

به جمع اعضای خانواده بزرگ DLM خوش آمدید.

گاهی تغییری کوچک در روش‌های معمول، نتایج شگفت‌انگیزی به بار می‌آورد.

توجه ۱: هر فلش‌کارت دورو دارد، یکی روی فلش‌کارت (سوال) و دیگری پشت فلش‌کارت (جواب)؛ در فایل تقدیمی هر روی فلش‌کارت در وسط یک صفحه A5 قرار داده شده است تا به راحتی بتوانید فلش‌کارت‌های واقعی را تجسم کنید.

بنابراین در صورت گرفتن پرینت، دستور پرینت را باید دورو و طوری تعریف کنید که اعداد نظیر به نظیر پشت یکدیگر بیفتند.

(۱ پشت ۱، ۲ پشت ۲، ۳ پشت ۳ الی آخر)

توجه ۲: پس از گرفتن پرینت، می‌توانید قسمت‌های سفید کاغذ را جدا کنید تا ساینز واقعی فلش‌کارت‌ها به دست آیند.

توجه ۳: اگر حوصله دانلود، پرینت و برش فلش‌کارت‌ها را ندارید به دفتر پخش انتشارات واقع در خیابان جمهوری، خیابان گلشن، کوچه آزاد، پلاک ۲ مراجعه فرمایید تا حاضر و آماده و به شکل رایگان به شما تقدیم شود.

می‌توانید از طریق پست (برای شهرستانها) و از طریق پیک بادپا (برای تهران) نیز سмпل رایگان را دریافت فرمایید. بدین منظور با شماره تلفن ۰۲۱-۶۶۹۰۳۵۴۷ تماس حاصل فرمایید.

توجه ۴: دستورالعمل و همچنین جدول زمان‌بندی مطالعه نیز در ادامه همین فایل تقدیم شده است.

ما به موفقیت تک‌تک شما حساسیم.

با احترام

انتشارات تبلور دانش - گروه DLM

لطفاً اشتباه نشود.

سمپل رایگان، اشانتیون نیست. احترام به «حق انتخاب» شماست.

این حق شماست که فارغ از هیاهوهای تبلیغاتی ابتدا با پک ها آشنا شوید و سپس تصمیم گیری کنید.

تقدیم سمپل رایگان احترام به حق انتخاب شماست.

بدیهی است نمونه هایی که در اختیار شما عزیزان قرار گرفته دقیقاً همانی است که در پک کامل وجود دارد.

این وظیفه ماست که برای سرمایه شما حرمت قائل باشیم و مهم تر از هزینه ای که برای تهیه منابع آزمون کارشناسی ارشد می کنید، وقتی است

که در مهم ترین سال ها و لحظه های جوانی برای مطالعه و آمادگی در آزمون کارشناسی ارشد اختصاص می دهید.

نهایت تلاش خود را بخرج داده ایم که پک ها جامع باشند و مطلبی جا نیفتاده باشد و سئوالی خارج از پکها در کنکور مطرح نشود.

این، رویکرد DLM است که یا پکی را ارائه نکنیم یا پک قدرتمند و متفاوتی را ارائه نماییم که شما را از کتاب و کلاس بی نیاز کند.

با امید به اینکه بتوانیم نقشی در موفقیت شما داوطلب گرامی ایفا نماییم.

با احترام

DLMgroup

با نام آفریدگار قلم و اندیشه

سخن ناشر:

با سلام و احترام و شادباش

حضور شما را در جمع اعضای خانواده بزرگ DLM گرامی می‌داریم.

لازم است در ابتدا نکاتی را به عرض برسانیم:

از تیم‌های تالیف خواسته می‌شود برای تلطیف خشکی مطالعه و به خاطر ماندن مطالب، به من کودکی و حافظه تصویری توجه ویژه‌ای نشان دهند و تکنیک‌هایی در این زمینه به ایشان آموزش داده می‌شود.

چگونگی استفاده از این تکنیک‌ها، انتخاب تصاویر و رنگ‌ها و از این قبیل کاملاً به سلیقه، خلاقیت و دیدگاه هر مولف و طبقه فکری – اجتماعی که وی به آن تعلق دارد و با تفویض اختیار کامل از جانب انتشارات به مولف صورت می‌گیرد و تنها ممیزی در این بین، توسط وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی انجام می‌پذیرد. لذا ممکن است از همه تصاویر کارتونی، عبارات خودمانی، جملات الهام‌بخش و شوخی‌هایی که می‌شود لذت ببرید یا ممکن است با برخی از آنها موافق نباشید یا جایگزین بهتری برای آنها سراغ داشته باشید.

به هر حال همه این کارها به این منظور انجام می‌شوند که علاوه بر اینکه با مطالعه پک‌های DLM، ان شاء... بهترین نتیجه را کسب خواهید فرمود، از مطالعه خود لذت نیز ببرید.

معتقدیم لازم نیست مطالعه، یک اجبار کسل‌کننده برای قبولی در آزمون باشد، بلکه می‌تواند فعالیتی شیرین، شاد و خوشایند باشد. به همین خاطر تلاش می‌شود مطالب، با زبانی ساده و با مثال‌هایی ملموس بیان شوند و کمترین تلاش ذهنی را از داوطلب، طلب کند. و نیز این همه کتاب را که ضخامت صفحات هریک شاید قبلاً باعث می‌شد اصلاً رغبت نکنیم طرفشان برویم، حالا همه یکجا و در یک پک در اختیار شما عزیزان قرار داده شده آن هم در قالب فلش‌کارت؛ فلش‌کارت‌هایی که می‌توانید هر روز با خود حمل کنید و در اوقات پرت خود در طول روز مطالعه‌شان کنید.

می‌خواهیم این اطمینان خاطر را به شما بدهیم که جهت‌گیری و رویکرد انتشارات تبلوردانش صداقت، تعهد، کیفیت و احترام به وقت مخاطب است. وقتی که برای مطالعه پک‌ها اختصاص می‌دهید.

تمامی سیستم‌های تالیف، خط‌مشی‌ها و فرهنگ‌های سازمانی در این راستا طراحی شده‌اند. تلاش می‌کنیم یا پکی را ارائه نکنیم یا وقتی برای درسی، پک آن ارائه شد جامع باشد و نیازی به مطالعه کتاب و کلاس نداشته باشید.

با این همه هیچ کاری عاری از اشکال نیست. ضمن اینکه کیفیت یک مقصد نیست بلکه یک مسیر و فرآیند دائمی است. بنابراین همیشه نیازمند نظرات، پیشنهادات، انتقادات و ایده‌های نوی شما عزیزان هستیم. به ما کمک کنید تا بتوانیم هر سال پک‌های کامل‌تر و جذاب‌تری را در اختیار دوستان شما و داوطلبان سال‌های بعد قرار دهیم.

موفق و پیروز و سربلند باشید.

این یک دستور است!

با احترام

انتشارات تبلوردانش – گروه DLM

Email: idea@DLMgroup.ir

تلفن: ۰۲۱۲۲۳۶۰۶۰۶

سامانه پیام کوتاه (SMS):

۳۰۰۰۷۶۵۰۰۱۷۷۴

سخن مؤلف:

مقدمه: همان‌طور که می‌دانید درس **مدارهای الکتریکی ۱ و ۲** در تمامی گرایش‌های آزمون کارشناسی ارشد مجموعه مهندسی برق از اهمیت بسزایی برخوردار است و دارای ضریب ۴ می‌باشد. با نگاهی به نتایج داوطلبان سالهای گذشته به‌خوبی می‌توان دریافت که کسب درصد بالا در این درس برای قبولی در آزمون بسیار مهم و تاثیرگذار است.

هدف از ارائه این مجموعه: مجموعه‌ای که امروز در اختیار شما داوطلبان عزیز قرار گرفته، حاصل دو سال تلاش و زحمت فراوان می‌باشد که با کمک اعضای خانواده **DLM** به نتیجه رسیده است. تجربیات سالها مطالعه و بررسی چندین و چند باره سوالات کنکور سراسری و دانشگاه آزاد عدم وجود یک منبع کامل و جامع برای کسب درصد بالای ۸۰٪ در «**مدارهای الکتریکی ۱ و ۲**» را به‌خوبی نشان می‌داد. هدف اصلی از نگارش این مجموعه پاسخ به چنین نیاز مهمی بود بطوریکه بتواند تمامی نیازهای داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد مجموعه مهندسی برق (کد ۱۲۵۱) در درس «**مدارهای الکتریکی ۱ و ۲**» و نیز دانشجویان کارشناسی رشته مهندسی برق را پوشش دهد.

«با مطالعه یک مدارهای الکتریکی DLM درصد بالای ۸۰٪ در آزمون کارشناسی ارشد قطعی است» اما شما باید

برای درصد ۱۰۰٪ تلاش کنید و این، کاملاً دست‌یافتنی است. تمامی تلاش خود را کرده‌ایم که یک، جامع باشد و مطلبی جا نیفتد.»

نوآوری‌های این مجموعه: این مجموعه علاوه بر پیروی از سیاست‌های کلی گروه **DLM** در ارائه فلش‌کارت‌های جامع برای آزمون کارشناسی ارشد و دکترا، که یک ایده جذاب، مفید و موفق است دارای نوآوری‌های مهم دیگری نیز هست که آن را از دیگر کتابها و منابع متمایز می‌سازد. مهم‌ترین این نوآوری‌ها ارائه روشهای متنوع و جذاب برای حل سوالات است که برخی از آنها عبارتند از روش خانم **KCL** و آقای **KVL**، ۶ کلید طلایی، کلید بلورین، دوقلوهای افسانه‌ای **DLM**، ۳ گام سینوسی، پله‌های انتقال توان ماکزیمم، ۸ گام **DLM**، فرکانس شگفت انگیز، جزایر ۵ گانه **DLM** و ... که در خلال مطالعه سرفصل‌ها با این روش‌ها آشنا خواهید شد و پی خواهید برد که چقدر تفاوت ایجاد می‌کنند و چقدر حل مسائل مدار را آسان می‌نمایند. در واقع برای اکثر سوالات کنکور سعی شده یک روش جذاب و جامع ارائه شود بطوریکه در مجموعه مشاهده خواهید کرد تقریباً تمامی سوالات را می‌توانید با این روشها حل کنید. برای یافتن یک روش حل برای تمامی سوالات هر بخش و نامگذاری آن به صورتی که در ذهن داوطلبان باقی بماند (مانند موارد ذکر شده) ساعتها فکر شده و بعضی از آنها از سال‌ها قبل (زمانی که خودم داوطلب آزمون کارشناسی ارشد بودم) به یادگار مانده است. چنین روش‌ها و ایده‌هایی به ندرت در هیچ مجموعه و کتابی یافت می‌شوند؛ علاوه بر آنکه برای هریک از آنها و به‌منظور ایجاد بستر یک مطالعه شاد و خاطره‌انگیز و نیز آموزش و انتقال راحت‌تر مطالب و درگیر ساختن حافظه تصویری، **کارتون‌سازی** صورت گرفته است. برای ترسیم این شکلها و کارتونها بیش از ۳ ماه وقت گذاشته شده و تمامی ایده‌ها با دقت و رعایت تمامی جزئیات به تصویر کشیده شده‌اند.

مراجع استفاده شده: در نگارش این مجموعه از تمامی کتابهای موجود در زمینه مدارهای الکتریکی که مرجع اصلی دانشگاههای کشور می‌باشند و همچنین از تمامی مجموعه کتابهای تست مؤسسات دیگر استفاده شده است. کتابها شامل نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها جلد ۱ و ۲ (دکتر جبه‌دار)، مدارهای الکتریکی هر ۴ جلد (دکتر عابدی)، تحلیل مهندسی مدار (دیانی) و کتابهای تست شامل مدارهای الکتریکی انتشارات نصیر (جبه‌دار)، مدارهای الکتریکی انتشارات سپاهان (فراهانی)، مدارهای الکتریکی ۱ و ۲ انتشارات جهش (متدین)، مدارهای الکتریکی ۱ و ۲ انتشارات پوران پژوهش (زرگر)، مدارهای الکتریکی ۱ و ۲ انتشارات آزاده (تقوی) و غیره. مراجع ذکر شده بطور مستقیم در پک مرجع‌دهی شده‌اند و بقیه مراجع بطور غیر مستقیم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه در نگارش این مجموعه از مراجع اصلی تدریس در دانشگاه‌ها نیز استفاده شده، این مجموعه علاوه بر داوطلبان آزمون کارشناسی ارشد می‌تواند مورد استفاده دانشجویان رشته مهندسی برق (برای دروس مدارهای الکتریکی ۱ و ۲) نیز قرار گیرد.

سخنی با داوطلبان دانشگاه آزاد: همان‌طور که در پک مشاهده خواهید کرد تعداد بسیار زیادی از سوالات کنکور دانشگاه آزاد کاملاً مشابه سوالات داده شده در دانشگاه سراسری می‌باشد. برای تأیید این مطلب می‌توانید سوالات ۲ سال اخیر کنکور دانشگاه آزاد یعنی ۹۱ و ۹۲ را نگاه کنید که درصد بالایی از آنها قبلاً در سوالات سالهای قبل کنکور سراسری مطرح شده است. با توجه به این نکته به داوطلبان عزیز دانشگاه آزاد توصیه می‌شود که تمامی سوالات کنکور سراسری را نیز حل کنید تا بتوانید این سوالات را براحتی در کنکور دانشگاه آزاد پاسخ دهید.

رفع ابهام: تمامی داستانک‌ها و اسامی به کار رفته ذاییده ذهن مولف می‌باشند و افراد به کار برده شده در این مجموعه هیچ کدام مصداق واقعی ندارند.

کلام پایانی: امیدواریم این مجموعه مورد استقبال شما داوطلبان عزیز قرار گیرد و امیدواریم در تک‌تک فلش‌کارت‌هایی که مطالعه می‌کنید و در تک‌تک دقایق مطالعه مطمئن شوید که چقدر برای این مجموعه زحمت کشیده شده است.

حال که فرصت کسب درصد ۱۰۰٪ در درس «مدارهای الکتریکی ۱ و ۲» برای شما فراهم شده، از شما می‌خواهیم این فرصت را قدر بدانید و از آن بهترین استفاده را بنمایید.

با آرزوی موفقیت همه شما عزیزان

تقدیم به پدر، مادر و خواهرم

صلاح بهرام آرا

«دستور العمل مطالعه یک مدارهای الکتریکی (۲)»

۱- روی تمام فلش کارت‌ها ۶ مربع تو خالی قرار داده شده است. ۵ مربع هم‌شکل و مربع ششم، شکل کمی متفاوتی دارد. در زمانبندی مطالعه هم ۵ بار مرور (مطابق با روش لایتنر) طراحی شده است. در بار اول فلش کارت‌ها را می‌خوانید و یاد می‌گیرید. فلش کارت‌های تئوریک را برای خود از حفظ بیان می‌کنید و فلش کارت‌های حل کردنی را یاد می‌گیرید و سپس در یک کاغذ سفید برای خود حل می‌کنید. آنوقت مربع اول را یک تیک (✓) می‌زنید و اگر بلد نبودید تیک نمی‌زنید و دوباره تلاش می‌کنید مطلب آن فیش را یاد بگیرید و وقتی یاد گرفتید، تیکش را می‌زنید.

در مرور دوم، مربع دوم؛ در مرور سوم، مربع سوم؛ در مرور چهارم، مربع چهارم و در مرور پنجم، مربع پنجم را علامت می‌زنید. بعد از این، با توجه به زمانبندی مرورها که کاملاً مطابق با فرایند طبیعی مغز انسان و با آگاهی از منحنی طبیعی حافظه انسان طراحی شده، مطالب برای همیشه در حافظه بلندمدت شما جای خواهند گرفت. در واقع این ۵ بار مرور در زمان‌های مشخص شده، ۵ گام برای انتقال مطالب از حافظه کوتاه‌مدت به حافظه دائمی می‌باشند.

اما برای دوستانی که ممکن است مطالعه یک را چند ماه قبل از تاریخ برگزاری کنکور به پایان برسانند احتیاطاً یک مربع ششمی هم پیش‌بینی شده که یک ماه قبل از آزمون دوباره همه فلش کارت‌ها را مرور کنید و تیک مربع ششم را هم بزنید تا خیالتان راحت شود که همه مطالب در ذهنتان باقی مانده است. بنابراین تیک مربع ششم (مرور ششم) کاملاً اختیاری است و قاعداً با ۵ مرتبه مرور براساس زمانبندی دیگر به مرور ششم نیازی نخواهید داشت.

۲- برای فلش کارت‌هایی که باید مداری را حل کنید حتماً سعی شود که مدار در یک برگه سفید رسم شده و سعی کنید بدون نگاه کردن به جواب سوال آن را برای خود کامل حل کنید و در نهایت حل خود را با حل موجود در فیش مربوطه مقایسه کنید.

۳- در پایان هر سرفصل به وب سایت گروه **DLM** به آدرس www.DLMgroup.ir مراجعه فرمائید و تستهای مربوط به هر سر فصل و نیز آزمونهای آزمایشی (همراه با پاسخ تشریحی) که در اختیار شما قرار داده شده را دانلود نموده و حل کنید. این کار کمک زیادی به جمع‌بندی و طبقه‌بندی ذهنی مطالب می‌کند.

۴- توجه دارید که آخرین دسته فلش کارت‌ها در روز **هفتاد و دوم** مطالعه می‌شوند و مابقی روزها برای مرور فیش‌های قبلی است. لطفاً مرورها را جدی بگیرید. زمانبندی مرورها کاملاً منطبق با فرآیند طبیعی مغز انسان و مطابق با روش لایتنر طراحی شده است. رعایت دقیق زمانبندی به خصوص در مرورهای اول، دوم و سوم مهم است. ضمناً اگر احساس می‌کنید برنامه زمانبندی برای شما سبک است، می‌توانید تعداد بیشتری فلش کارت در یک روز مطالعه فرمائید. این بسیار با اهمیت است که آمادگی را که در پایان مطالعه یک به دست می‌آورید تا روز کنکور حفظ و حتی تقویت کنید؛ این مهم با زدن تستهای سالهای گذشته کنکور تحقق می‌یابد.

۵- برنامه‌ریزی که به شکل ناخودآگاه بواسطه بهره‌مندی از تکنیک **DLM** به شما القا می‌شود، خود نقش مهمی در موفقیت شما ایفا می‌کند.

