمام مش‌ها به جز مش بیرونی،  $l$  معادله وابسته خطی برحسب ولتاژهای شاخه‌ها به دست می‌آیند. برای شبکه‌های خطی تغییرناپذیر با زمان با در نظر گرفتن معادلات شاخه، می‌توان این  $l$  معادله را صریحاً برحسب  $l$  جریان مش نوشت. در حالت کلی، معادله شبکه حاصل، به صورت ماتریسی زیر است:

$$\mathbf{Z}_m(D)\mathbf{i} = \mathbf{e}_s \quad (\text{پ})$$

پس از تعیین  $\mathbf{i}$ ، جریانهای  $b$  شاخه را می توان بلافاصله از رابطه زیر، به دست آورد:

$$\mathbf{j} = \mathbf{M}^T \mathbf{i} \quad (\text{ت})$$

سپس از معادلات شاخه،  $b$  ولتاژ شاخه به دست می آیند. مجدداً می توان با یک روش گام به گام، معادله ماتریسی مش (پ) را نوشت یا در موردی که شبکه، عناصر توزیع شده مفصلی را در بر نداشته باشد،  $\mathbf{Z}_m(D)$  و  $\mathbf{e}_s$  را می توان به طور نظری نوشت. اغلب توصیه می شود که پیش از شروع تجزیه و تحلیل مش، تمام منابع جریان را به منابع ولتاژ تبدیل کنید.

■ توجه کنید که تجزیه و تحلیل گره، کاملاً کلی است، ولی تجزیه و تحلیل مش به شبکه های مسطح محدود می شود.

■ در مورد شبکه های مسطح، دو روش فوق، دوگان همدیگرند و طبعاً این سؤال پیش می آید که کدام یک از این روش ها بهتر می باشد. جواب این سؤال به شبکه داده شده بستگی دارد. در تجزیه و تحلیل گره،  $n$  متغیر شبکه باید تعیین شوند. در حالی که در تجزیه و تحلیل مش،  $l$  متغیر شبکه باید محاسبه گردند. بنابراین، چنانچه تعداد گره ها یعنی  $n + 1$  در یک شبکه داده شده از تعداد مش ها یعنی  $l$  خیلی کوچکتر باشد، مناسب است که تجزیه و تحلیل گره ترجیح داده شده و چنانچه عکس این مطلب صحیح باشد، تجزیه و تحلیل مش برتر خواهد بود. چنانچه تمام منابع داده شده (وابسته و نوابسته) منابع جریان باشند، شاید تجزیه و تحلیل گره راحت تر باشد. زیرا اغلب می توان معادلات گره را به طور نظری نوشت. از طرف دیگر، چنانچه تمام منابع داده شده منابع ولتاژ باشند، ممکن است به کار بردن تجزیه و تحلیل مش راحت تر باشد. تجربیاتی که به دست می آورید شما را در انتخاب یکی از این دو روش یاری خواهد نمود.

■ دو گراف توپولوژیکی مسطح، بی لولا و متصل به هم را دوگان همدیگر گویند چنانچه: (۱) میان مش های یکی (با در نظر گرفتن مش بیرونی) و گره های دیگری، یک تناظر یک به یک وجود داشته باشد و بالعکس. (۲) میان شاخه های هر دو گراف، یک تناظر یک به یک وجود داشته باشد، به قسمی که هرگاه دو مش یک گراف، دارای شاخه مشترکی باشند، گره های متناظر این دو مش در گراف دیگر، شاخه متناظری خواهند داشت که آنها را به هم وصل می کند.

■ دو شبکه را دوگان همدیگر گویند چنانچه: (۱) گراف توپولوژیکی یکی، دوگان گراف توپولوژیکی دیگری باشد. (۲) معادله شاخه یکی از این شبکه ها، با انجام جایگزینی های زیر در معادله شاخه متناظر شبکه دیگر، به دست آید:

$$\begin{array}{ll} v \rightarrow \hat{j} & q \rightarrow \hat{\phi} \\ j \rightarrow \hat{v} & \phi \rightarrow \hat{q} \end{array}$$

■ مطالب اساسی تجزیه و تحلیل های گره و مش، در جدول (۱۰-۲) به صورتی جدول بندی شده اند که دوگانی این دو روش را کاملاً نمایان می سازد.



جدول ۱۰-۲ خلاصه تجزیه و تحلیل‌های گره و مش

تجزیه و تحلیل گره	تجزیه
متغیرهای شبکه	$\mathbf{e}$ ، ولتاژهای گره نسبت به مبنا
	$\mathbf{A}\mathbf{j} = \mathbf{0}$ (KCL)
مطالب اساسی	$\mathbf{v} = \mathbf{A}^T \mathbf{e}$ (KVL)

معادلات شاخه

شبکه‌های مقاومتی خطی

$$\mathbf{v} = \mathbf{R}\mathbf{j} + \mathbf{v}_s - \mathbf{R}\mathbf{j}_s$$

$$\mathbf{j} = \mathbf{G}\mathbf{v} + \mathbf{j}_s - \mathbf{G}\mathbf{v}_s$$

تغییرناپذیر با زمان

معادلات شبکه

$$\mathbf{Z}_m \mathbf{i} = \mathbf{e}_s$$

$$\mathbf{Y}_n \mathbf{e} = \mathbf{i}_s$$

$$\mathbf{Z}_m \triangleq \mathbf{MRM}^T$$

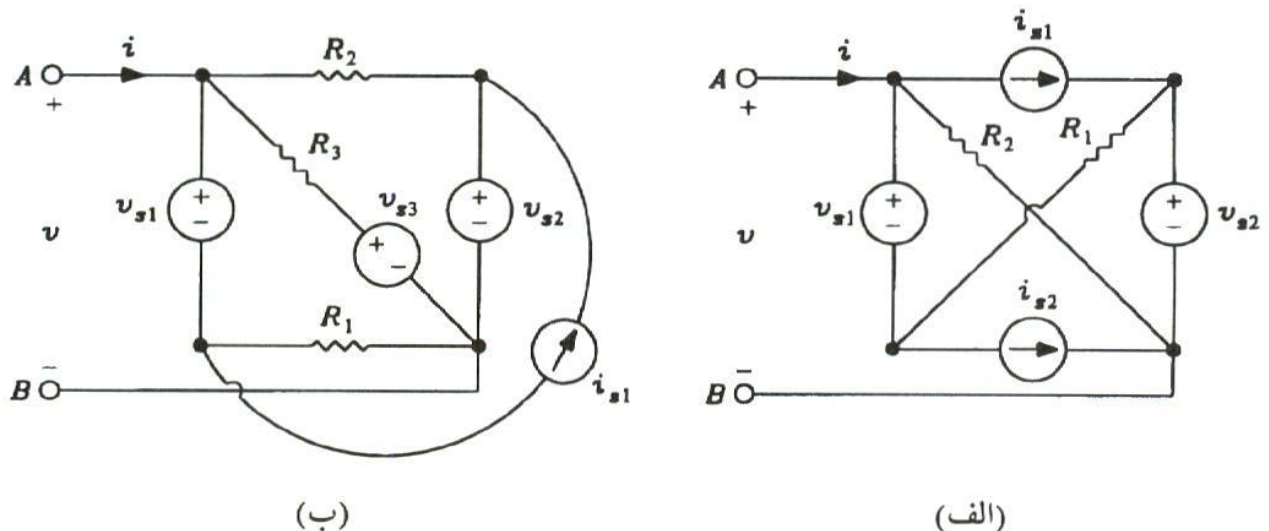
$$\mathbf{Y}_n \triangleq \mathbf{AGA}^T$$

$$\mathbf{e}_s \triangleq \mathbf{MR}\mathbf{j}_s - \mathbf{M}\mathbf{v}_s$$

$$\mathbf{i}_s \triangleq \mathbf{AG}\mathbf{v}_s - \mathbf{A}\mathbf{j}_s$$

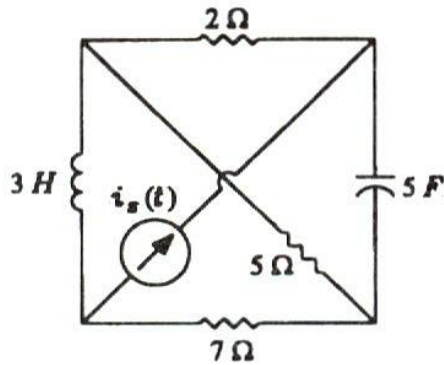
## مسائل

- ۱- با انجام تبدیلات منابع، مدار معادل تونن و نرتن دیده شده در سرهای  $A$  و  $B$  مدارهای شکل (مسئله ۱۰-۱) را تعیین کنید.

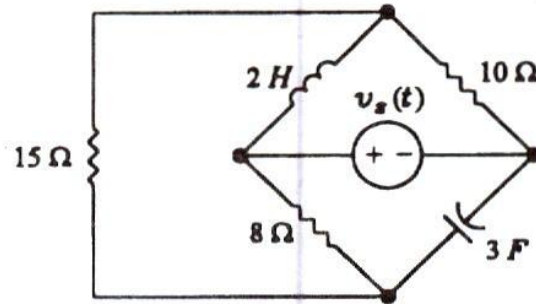


شکل (مسئله ۱۰-۱)

- ۲- الف - با استفاده از تبدیل منبع، منبع ولتاژ dc در شکل (مسئله ۱۰-۲ الف) را به منابع جریان dc تبدیل کنید.
- ب - با استفاده از تبدیل منبع، منبع جریان dc در شکل (مسئله ۱۰-۲ ب) را به منابع ولتاژ dc تبدیل کنید.