۶- در هنگام مطالعه فیشها و هم در مرورها به صورت سؤالات (روی فیش) به اندازه پاسخ سؤالات (پشت فیش) توجه نشان دهید به خصوص، سؤالاتی که زیر برخی کلماتشان خط کشیده شده یا پررنگ (**Bold**) شده‌اند.

۷- در جلسه کنکور ابتدا تستهایی را که مطمئن هستید بلدید بزنید، سپس دوباره برگردید و تستهای مشکل‌تر یا تستهای زمانبرتر را اگر فرصت کافی داشتید پاسخ دهید. توجه داشته باشید خطر نمره منفی بزرگترین تهدید برای شما

محسوب می‌شود که می‌تواند پاسخهای صحیح شما را ضایع کند. پس جداً از پاسخ دادن به تستهایی که به پاسخ آن مطمئن نیستید، پرهیز کنید و با خیال راحت در پاسخنامه سفید بگذارید. دیگران آنها را جواب می‌دهند، نمره منفی می‌گیرند و شما از آنها جلو خواهید افتاد.

۸- حتماً به سامانه پیام کوتاه گروه **DLM** به شماره ۳۰۰۰۷۶۵۰۰۱۷۷۴ پیامک بزنید و در متن پیامک تایپ کنید: **Electrical circuits**. توجه داشته باشید که کلیه اطلاع‌رسانی‌های ما از طریق **SMS** صورت می‌گیرد. ما را از پیشنهادات و نظرات خود بی‌نصیب نگذارید. idea@DLMgroup.ir

۹- در صورتیکه در طول هفته با سوال یا ابهامی مواجه شدید و یا به‌طور کلی نیاز به مشاوره داشتید، می‌توانید در روزهای شنبه از ساعت ۱۸ الی ۲۱ با شماره تلفن ۰۲۱-۶۶۹۲۶۲۰۵ تماس حاصل فرمائید.

با احترام

انتشارات تبلور دانش – گروه **DLM**

برنامه زمان‌بندی مطالعه پک مدارهای الکتریکی ۲ا

مرور فیش‌های مطالعه شده در روزهای قبل						روز مطالعه
مرور پنجم	مرور چهارم	مرور سوم	مرور دوم	مرور اول	فیش‌های جدید برای مطالعه	
					فصل ۱: از ۱ تا ۲۶	۱
				۱ تا ۲۶ (۱)	از ۲۷ تا ۶۳	۲
				۲۷ تا ۶۳ (۱)	از ۶۴ تا ۸۹	۳
			۱ تا ۲۶ (۱)	۶۴ تا ۸۹ (۱)	۹۰ تا ۱۱۳ (انتهای فصل ۱)	۴
			۲۷ تا ۶۳ (۱)	۹۰ تا ۱۱۳ (۱)	فصل ۲: ۱۱۴ تا ۱۴۹	۵
			۶۴ تا ۸۹ (۱)	۱۱۴ تا ۱۴۹ (۲)	۱۵۰ تا ۱۶۱	۶
			۹۰ تا ۱۱۳ (۱)	۱۶۱ تا ۱۵۰ (۲)	۱۶۲ تا ۱۸۱	۷
		۱ تا ۲۶ (۱)	۱۱۴ تا ۱۴۹ (۲)	۱۸۱ تا ۱۶۲ (۲)	۱۸۲ تا ۱۹۵	۸
		۲۷ تا ۶۳ (۱)	۱۶۱ تا ۱۵۰ (۲)	۱۹۵ تا ۱۸۲ (۲)	۱۹۶ تا ۲۱۱	۹
		۶۴ تا ۸۹ (۱)	۱۸۱ تا ۱۶۲ (۲)	۲۱۱ تا ۱۹۶ (۲)	۲۱۲ تا ۲۲۶	۱۰
		۹۰ تا ۱۱۳ (۱)	۱۹۵ تا ۱۸۲ (۲)	۲۲۶ تا ۲۱۲ (۲)	۲۲۷ تا ۲۴۳	۱۱
		۱۱۴ تا ۱۴۹ (۲)	۲۱۱ تا ۱۹۶ (۲)	۲۴۳ تا ۲۲۷ (۲)	۲۴۴ تا ۲۶۴	۱۲
		۱۶۱ تا ۱۵۰ (۲)	۲۲۶ تا ۲۱۲ (۲)	۲۶۴ تا ۲۴۴ (۲)	۲۶۵ تا ۲۸۹	۱۳
		۱۸۱ تا ۱۶۲ (۲)	۲۴۳ تا ۲۲۷ (۲)	۲۸۹ تا ۲۶۵ (۲)	۲۹۰ تا ۳۰۸ (انتهای فصل ۲)	۱۴
		۱۹۵ تا ۱۸۲ (۲)	۲۶۴ تا ۲۴۴ (۲)	۳۰۸ تا ۲۹۰ (۲)	فصل ۳: ۳۰۹ تا ۳۴۰	۱۵
	۱ تا ۲۶ (۱)	۲۱۱ تا ۱۹۶ (۲)	۲۸۹ تا ۲۶۵ (۲)	۳۴۰ تا ۳۰۹ (۳)	۳۴۱ تا ۳۵۶	۱۶
	۲۷ تا ۶۳ (۱)	۲۲۶ تا ۲۱۲ (۲)	۳۰۸ تا ۲۹۰ (۲)	۳۵۶ تا ۳۴۱ (۳)	۳۵۷ تا ۳۸۱	۱۷
	۸۹ تا ۶۴ (۱)	۲۴۳ تا ۲۲۷ (۲)	۳۴۰ تا ۳۰۹ (۳)	۳۸۱ تا ۳۵۷ (۳)	۳۸۲ تا ۳۹۶	۱۸
	۹۰ تا ۱۱۳ (۱)	۲۶۴ تا ۲۴۴ (۲)	۳۵۶ تا ۳۴۱ (۳)	۳۹۶ تا ۳۸۲ (۳)	۳۹۷ تا ۴۰۸	۱۹
	۱۱۴ تا ۱۴۹ (۲)	۲۸۹ تا ۲۶۵ (۲)	۳۸۱ تا ۳۵۷ (۳)	۴۰۸ تا ۳۹۷ (۳)	۴۰۹ تا ۴۲۶	۲۰
	۱۶۱ تا ۱۵۰ (۲)	۳۰۸ تا ۲۹۰ (۲)	۳۹۶ تا ۳۸۲ (۳)	۴۲۶ تا ۴۰۹ (۳)	۴۲۷ تا ۴۵۳	۲۱
	۱۸۱ تا ۱۶۲ (۲)	۳۴۰ تا ۳۰۹ (۳)	۴۰۸ تا ۳۹۷ (۳)	۴۵۳ تا ۴۲۷ (۳)	۴۵۴ تا ۴۷۱	۲۲
	۱۹۵ تا ۱۸۲ (۲)	۳۵۶ تا ۳۴۱ (۳)	۴۲۶ تا ۴۰۹ (۳)	۴۷۱ تا ۴۵۴ (۳)	۴۷۲ تا ۴۹۰ (انتهای فصل ۳)	۲۳
	۲۱۱ تا ۱۹۶ (۲)	۳۸۱ تا ۳۵۷ (۳)	۴۵۳ تا ۴۲۷ (۳)	۴۹۰ تا ۴۷۲ (۳)	فصل ۴: ۴۹۱ تا ۵۱۸	۲۴

	(۲) ۲۲۶ تا ۲۱۲	(۳) ۳۹۶ تا ۳۸۲	(۳) ۴۷۱ تا ۴۵۴	(۴) ۵۱۸ تا ۴۹۱	۵۳۸ تا ۵۱۹	۲۵
	(۲) ۲۴۳ تا ۲۲۷	(۳) ۴۰۸ تا ۳۹۷	(۳) ۴۹۰ تا ۴۷۲	(۴) ۵۳۸ تا ۵۱۹	۵۵۵ تا ۵۳۹	۲۶
	(۲) ۲۶۴ تا ۲۴۴	(۳) ۴۲۶ تا ۴۰۹	(۴) ۵۱۸ تا ۴۹۱	(۴) ۵۵۵ تا ۵۳۹	۵۷۰ تا ۵۵۶	۲۷
	(۲) ۲۸۹ تا ۲۶۵	(۳) ۴۵۳ تا ۴۲۷	(۴) ۵۳۸ تا ۵۱۹	(۴) ۵۷۰ تا ۵۵۶	۵۸۴ تا ۵۷۱	۲۸
	(۲) ۳۰۸ تا ۲۹۰	(۳) ۴۷۱ تا ۴۵۴	(۴) ۵۵۵ تا ۵۳۹	(۴) ۵۸۴ تا ۵۷۱	۵۹۵ تا ۵۸۵	۲۹
	(۳) ۳۴۰ تا ۳۰۹	(۳) ۴۹۰ تا ۴۷۲	(۴) ۵۷۰ تا ۵۵۶	(۴) ۵۹۵ تا ۵۸۵	۶۱۷ تا ۵۹۶ (انتهای فصل ۴)	۳۰
	(۳) ۳۵۶ تا ۳۴۱	(۴) ۵۱۸ تا ۴۹۱	(۴) ۵۸۴ تا ۵۷۱	(۴) ۶۱۷ تا ۵۹۶	فصل ۵: ۶۳۶ تا ۶۱۸	۳۱
(۱) ۲۶ تا ۱	(۳) ۳۸۱ تا ۳۵۷	(۴) ۵۳۸ تا ۵۱۹	(۴) ۵۹۵ تا ۵۸۵	(۵) ۶۳۶ تا ۶۱۸	۶۵۲ تا ۶۳۷	۳۲
(۱) ۶۳ تا ۲۷	(۳) ۳۹۶ تا ۳۸۲	(۴) ۵۵۵ تا ۵۳۹	(۴) ۶۱۷ تا ۵۹۶	(۵) ۶۵۲ تا ۶۳۷	۶۶۹ تا ۶۵۳ (انتهای فصل ۵)	۳۳
(۱) ۸۹ تا ۶۴	(۳) ۴۰۸ تا ۳۹۷	(۴) ۵۷۰ تا ۵۵۶	(۵) ۶۳۶ تا ۶۱۸	(۵) ۶۶۹ تا ۶۵۳	فصل ۶: ۶۹۸ تا ۶۷۰	۳۴
(۱) ۱۱۳ تا ۹۰	(۳) ۴۲۶ تا ۴۰۹	(۴) ۵۸۴ تا ۵۷۱	(۵) ۶۵۲ تا ۶۳۷	(۶) ۶۹۸ تا ۶۷۰	۷۱۴ تا ۶۹۹	۳۵
(۲) ۱۴۹ تا ۱۱۴	(۳) ۴۵۳ تا ۴۲۷	(۴) ۵۹۵ تا ۵۸۵	(۵) ۶۶۹ تا ۶۵۳	(۶) ۷۱۴ تا ۶۹۹	۷۳۲ تا ۷۱۵	۳۶
(۲) ۱۶۱ تا ۱۵۰	(۳) ۴۷۱ تا ۴۵۴	(۴) ۶۱۷ تا ۵۹۶	(۶) ۶۹۸ تا ۶۷۰	(۶) ۷۳۲ تا ۷۱۵	۷۵۱ تا ۷۳۳	۳۷
(۲) ۱۸۱ تا ۱۶۲	(۳) ۴۹۰ تا ۴۷۲	(۵) ۶۳۶ تا ۶۱۸	(۶) ۷۱۴ تا ۶۹۹	(۶) ۷۵۱ تا ۷۳۳	۷۸۷ تا ۷۵۲	۳۸
(۲) ۱۹۵ تا ۱۸۲	(۴) ۵۱۸ تا ۴۹۱	(۵) ۶۵۲ تا ۶۳۷	(۶) ۷۳۲ تا ۷۱۵	(۶) ۷۸۷ تا ۷۵۲	۸۰۲ تا ۷۸۸	۳۹
(۲) ۲۱۱ تا ۱۹۶	(۴) ۵۳۸ تا ۵۱۹	(۵) ۶۶۹ تا ۶۵۳	(۶) ۷۵۱ تا ۷۳۳	(۶) ۸۰۲ تا ۷۸۸	۸۱۸ تا ۸۰۳	۴۰
(۲) ۲۲۶ تا ۲۱۲	(۴) ۵۵۵ تا ۵۳۹	(۶) ۶۹۸ تا ۶۷۰	(۶) ۷۸۷ تا ۷۵۲	(۶) ۸۱۸ تا ۸۰۳	۸۳۰ تا ۸۱۹	۴۱
(۲) ۲۴۳ تا ۲۲۷	(۴) ۵۷۰ تا ۵۵۶	(۶) ۷۱۴ تا ۶۹۹	(۶) ۸۰۲ تا ۷۸۸	(۶) ۸۳۰ تا ۸۱۹	۸۵۳ تا ۸۳۱ (انتهای فصل ۶)	۴۲
(۲) ۲۶۴ تا ۲۴۴	(۴) ۵۸۴ تا ۵۷۱	(۶) ۷۳۲ تا ۷۱۵	(۶) ۸۱۸ تا ۸۰۳	(۶) ۸۵۳ تا ۸۳۱	فصل ۷: ۸۷۰ تا ۸۵۴	۴۳
(۲) ۲۸۹ تا ۲۶۵	(۴) ۵۹۵ تا ۵۸۵	(۶) ۷۵۱ تا ۷۳۳	(۶) ۸۳۰ تا ۸۱۹	(۷) ۸۷۰ تا ۸۵۴	۸۸۷ تا ۸۷۱	۴۴
(۲) ۳۰۸ تا ۲۹۰	(۴) ۶۱۷ تا ۵۹۶	(۶) ۷۸۷ تا ۷۵۲	(۶) ۸۵۳ تا ۸۳۱	(۷) ۸۸۷ تا ۸۷۱	۹۰۶ تا ۸۸۸	۴۵
(۳) ۳۴۰ تا ۳۰۹	(۵) ۶۳۶ تا ۶۱۸	(۶) ۸۰۲ تا ۷۸۸	(۷) ۸۷۰ تا ۸۵۴	(۷) ۹۰۶ تا ۸۸۸	۹۲۴ تا ۹۰۷	۴۶
(۳) ۳۵۶ تا ۳۴۱	(۵) ۶۵۲ تا ۶۳۷	(۶) ۸۱۸ تا ۸۰۳	(۷) ۸۸۷ تا ۸۷۱	(۷) ۹۲۴ تا ۹۰۷	۹۳۹ تا ۹۲۵	۴۷
(۳) ۳۸۱ تا ۳۵۷	(۵) ۶۶۹ تا ۶۵۳	(۶) ۸۳۰ تا ۸۱۹	(۷) ۹۰۶ تا ۸۸۸	(۷) ۹۳۹ تا ۹۲۵	۹۶۱ تا ۹۴۰ (انتهای فصل ۷)	۴۸
(۳) ۳۹۶ تا ۳۸۲	(۶) ۶۹۸ تا ۶۷۰	(۶) ۸۵۳ تا ۸۳۱	(۷) ۹۲۴ تا ۹۰۷	(۷) ۹۶۱ تا ۹۴۰	فصل ۸: ۹۸۳ تا ۹۶۲	۴۹
(۳) ۴۰۸ تا ۳۹۷	(۶) ۷۱۴ تا ۶۹۹	(۷) ۸۷۰ تا ۸۵۴	(۷) ۹۳۹ تا ۹۲۵	(۸) ۹۸۳ تا ۹۶۲	۱۰۰۳ تا ۹۸۴	۵۰
(۳) ۴۲۶ تا ۴۰۹	(۶) ۷۳۲ تا ۷۱۵	(۷) ۸۸۷ تا ۸۷۱	(۷) ۹۶۱ تا ۹۴۰	(۸) ۱۰۰۳ تا ۹۸۴	۱۰۲۵ تا ۱۰۰۴	۵۱
(۳) ۴۵۳ تا ۴۲۷	(۶) ۷۵۱ تا ۷۳۳	(۷) ۹۰۶ تا ۸۸۸	(۸) ۹۸۳ تا ۹۶۲	(۸) ۱۰۲۵ تا ۱۰۰۴	۱۰۴۴ تا ۱۰۲۶	۵۲
(۳) ۴۷۱ تا ۴۵۴	(۶) ۷۸۷ تا ۷۵۲	(۷) ۹۲۴ تا ۹۰۷	(۸) ۱۰۰۳ تا ۹۸۴	(۸) ۱۰۴۴ تا ۱۰۲۶	۱۰۶۵ تا ۱۰۴۵	۵۳
(۳) ۴۹۰ تا ۴۷۲	(۶) ۸۰۲ تا ۷۸۸	(۷) ۹۳۹ تا ۹۲۵	(۸) ۱۰۲۵ تا ۱۰۰۴	(۸) ۱۰۶۵ تا ۱۰۴۵	۱۰۸۷ تا ۱۰۶۶	۵۴

					(انتهای فصل ۸)	
(۴) ۵۱۸ تا ۴۹۱	(۶) ۸۱۸ تا ۸۰۳	(۷) ۹۶۱ تا ۹۴۰	(۸) ۱۰۴۴ تا ۱۰۲۶	(۸) ۱۰۸۷ تا ۱۰۶۶	فصل ۹: ۱۱۰۷ تا ۱۰۸۸	۵۵
(۴) ۵۳۸ تا ۵۱۹	(۶) ۸۳۰ تا ۸۱۹	(۸) ۹۸۳ تا ۹۶۲	(۸) ۱۰۶۵ تا ۱۰۴۵	(۹) ۱۱۰۷ تا ۱۰۸۸	۱۱۳۰ تا ۱۱۰۸	۵۶
(۴) ۵۵۵ تا ۵۳۹	(۶) ۸۵۳ تا ۸۳۱	(۸) ۱۰۰۳ تا ۹۸۴	(۸) ۱۰۸۷ تا ۱۰۶۶	(۹) ۱۱۳۰ تا ۱۱۰۸	۱۱۶۶ تا ۱۱۳۱	۵۷
(۴) ۵۷۰ تا ۵۵۶	(۷) ۸۷۰ تا ۸۵۴	(۸) ۱۰۲۵ تا ۱۰۰۴	(۹) ۱۱۰۷ تا ۱۰۸۸	(۹) ۱۱۶۶ تا ۱۱۳۱	۱۱۹۳ تا ۱۱۶۷	۵۸
(۴) ۵۸۴ تا ۵۷۱	(۷) ۸۸۷ تا ۸۷۱	(۸) ۱۰۴۴ تا ۱۰۲۶	(۹) ۱۱۳۰ تا ۱۱۰۸	(۹) ۱۱۹۳ تا ۱۱۶۷	۱۲۱۴ تا ۱۱۹۴	۵۹
(۴) ۵۹۵ تا ۵۸۵	(۷) ۹۰۶ تا ۸۸۸	(۸) ۱۰۶۵ تا ۱۰۴۵	(۹) ۱۱۶۶ تا ۱۱۳۱	(۹) ۱۲۱۴ تا ۱۱۹۴	۱۲۳۵ تا ۱۲۱۵	۶۰
(۴) ۶۱۷ تا ۵۹۶	(۷) ۹۲۴ تا ۹۰۷	(۸) ۱۰۸۷ تا ۱۰۶۶	(۹) ۱۱۹۳ تا ۱۱۶۷	(۹) ۱۲۳۵ تا ۱۲۱۵	۱۲۵۵ تا ۱۲۳۶	۶۱
(۵) ۶۳۶ تا ۶۱۸	(۷) ۹۳۹ تا ۹۲۵	(۹) ۱۱۰۷ تا ۱۰۸۸	(۹) ۱۲۱۴ تا ۱۱۹۴	(۹) ۱۲۵۵ تا ۱۲۳۶	۱۲۸۶ تا ۱۲۵۶ (انتهای فصل ۹)	۶۲
(۵) ۶۵۲ تا ۶۳۷	(۷) ۹۶۱ تا ۹۴۰	(۹) ۱۱۳۰ تا ۱۱۰۸	(۹) ۱۲۳۵ تا ۱۲۱۵	(۹) ۱۲۸۶ تا ۱۲۵۶	فصل ۱۰: ۱۳۰۱ تا ۱۲۸۷	۶۳
(۵) ۶۶۹ تا ۶۵۳	(۸) ۹۸۳ تا ۹۶۲	(۹) ۱۱۶۶ تا ۱۱۳۱	(۹) ۱۲۵۵ تا ۱۲۳۶	(۱۰) ۱۳۰۱ تا ۱۲۸۷	۱۳۱۵ تا ۱۳۰۲	۶۴
(۶) ۶۹۸ تا ۶۷۰	(۸) ۱۰۰۳ تا ۹۸۴	(۹) ۱۱۹۳ تا ۱۱۶۷	(۹) ۱۲۸۶ تا ۱۲۵۶	(۱۰) ۱۳۱۵ تا ۱۳۰۲	۱۳۳۰ تا ۱۳۱۶	۶۵
(۶) ۷۱۴ تا ۶۹۹	(۸) ۱۰۲۵ تا ۱۰۰۴	(۹) ۱۲۱۴ تا ۱۱۹۴	(۱۰) ۱۳۰۱ تا ۱۲۸۷	(۱۰) ۱۳۳۰ تا ۱۳۱۶	۱۳۵۱ تا ۱۳۳۱ (انتهای فصل ۱۰)	۶۶
(۶) ۷۳۲ تا ۷۱۵	(۸) ۱۰۴۴ تا ۱۰۲۶	(۹) ۱۲۳۵ تا ۱۲۱۵	(۱۰) ۱۳۱۵ تا ۱۳۰۲	(۱۰) ۱۳۵۱ تا ۱۳۳۱	فصل ۱۱: ۱۳۷۵ تا ۱۳۵۲	۶۷
(۶) ۷۵۱ تا ۷۳۳	(۸) ۱۰۶۵ تا ۱۰۴۵	(۹) ۱۲۵۵ تا ۱۲۳۶	(۱۰) ۱۳۳۰ تا ۱۳۱۶	(۱۱) ۱۳۷۵ تا ۱۳۵۲	۱۳۹۴ تا ۱۳۷۶	۶۸
(۶) ۷۸۷ تا ۷۵۲	(۸) ۱۰۸۷ تا ۱۰۶۶	(۹) ۱۲۸۶ تا ۱۲۵۶	(۱۰) ۱۳۵۱ تا ۱۳۳۱	(۱۱) ۱۳۹۴ تا ۱۳۷۶	۱۴۱۱ تا ۱۳۹۵	۶۹
(۶) ۸۰۲ تا ۷۸۸	(۹) ۱۱۰۷ تا ۱۰۸۸	(۱۰) ۱۳۰۱ تا ۱۲۸۷	(۱۱) ۱۳۷۵ تا ۱۳۵۲	(۱۱) ۱۴۱۱ تا ۱۳۹۵	۱۴۳۲ تا ۱۴۱۲	۷۰
(۶) ۸۱۸ تا ۸۰۳	(۹) ۱۱۳۰ تا ۱۱۰۸	(۱۰) ۱۳۱۵ تا ۱۳۰۲	(۱۱) ۱۳۹۴ تا ۱۳۷۶	(۱۱) ۱۴۳۲ تا ۱۴۱۲	۱۴۵۳ تا ۱۴۳۳	۷۱
(۶) ۸۳۰ تا ۸۱۹	(۹) ۱۱۶۶ تا ۱۱۳۱	(۱۰) ۱۳۳۰ تا ۱۳۱۶	(۱۱) ۱۴۱۱ تا ۱۳۹۵	(۱۱) ۱۴۵۳ تا ۱۴۳۳	۱۴۷۱ تا ۱۴۵۴ (انتهای فصل ۱۱)	۷۲
(۶) ۸۵۳ تا ۸۳۱	(۹) ۱۱۹۳ تا ۱۱۶۷	(۱۰) ۱۳۵۱ تا ۱۳۳۱	(۱۱) ۱۴۳۲ تا ۱۴۱۲	(۱۱) ۱۴۷۱ تا ۱۴۵۴		
(۷) ۸۷۰ تا ۸۵۴	(۹) ۱۲۱۴ تا ۱۱۹۴	(۱۱) ۱۳۷۵ تا ۱۳۵۲	(۱۱) ۱۴۵۳ تا ۱۴۳۳			
(۷) ۸۸۷ تا ۸۷۱	(۹) ۱۲۳۵ تا ۱۲۱۵	(۱۱) ۱۳۹۴ تا ۱۳۷۶	(۱۱) ۱۴۷۱ تا ۱۴۵۴			
(۷) ۹۰۶ تا ۸۸۸	(۹) ۱۲۵۵ تا ۱۲۳۶	(۱۱) ۱۴۱۱ تا ۱۳۹۵				
(۷) ۹۲۴ تا ۹۰۷	(۹) ۱۲۸۶ تا ۱۲۵۶	(۱۱) ۱۴۳۲ تا ۱۴۱۲				
(۷) ۹۳۹ تا ۹۲۵	(۱۰) ۱۳۰۱ تا ۱۲۸۷	(۱۱) ۱۴۵۳ تا ۱۴۳۳				
(۷) ۹۶۱ تا ۹۴۰	(۱۰) ۱۳۱۵ تا ۱۳۰۲	(۱۱) ۱۴۷۱ تا ۱۴۵۴				
(۸) ۹۸۳ تا ۹۶۲	(۱۰) ۱۳۳۰ تا ۱۳۱۶					
(۸) ۱۰۰۳ تا ۹۸۴	(۱۰) ۱۳۵۱ تا ۱۳۳۱					
(۸) ۱۰۲۵ تا ۱۰۰۴	(۱۱) ۱۳۷۵ تا ۱۳۵۲					
(۸) ۱۰۴۴ تا ۱۰۲۶	(۱۱) ۱۳۹۴ تا ۱۳۷۶					
(۸) ۱۰۶۵ تا ۱۰۴۵	(۱۱) ۱۴۱۱ تا ۱۳۹۵					

(۸)۱۰۸۷ تا ۱۰۶۶	(۱۱) ۱۴۳۲ تا ۱۴۱۲					
(۹)۱۱۰۷ تا ۱۰۸۸	(۱۱) ۱۴۵۳ تا ۱۴۳۳					
(۹)۱۱۳۰ تا ۱۱۰۸	(۱۱) ۱۴۷۱ تا ۱۴۵۴					
(۹)۱۱۶۶ تا ۱۱۳۱						
(۹)۱۱۹۳ تا ۱۱۶۷						
(۹)۱۲۱۴ تا ۱۱۹۴						
(۹)۱۲۳۵ تا ۱۲۱۵						
(۹)۱۲۵۵ تا ۱۲۳۶						
(۹)۱۲۸۶ تا ۱۲۵۶						
(۱۰)۱۳۰۱ تا ۱۲۸۷						
(۱۰)۱۳۱۵ تا ۱۳۰۲						
(۱۰)۱۳۳۰ تا ۱۳۱۶						
(۱۰)۱۳۵۱ تا ۱۳۳۱						
(۱۱)۱۳۷۵ تا ۱۳۵۲						
(۱۱)۱۳۹۴ تا ۱۳۷۶						
(۱۱)۱۴۱۱ تا ۱۳۹۵						
(۱۱)۱۴۳۲ تا ۱۴۱۲						
(۱۱)۱۴۵۳ تا ۱۴۳۳						
(۱۱)۱۴۷۱ تا ۱۴۵۴						

- مربع‌های توخالی‌ای که روی هر فلش‌کارت قرار دارد بدین منظور پیش‌بینی شده که هر بار که مطابق با زمان‌بندی مرور کردید داخل یکی از آنها تیک بزنید. در پایان همه فلش‌کارت‌ها باید دارای ۵ تیک باشند. (5thicks)

$$5thinks + 5ticks = 5thicks$$

توضیحاتی پیرامون جدول زمان‌بندی:

تعداد فلش‌کارت‌هایی که باید در هر روز به عنوان فلش‌کارت جدید مورد مطالعه قرار گیرند براساس آموزش یک مطلب خاص و مجزا در هر روز و میزان سختی آنها انتخاب شده است. هرچند که دقت زیادی در انتخاب این روند مطالعه صورت گرفته است اما داوطلبان عزیز می‌توانند در صورتی که احساس می‌کنند در بعضی از روزها تعداد فلش‌کارت‌ها کم یا زیاد است با توجه به توانایی‌های خود میزان آنها را تغییر دهند. اما دوستان عزیز فراموش نکنید که باید سعی شود در هر روز یک مطلب مهم را یاد بگیرید و آن را خوب متوجه شوید نه اینکه صرفاً تعداد زیادی فلش‌کارت را مطالعه کنید. بنابراین اگر قرار است تغییراتی را نیز صورت دهید توصیه می‌شود در حل سوالات باشد که در روز تعداد بیشتری را حل کنید.

تعداد روزهایی که در نظر گرفته شده (برای مطالعه تمامی فلش‌کارت‌ها) ۷۲ روز می‌باشد که با اختصاص روزی ۲ ساعت می‌توانید تمامی مطالب را بخوبی یاد بگیرید. تعداد فلش‌ها در روزهای ابتدایی کم بوده و به تدریج زیاد می‌شود بنابراین شاید نیاز باشد در بعضی از روزها که تعداد فلش‌کارت‌ها زیاد است، ساعات مطالعه خود را افزایش دهید. نکته مهم این است که سعی کنید در فواصل زمانی ۴۵ دقیقه‌ای یک استراحت ۱۰-۵ دقیقه‌ای نیز داشته باشید تا ذهن‌تان حداکثر راندمان خود را حفظ کند.

نحوه استفاده از جدول را با یک مثال ساده توضیح می‌دهیم:

مثلاً اگر روز ۷ را در نظر بگیرید. شما در این روز ابتدا باید فلش‌کارت‌های ۱۶۲ تا ۱۸۱ را به عنوان فلش‌کارت‌های جدید مطالعه کنید و سپس فلش‌کارت‌های ۱۵۰ تا ۱۶۱ (۲) که مربوط به فصل دوم می‌باشد (عبارت داخل پرانتز در تمامی جدول شماره فصل را نشان می‌دهد) را مطالعه کنید که در واقع مرور اول آنها می‌باشد. در انتها نیز باید فلش‌کارت‌های ۹۰ تا ۱۱۳ (۱) از فصل اول را مطالعه کنید که در واقع مرور دوم آنها می‌باشد. برای بقیه روزها نیز همین روند را انجام می‌دهید و بعد از اتمام ۷۲ روز دیگر فلش‌کارت جدیدی برای مطالعه وجود ندارد و فقط مرورها را ادامه خواهید داد.

نکات مهم درباره نحوه مطالعه فلش‌کارت‌ها:

داوطلبان عزیز بر روی هر فلش‌کارت ۵ مربع قرار دارد که نشان دهنده ۵ مرور شما می‌باشد یعنی به اندازه کافی برای خواندن و مرور روابط وقت وجود دارد. چند نکته مهم وجود دارد که به شما کمک خواهد کرد که مطالعه به روش 5thicks را کاملاً مطابق روش و به‌درستی انجام دهید:

نکته اول: در مرحله اول که می‌خواهید فلش‌کارت‌ها را بخوانید سعی کنید ابتدا بصورت کلی و روزنامه‌وار آنها را مورد مطالعه قرار دهید تا با تمامی مطالب در دور اول به طور کلی آشنا شوید. در بعضی از مواقع شما وقتی می‌توانید یک فلش و یا یک مطلب جدید را متوجه شوید که بعضی دیگر از مطالب آن فصل را مطالعه کنید و یا شروع به حل سوالات کنکور آن قسمت کنید. بنابراین در مطالعه اولیه فلش‌کارت‌ها لازم نیست تمامی مطالب را به طور کامل یاد بگیرید.

در مرحله اول کلیت مطلب را درک کنید، سپس در مرحله دوم به بعد، سعی کنید فلش‌کارت‌ها را به‌خاطر بسپارید.

نکته دوم: در مرحله دوم سعی کنید مطالب را بطور مفهومی تر و عمیق تر یاد بگیرید و وقت بیشتری را نسبت به حالت قبل برای یادگیری اختصاص دهید. در این مرحله قطعاً مطالب بیشتری را یاد خواهید گرفت.

پس در دور اول مطالعه (که می‌خواهید تیک مربع اول را بزنید) به اندازه کافی وقت بگذارید و مطالب را به دقت یاد بگیرید؛ مرورهای بعدی برای بالا بردن سرعت تست‌زنی و انتقال مطالب به حافظه بلندمدت شما خواهند بود و وقت زیادی از شما نخواهند گرفت.

نکته سوم: تقریباً تمامی سوالات درس مدارهای الکتریکی ۱ و ۲ در کنکور سراسری و آزاد بصورت حل کردنی می‌باشد. بنابراین داوطلبان عزیز دقت کنند که حتماً شما سوالات را باید خودتان حل کنید. در واقع خودتان دوباره شکل مدارات سوالات را بر روی یک برگه سفید رسم کرده و شروع به حل آنها کنید و سریع به پشت فیش و جواب نگاه نکنید. در ابتدا و حتی در مرور اول و دوم لزوماً دستیابی به جواب هدف نیست بلکه شروع کردن به حل با توجه به نکات گفته شده و فرآیند حل مهم است که اگر به پاسخ درست نیز بیانجامد، خوشایند خواهد بود اما در غیر اینصورت همچنان شما وقت برای مرور به اندازه کافی دارید.

نکته چهارم: در این درس ما مطلب حفظی خیلی کم داریم و شما با یادگیری مطالب گفته شده در هر فصل و مخصوصاً روشهای حل که ایده اصلی این مجموعه می‌باشند به یک روش و الگوریتم حل دست پیدا خواهید کرد که به این ترتیب شما قادر خواهید بود هر سوالی را از آن بخش حل کنید.

نکته پنجم: یکی از مهمترین نگرانی‌هایی که داوطلبان برای درس مدارهای الکتریکی ۱ و ۲ در آزمون کارشناسی ارشد دارند این است که سوالات هر سال عوض می‌شود و سوالات مشابه در کنکور خیلی کم مطرح می‌شوند. برای حل این نگرانی ما به شما اطمینان می‌دهیم که تمامی سوالات کنکور را می‌توانید با روشهای گفته شده در این پک حل کنید. در این پک، تمامی سوالات کنکور با همین روش‌ها براحتی حل شده‌اند.

حرف‌های دوستانه:

ما سعی خواهیم کرد که در تمام طول مدت مطالعه شما برای کنکور در کنار شما باشیم. بنابراین اگر هر سوالی داشتید در مورد خود پک، روشهای گفته شده، سوالات کنکور، روش مطالعه و حتی اگر در مدت مطالعه نیز احساس ناامیدی کردید و از هدف‌تان دور شدید، می‌توانید با ما تماس بگیرید.

شما برای دستیابی به موفقیت باید هدف داشته باشید و برای رسیدن به هدف برنامه‌ریزی کنید و بعد با داشتن منابع و تلاش کافی با توکل به خدا به هدف‌تان دست پیدا خواهید کرد. در روند مطالعه برای کنکور کافی است که ثابت قدم باشید و هیچ وقت ناامید نشوید و به هدف‌تان ایمان داشته باشید. ما به شما اطمینان می‌دهیم که این پک می‌تواند یک منبع کامل و جامع برای شما باشد و خودمان نیز تا پایان کنکور در کنار شما خواهیم ماند.

کلام انتهایی:

برای تهیه این مجموعه زحمات بسیار زیادی در مدت ۲ سال کشیده شده است و هدف فقط ارائه مجموعه‌ای کامل و جامع بوده که لیاقت شما داوطلبان عزیز را داشته باشد. شما وقت بسیار زیادی را صرف می‌کنید تا اینکه پک را مطالعه کنید و مطمئن باشید ما برای وقت گران‌بهای شما ارزش بسیاری قائل شده‌ایم که امیدوارم با مطالعه پک به این نکته پی ببرید. مطمئن باشید با مطالعه پک و تلاش و اعتماد به نفس خودتان قادر خواهید درصدهای بالایی را در «مدارهای الکتریکی ۲۱» کسب کنید.

موفق و پیروز و سربلند باشید

پی خواسته‌هایتان را بگیرید

همیشه لبخند بزنید

و

DLM را به عزیزترین دوستانتان معرفی کنید ...