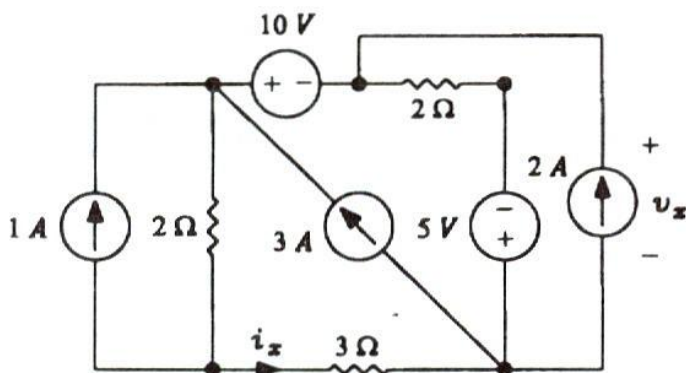
(ب)



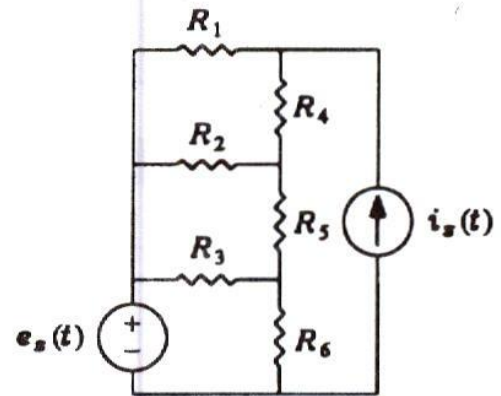
(الف)

شکل (مسئله ۱۰-۲)

۳- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۳) تبدیل منابعی چنان انجام دهید که منابع ولتاژ به طور سری با عناصر و منابع جریان به طور موازی با عناصر قرار گیرند.



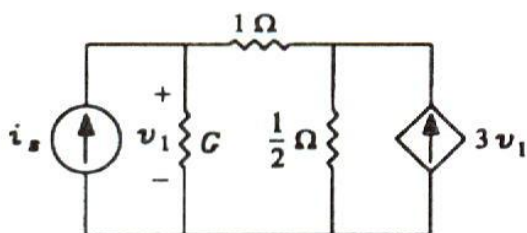
شکل (مسئله ۱۰-۴)



شکل (مسئله ۱۰-۳)

۴- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۴) تبدیلات لازم منابع را برای اهداف زیر انجام دهید:  
الف - هیچ شاخه تنها از منبع ولتاژ یا منبع جریان وجود نداشته باشد و تمام منابع ولتاژ، سری با عناصر و تمام منابع جریان موازی با عناصر قرار گیرند.  
ب - همه منابع به منابع جریان موازی با عناصر تبدیل شوند.  
۵- مدار شکل (مسئله ۱۰-۴) را به هر طریقی که مناسب دانستید حل کنید و مقادیر  $v_x$  و  $i_x$  را به دست آورید.

۶- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۶)



شکل (مسئله ۱۰-۶)

الف - معادلات گره را به صورت نظری بنویسید.

ب - مقدار  $G$  را چنان تعیین کنید که مدار

جواب یکتایی داشته باشد.

پ - وضع جواب مدار را به ازای  $G = \frac{1}{3}$  و  $i_s = 2A$  تعیین کنید.

۷- الف - مدار شکل (مسألة ۷-۱۰) را تحلیل

کرده و ولتاژ گره  $c$  و جریان  $i_x$  را به دست آورید.

ب - گراف مدار داده شده را رسم کنید و

ماتریس تلاقی مختصر شده این گراف را بنویسید.

پ - کلیه کاتست‌های این گراف را که از

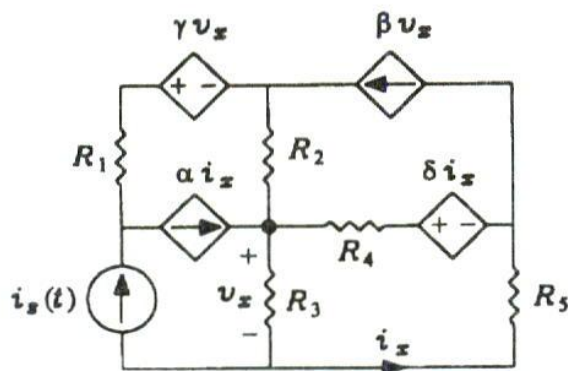
مجموعه شاخه‌های وصل شده به

یک گره ساده تشکیل نمی‌شوند مشخص کنید.

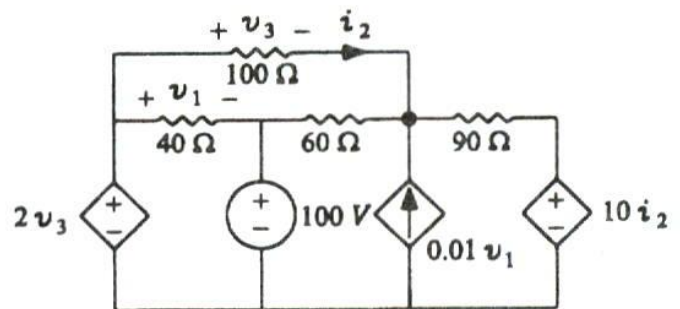
ت - آیا می‌توانید معادلات گره این مدار را با روش منظم بنویسید؟ اگر جواب مثبت است این کار را انجام دهید.

ث - آیا می‌توانید معادلات گره این مدار را با روش نظری بنویسید؟ اگر جواب مثبت است این کار را انجام دهید.

۸- معادلات گره را در مدار شکل (مسألة ۸-۱۰) بنویسید و جریان  $i_x$  را حساب کنید.



شکل (مسألة ۹-۱۰)



شکل (مسألة ۸-۱۰)

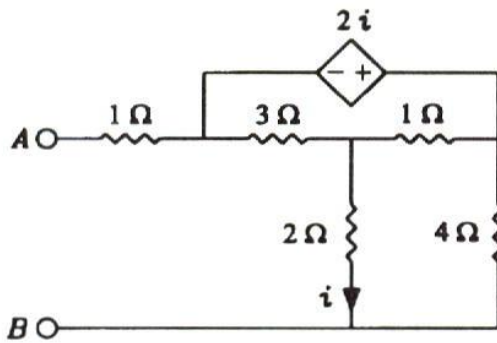
۹- الف - معادلات گره مدار شکل (مسألة ۹-۱۰) را با روش میان‌بر بنویسید.

ب - معادلات مش این مدار را بنویسید و جریانهای مش‌ها را به دست آورید.

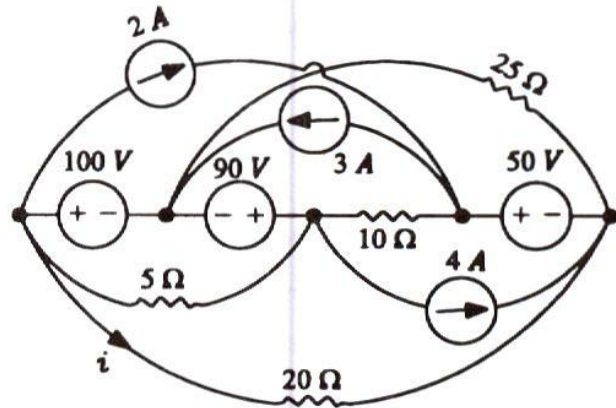
۱۰- الف - مدار شکل (مسألة ۱۰-۱۰) را با ساده‌ترین روش تحلیل کنید و جریان  $i$  را به دست آورید.

ب - آیا می‌توانید دوگان این مدار را رسم کنید؟





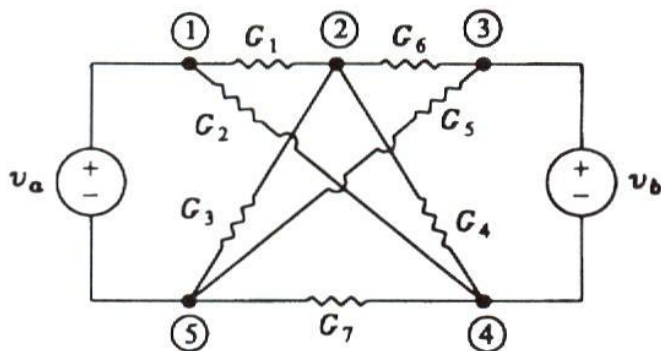
شکل (مسأله ۱۰-۱۱)



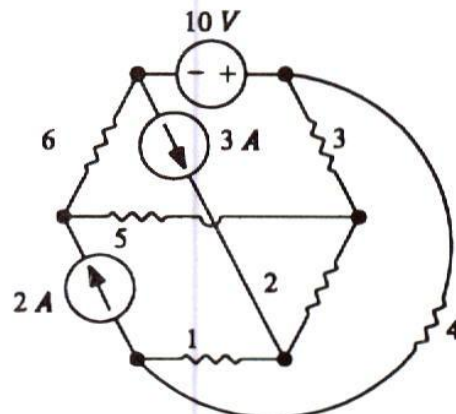
شکل (مسأله ۱۰-۱۰)

۱۱- با بکار بردن روش تحلیل مش امپدانس دیده شده مدار شکل (مسأله ۱۰-۱۱) را در سرهای  $A$  و  $B$  تعیین کنید.

۱۲- در مدار شکل (مسأله ۱۰-۱۲) رسانایی‌ها برحسب مهو داده شده‌اند. می‌خواهیم جریان گذرنده از رسانایی ۲ مهو را به دست آوریم. معادلات گره را با روش منظم یا روش نظری هر کدام که راحت‌تر باشد بنویسید و جریان مقاومت مورد نظر را به دست آورید.



شکل (مسأله ۱۰-۱۳)



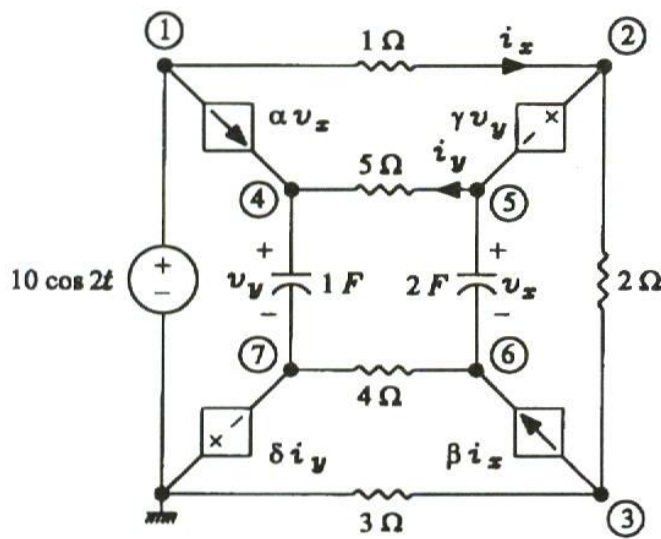
شکل (مسأله ۱۰-۱۲)

۱۳- در مدار شکل (مسأله ۱۰-۱۳) گره ۲ را گره مبنا اختیار کنید. می‌خواهیم معادلات گره را برحسب متغیرهای  $e_+$  و  $e_-$  (ولتاژهای گره‌های ۴ و ۵) بنویسیم.

الف - بدون آنکه تبدیل منابع انجام دهید، این معادلات را به دست آورید.

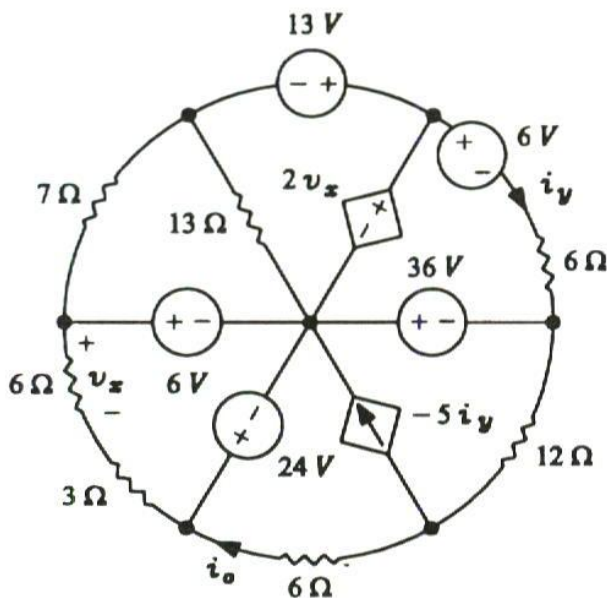
ب - با انجام تبدیل منابع مناسب بار دیگر معادلات را به دست آورید.

پ - مسأله را به طور نظری هم حل کنید.



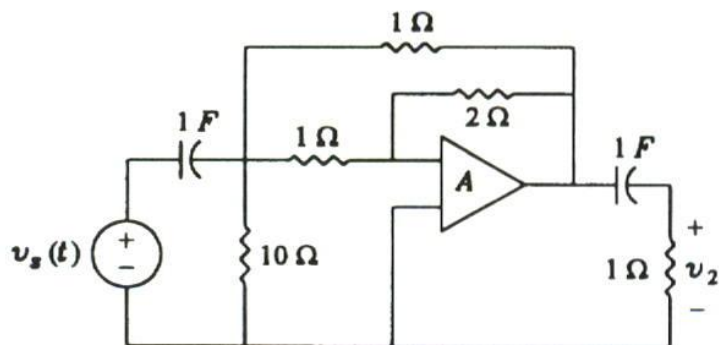
شکل (مسألة ۱۰-۱۴)

۱۴- مدار شکل (مسألة ۱۰-۱۴) در حالت دایمی سینوسی است. معادلات گره را با هر روشی که مناسب می‌دانید و با کمترین تعداد متغیرها به صورت ماتریسی بنویسید.



شکل (مسألة ۱۰-۱۵)

۱۵- معادلات گره را در مدار شکل (مسألة ۱۰-۱۵) با هر روشی که مناسب می‌دانید بنویسید و جریان خروجی  $i_o$  را به دست آورید. این مدار را با اسپایس نیز حل کنید و درستی جواب خود را تأیید کنید.



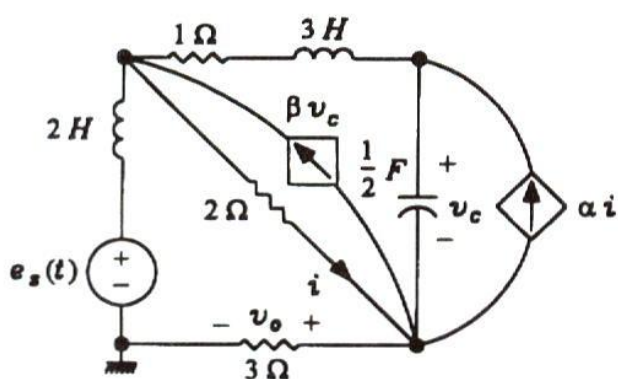
شکل (مسألة ۱۰-۱۶)

۱۶- الف - در مدار شکل (مسألة ۱۰-۱۶) تقویت کننده عملیاتی را با یک منبع وابسته تعویض کنید و معادلات گره را در حالت دایمی سینوسی بنویسید.

$$v_s(t) = 2 \cos \omega t$$

ب - تابع شبکه ارتباط دهنده خروجی  $v_2$  به ورودی  $v_s(t)$  را تعیین کنید.



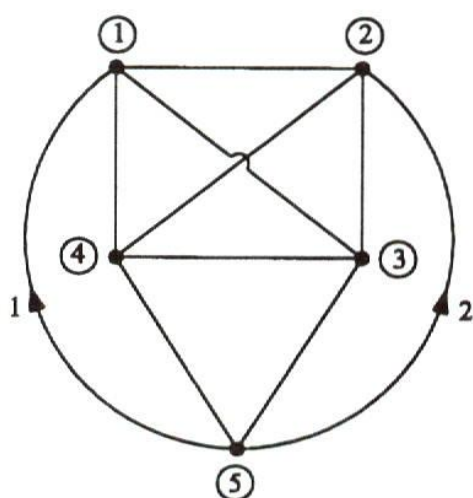


شکل (مسئله ۱۷-۱۰)

۱۷- معادلات گره را در مدار شکل (مسئله

۱۰-۱۷) در حالت دایمی سینوسی بنویسید و سعی کنید کمترین تعداد متغیرها را به کار ببرید.

$$e_s(t) = 2 \sin(3t + 60^\circ)$$



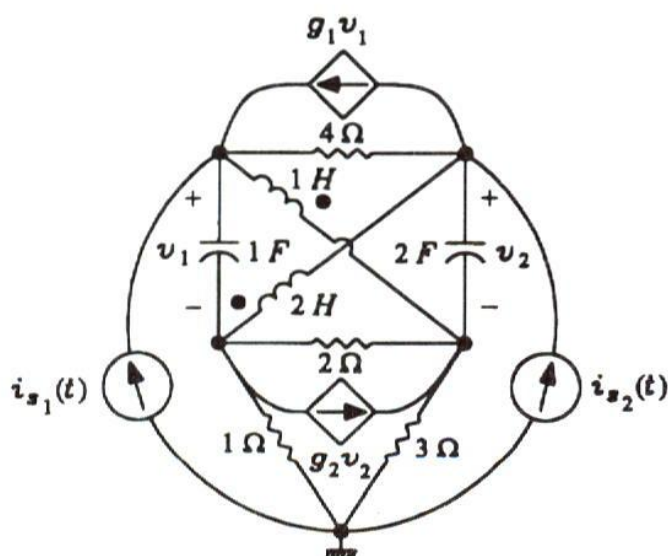
شکل (مسئله ۱۸-۱۰)

۱۸- گراف شکل (مسئله ۱۰-۱۸) نشان دهنده یک مدار

مقاومتی است که مقاومت تمام شاخه‌های آن برابر یک اهم است و شاخه‌های ۱ و ۲ از منابع جریان  $i_{s1}(t)$  و  $i_{s2}(t)$  تشکیل می‌شوند.

الف - معادلات گره را به طور نظری بنویسید (گره ۵) را به عنوان گره مبنا انتخاب کنید معادلات را حل نکنید).

ب - اکنون فرض کنید منابع موجود در شاخه‌های ۱ و ۲ منابع ولتاژ  $e_{s1}(t)$  و  $e_{s2}(t)$  باشند. بار دیگر معادلات گره را در شکل ماتریسی بنویسید.



شکل (مسئله ۱۹-۱۰)

۱۹- مدار شکل (مسئله ۱۰-۱۹) در حالت

دایمی سینوسی است و منابع جریان به صورت زیر تعریف می‌شوند:

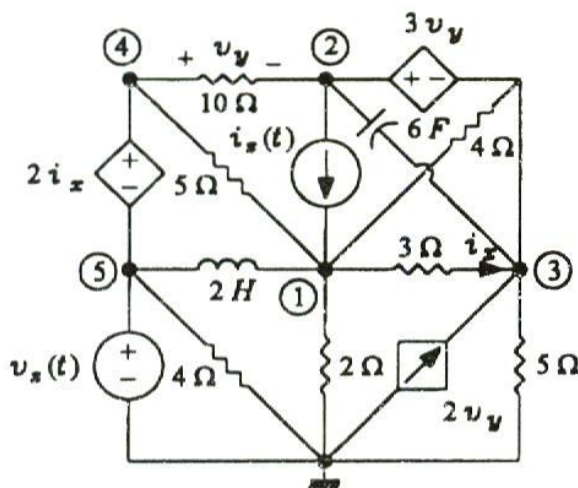
$$i_{s1}(t) = I_{m1} \cos(\omega t + \phi_1)$$

$$i_{s2}(t) = I_{m2} \cos(\omega t + \phi_2)$$

الف - معادلات گره را به صورت نظری در شکل ماتریسی بنویسید.

ب - اکنون فرض کنید میان سلف‌ها تزویج متقابل با  $|M| = 1$  وجود داشته باشد. بار دیگر

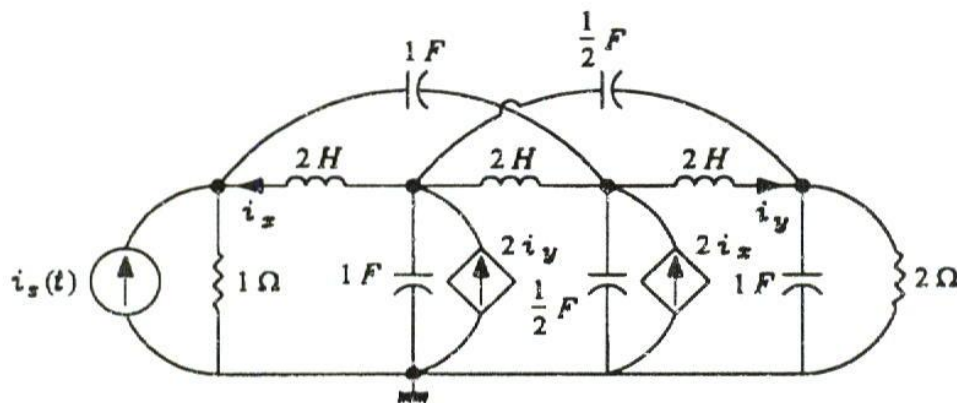
معادلات گره را به صورت نظری و در شکل ماتریسی بنویسید.