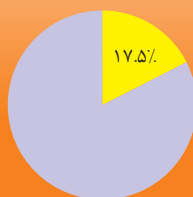
مدارهای الکتریکی ۱ و ۲



فصل دوم

روش‌های تحلیل مدارهای مقاومتی

تعداد فلش کارت ها : ۱۹۵
زمان مطالعه : ۱۰ روز



ویژه داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد
(مجموعه مهندسی برق)

فصل دوم مدارهای الکتریکی (۲ و ۱)

روش‌های تحلیل مدارهای مقاومتی

ایستگاه شروع:

مطالبی که در این فصل با آنها آشنا خواهیم شد:

۱- روشهای تحلیل مدار $\left\{ \begin{array}{l} \text{تحلیل گره} \\ \text{تحلیل مش} \\ \text{یک روش ابتکاری} \end{array} \right.$

۲- تقسیم کننده‌های $\left\{ \begin{array}{l} \text{ولتاژ} \\ \text{جریان} \end{array} \right.$

۳- تبدیل منابع

۴- روشهای به دست آوردن ولتاژ مدار باز، جریان اتصال

کوتاه و مقاومت معادل

۵- قضیه تونن و نورتن

۶- جمع آثار

۷- بهم بستن سری و موازی عناصر

ابتدا می‌خواهیم روش‌های تحلیل یک مدار ساده را بررسی کنیم. برای تجزیه و تحلیل یک مدار الکتریکی و به دست آوردن ولتاژها و جریان‌های آن، اکثر منابع دو روش را پیشنهاد کرده‌اند:

۱- تحلیل گره

۲- تحلیل مش

در ادامه این دو روش را یاد گرفته و با هم مقایسه می‌کنیم.

روش تحلیل گره:

اساس این روش می‌باشد. برای اعمال این
روش به مدار ابتدا باید یک گره را به عنوان
انتخاب کرد.



قانون KCL

گره مرجع

تحلیل مهندسی مدار، دیانی، ص ۹۲

هر گره‌ای در مدار را می‌توان به عنوان گره مرجع انتخاب نمود اما معمولاً گره‌ای که به آن منتهی می‌شود را گره مرجع انتخاب می‌کنند. اگر چند گره چنین وضعیتی داشته باشند، در مدار به عنوان گره مرجع انتخاب می‌شود. همچنین اگر مدار شامل منبع تغذیه زمین شده باشد، در این منبع را به عنوان گره مرجع اختیار می‌کنند.



بیشترین شاخه‌ها
تحتانی‌ترین (پایین‌ترین) گره
گره وصل به زمین

مدارهای الکتریکی (جلد ۱)، عابدی، ص ۱۰۲

چون اساس تحلیل روش گره نوشتن معادلات KCL در تمام گره‌ها به استثنای گره مرجع است پس ابتدا باید تمام منابع ولتاژ سری با مقاومت‌ها را به موازی با آنها تبدیل کرد. همچنین چون جهت واقعی جریان در شاخه‌ها را نمی‌دانیم هنگام نوشتن معادلات KCL جهت تمام شاخه‌ها را از گره در نظر می‌گیریم.



منابع جریان

جهت‌های خارج شونده

نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبه‌دار، ص ۹۳

مراحل حل مدار توسط تحلیل گره را توضیح دهید.

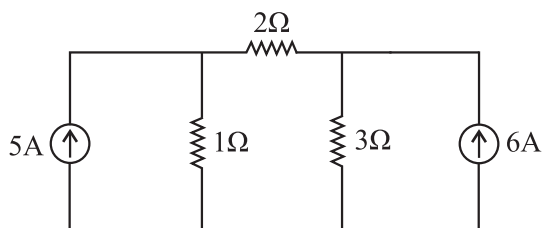


- ۱- تعداد گره‌ها را تعیین می‌کنیم (N).
- ۲- یک گره را به عنوان گره مرجع در نظر می‌گیریم.
- ۳- ولتاژ گره‌های دیگر (به جز گره مرجع) را نامگذاری می‌کنیم ($N - 1$ گره)
- ۴- برای هر گره به جز گره مرجع بر طبق رابطه‌ی زیر یک معادله KCL می‌نویسیم.
- مجموع جریان‌هایی که توسط مقاومت‌ها از گره خارج می‌شوند = جریان‌هایی که توسط منابع جریان به گره وارد می‌شوند.
- ۵- مجهولات دیگر را بر حسب ولتاژ گره‌ها می‌نویسیم (زمانی که منبع وابسته یا منبع ولتاژ وجود داشته باشد).
- ۶- معادلات را مرتب می‌کنیم (براساس ولتاژ گره‌ها)
- ۷- دستگاه معادله‌ای $N - 1$ مجهول را حل می‌کنیم و ولتاژ تمامی گره‌ها را به دست می‌آوریم. پس از آن جریان تمامی شاخه‌ها نیز معلوم خواهد بود.
- در قسمت ۴ باید به علامت جریان‌ها توجه کنید.

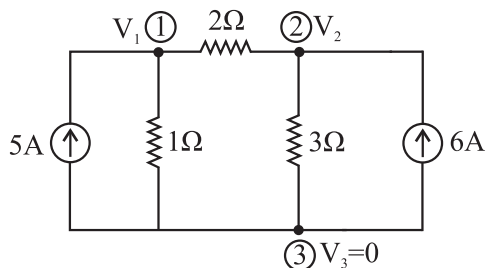
تحلیل مهندسی مدار، دیانی، ص ۶۷

نکته: در تحلیل گره به تعداد منابع ولتاژ از مجهولات کاسته می‌شود. چون به ازای آن منبع، ولتاژ گره مربوطه مشخص می‌شود.

مثال: در مدار شکل زیر با استفاده از روش تحلیل گره، مدار را حل کنید.



برای حل اینگونه سؤالات ۳ مرحله اول را با هم انجام می‌دهیم یعنی مشخص کردن تعداد گره‌ها، گره مرجع و نامگذاری:



گره مرجع (بیشترین شاخه به آن منتهی شده)

ولتاژ گره مرجع برابر صفر است.

حال KCL را برای گره‌های ۱ و ۲ می‌نویسیم: (طبق فرمول فلش

کارت ۱۲۰)

$$5 = \frac{V_1 - 0}{1} + \frac{V_1 - V_2}{2} \quad \text{گره ۱:}$$

$$6 = \frac{V_2 - 0}{3} + \frac{V_2 - V_1}{2} \quad \text{گره ۲:}$$

ادامه در فیش بعدی

معادلات را مرتب می‌کنیم.

$$5 = \frac{3}{2}V_1 - \frac{V_2}{2} \quad , \quad 6 = \frac{5}{6}V_2 - \frac{V_1}{2}$$

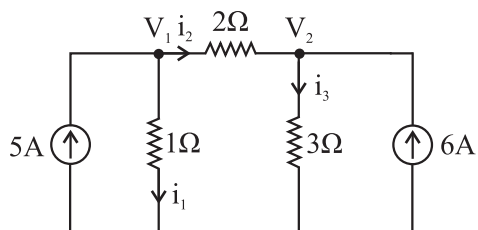
$$\Rightarrow \begin{cases} 10 = 3V_1 - V_2 \\ 36 = 5V_2 - 3V_1 \end{cases} +$$

$$46 = 4V_2 \rightarrow V_2 = 11.5$$

$$3V_1 = 10 + V_2 = 21.5 \Rightarrow V_1 = \frac{21.5}{3}$$

جریان شاخه‌ها را نیز به دست می‌آوریم.

ادامه در پشت فیش

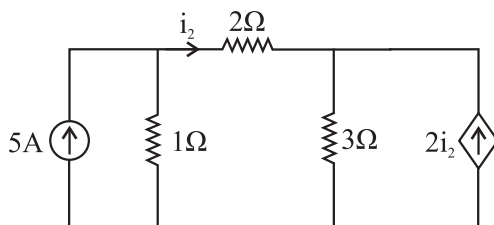


$$i_1 = \frac{V_1}{1} = 7.167 \quad , \quad i_3 = \frac{V_2}{3} = 3.834$$

$$i_2 = \frac{V_1 - V_2}{2} = -2.167$$

به این ترتیب ولتاژ و جریان تمامی شاخه‌های مدار به دست آمد.

مثال: در مدار شکل زیر با استفاده از روش تحلیل گره، مدار را حل کنید.



تفاوت این سؤال با سؤال قبلی

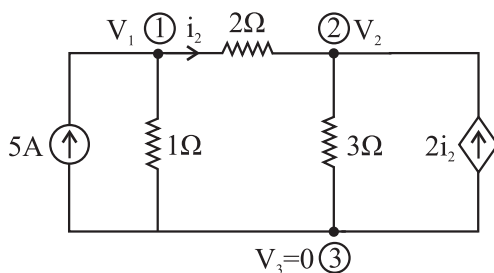
.
.
.
.
.
.
..

قبل از نگاه کردن به حل تفاوت را بیابید.



منبع وابسته $2i_2$

مانند مثال قبلی ابتدا تعداد گره‌ها و گره مرجع را مشخص کرده و گره‌ها را نامگذاری می‌کنیم:



KCL را برای گره‌های ۱ و ۲ می‌نویسیم:

$$5 = \frac{V_1 - 0}{1} + \frac{V_1 - V_2}{2} \quad \text{گره ۱:}$$

$$2i_2 = \frac{V_2 - V_1}{2} + \frac{V_2 - 0}{3} \quad \text{گره ۲:}$$

مجهول مدار (i_2) را بر حسب ولتاژ گره‌ها می‌نویسیم:

$$i_2 = \frac{V_1 - V_2}{2} \Rightarrow V_1 - V_2 = 2i_2$$

ادامه در فیش بعدی

معادلات را مرتب می‌کنیم:

$$5 = \frac{3}{2}V_1 - \frac{V_2}{2}, \quad V_1 - V_2 = \frac{5}{6}V_2 - \frac{V_1}{2}$$

$$V_1 - V_2 = \frac{5}{6}V_2 - \frac{V_1}{2} \Rightarrow \frac{3}{2}V_1 = \frac{11}{6}V_2$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{9}{11}V_1$$

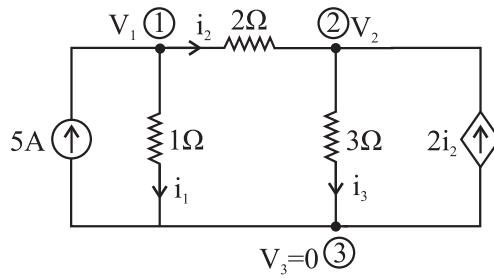
$$5 = \frac{3}{2}V_1 - \frac{V_2}{2} = \frac{3}{2}V_1 - \frac{9}{22}V_1 = \frac{33-9}{22}V_1$$

$$\Rightarrow 5 = \frac{24}{22}V_1 \rightarrow 5 = \frac{12}{11}V_1 \rightarrow V_1 = \frac{55}{12}$$

$$V_2 = \frac{9}{11}V_1 = \frac{9}{11} \times \frac{55}{12} = \frac{15}{4}$$

جریان شاخه‌ها را به دست می‌آوریم:

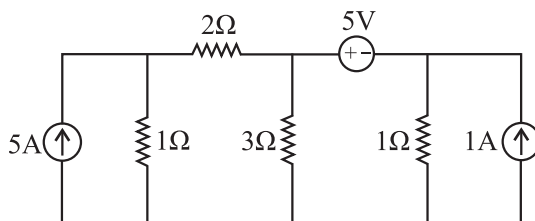
ادامه در پشت فیش



$$i_1 = \frac{V_1}{1} = \frac{55}{12}, \quad i_2 = \frac{V_1 - V_2}{2} = \frac{5}{12}, \quad i_3 = \frac{V_2}{3} = \frac{5}{4}$$

به این ترتیب تمامی ولتاژها و جریان‌ها را نیز با وجود منبع وابسته $2i$ به دست آوردیم.

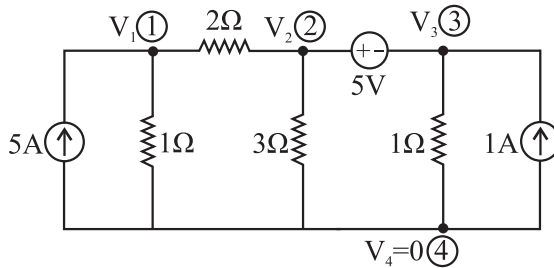
مثال: در مدار شکل زیر با استفاده از روش تحلیل گره، مدار را حل کنید.



تفاوت این مثال با مثال‌های قبلی را پیدا کنید؟



منبع ولتاژ ۵ ولت
تعداد گره‌ها و گره مرجع را مشخص کرده و گره‌ها را
نامگذاری می‌کنیم:



اگر بخواهیم برای گره‌های ۱، ۲ و ۳ معادله KCL بنویسیم
با یک مشکل بزرگ مواجه خواهیم شد.
حدس بزنید؟؟؟

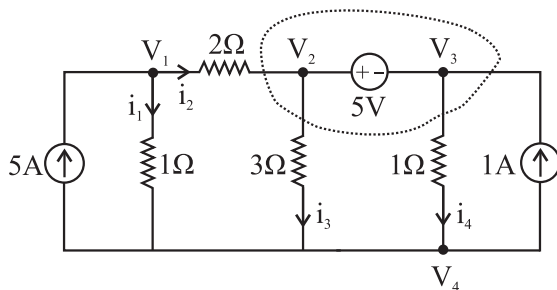
.....

منبع ولتاژ ۵ ولت، جریان این منبع را نمی‌دانیم و اگر برای
آن یک جریان قراردادی در نظر بگیریم تعداد معادلات زیاد
می‌شود پس باید چکار کنیم؟؟؟

ادامه در فیش بعدی

آبر گره

بله ابر گره چاره‌ی کار است یعنی گره ۲ و ۳ را به همراه منبع ولتاژ یک آبر گره در نظر بگیریم پس داریم که:



$$5 = \frac{V_1 - 0}{1} + \frac{V_1 - V_2}{2} \quad \text{KCL در گره ۱:}$$

$$1 = \frac{V_3 - 0}{1} + \frac{V_2 - 0}{3} + \frac{V_2 - V_1}{2} \quad \text{KCL در ابر گره:}$$

چون دو معادله و ۳ مجهول داریم (V_1, V_2, V_3) بنابراین به یک معادله دیگر برای حل نیاز داریم:

$$V_2 - V_3 = 5$$

معادلات مشخص شدند حال جواب‌ها را خودتان به دست بیاورید.

ادامه در پشت فیش

$$\begin{cases} V_1 = 4.867 \\ V_2 = 4.6 \\ V_3 = -0.4 \end{cases}, \begin{cases} i_1 = 4.867 \\ i_2 = 0.134 \\ i_3 = 1.534 \\ i_4 = -0.4 \end{cases}$$

روش تحلیل مش:

اساس این روش می‌باشد.

اعمال این روش تنها به امکان‌پذیر می‌باشد.



قانون KVL

مدارهای مسطح

نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبهه‌دار، ص ۹۸

مدارهای مسطح، مدارهایی هستند که بتوان شکل آنها را روی یک صفحه کاغذ چنان رسم کرد که همدیگر را به جز در قطع نکنند.



هیچ دو شاخه‌ای

گره‌ها

نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبه‌دار، ص ۹۸

هرگاه از یک گره حرکت را در مسیری آغاز کنیم و طی حرکت دوباره به همان گره باز گردیم، در این صورت یک را در درون مدار دور زده‌ایم مشروط بر آنکه در طی این دور زدن با گره‌های موجود در این مسیر برخورد نکرده باشیم.



حلقه

بیش از یکبار

مدارهای الکتریکی (جلد ۱)، عابدی، ص ۱۱۹

..... حالت خاصی از حلقه است.

..... حلقه‌ای است که درون آن حلقه‌های دیگر

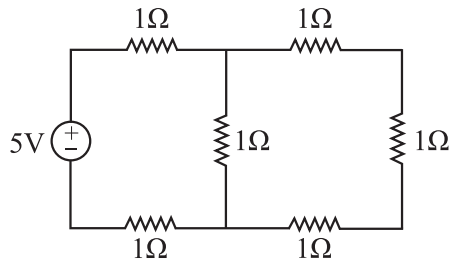
یافت نشود.

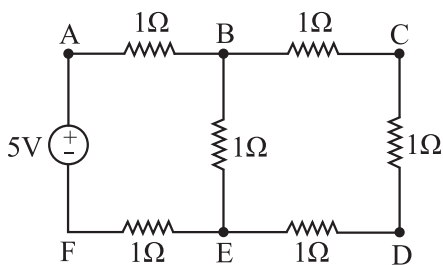


مش

مش

در مدار شکل زیر چند حلقه و چند مش وجود دارد؟





۳ حلقه و ۲ مش

مسیرهای زیر حلقه‌اند:

$A B C D E F A$ ← حلقه بزرگ

$A B E F A$ ←
 $B C D E B$ ← حلقه‌های کوچک

از این ۳ مسیر، مسیر $A B C D E F A$ مش نیست چون درون آن ۲ حلقه‌ی دیگر وجود دارد یعنی ۲ حلقه‌ی کوچکتر درون حلقه‌ی بزرگتر قرار دارند.

جریان مش، جریانی است که از کلیه عناصر تشکیل دهنده آن مش گذر کند. معمولاً جهت جریان مش را در در نظر می‌گیرند.

جریان در عنصر مشترک بین دو مش مجاور از جریان این دو مش حاصل می‌شود.



جهت عقربه‌های ساعت

جمع جبری

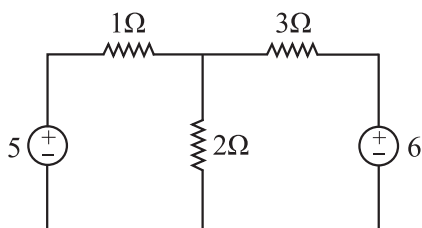
مراحل حل مدار توسط تحلیل مش را توضیح دهید.



- ۱- تعیین می‌کنیم که مدار صفحه‌ای (مسطح) است یا نه. (اگر نباشد تحلیل گره مناسب‌تر است).
- ۲- تعداد مش‌ها را تعیین می‌کنیم (M).
- ۳- جریان مش‌ها را تعیین می‌کنیم (M) (در جهت عقربه‌های ساعت).
- ۴- برای هر مش یک KVL می‌نویسیم. اگر در یک مش منبع جریان وجود داشته باشد نوشتن KVL برای آن مش لازم نیست چون که جریان آن مش خود به خود معلوم است.
- ۵- مجهولات دیگر، غیر از جریان مش‌ها را بر حسب جریان مش‌ها می‌نویسیم. (زمانی که منبع وابسته یا منبع جریان وجود داشته باشد).
- ۶- معادلات را مرتب می‌کنیم (براساس جریان مش‌ها).
- ۷- دستگاه معادلات M مجهول را حل می‌کنیم.