شکل (مسألة ۱۰-۲۰)

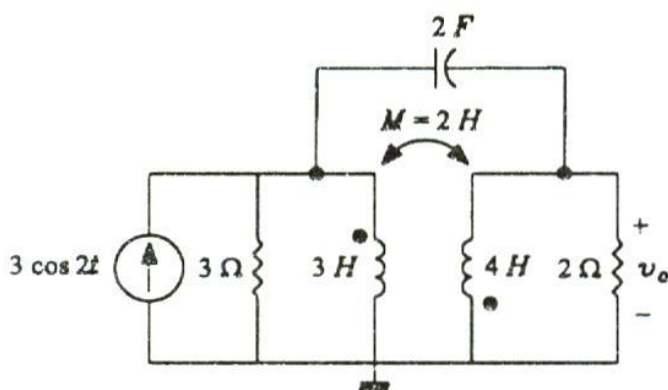
۲۰- مدار شکل (مسألة ۱۰-۲۰) در حالت دایمی سینوسی است و  $i_s(t) = 5 \cos(2t + 30^\circ)$  و  $v_s(t) = 2 \sin(2t - 15^\circ)$  معادلات گره را با هر روشی که مناسب می‌دانید و با کمترین تعداد متغیرها به صورت ماتریسی بنویسید.

۲۱- در مدار شکل (مسألة ۱۰-۲۱) فرض کنید  $i_s(t) = 2 \sin(t - 30^\circ)$  و مدار در حالت دایمی سینوسی باشد. معادلات گره را با روش میان‌بر بنویسید. (معادلات را حل نکنید.)



شکل (مسألة ۱۰-۲۱)

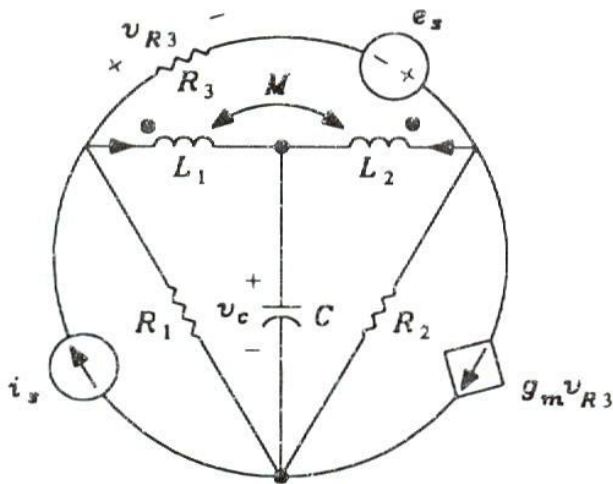
۲۲- می‌خواهیم ولتاژ خروجی  $v_o$  مدار شکل (مسألة ۱۰-۲۲) را با استفاده از تجزیه و تحلیل گره به دست آوریم. معادلات لازم را بنویسید ولی آنها را حل نکنید (فرض کنید مدار در حالت دایمی سینوسی باشد).



شکل (مسألة ۱۰-۲۲)

۲۳- سلف‌های تزویج شده مسألة ۲۲ را با ترانسفورماتور با نسبت  $n_1/n_2$  جایگزین می‌کنیم. بار دیگر معادلات گره را در حالت دایمی سینوسی بنویسید ولی آنها را حل نکنید.

۲۴- در مدار شکل (مسألة ۱۰-۲۴) در بندهای الف و ب  $M = 0$  است و در بندهای پ و ت  $M \neq 0$  می‌باشد.



شکل (مسئله ۱۰-۲۴)

الف - اگر  $i_s(t)$  و  $e_s(t)$  سیگنال‌های سینوسی با فرکانس یکسان باشند، معادلات گره را در حالت دایمی سینوسی بنویسید.

ب - برای  $i_s(t)$  و  $e_s(t)$  با شکل موجهای کلی و شرایط اولیه  $i_{L_1}(0) = I_{0,1}$  و  $i_{L_2}(0) = I_{0,2}$  و  $v_C(0) = V_0$ ، معادلات انتگرال دیفرانسیل گره را بنویسید. شرایط اولیه را مشخص کنید.

پ - با در نظر گرفتن تزویج  $M \neq 0$  بار دیگر بند الف را حل کنید.

ت - با در نظر گرفتن تزویج  $M \neq 0$  بار دیگر بند ب را حل کنید.

۲۵- الف - می‌خواهیم معادلات گره را در

مدار شکل (مسئله ۱۰-۲۵) با

روش نظری و با به کارگیری

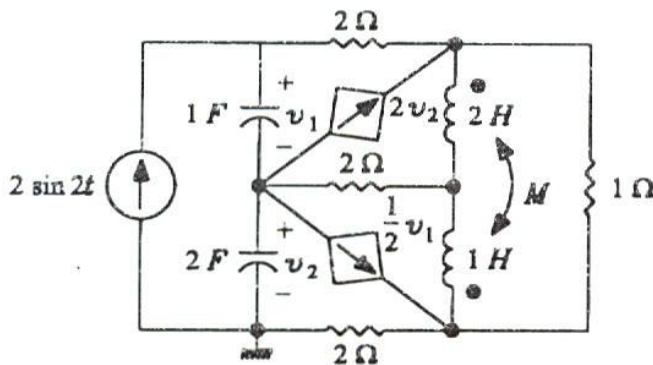
روش میان‌بر بنویسیم. با فرض

اینکه تزویجی میان سلف‌ها

وجود ندارد، این معادلات را

بنویسید. (معادلات را حل

نکنید.)

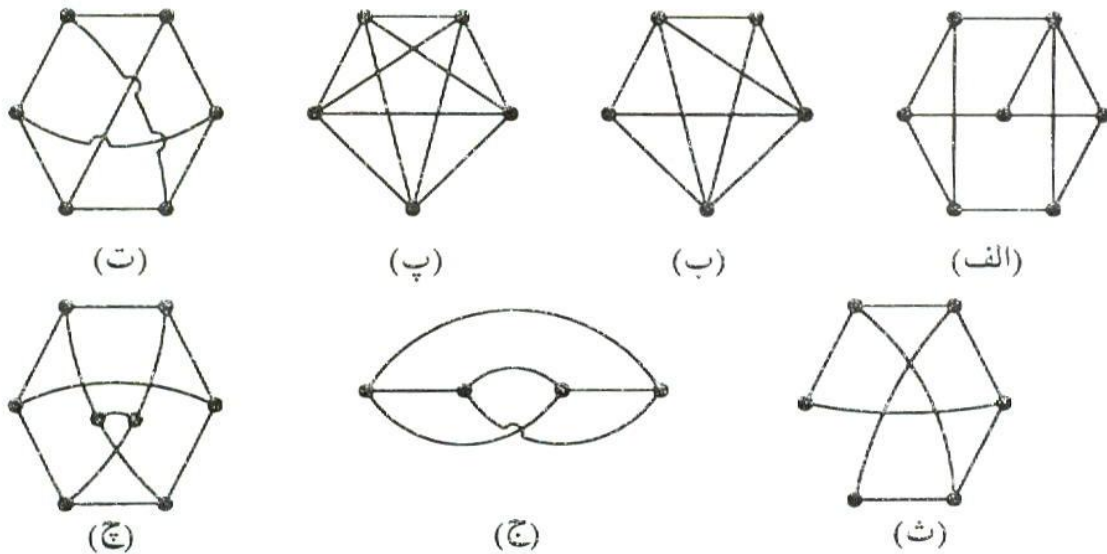


شکل (مسئله ۱۰-۲۵)

ب - اکنون فرض کنید سلف‌ها با ضریب  $M = 1$  تزویج شده باشند. بار دیگر معادلات گره را با روش نظری بنویسید.

۲۶- از گراف‌های داده شده در شکل (مسئله ۱۰-۲۶) کدام یک مسطح و کدام یک نامسطح هستند؟





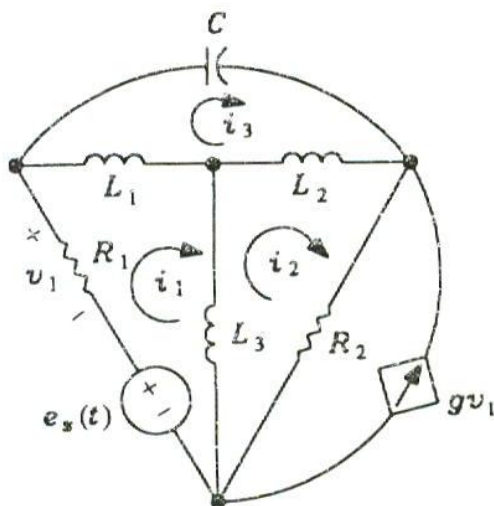
شکل (مسألة ۱۰-۲۶) (ادامه)

۲۷- الف- معادلات حالت دایمی سینوسی مش را در

مدار شکل (مسألة ۱۰-۲۷) بنویسید.

ب- فرض کنید میان سلف‌ها تزویج وجود داشته و ضرایب تزویج متقابل آنها  $M_{۱۲}$ ،  $M_{۱۳}$  و  $M_{۲۳}$  باشند. بار دیگر معادلات حالت دایمی سینوسی مش را بنویسید.

پ- معادلات انتگرال دیفرانسیل مش را بنویسید و شرایط اولیه را مشخص کنید.



شکل (مسألة ۱۰-۲۷)

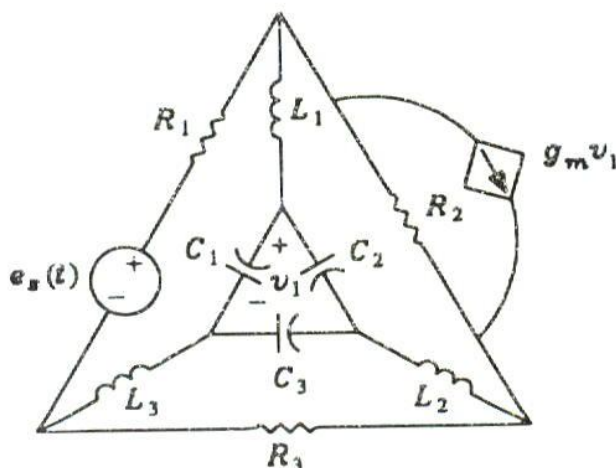
۲۸- می‌خواهیم معادلات انتگرال-دیفرانسیل

مش را در مدار داده شده در شکل (مسألة

۱۰-۲۸) بنویسیم.

الف- با فرض اینکه تزویجی میان سلف‌ها وجود نداشته باشد و تمام عناصر ذخیره‌کننده انرژی شرط اولیه غیرصفر داشته باشند، معادلات را بنویسید.

ب- فرض کنید میان سلف‌ها تزویج وجود داشته باشد و ضرایب



شکل (مسألة ۱۰-۲۸)

تزوید متقابل آنها  $M_{۱۲}$ ،  $M_{۱۳}$  و  $M_{۲۳}$  باشند. بار دیگر معادلات انتگرال دیفرانسیل مش را بنویسید.

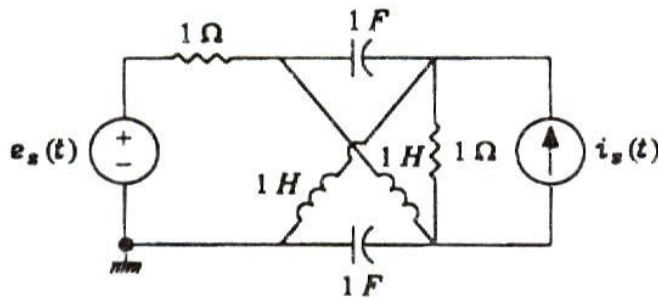
پ - اگر جای سلف‌ها و خازن‌ها را با هم عوض کنیم چه تغییر خاصی در معادلات (الف) و (ب) حاصل می‌شود؟

۲۹- الف - معادلات انتگرال-دیفرانسیل

گره را در مدار شکل (مسئله ۱۰-۲۹) بنویسید.

ب - معادلات انتگرال-دیفرانسیل

مش را در مدار شکل (مسئله ۱۰-۲۹) بنویسید.

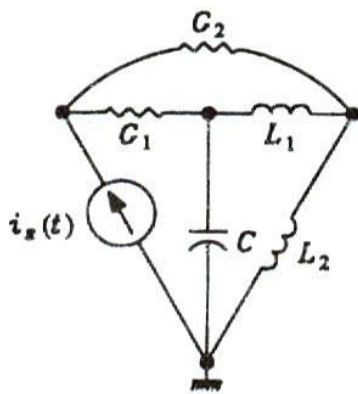


شکل (مسئله ۱۰-۲۹)

۳۰- الف - معادلات انتگرال دیفرانسیل گره را در مدار شکل

(مسئله ۱۰-۳۰) بنویسید. شرایط اولیه را برحسب ولتاژ اولیه خازن و جریان اولیه سلف‌ها مشخص کنید.

ب - فرض کنید منبع ناپسته  $e_s(t)$  سری با رسانایی  $G_۲$  و منبع وابسته  $g_m v_۲$  موازی با خازن  $C$  قرار گیرند که در آن  $v_۲$  ولتاژ دوسر رسانایی  $G_۲$  است. بار دیگر معادلات انتگرال دیفرانسیل گره را بنویسید.



شکل (مسئله ۱۰-۳۰)

پ - اگر بین دو سلف  $L_۱$  و  $L_۲$  تزوید  $M$  وجود داشته باشد، بار دیگر معادلات انتگرال دیفرانسیل گره را بنویسید.

ت - معادلات انتگرال دیفرانسیل مش را برای هر سه حالت مطرح شده در بالا بنویسید.

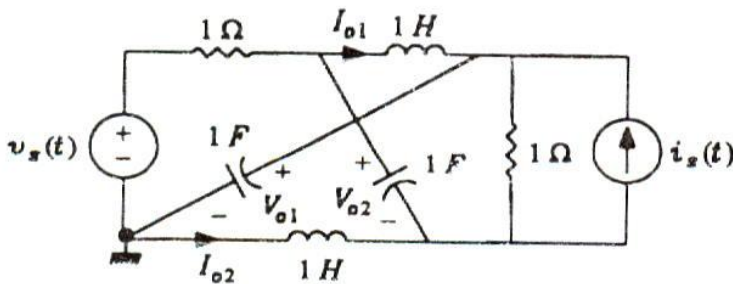
۳۱- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۳۱)

فرض کنید منبع جریان  $i_s(t)$  شیب واحد و منبع ولتاژ  $v_s(t)$  پله واحد باشند.

الف - معادلات انتگرال

دیفرانسیل گره را با

روش نظری بنویسید.



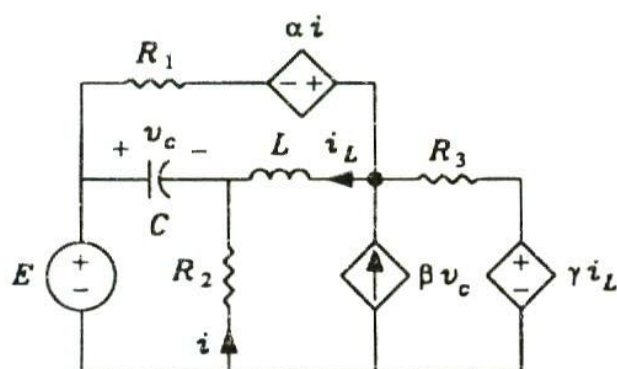
شکل (مسئله ۱۰-۳۱)

شرایط اولیه خازن‌ها  $V_{o۱}$  و  $V_{o۲}$  و جریان اولیه سلف‌ها  $I_{o۱}$  و  $I_{o۲}$  هستند.

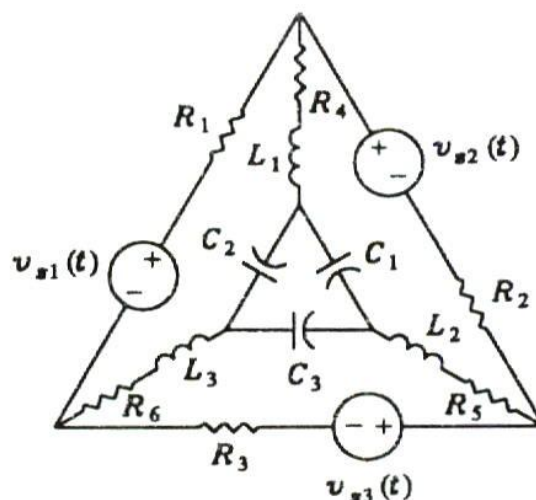
ب - آیا این مدار را می‌توان با تحلیل مش نیز حل کرد و معادلات انتگرال دیفرانسیل مش را نوشت؟ در صورت مثبت بودن جواب آن را انجام دهید.

پ - اکنون فرض کنید بین سلف‌های مدار، تزویج  $M = \frac{1}{4}$  برقرار باشد. بار دیگر بندهای الف و ب را تکرار کنید.

۳۲- از روشهای تحلیل گره یا مش هر کدام که راحت‌تر باشد استفاده کنید و معادلات انتگرال دیفرانسیل مدار نشان داده شده در شکل (مسئله ۱۰-۳۲) را بنویسید و شرایط اولیه را مشخص کنید. دوگان این مدار را رسم کنید.



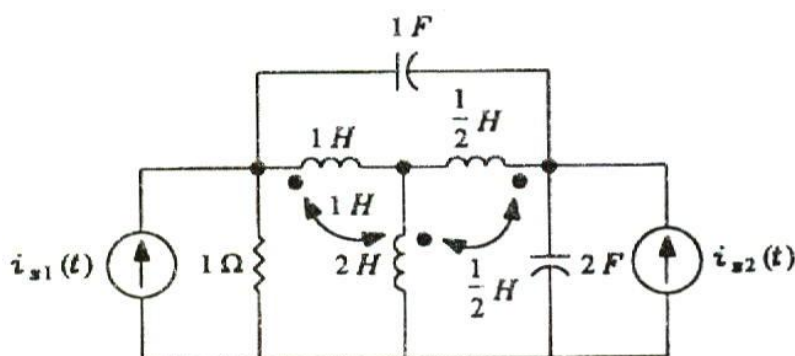
شکل (مسئله ۱۰-۳۲)



شکل (مسئله ۱۰-۳۲)

۳۳- معادلات گره را در مدار شکل (مسئله ۱۰-۳۳) در حالت کلی (انتگرال دیفرانسیل) با فرض  $i_L(0) = I$  و  $v_C(0) = V_0$  بنویسید و شرایط اولیه را مشخص کنید. سعی کنید معادلات را با کمترین تعداد متغیرها بنویسید.

۳۴- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۳۴)،  $i_{s1}(t) = 2 \sin 2t$  و  $i_{s2}(t) = 3 \cos 2t$



شکل (مسئله ۱۰-۳۴)

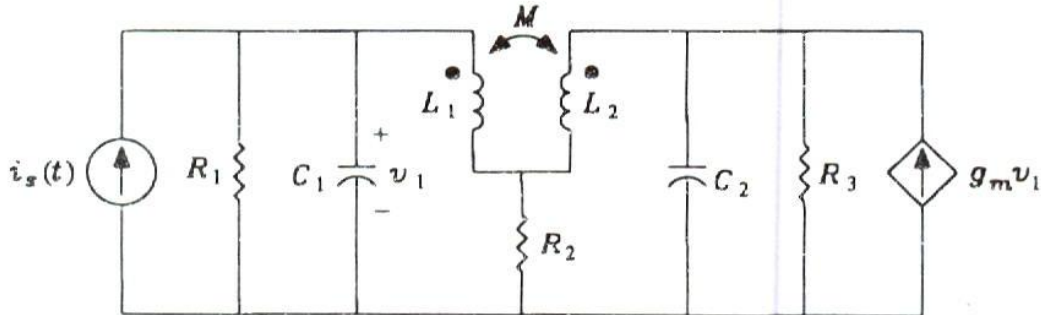
الف - معادلات گره را در حالت دایمی سینوسی به صورت منظم بنویسید.

ب - معادلات گره را در حالت دایمی به صورت نظری و با بکار بردن روش میان‌بر بنویسید.

پ - معادلات به دست آمده در قسمت الف یا ب را حل کنید و بردار ولتاژ شاخه‌ها و بردار جریان شاخه‌ها را به دست آورید.