نکته: در روش تحلیل مش به تعداد منابع جریان از تعداد مجهولات کاسته می‌شود. در واقع به ازای هر منبع جریانی، جریان مش مربوطه مشخص خواهد بود.

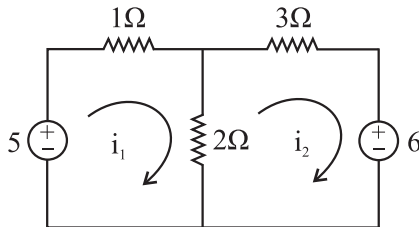
مثال: در مدار شکل زیر با استفاده از روش تحلیل مش، مدار را حل کنید.



مدار مسطح است پس می‌توان با تحلیل مش آنرا حل کرد.

۲ مش در مدار وجود دارد، جهت آنها را در جهت عقربه-

های ساعت در نظر گرفته و KVL می‌زنیم:



$$\text{برای مش دارای } i_1: -5 + i_1 + 2(i_1 - i_2) = 0$$

i_1 رو به پایین در جهت مش اما i_2 در خلاف جهت مش پس با علامت منفی وارد می‌شود (برای مقاومت ۲ اهمی).

$$\text{برای مش دارای } i_2: 3i_2 + 6 + 2(i_2 - i_1) = 0$$

معادلات را مرتب می‌کنیم:

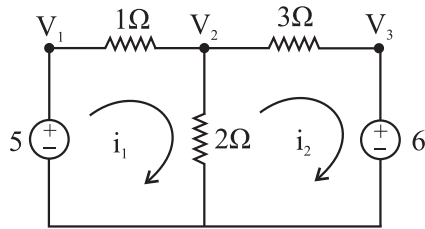
$$-5 + 3i_1 - 2i_2 = 0 \quad , \quad 5i_2 - 2i_1 + 6 = 0$$

ادامه در فیش بعدی

$$\begin{aligned} & \begin{cases} 3i_1 - 2i_2 = 5 \\ -2i_1 + 5i_2 = -6 \end{cases} \\ \Rightarrow & \begin{cases} 6i_1 - 4i_2 = 10 \\ -6i_1 + 15i_2 = -18 \end{cases} + \\ & \hline & 11i_2 = -8 \rightarrow i_2 = \frac{-8}{11} \end{aligned}$$

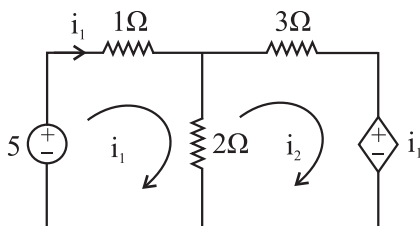
$$i_2 = -0.72 \rightarrow i_1 = 1.187$$

ولتاژ گره‌ها را نیز به دست می‌آوریم:



$$V_2 = 2(i_1 - i_2) = 3.814 \quad V_1 = 5 \quad , \quad V_3 = 6$$

مثال: در مدار شکل زیر با استفاده از روش تحلیل مش مدار را حل کنید.



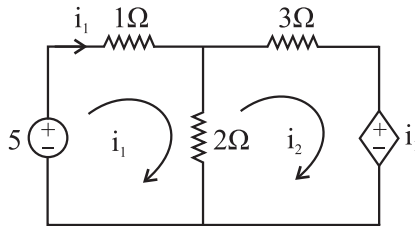
تفاوت این سؤال با سؤال قبلی چیست؟



منبع وابسته i_1

جریان‌های مش‌ها را صورت سؤال مشخص کرده که همانند

مثال قبل است پس باید KVL بنویسیم:



$$-5 + i_1 + 2(i_1 - i_2) = 0 \quad : i_1 \text{ مش دارای}$$

$$3i_2 + i_1 + 2(i_2 - i_1) = 0 \quad : i_2 \text{ مش دارای}$$

معادلات را مرتب می‌کنیم:

$$5i_2 - i_1 = 0 \Rightarrow \boxed{i_1 = 5i_2}$$

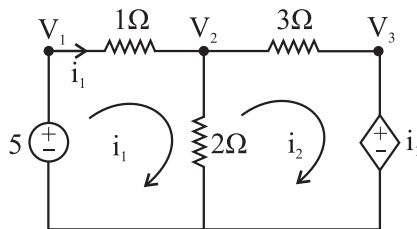
$$5 = 3i_1 - 2i_2 = 3(5i_2) - 2i_2$$

$$5 = 13i_2 \rightarrow i_2 = \frac{5}{13}$$

$$i_1 = 5i_2 = \frac{25}{13}$$

ادامه در فیش بعدی

ولتاژ گره‌ها را نیز به دست می‌آوریم:

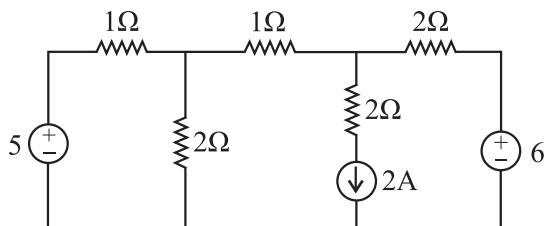


$$V_1 = 5 \quad , \quad V_3 = i_1 = \frac{25}{13}$$

$$V_2 = 2(i_1 - i_2) = 2\left(\frac{25}{13} - \frac{5}{13}\right)$$

$$\Rightarrow \boxed{V_2 = \frac{40}{13}}$$

مثال: در مدار شکل زیر با استفاده از روش تحلیل مش مدار را حل کنید.

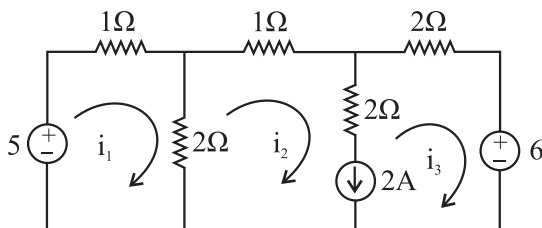


تفاوت این مثال با مثال‌های قبلی را پیدا کنید؟



منبع جریان ۲ آمپری

ابتدا جریان مش‌ها را مشخص می‌کنیم:



اگر بخواهیم برای مش‌ها ۲ و ۳ KVL بنویسیم یک مشکل بزرگ داریم.

حدس بنویسید

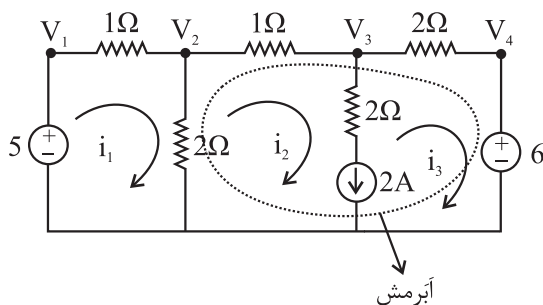
.

منبع جریان ۲ آمپری، ولتاژ این منبع مشخص نیست و اگر برای آن یک ولتاژ قراردادی در نظر بگیریم تعداد معادلات زیاد می‌شود پس باید چکار کنیم؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟

ادامه در فیش بعدی

آبر مش

بله آبر مش چاره‌ی کار است یعنی مش‌های ۲ و ۳ را به همراه منبع جریان ۲ آمپری باید آبر مش در نظر بگیریم پس داریم:



$$-5 + i_1 + 2(i_1 - i_2) = 0 \quad \text{KVL برای مش ۱}$$

$$i_2 + 2i_3 + 6 + 2(i_2 - i_1) = 0 \quad \text{KVL برای ابر مش}$$

چون دو معادله و ۳ مجهول داریم (i_1, i_2, i_3) بنابراین به یک معادله دیگر برای حل نیاز داریم:

$$i_2 - i_3 = 2$$

معادلات به دست آمد، حل کنید و جواب‌ها را ببینید.

ادامه در پشت فیش

$$\begin{cases} i_2 = 0.36 \\ i_3 = -1.64 \\ i_1 = 1.9 \end{cases}, \begin{cases} V_1 = 5 \\ V_4 = 6 \\ V_2 = 3.08 \\ V_3 = 2.72 \end{cases}$$

پس از اینکه این دو روش (تحلیل مش و گره) را یاد گرفتیم حال باید ببینیم که در مورد سؤالات کدام روش بهتر است. شما باید قبل از حل سؤال ابتدا این دو روش را سریع امتحان کنید و متوجه شوید که کدامیک منجر به معادلات کمتر شده و سریع‌تر جواب می‌دهد. معمولاً اگر در مدار منابع جریان بیشتر باشند از تحلیل و اگر منابع ولتاژ بیشتر باشند از تحلیل استفاده می‌کنیم.



مش

گره

در روش گره تعداد مجهولات برابر است با و
در روش مش تعداد مجهولات برابر است با



کل گره‌ها منهای یک

تعداد کل مش‌ها

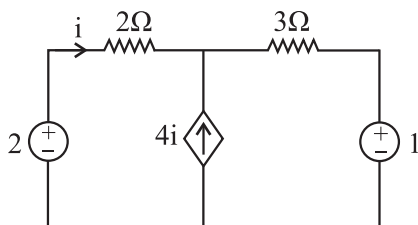
مدارهای الکتریکی ۱ و ۲، متدین، انتشارات جهش، ص ۵۷

تجزیه و تحلیل سؤالات مدار با روش‌های گره و مش بسیار مفید است و جواب‌های مدار را می‌توان با استفاده از آنها به دست آورد اما اعمال این روش‌ها به سؤالات کنکور زیاد توصیه نمی‌شود چون بسیار وقت‌گیر خواهند بود. به همین خاطر برای حل سؤالات کنکور یک روش جدید را پیشنهاد می‌دهیم که در این روش ابتدا KCL را به مدار اعمال کرده و در واقع جریان تمامی شاخه‌ها را به دست می‌آوریم و سپس با اعمال KVL مجهولهای مورد نظر را محاسبه می‌کنیم.

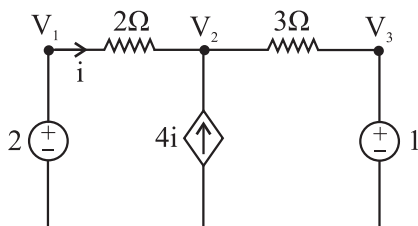
چون ابتدا KCL اعمال می‌شود و بعد KVL و چون همیشه قانونها مقررتر از آقایان هستند این روش ابتکاری را روش خانم KCL و آقای KVL می‌نامیم.



مثال: در مدار شکل زیر i را بیابید.



تحلیل گره:



$$V_1 = 2, \quad V_3 = 1$$

KCL را برای گره ۲ می‌نویسیم:

$$4i = \frac{V_2 - V_1}{2} + \frac{V_2 - V_3}{3} \quad \text{و} \quad i = \frac{V_1 - V_2}{2}$$

$$\Rightarrow 2(V_1 - V_2) = \frac{V_2 - V_1}{2} + \frac{V_2 - V_3}{3}, \quad \begin{cases} V_1 = 2 \\ V_3 = 1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2(2 - V_2) = \frac{V_2 - 2}{2} + \frac{V_2 - 1}{3}$$

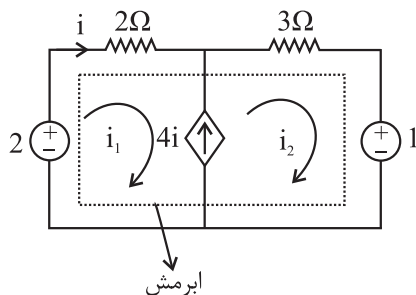
$$4 - 2V_2 = \frac{5V_2}{6} - \frac{4}{3} \Rightarrow -\frac{17}{6}V_2 = -\frac{32}{6} \Rightarrow V_2 = \frac{32}{17}$$

حال i را به دست می‌آوریم:

$$i = \frac{V_1 - V_2}{2} = \frac{2 - \frac{32}{17}}{2} = 1 - \frac{16}{17} = \frac{1}{17} \Rightarrow i = \frac{1}{17}$$

ادامه در فیش بعدی

تحلیل مش:



منبع جریان وابسته $4i$ وجود دارد و باید بین دو مش یک
آبر مش تشکیل شود. در آبر مش KVL می‌نویسیم:

$$i = i_1$$

$$-2 + 2i + 3i_2 + 1 = 0 \rightarrow 2i + 3i_2 = 1$$

برای منبع جریان وابسته داریم:

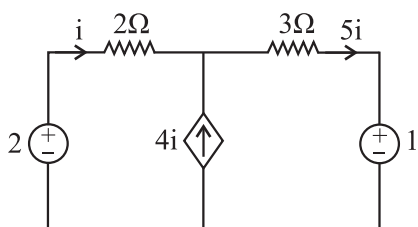
$$i_2 - i = 4i \rightarrow i_2 = 5i$$

جهت منبع جریان رو به بالاست پس i_2 در جهت آن است
و i در خلاف جهت و منفی است.

$$2i + 3i_2 = 1 \Rightarrow 2i + 3(5i) = 1 \Rightarrow i = \frac{1}{17}$$

ادامه در پشت فیش

خانم KCL و آقای KVL :



ابتدا جریان تمام شاخه‌ها را مشخص می‌کنیم:

جریان مقاومت $3\Omega \leftarrow 5i$

KVL می‌زنیم:

$$-2 + 2i + 15i + 1 = 0 \rightarrow 17i = 1 \rightarrow i = \frac{1}{17}$$

خانم KCL و آقای KVL را توضیح دهید.



ابتدا با استفاده از جریان‌های مشخص در مدار، جریان تمامی شاخه‌ها را مشخص کرده (اگر لازم شد جریان‌های فرضی را نیز در نظر می‌گیریم) سپس KVL می‌زنیم و مجهولات مورد نظر را به دست می‌آوریم.

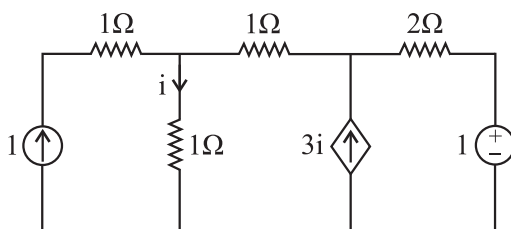


دوستان شما از این روش در آینده بسیار استفاده خواهید کرد بطوریکه در طول درس بارها و بارها این روش را برای حل سؤالهای متعدد اعمال خواهید کرد و مطمئناً همین تکرار باعث خواهد شد هیچگاه این روش را فراموش نکنید. این روش را به هر صورت که بخواهید می‌توانید به یاد بسپارید به طور مثال:

قانونها مقررترند و اول قانم KCL اعمال می‌شود بعد آقای KVL .
اینکه در فرید معمولاً قانمها درون مغازه می‌روند، جنس را پسند می‌کنند و بعد آقایان زحمت پرداخت پول و عمل جنس را تا منزل می‌کشند یعنی باز هم قانم KCL بعد آقای KVL یا به هر شکل دیگری که فودتان دوست دارید این روش را به خاطر بسپارید.

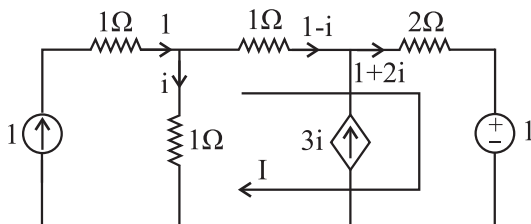


مثال: i را بدست آورید.



خانم KCL و آقای KVL

ابتدا با استفاده از منابع جریان و جریان i مقاومت ۱ اهمی،
جریان تمامی شاخه‌ها را مشخص می‌کنیم:

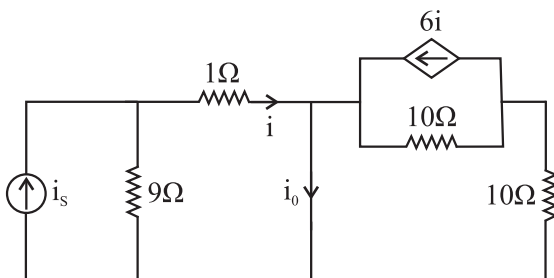


$$1 - i + 2 + 4i + 1 - i = 0 \quad \text{در } KVL: I$$

$$2i = -4 \Rightarrow i = -2$$

سراسری ۷۵

در مدار شکل زیر نسبت $\frac{i_o}{i_s}$ برابر است با:



(۱) -1.8

(۲) 0.9

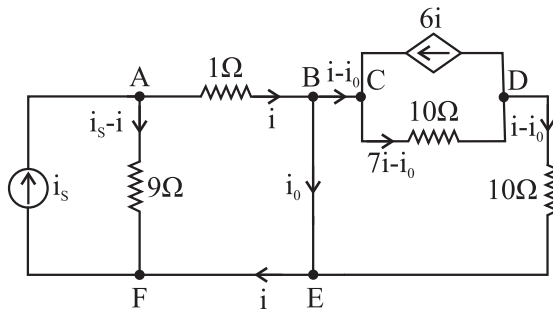
(۳) 2.7

(۴) 3.6



گزینه ۴ صحیح است.

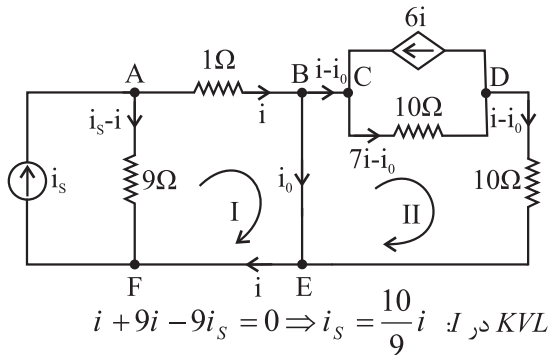
حل این سؤال با روش گره و مش بسیار وقت گیر خواهد بود اما با اعمال روش خودمان (خانم KCL و آقای KVL) بسیار ساده حل خواهد شد. ابتدا جریان تمامی شاخه‌ها را مشخص می‌کنیم:



از منبع جریان i_s شروع می‌کنیم به نقطه A می‌رسیم جریان i از آن خارج شده و جریان مقاومت ۹ اهمی برابر $i - i_0$ خواهد بود. به نقطه B می‌رسیم جریان i_0 از شاخه‌ی اتصال کوتاه عبور کرده پس بقیه جریان یعنی $i - i_0$ وارد شاخه مابین گره C, B می‌شود، در گره C جریان $i - i_0$ با $6i$ جمع شده وارد مقاومت 10Ω می‌شود.

ادامه در فیش بعدی

سپس جریان مقاومت 10Ω که برابر $7i - i_0$ است وارد نقطه D شده و جریان $6i$ از آن خارج شده پس جریان $i - i_0$ باقی مانده که وارد مقاومت 10Ω می‌شود. به نقطه E می‌رسیم این جریان $(i - i_0)$ با i_0 جمع می‌شود و برابر i شده سپس در نقطه F با $i_s - i$ جمع شده که در نهایت برابر i_s یعنی خود منبع جریان خواهد شد. این روند را همیشه به خاطر داشته باشید و این سؤال قشنگ را چندین بار تا اینجا حل کنید. حال با ۲ تا KVL مدار را حل می‌کنیم:



$$70i - 10i_0 + 10i - 10i_0 = 0 \quad \text{در } KVL \text{ II}$$

$$\Rightarrow 80i = 20i_0 \rightarrow i_0 = 4i$$

ادامه در پشت فیش

$$i_o = 4i \quad , \quad i_s = \frac{10}{9}i$$

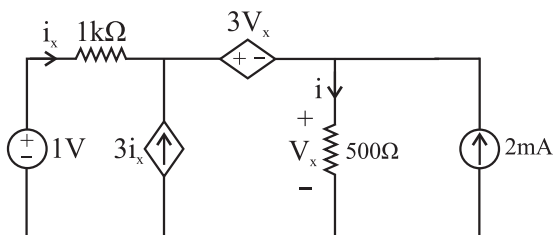
$$\frac{i_o}{i_s} = \frac{4i}{\frac{10}{9}i} = \frac{36}{10} = 3.6$$

داوطلب *DLM* اگر می‌خواهی این روش را خوب یاد بگیری همین الان این مثال را مخصوصاً نحوه‌ی اعمال خانم *KCL* و آقای *KVL* را چندین بار دیگر حل کن.

همین الان دوباره حل می‌کنم چون دوست دارم یاد بگیرم.



سراسری ۷۴

مقدار جریان i را در مدار شکل زیر حساب کنید.

$$\frac{1}{3} mA \quad (۱)$$

$$\frac{2}{3} mA \quad (۲)$$

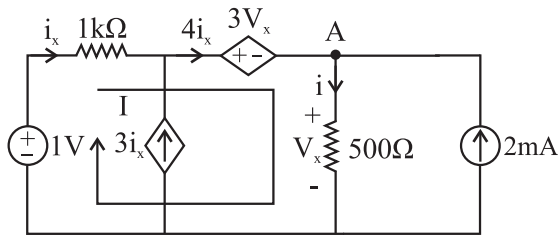
$$\frac{1}{2} mA \quad (۳)$$

$$\frac{4}{3} mA \quad (۴)$$



گزینه ۲ صحیح است.

توجه کنید که جریان بر حسب mA ، مقاومت $K\Omega$ و ولتاژ ولت است. اعمال روش خانم KCL و آقای KVL :
جریان منبع ولتاژ $3V_x$ برابر $4i_x$ خواهد بود.



$$4i_x + 2 = i \quad \text{KCL در A:}$$

$$-1 + i_x + 3V_x + V_x = 0 \rightarrow 4V_x + i_x = 1 \quad \text{KVL در I:}$$

قانون اهم $V = Ri$ در شاخه بین گره A و زمین:

$$V_x = 0.5i$$

$$4i_x + 2 = i \quad , \quad 4V_x + i_x = 1 \quad , \quad V_x = 0.5i$$

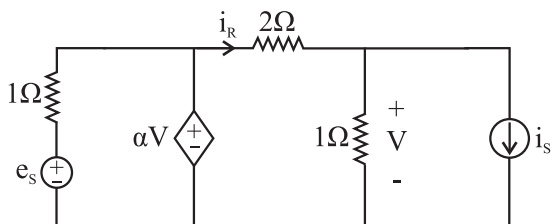
$$4V_x + i_x = 1 \Rightarrow 2i + \left(\frac{i-2}{4} \right) = 1$$

$$2i + \frac{1}{4}i - \frac{1}{2} = 1 \rightarrow \frac{9}{4}i = \frac{3}{2} \rightarrow i = \frac{2}{3}$$

سراسری ۸۲

در مدار شکل زیر α را چنان تعیین کنید که شدت جریان

مقاومت ۲ اهمی برابر $i_R = \frac{1}{2} e^{-t} U(t)$ باشد.



$$e_s = e^{-2t} U(t)$$

$$i_s = e^{-t} U(t)$$

(۱) -۳

(۲) -۱

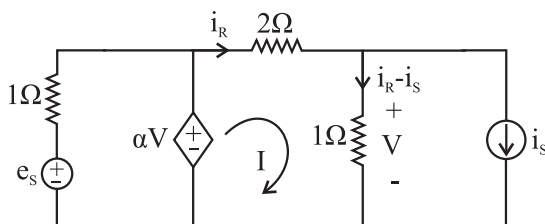
(۳) ۱

(۴) ۳



گزینه ۲ صحیح است.

اعمال روش خانم KCL و آقای KVL :



$$V = i_R - i_s$$

$$-\alpha V + 2i_R + V = 0 \rightarrow (1 - \alpha)V = -2i_R \quad I, \text{ در } KVL$$

$$V = \frac{1}{2}e^{-t}U(t) - e^{-t}U(t) = -\frac{1}{2}e^{-t}U(t)$$

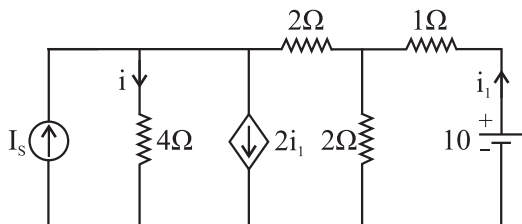
$$(1 - \alpha)V = -2i_R$$

$$\Rightarrow (1 - \alpha) \left(-\frac{1}{2}e^{-t}U(t) \right) = -e^{-t}U(t)$$

$$1 - \alpha = +2 \Rightarrow \alpha = -1$$

سراسری ۷۵

در مدار شکل زیر در صورتی که $i = 0$ باشد، مقدار منبع
جریان I_s چقدر است؟



(۱) ۲/۵

(۲) ۷/۵

(۳) ۲۲/۵

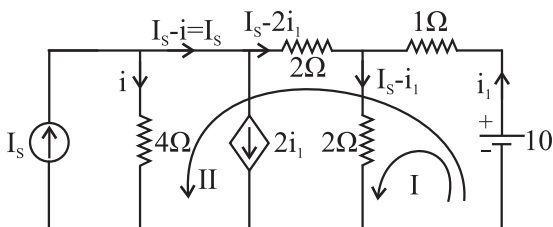
(۴) ۲۷/۵



گزینه ۲ صحیح است.

اعمال روش خانم KCL و آقای KVL

ابتدا جریان تمامی شاخه‌ها را مشخص می‌کنیم: $i = 0$



$$10 = i_1 + 2I_s - 2i_1 \rightarrow 10 = 2I_s - i_1 \quad \text{در } KVL \text{ } I$$

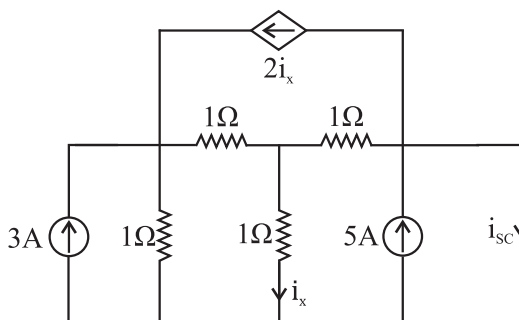
$$\text{در } KVL \text{ } II$$

$$10 = i_1 + 4i_1 - 2I_s + 4i \xrightarrow{i=0} 10 = 5i_1 - 2I_s$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 10 = 2I_s - i_1 \\ 10 = 5i_1 - 2I_s \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 50 = 10I_s - \cancel{5i_1} \\ 10 = \cancel{5i_1} - 2I_s \end{cases} +$$

$$I_s = 7.5 \leftarrow 60 = 8I_s$$

سراسری ۸۳

جریان اتصال کوتاه i_{sc} کدام است؟

۱ A (۱)

۲ A (۲)

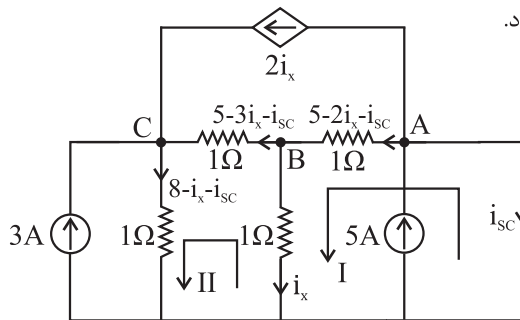
۴ A (۳)

۸ A (۴)



گزینه ۳ صحیح است

یکی از زیباترین سؤالاتی که با روش خانم KCL و آقای KVL می‌توان حل کرد. حدس بزنید از کجا باید شروع کرد.



ابتدا A ، بعد B و در نهایت C

$$0 = 5 - 2i_x - i_{sc} + i_x \rightarrow i_x = 5 - i_{sc} \quad \text{در } I \text{ KVL}$$

در II KVL

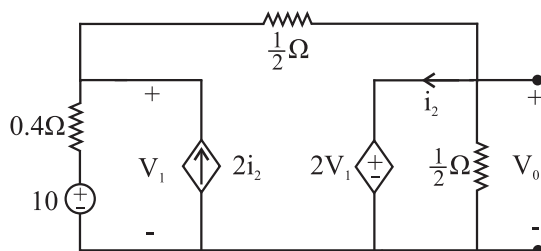
$$5 - 3i_x - i_{sc} + 8 - i_x - i_{sc} - i_x = 0 \rightarrow 13 - 5i_x = 2i_{sc}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 13 - 5i_x = 2i_{sc} \\ i_x = 5 - i_{sc} \end{cases} \Rightarrow 13 - 25 + 5i_{sc} = 2i_{sc}$$

$$\Rightarrow -3i_{sc} = -12 \Rightarrow i_{sc} = 4$$

سراسری ۸۵

ولتاژ خروجی V_o در مدار شکل زیر کدام است؟



(۱) ۲

(۲) ۴

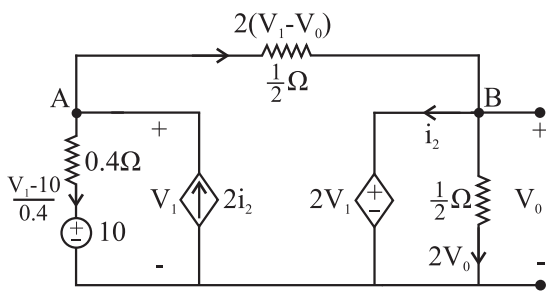
(۳) ۶

(۴) ۸



گزینه ۲ صحیح است.

باز هم روش بسیار عالی خانم KCL و آقای KVL : ابتدا جریان شاخه‌ها را مشخص می‌کنیم:



$$\left(\frac{1}{2}\right) i = \frac{V_A - V_B}{\frac{1}{2}} = 2(V_1 - V_0)$$

$$V_A = V_1 \quad , \quad V_B = V_0$$

$$2(V_1 - V_0) = 2V_0 + i_2 \quad \text{در نقطه } B: KCL$$

$$2i_2 = \frac{V_1 - 10}{0.4} + 2(V_1 - V_0) \quad \text{در نقطه } A: KCL$$

$$V_0 = 2V_1 \quad \text{همچنین:}$$

ادامه در فیش بعدی

این ۳ معادله و ۳ مجهول را حل می‌کنیم.

$$\Rightarrow \begin{cases} 2(V_1 - V_o) = 2V_o + i_2 \\ 2i_2 = 2.5V_1 - 25 + 2(V_1 - V_o) \\ V_o = 2V_1 \end{cases}$$

$$\xrightarrow{V_o = 2V_1} 2(V_1 - 2V_1) = 4V_1 + i_2 \Rightarrow i_2 = -6V_1$$

$$\xrightarrow{i_2 = -6V_1} 2(-6V_1) = 2.5V_1 - 25 - 2V_1$$

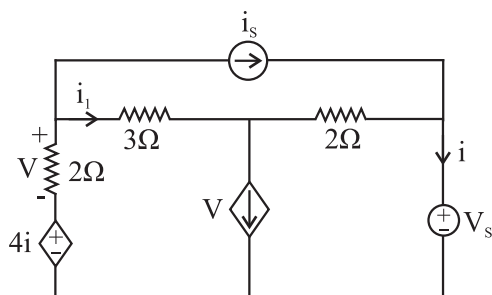
$$-12V_1 = 0.5V_1 - 25 \rightarrow -12.5V_1 = -25 \rightarrow V_1 = 2$$

$$i_1 = -6V_1 = -12 \quad , \quad V_o = 2V_1 = 4$$

سراسری ۸۷

در مدار شکل زیر اگر $i = 2i_1$ باشد مقدار $\frac{V_s}{i_s}$ برابر است

با:



$$-\frac{1}{3} \quad (۱)$$

$$-\frac{1}{2} \quad (۲)$$

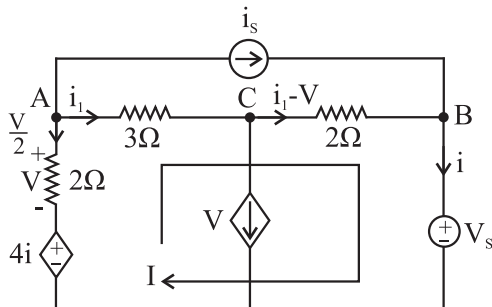
$$2 \quad (۳)$$

$$3 \quad (۴)$$



گزینه ۴ صحیح است.

با خانم KCL و آقای KVL مدار را براحتی حل می‌کنیم.
ابتدا جریان شاخه‌ها را مشخص می‌کنیم:



ولتاژ دو سر مقاومت ۲ اهمی در شاخه شامل منبع ولتاژ

وابسته $4i$ برابر V است بنابراین جریان این شاخه برابر $\frac{V}{2}$

است. در نقطه C ، i_1 وارد شده و V خارج می‌شود سپس

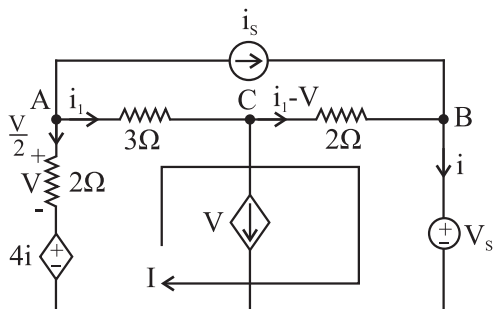
جریان $i_1 - V$ وارد مقاومت ۲ اهمی می‌شود حال در نقاط

A, B دو تا KCL داریم و یک KVL در حلقه I :

$$\frac{V}{2} + i_1 + i_s = 0 \quad \text{در نقطه } A: KCL$$

$$i_1 - V + i_s = i \quad \text{در نقطه } B: KCL$$

ادامه در فیش بعدی



$$-4i - V + 3i_1 + 2i_1 - 2V + V_s = 0 \quad \text{در } I \text{ KVL}$$

پس داریم:

$$\Rightarrow \begin{cases} V = -2(i_1 + i_s) \\ V = i_s + i_1 - i \\ V_s = 4i - 5i_1 + 3V \end{cases}$$

با توجه به اینکه $i = 2i_1$ است (در صورت سؤال):

$$V = i_s + i_1 - i = i_s + i_1 - 2i_1 = i_s - i_1$$

$$V_s = 4i - 5i_1 + 3V = 8i_1 - 5i_1 + 3V$$

$$\xrightarrow{V=i_s-i_1} V_s = \cancel{3i_1} + 3i_s - \cancel{3i_1} = 3i_s$$

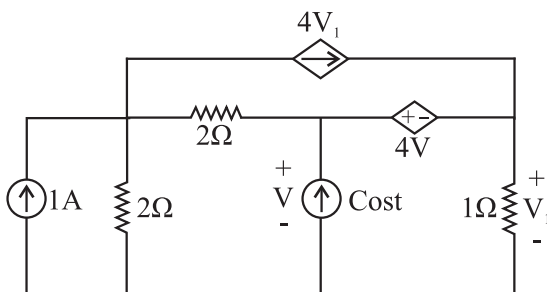
$$\boxed{\frac{V_s}{i_s} = 3}$$

ادامه در پشت فیش

در این سؤال خانم KCL را در دو شاخه به کار بردیم یعنی در دو گره A و B ، KCL زدیم بعد یک KVL در مدار زدیم و جواب را به دست آوردیم.

سراسری ۹۰

در مدار شکل زیر در چه لحظاتی $V(t) = 0$ است.
(درگزینه‌ها K عدد صحیح است).



$$2K\pi + \frac{\pi}{4} \quad (۱)$$

$$2K\pi + \frac{\pi}{3} \quad (۲)$$

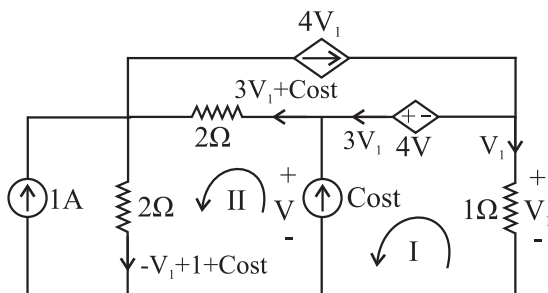
$$2K\pi + \frac{\pi}{2} \quad (۳)$$

$$2K\pi + \frac{2\pi}{3} \quad (۴)$$



گزینه ۴ صحیح است.