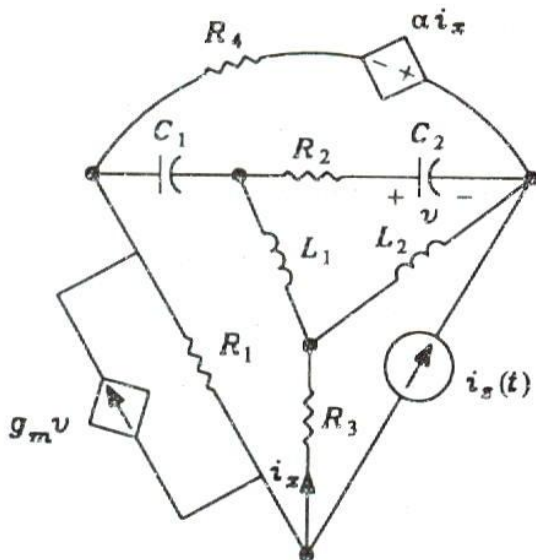


ت - اگر  $i_{sp}(t) = 2 \cos 3t$  باشد، بردار ولتاژ شاخه‌ها و بردار جریان شاخه‌ها را به دست آورید.  
 ۳۵- معادلات انتگرال دیفرانسیل مدار شکل (مسئله ۱۰-۳۵) را با روش مش با فرض تمام شرایط اولیه غیر صفر بنویسید.



شکل (مسئله ۱۰-۳۵)

۳۶- الف - می‌خواهیم معادلات انتگرال دیفرانسیل مدار شکل (مسئله ۱۰-۳۶) را با روش نظری بنویسیم. از روشهای گره و مش کدام یک مناسب‌تر است؟ با استفاده از این روش، معادلات را در حالت دایمی سینوسی بنویسید.



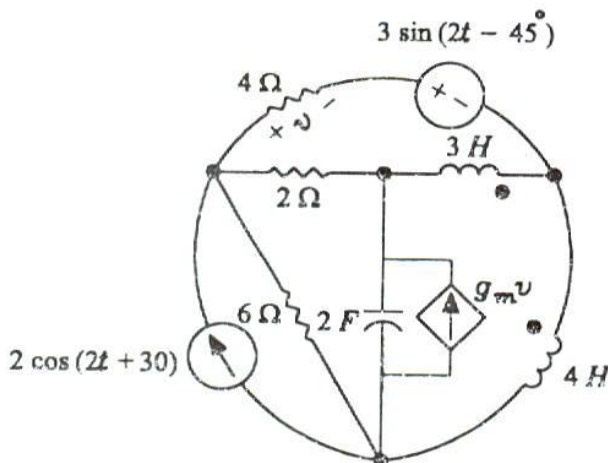
شکل (مسئله ۱۰-۳۶)

ب - اکنون فرض کنید ورودی سینوسی صفر شود و ولتاژ اولیه خازنهای  $V_{01}$  و  $V_{02}$  و جریان اولیه سلف‌ها  $I_{01}$ ،  $I_{02}$  باشند. معادلات انتگرال دیفرانسیل مدار را بنویسید و شرایط اولیه را تعیین کنید.

۳۷- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۳۷)

الف - معادلات انتگرال-دیفرانسیل گره را بنویسید و شرایط اولیه را مشخص کنید.

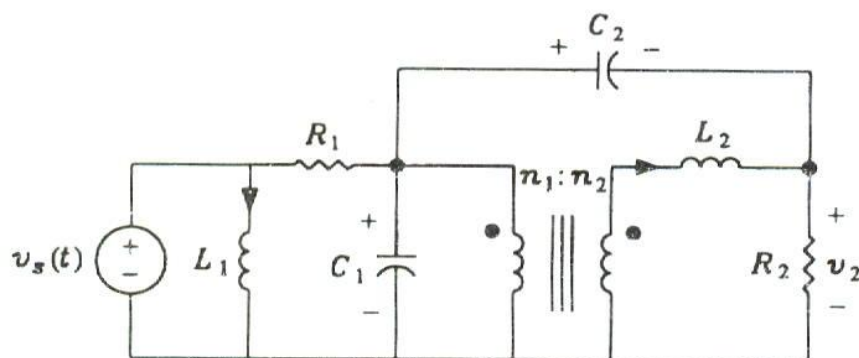
ب - اگر مدار در حالت دایمی سینوسی بوده و تزویج  $M = 2$  میان سلف‌ها موجود باشد، معادلات گره را در حالت دایمی سینوسی بنویسید.



شکل (مسئله ۱۰-۳۷)

۳۸- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۳۸) می‌خواهیم معادله دیفرانسیلی بر حسب ولتاژ دوسر مقاومت  $R_2$  به دست آوریم.

الف- مدار را با روش گره تحلیل کرده و معادله دیفرانسیل را به دست آورید.  
ب- مدار را با روش مش تحلیل کرده و معادله دیفرانسیل را به دست آورید.

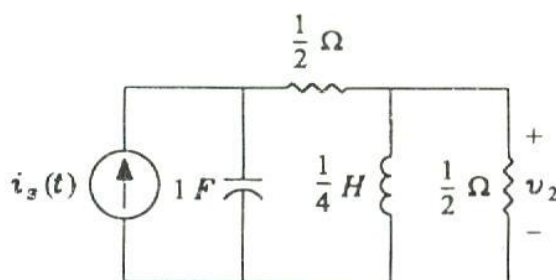


شکل (مسئله ۱۰-۳۸)

۳۹- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۳۹) ورودی،

$i_s(t) = u(t)$  و پاسخ مورد نظر  $v_2(t)$  است.

الف- شرایط اولیه‌ای چنان پیدا کنید که شکل موج خروجی به صورت  $v_2(t) = e^{-t} \cos t$  باشد.



شکل (مسئله ۱۰-۳۹)

ب- برای ورودی  $i_s(t) = \cos 2t$  پاسخ

حالت دایمی سینوسی  $v_2(t)$  را به دست آورید.

۴۰- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۴۰) معادله

دیفرانسیلی که  $v_2(t)$  را به  $v_1(t)$

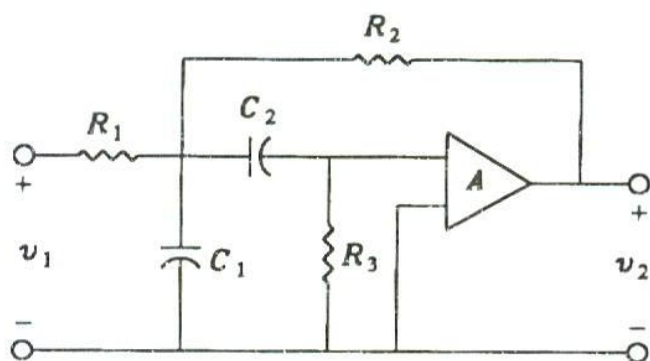
ارتباط می‌دهد به دست آورید. در حالت

خاص برای  $R_1 = R_2 = R_3 = 1$ ،

$A = 4 - \sqrt{2}$ ،  $C_1 = C_2 = \sqrt{2}$

$v_1(t) = tu(t)$  و شرایط اولیه صفر

ولتاژ  $v_2(t)$  را به دست آورید.



شکل (مسئله ۱۰-۴۰)

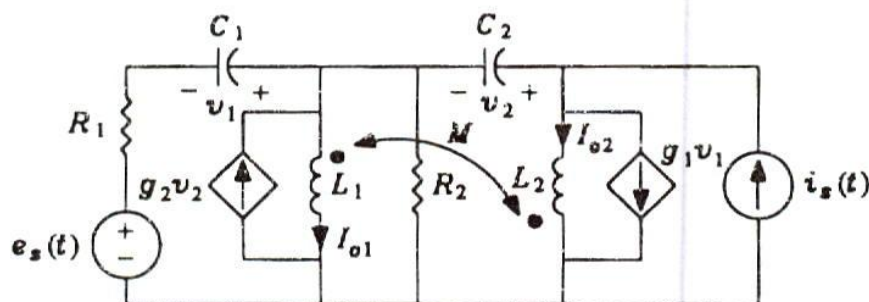
۴۱- معادلات انتگرال دیفرانسیل گره را برای مدار شکل (مسئله ۱۰-۴۱) بنویسید و شرایط اولیه لازم

را مشخص کنید. ولتاژ اولیه خازن‌ها را  $V_{o1}$  و  $V_{o2}$  و جریان اولیه سلف‌ها را  $I_{o1}$  و  $I_{o2}$  بگیرید.

اگر تزویج  $M$  میان سلف‌ها در جهت نشان داده شده وجود داشته باشد چه تغییری در معادلات

ایجاد می‌شود؟ در حالت بدون تزویج اگر ورودی‌ها،  $i_1(t) = \cos 2t$  و  $e_1(t) = \cos 3t$  باشند و

بخواهیم مقادیر حالت دایمی و لتاژ گره‌ها را حساب کنیم، چگونه باید عمل کرد؟ فقط معادلات را بنویسید ولی آنها را حل نکنید.

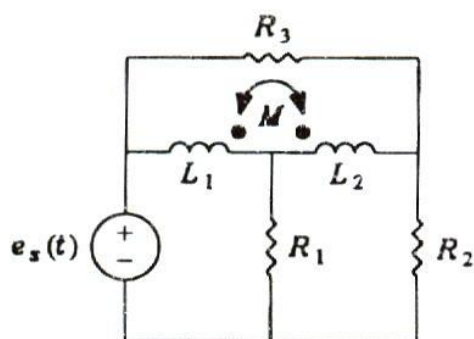


شکل (مسألة ۱۰-۴۱)

۴۲- الف - معادلات مش را در مدار شکل (مسألة

۱۰-۴۲) بنویسید.

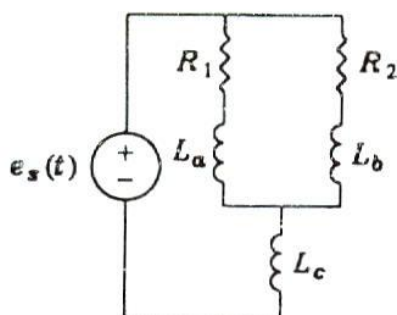
ب - معادلات گره را بنویسید.



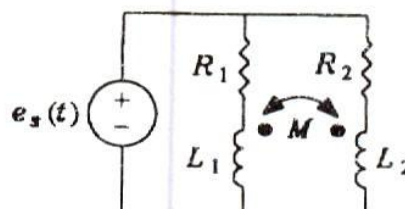
شکل (مسألة ۱۰-۴۲)

۴۳- معادلات دیفرانسیل مش را برای مدار نشان داده شده در شکل (مسألة ۱۰-۴۳ الف) بنویسید و

نشان دهید که به جای سلف‌های تزویج شده  $L_1$  و  $L_2$  می‌توان سلف‌های تزویج نشده  $L_a$ ،  $L_b$  و  $L_c$  را مطابق شکل (مسألة ۱۰-۴۳ ب) چنان قرار داد که معادلات دیفرانسیل مش مدار شکل (مسألة ۱۰-۴۳ ب) همانند معادلات دیفرانسیل مش مدار شکل (مسألة ۱۰-۴۳ الف) باشد.



(ب)



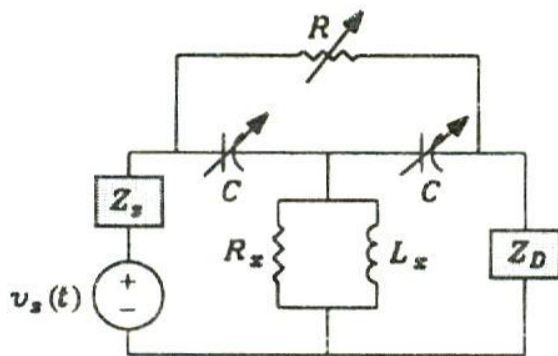
(الف)

شکل (مسألة ۱۰-۴۳)

۴۴- مدار شکل (مسألة ۱۰-۴۴) در حالت دایمی سینوسی بوده و  $v_s(t) = V_m \cos \omega t$  است. مقاومت

$R$  و خازنهای با ظرفیت مساوی  $C$  چنان تنظیم شده‌اند که جریان گذرنده از امپدانس  $Z_D$  برابر صفر گردد. نشان دهید که تحت این شرایط، مجهولهای  $L_x$  و  $R_x$  را می‌توان برحسب  $R$ ،  $C$  و  $\omega$





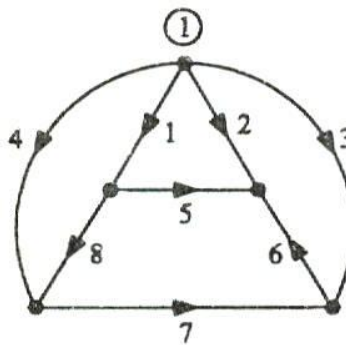
شکل (مسألة ۱۰-۴۴)

با روابط زیر بیان کرد:

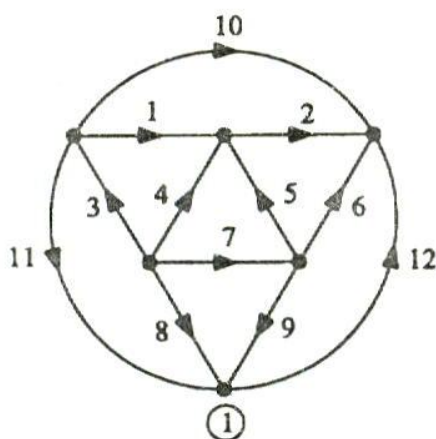
$$R_x = \frac{1}{RC^2\omega^2}$$

$$L_x = \frac{1}{2\omega^2 C}$$

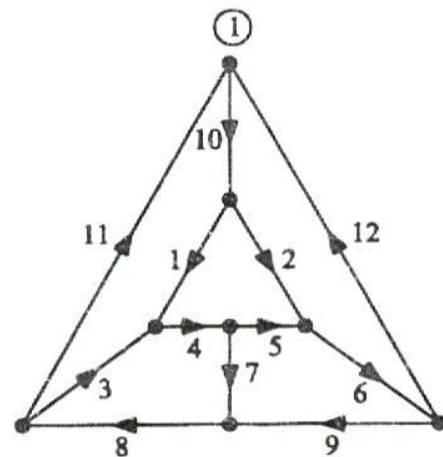
۴۵- دوگان گراف‌های نشان داده شده در شکل (مسألة ۱۰-۴۵) را چنان رسم کنید که مش بیرونی گراف دوگان متناظر با گره ① مشخص شده در هر گراف باشد.



(الف)



(پ)



(ب)

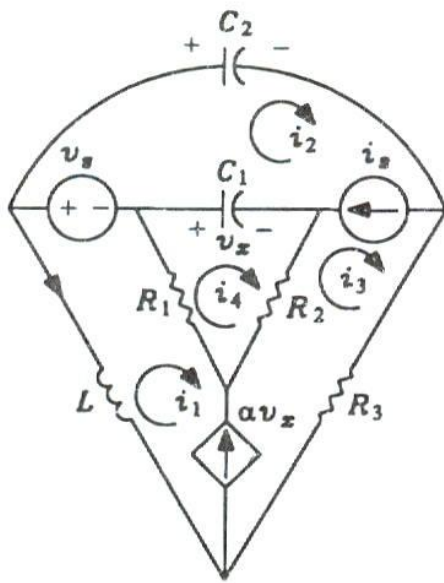
شکل (مسألة ۱۰-۴۵)

۴۶- الف- در گراف شکل (مسألة ۱۰-۴۶ الف) ماتریس تلاقی گره با شاخه A را بنویسید (گره ⑥ را گره مبنا انتخاب کنید).

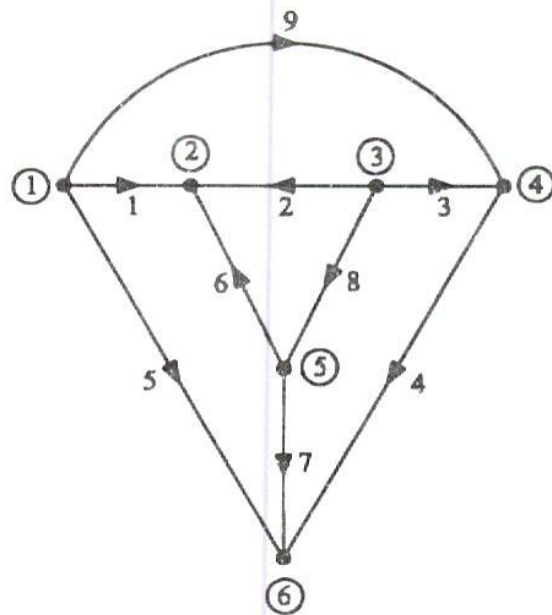
ب- ماتریس مش M این گراف را بنویسید.

ب- دوگان این گراف را چنان تعیین کنید که مش بیرونی آن متناظر با گره ⑥ باشد.

- ت - ماتریس‌های تلاقی  $\hat{A}$  و مش  $\hat{M}$  گراف دوگان را بنویسید و ارتباط آنها را با ماتریس‌های  $A$  و  $M$  عملاً نشان دهید.
- ث - مدار دوگان مدار نشان داده شده در شکل (مسئله ۱۰-۴۶ ب) را رسم کنید.
- ج - فرض کنید ولتاژ اولیه خازن‌ها به ترتیب  $V_{0,1}$  و  $V_{0,2}$  و جریان اولیه سلف  $I_0$  در جهت‌های داده شده باشند. معادلات انتگرال دیفرانسیل مش را به طور نظری بنویسید و شرایط اولیه را مشخص کنید. هیچگونه تبدیل منبعی انجام ندهید و معادلات خود را برحسب جریانهای مش مشخص شده بنویسید.

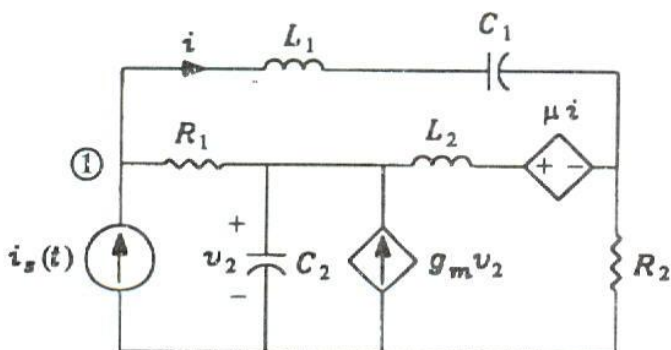


(ب)



(الف)

شکل (مسئله ۱۰-۴۶)



شکل (مسئله ۱۰-۴۷)

۴۷- در مدار شکل (مسئله ۱۰-۴۷)

$i_s(t) = I_m \sin(\omega t + \phi)$  است.

الف - معادلات گره را در حالت

دایمی سینوسی بنویسید.

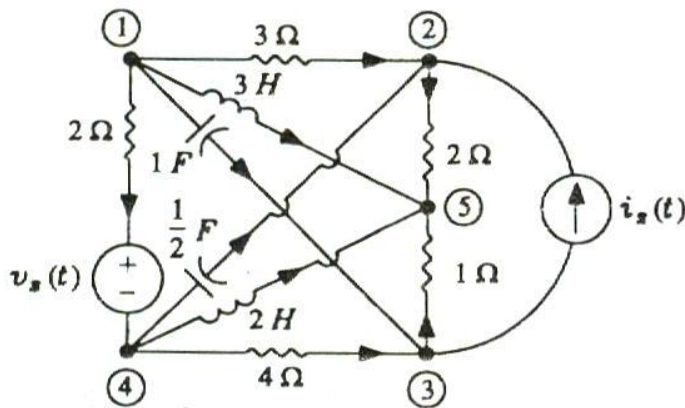
ب - اگر منبع جریان  $i_s(t)$  به منبع

ولتاژی با همان شکل موج

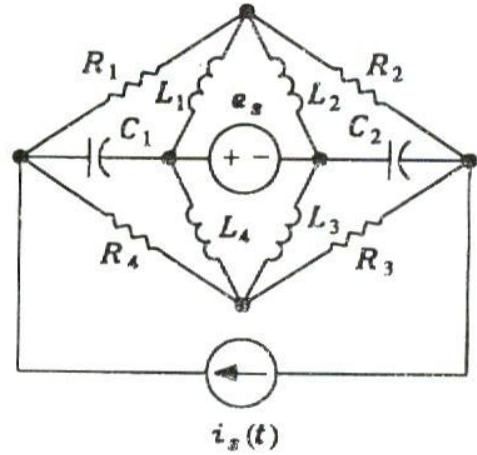
تبدیل شود، معادلات گره را

بار دیگر بنویسید.