این سؤال به ظاهر سخت کنکور ۹۰ را نیز می‌توان با اعمال روش خانم KCL و آقای KVL حل کرد:



با دو تا KVL جواب به دست می‌آید:

$$-V_1 - 4V + V = 0 \rightarrow V_1 = -3V \quad \text{در } I: KVL$$

$$V = 6V_1 + 2Cost - 2V_1 + 2 + 2Cost \quad \text{در } II: KVL$$

$$V = 4V_1 + 2 + 4Cost$$

$$\xrightarrow{V_1 = -3V} V = -12V + 2 + 4Cost$$

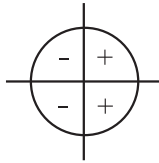
$$\rightarrow 13V = 2 + 4Cost$$

$$V = \frac{4Cost + 2}{13} \xrightarrow{V=0} 4Cost + 2 = 0$$

$$Cost = -\frac{1}{2}$$

ادامه در فیش بعدی

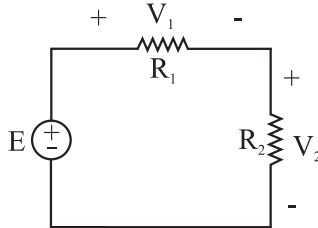
$$t = 2K\pi + \frac{2\pi}{3} \text{ در ربع ۲ و ۳ منفی است پس:}$$



یک داوطلب DLM باید روش خانم KCL و آقای KVL را همیشه در ذهن داشته باشد چون با این روش هر سؤالی را می‌توان از این بخش حل کرد.

مدار تقسیم کننده‌ی ولتاژ را رسم کرده و توضیح دهید.





$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E \quad , \quad V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$

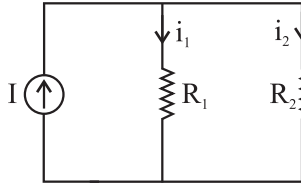
ولتاژ منبع به نسبت مقاومتها بین آنها تقسیم می‌شود در واقع هر چه مقاومت بزرگتر باشد ولتاژ دو سر آن بیشتر خواهد بود.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبه‌دار، ص ۱۰۳

مدار تقسیم کننده‌ی جریان را رسم کرده و توضیح دهید.





$$i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \quad , \quad i_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

جریان منبع به نسبت عکس مقاومتها بین آنها تقسیم می-شود، در واقع هر چه مقاومت کوچکتر باشد جریان عبوری از آن بیشتر خواهد بود.

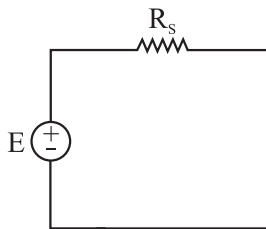
$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبه‌دار، ص ۱۰۳

ترکیب سری منبع ولتاژ ایده‌آل و مقاومت یک
..... را تشکیل می‌دهد.



منبع ولتاژ عملی

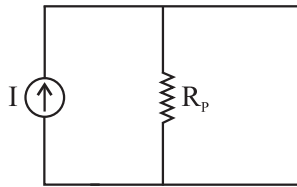


تحلیل مهندس مدار، دیانی، ص ۱۰۱

ترکیب موازی منبع جریان ایده‌آل و یک مقاومت یک
..... را تشکیل می‌دهد.



منبع جریان واقعی

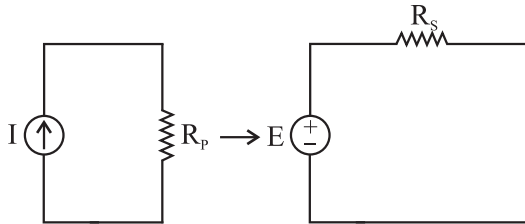


تحلیل مهندس مدار، دیانی، ص ۱۰۲

تبدیل منابع روندی است که طی آن از نظر تئوری دو منبع
..... و به یکدیگر تبدیل می‌شوند.



ولتاژ مستقل واقعی - جریان مستقل واقعی

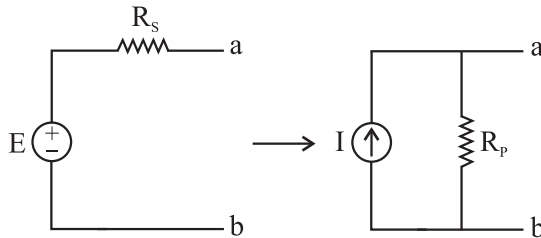


مدارهای الکتریکی (جلد ۱)، عابدی، ص ۱۵۲

هر منبع ولتاژ مستقل ایده‌آل (E) سری شده با مقاومت R_s در بین دو پایانه a و b را می‌توان با یک منبع موازی با در بین این دو پایانه مدل‌سازی کرد.



جریان مستقل ایده‌آل I ، مقاومت $R_p = R_s$



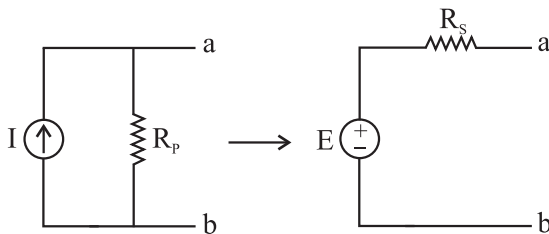
$$I = \frac{E}{R_s} \quad , \quad R_p = R_s$$

جهت پیکان منبع جریان (I) از پلاریته منفی به طرف پلاریته مثبت منبع ولتاژ (E) می‌باشد. در واقع نوک پیکان پلاریته مثبت ولتاژ را نشان می‌دهد.

هر منبع جریان مستقل ایده‌آل (I) موازی شده با مقاومت
 R_p در بین دو پایانه a و b را می‌توان با یک منبع
 سری شده با در بین این دو
 پایانه مدل‌سازی کرد.



ولتاژ مستقل ایده‌آل (E)، مقاومت $R_s = R_p$

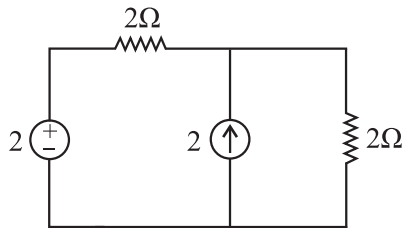


$$E = R_p I \quad , \quad R_s = R_p$$

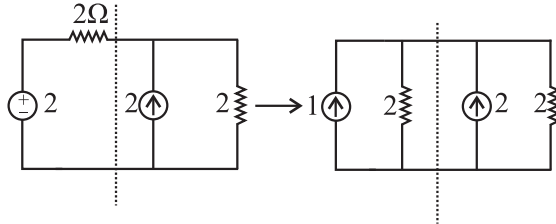
نوک پیکان منبع جریان، پلاریته مثبت ولتاژ را نشان می-

دهد.

مثال: با تبدیل منابع، مدار زیر را ساده کنید.

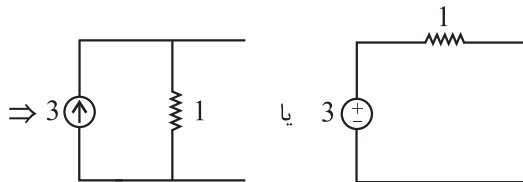


ابتدا منبع ولتاژ مستقل واقعی را به منبع جریان مستقل واقعی تبدیل می‌کنیم:



چون منابع جریان هم‌جهت‌اند با هم جمع می‌شوند و مقاومت‌ها نیز موازی‌ند پس مقاومت معادل برابر یک می‌شود.

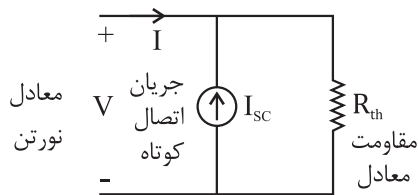
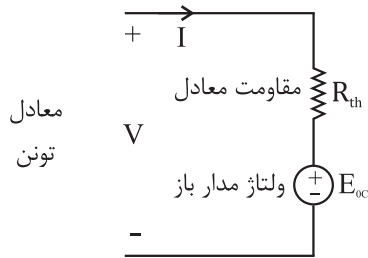
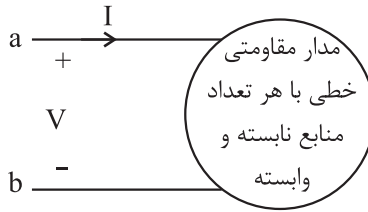
$$R_{eq} = \frac{2 \times 2}{2 + 2} = 1$$



یک مدار خطی ممکن است از ترکیب هر تعداد مقاومت خطی، منابع وابسته و ناپسته تشکیل شده باشد، اما تنها رفتار این مدار در سرهای مشخص شده‌ی آن مورد توجه باشد. در چنین مواردی این مدار را می‌توان بصورت اتصال سری یک منبع ولتاژ با یک مقاومت بصورت نمایش داد. و یا اتصال موازی یک منبع جریان با یک مقاومت و بصورت



مدار معادل تونن - مدار معادل نورتن

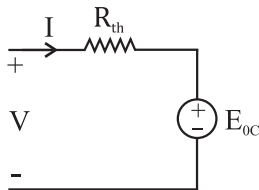
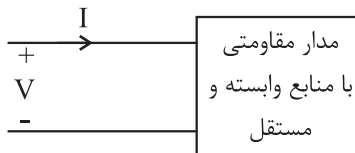


نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبهه‌دار، ص ۱۰۳

طبق قضیه، می‌توان بخشی از یک مدار را که شامل مقاومت‌های خطی و منابع مستقل و وابسته بوده و در بین دو پایانه a و b قرار دارد را با یک منبع ولتاژ مستقل با یک مقاومت جایگزین کرد.



تونن - سری شده

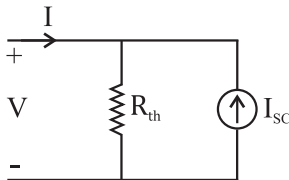
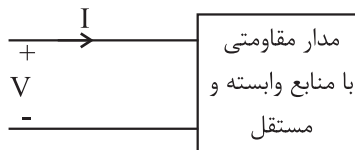


مدارهای الکتریکی (جلد ۱)، عابدی، ص ۱۶۲

طبق قضیه، می‌توان بخشی از یک مدار را که شامل مقاومت‌های خطی و منابع مستقل و وابسته بوده و در بین دو پایانه a و b قرار دارد را با یک منبع جریان مستقل با یک مقاومت جایگزین کرد.



نورتن - موازی شده

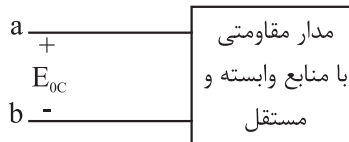


مدارهای الکتریکی (جلد ۱)، عابدی، ص ۱۷۶

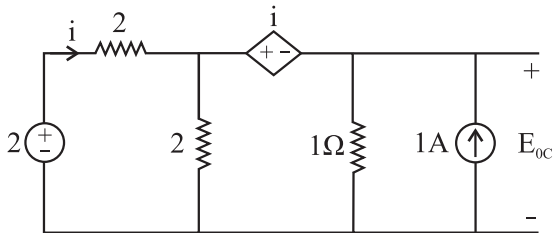
نحوه‌ی به دست آوردن ولتاژ مدار باز را توضیح دهید.



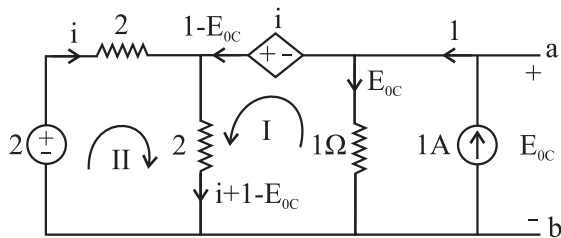
در این حالت در دو سر پایانه‌ای که باید معادل تونن را بنویسیم یک ولتاژ فرضی در نظر گرفته و با تحلیل مدار این ولتاژ را می‌یابیم.



مثال: ولتاژ مدار باز مدار زیر را به دست آورید.



برای به دست آوردن ولتاژ مدار باز باید مدار را با استفاده از روش معروف خانم KCL و آقای KVL حل کرد:
جریان شاخه‌ها را مشخص کرده و KVL می‌زنیم:



جریان مقاومت ۱ اهمی برابر E_{oc} خواهد بود:

$$i = \frac{E_{oc}}{1} = E_{oc}$$

$$-E_{oc} - i + 2i + 2 - 2E_{oc} = 0 \quad \text{در } KVL \text{ I}$$

$$\Rightarrow \boxed{i = 3E_{oc} - 2}$$

$$-2 + 2i + 2i + 2 - 2E_{oc} = 0 \quad \text{در } KVL \text{ II}$$

$$4i = 2E_{oc} \xrightarrow{i=3E_{oc}-2} 4(3E_{oc} - 2) = 2E_{oc}$$

$$12E_{oc} - 8 = 2E_{oc} \Rightarrow E_{oc} = \frac{4}{5}$$

نحوه‌ی به دست آوردن جریان اتصال کوتاه را توضیح دهید.

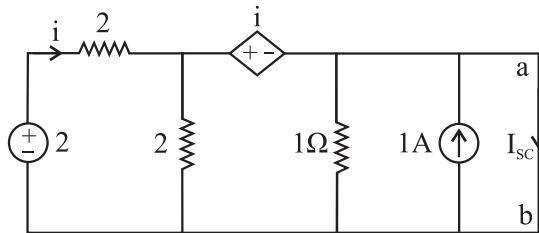


جریان اتصال کوتاه را می‌توان از اتصال کوتاه کردن سرهای a و b به دست آورد. جریان گذرنده از این شاخه اتصال کوتاه در جهت a به b است.

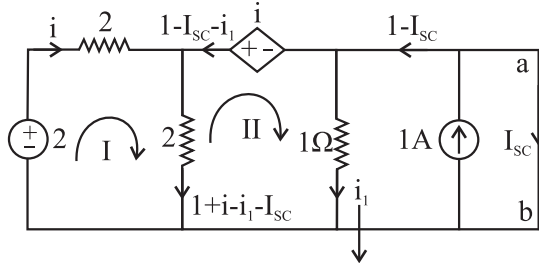


نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبهه‌دار، ص ۱۰۵

مثال: جریان اتصال کوتاه مدار زیر را به دست آورید.



برای به دست آوردن جریان اتصال کوتاه باید مدار را با روش خانم KCL و آقای KVL حل کرد، ابتدا جریان شاخه‌ها را مشخص کرده و بعد KVL می‌زنیم:



جریان فرضی

چون دو سر مقاومت ۱ اهمی اتصال کوتاه است پس جریان فرضی $i_1 = 0$ خواهد بود.

$$-2 + 2i + 2 + 2i - 2I_{sc} = 0 \quad \text{در } I: KVL$$

$$4i = 2I_{sc} \rightarrow I_{sc} = 2i$$

$$2I_{sc} - 2i - 2 + i + 0 = 0 \quad \text{در } II: KVL$$

$$2I_{sc} = i + 2 = \frac{1}{2}I_{sc} + 2$$

$$\frac{3}{2}I_{sc} = 2 \rightarrow \boxed{I_{sc} = \frac{4}{3}}$$

نکته بسیار بسیار مهم:

اگر مداری شامل منابع مستقل نباشد آنگاه:

$$V_{oc} = I_{sc} = 0$$

ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه و در واقع ولتاژ تونن و جریان نورتن صفر خواهد شد.

مدارهای الکتریکی ۱، زرگر، انتشارات پوران پژوهش، ص ۲۹

نحوه‌ی به دست آوردن مقاومت معادل

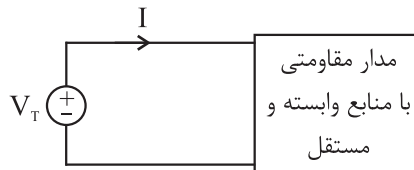


۱- از دو سر a و b به مدار نگاه کرده و منابع مستقل را خاموش می‌کنیم (منبع ولتاژ اتصال کوتاه و منبع جریان مدار باز)

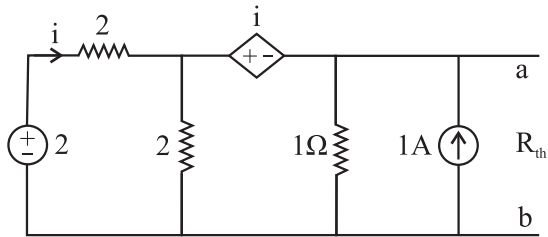
۲- یک منبع ولتاژ تست را در دو سر a و b قرار داده و I را بدست می‌آوریم

ولتاژ تست \leftarrow

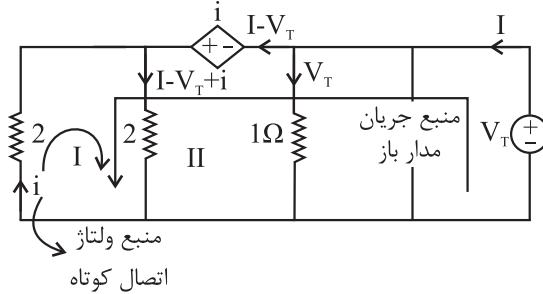
$$R_{th} = \frac{V_T}{I} \quad -3$$



مثال: مقاومت معادل مدار زیر را به دست آورید.



ابتدا منابع مستقل را خاموش کرده و سپس یک منبع ولتاژ تست را بین سرهای a و b قرار می‌دهیم:



با اعمال روش خانم KCL و آقای KVL مدار را حل می‌کنیم یعنی جریان شاخه‌ها را مشخص کرده و KVL می‌زنیم:

$$2i + 2I - 2V_T + 2i = 0 \quad \text{در } KVL \text{ } I:$$

$$\Rightarrow i = \frac{1}{2}V_T - \frac{1}{2}I$$

$$-V_T - i - 2i = 0 \rightarrow V_T = -3i \quad \text{در } KVL \text{ } II:$$

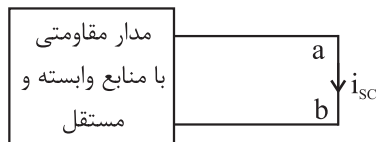
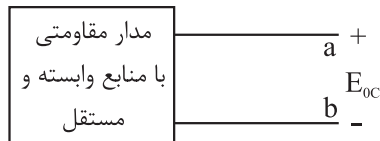
$$V_T = -3\left(\frac{1}{2}V_T - \frac{1}{2}I\right) = -\frac{3}{2}V_T + \frac{3}{2}I$$

$$\Rightarrow \frac{5}{2}V_T = \frac{3}{2}I \Rightarrow V_T = \frac{3}{5}I$$

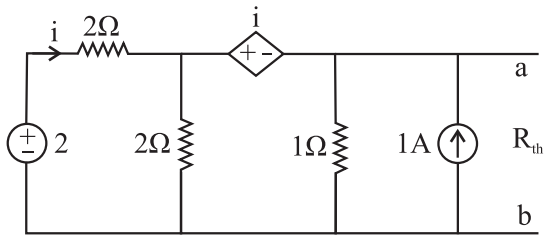
$$\boxed{R_{th} = \frac{3}{5}}$$

یک روش دیگر به دست آوردن مقاومت معادل اینست که در دو پایانه a و b یکبار ولتاژ مدار باز و یکبار جریان اتصال کوتاه را اندازه بگیریم سپس خواهیم داشت:

$$R_{th} = \frac{E_{oc}}{I_{sc}}$$



مثال: مقاومت معادل مدار زیر را به دست آورید (با روش ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه).



$$E_{oc} = \frac{4}{5} \leftarrow ۱۷۴ \text{ با توجه به فلش کارت}$$

$$I_{sc} = \frac{4}{3} \leftarrow ۱۷۶ \text{ با توجه به فلش کارت}$$

$$R_{th} = \frac{E_{oc}}{I_{sc}} = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{5}$$

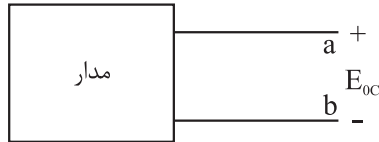
که با مقاومت معادل به دست آمده در فلش کارت ۱۷۹ برابر است.