۴۸- دوگان مدار شکل (مسأله ۱۰-۴۸) را رسم کنید.



شکل (مسأله ۱۰-۴۹)



شکل (مسأله ۱۰-۴۸)

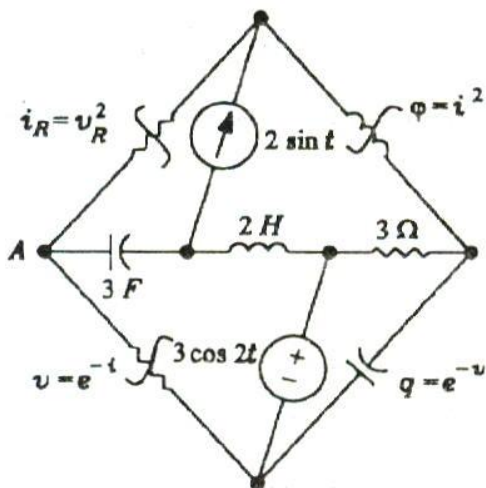
۴۹- مدار شکل (مسأله ۱۰-۴۹) داده شده است.

الف- دوگان این مدار را رسم کنید.

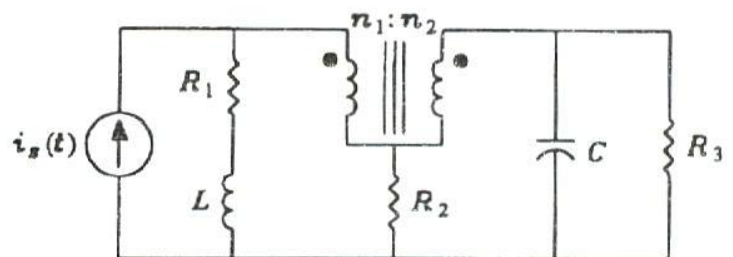
ب- با فرض جریان اولیه سلف‌ها و ولتاژ اولیه خازن‌ها معادلات انتگرال دیفرانسیل گره را

بنویسید و شرایط اولیه را مشخص کنید.

۵۰- دوگان مدار نشان داده شده در شکل (مسأله ۱۰-۵۰) را رسم کنید و عناصر آن را مشخص کنید.



شکل (مسأله ۱۰-۵۱)

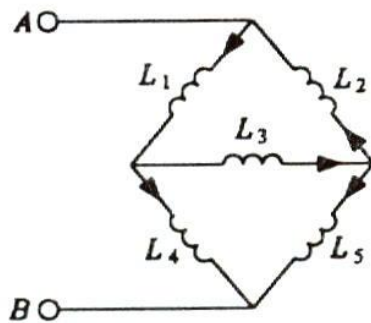


شکل (مسأله ۱۰-۵۰)

۵۱- دوگان مدار شکل (مسأله ۱۰-۵۱) را چنان رسم کنید که گره A متناظر با مش بیرونی مدار دوگان باشد.

۵۲- ماتریس اندوکتانس سلف‌های تزویج شده شکل (مسأله ۱۰-۵۲) با توجه به جهت‌های قراردادی حبان سلف‌ها در کنار شما داده شده است. اندوکتانس دیده شده در سب‌های A و B را تعیین کنید.

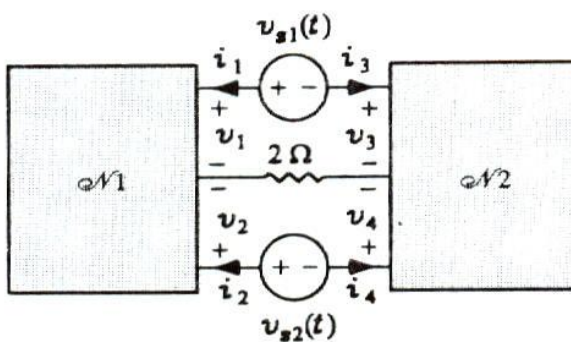




شکل (مسأله ۱۰-۵۲)

$$L = \begin{bmatrix} 10 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 12 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 14 & -1 & 3 \\ 1 & 1 & -1 & 12 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 10 \end{bmatrix}$$

۵۳- دو قطبی‌های  $N_1$  و  $N_2$  نشان داده شده در شکل (مسأله ۱۰-۵۳) با معادلات زیر توصیف می‌شوند:



شکل (مسأله ۱۰-۵۳)

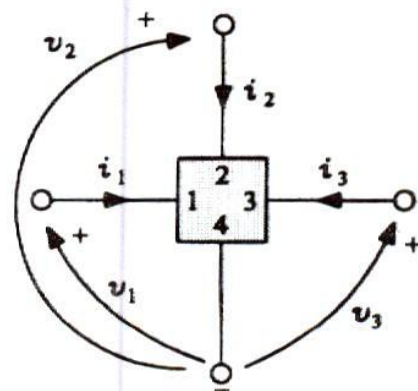
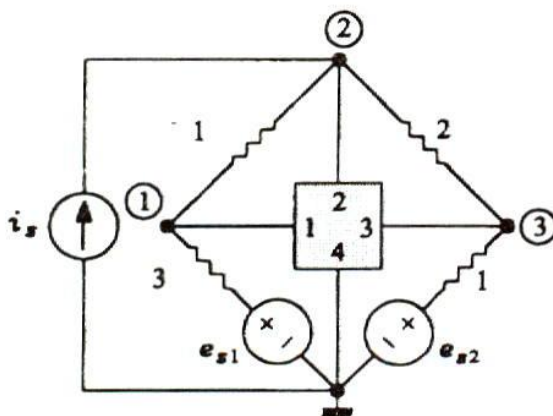
$$\mathcal{N}_1: \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix}$$

$$\mathcal{N}_2: \begin{pmatrix} v_3 \\ v_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_3 \\ i_4 \end{pmatrix}$$

این دو دو قطبی به صورت شکل (مسأله ۱۰-۵۳) به هم وصل هستند. معادلات مش را بنویسید و از حل آنها  $v_1$ ،  $v_2$ ،  $v_3$  و  $v_4$  را حساب کنید.

۵۴- عنصر چهار سر نشان داده شده در شکل (مسأله ۱۰-۵۴) با معادلات زیر توصیف می‌شود:

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 & 1 & 6 \\ 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix}$$



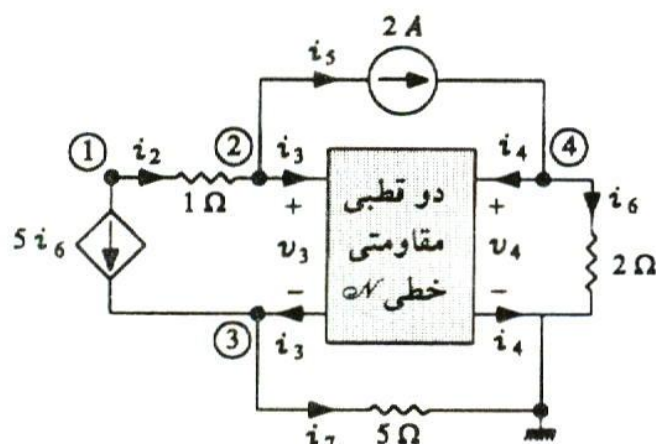
شکل (مسأله ۱۰-۵۴)

این عنصر را مطابق شکل سمت چپ در مداری سوار می‌کنیم. اگر رسانایی‌ها برحسب مهو باشند، ولتاژهای گره  $e_1$ ،  $e_2$  و  $e_3$  را با استفاده از تحلیل گره و برای  $i_s = 5A$ ،  $e_{s1} = 3V$  و  $e_{s2} = 4V$  به دست آورید.

۵۵- نشان دهید در هر شبکه مقاومتی که شامل مقاومتهای خطی مثبت و منابع ناسته باشد، ولتاژ گره‌ها به طور یکتا تعیین می‌شود، یعنی  $\text{Det}(Y_n) > 0$  است.

۵۶- الف- در مدار نشان داده شده در شکل (مسأله ۱۰-۵۶) معادلات گره را در شکل ماتریسی بنویسید.

ب- آیا می‌توانید معادلات گره را به طور ذهنی بنویسید (در شکل ماتریسی)؟



مشخصه‌های دو قطبی  $\mathcal{N}$

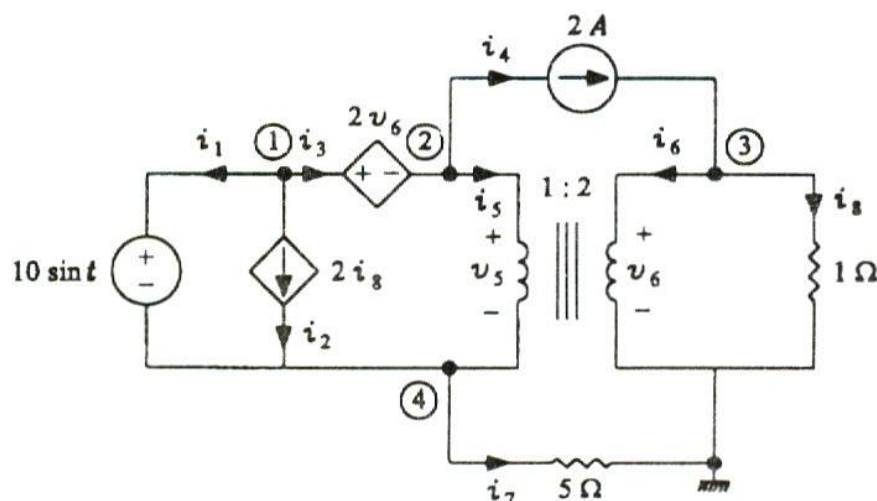
$$i_p = 2v_p - v_f$$

$$i_f = v_p + v_f$$

شکل (مسأله ۱۰-۵۶)

۵۷- الف- در مدار شکل (مسأله ۱۰-۵۷) آیا می‌توانید معادلات گره را بنویسید؟

ب- این مدار را تحلیل کنید و جریانهای  $i_1$ ،  $i_2$ ،  $i_3$ ،  $i_4$ ،  $i_5$  و ولتاژهای گره  $e_1$ ،  $e_2$ ،  $e_3$  و  $e_4$  را به دست آورید.



شکل (مسأله ۱۰-۵۷)