نکته:

به دست آوردن مقاومت معادل از روش ولتاژ تست بسیار سریعتر و آسانتر از روش ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه است چون در حالت ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه باید دو بار مدار حل شود.

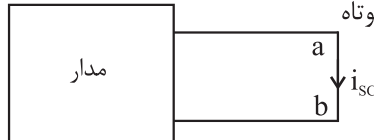
سؤالات این بخش را بصورت زیر دسته‌بندی می‌کنیم:

۱- ولتاژ مدار باز



اگر سؤال از شما بخواهد که فقط ولتاژ مدار باز یا ولتاژ تونن را به دست آورید.

۲- جریان اتصال کوتاه



اگر سؤال از شما بخواهد که فقط جریان اتصال کوتاه و یا جریان نورتن را به دست آورید.

۳- مقاومت معادل

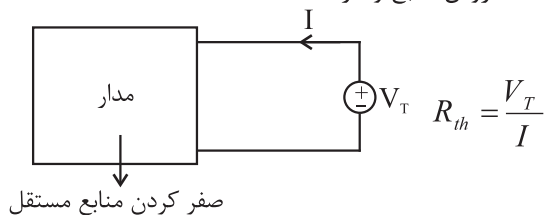
۳-۱- روش ولتاژ مدار باز – جریان اتصال کوتاه

مانند ۱ و ۲ ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه مدار را به

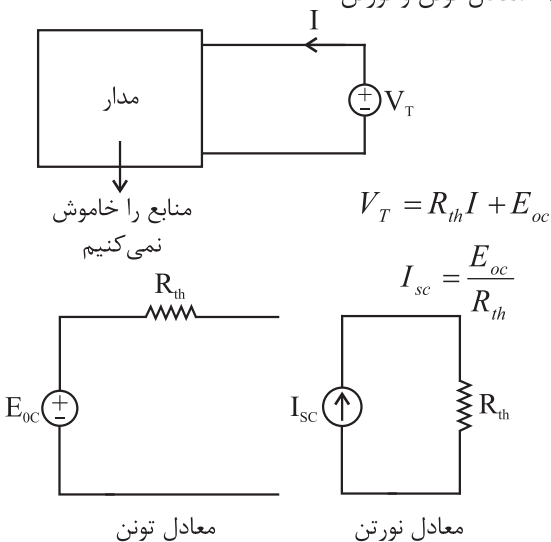
$$R_{th} = \frac{E_{oc}}{I_{sc}} \quad \text{دست می‌آوریم سپس:}$$

ادامه در پشت فیش

۳-۲- روش منبع ولتاژ تست



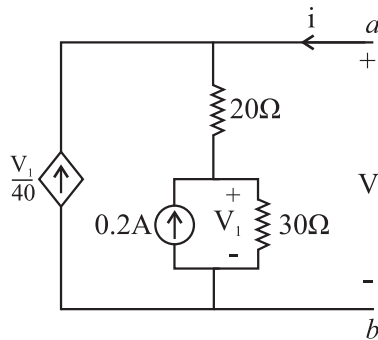
۴- معادل تونن و نورتن



تمامی مدارهای این قسمت را نیز با روش خانم KCL و KVL حل می‌کنیم.

سراسری ۶۷ و آزاد ۹۲

مقاومت معادل تونن از دو سر a و b در مدار شکل زیر چند اهم است؟



(۱) ۱۰۰

(۲) ۲۰۰

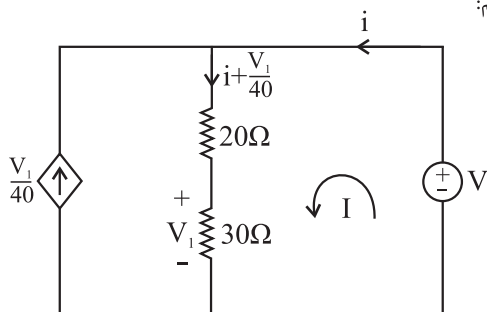
(۳) ۳۰۰

(۴) ۴۰۰



گزینه ۲ صحیح است.

چون سؤال فقط مقاومت معادل را خواسته پس منبع تست را در دو سر a و b قرار داده و منبع جریان را مدار باز می‌کنیم سپس روش خانم KCL و آقای KVL را اعمال می‌کنیم:



$$V_1 = 30 \left(i + \frac{V_1}{40} \right) = 30i + \frac{3}{4}V_1 \Rightarrow \frac{1}{4}V_1 = 30i$$

$$\Rightarrow V_1 = 120i$$

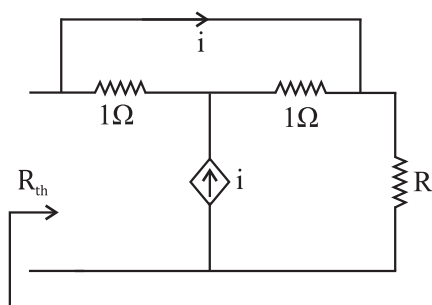
$$V = 20i + \frac{V_1}{2} + V_1 = 20i + \frac{3}{2}V_1 \quad \text{در } KVL$$

$$V = 20i + \frac{3}{2}V_1 \xrightarrow{V_1=120i} V = 20i + \frac{3}{2}(120i)$$

$$V = 20i + 180i \rightarrow V = 200i \rightarrow R_{th} = \frac{V}{i} = 200$$

سراسری ۶۸ و آزاد ۸۹

در مدار شکل زیر R_{th} برابر است با:



(۱) $2R$

(۲) $3R$

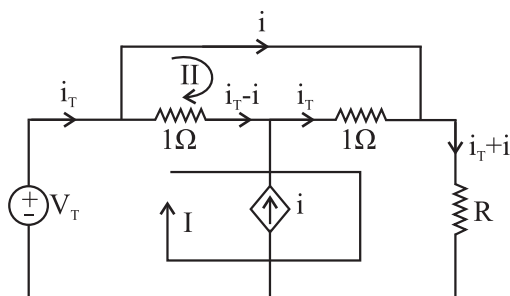
(۳) $\frac{1}{2}R$

(۴) $\frac{1}{3}R$



گزینه ۲ صحیح است.

برای بدست آوردن مقاومت معادل باید منابع مستقل را خاموش کنیم که در اینجا منبعی وجود ندارد پس یک منبع تست قرار داده و روش دوست داشتنی خانم KCL و آقای KVL را اعمال می‌کنیم.



جریان‌ها را مشخص کرده و KVL می‌زنیم:

$$V_T = i_T - i + i_T + Ri_T + Ri \quad \text{در } KVL \text{ I}$$

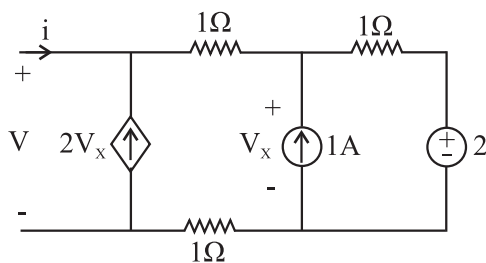
$$-i_T + i - i_T = 0 \quad , \quad i = 2i_T \quad \text{در } KVL \text{ II}$$

$$\Rightarrow V_T = 2i_T - i + Ri_T + Ri = 2i_T - 2i_T + Ri_T + 2Ri_T$$

$$V_T = 3Ri_T$$

$$R_{eq} = R_{th} = \frac{V_T}{i_T} = 3R$$

سراسری ۶۹

رابطه‌ی $V-i$ شبکه یک قطبی زیر کدام است؟

$$V = -3i - 15 \quad (۱)$$

$$V = 2i + 10 \quad (۲)$$

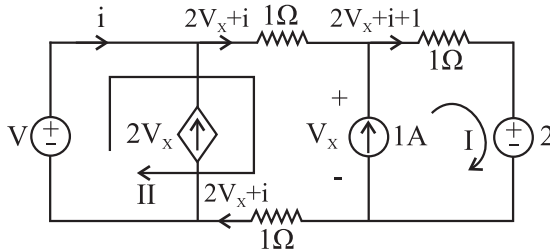
$$V = 3i - 15 \quad (۳)$$

$$V = -2i + 10 \quad (۴)$$



گزینه ۱ صحیح است.

صورت سؤال گفته رابطه‌ی بین $V-i$ که در واقع معادل تونن را می‌خواهد پس منبع تست را قرار داده اما منابع را خاموش نمی‌کنیم و خانم KCL و آقای KVL نیز در ادامه زحمت حل سؤال را خواهند کشید:



جریان شاخه‌ها را مشخص کرده و بعد KVL می‌زنیم:

$$V_x = 2V_x + i + 1 + 2 \quad : I \text{ در } KVL$$

$$\boxed{V_x = -i - 3}$$

$$V = 2V_x + i + V_x + 2V_x + i \quad : II \text{ در } KVL$$

$$V = 5V_x + 2i = -15 - 5i + 2i$$

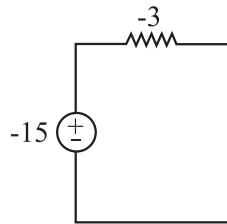
$$V = -3i - 15$$

ادامه در فیش بعدی

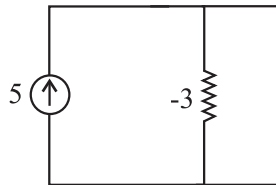
$$\begin{cases} V_T = R_{th}I + E_{oc} \\ V = -3i - 15 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{th} = -3 \\ E_{oc} = -15 \end{cases}$$

$$I_{sc} = \frac{E_{oc}}{R_{th}} = \frac{-15}{-3} = 5$$

پس داریم:



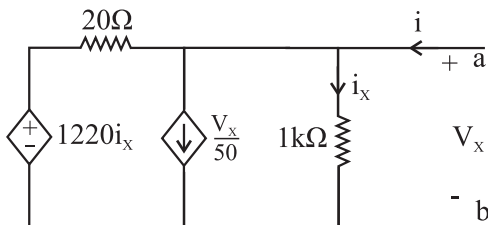
معادل تونن



معادل نورتن

سراسری ۷۰

مشخصات مربوط به مدار معادل تونن در سرهای a و b شکل زیر برابر کدام گزینه است؟



(۱) $R_T = 100\Omega$ و $V_T = 10$

(۲) $R_T = 180\Omega$ و $V_T = 0$

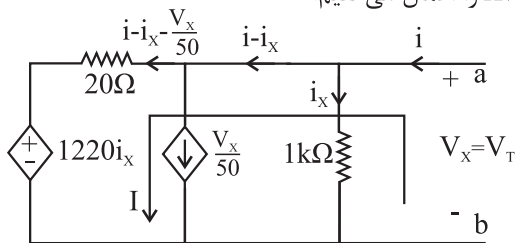
(۳) $R_T = 120\Omega$ و $V_T = 15$

(۴) $R_T = 100\Omega$ و $V_T = 0$



گیرنده ۲ صحیح است.

سؤال معادل تونن را می‌خواهد پس منبع تست را قرار داده و منابع مستقل را خاموش نمی‌کنیم (البته در این سؤال منبع مستقل وجود ندارد). سپس روش خانم KCL و آقای KVL را اعمال می‌کنیم:



$$V_x = 20i - 20i_x - \frac{20}{50}V_x + 1220i_x \quad \text{در } KVL$$

$$V_x = 20i - \frac{2}{5}V_x + 1200i_x$$

$$\begin{cases} V_T = 1000i_x \\ V_T = V_x \end{cases} \Rightarrow V_T = 20i - \frac{2}{5}V_T + \frac{1200}{1000}V_T$$

$$V_T + \frac{2}{5}V_T - \frac{6}{5}V_T = 20i$$

ادامه در فیش بعدی

$$\frac{1}{5}V_T = 20i \Rightarrow V_T = 100i$$

$$\begin{cases} V_T = 100i \\ V_T = R_{th}i + V_{th} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{th} = 100\Omega \\ E_{oc} = V_{th} = 0 \end{cases}$$

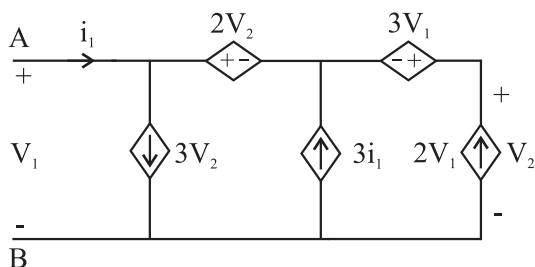
من چقدر خوشبختم که این روش‌ها رو بلدم



چون در این سؤال منبع مستقل وجود نداشت پس $V_{th} = 0$ خواهد شد. همیشه به یاد داشته باشید که منابع مستقل ولتاژ و جریان هستند که ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه را به وجود می‌آورند.

سراسری ۸۰ و آزاد ۹۱

مقاومت دیده شده در سرهای A و B مدار شکل زیر چند اهم است.



(۱) صفر

(۲) $\frac{1}{2}$

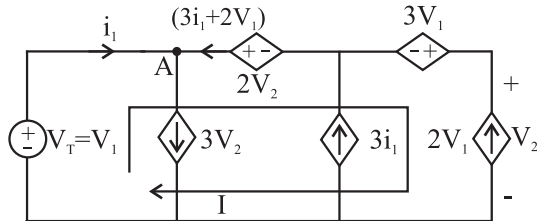
(۳) ۲

(۴) بی‌نهایت



گزینه ۳ صحیح است.

برای به دست آوردن مقاومت معادل منبع تست را در دو سر a و b قرار داده و منابع مستقل را خاموش می‌کنیم (البته منبع مستقلی وجود ندارد) سپس خانم KCL و آقای KVL وارد می‌شود و سؤال براحتی حل می‌شود:



$$3i_1 + 2V_1 + i_1 = 3V_2 \quad \text{در } A \text{ } KCL$$

$$I \text{ در } KVL$$

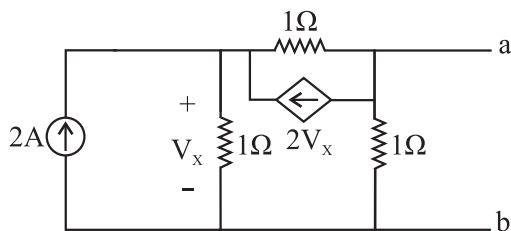
$$V_1 = 2V_2 - 3V_1 + V_2 \rightarrow 4V_1 = 3V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{4}{3}V_1$$

$$4i_1 + 2V_1 = 3\left(\frac{4}{3}V_1\right) = 4V_1 \rightarrow 2V_1 = 4i_1 \Rightarrow V_1 = 2i_1$$

$$R_{th} = \frac{V_1}{i_1} = 2$$

سراسری ۸۱

در مدار شکل زیر مقاومت معادل تونن دیده شده از سرهای a و b کدام است؟



(۱) صفر

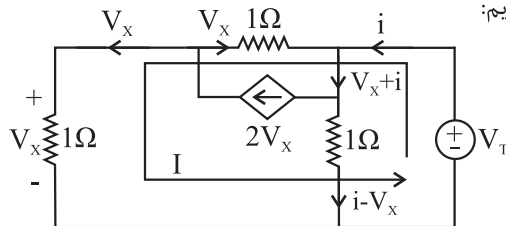
(۲) $\frac{2}{3}\Omega$ (۳) 1Ω

(۴) بی‌نهایت



گزینه ۱ صحیح است

برای به دست آوردن مقاومت معادل باید یک منبع تست قرار داده و منبع جریان مستقل را مدار باز کنیم سپس روش خانم KCL و آقای KVL را اعمال می‌کنیم پس داریم:

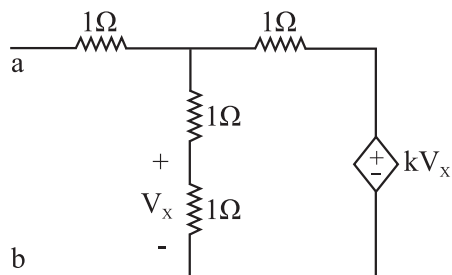


$$V_T = -V_x + V_x = 0 \rightarrow V_T = 0 \quad \text{در } I \text{ } KVL$$

پس $R_{th} = 0$ خواهد بود.

سراسری ۸۲

در مدار شکل زیر به ازای چه مقدار k مقاومت دیده شده در سرهای a و b منفی است؟



۱ (۱)

۲ (۲)

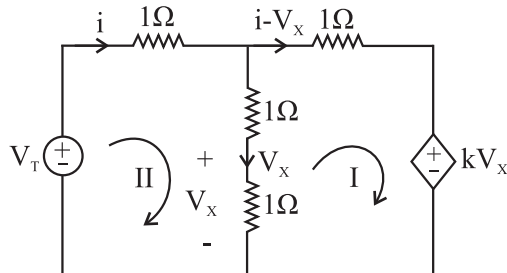
۲/۵ (۳)

۴ (۴)



گزینه ۴ صحیح است.

برای به دست آوردن مقاومت معادل یک منبع تست را قرار داده و روش خانم KCL و آقای KVL را اعمال می‌کنیم:



جریان شاخه‌ها را ابتدا به دست می‌آوریم. چون ولتاژ دو سر مقاومت ۱ اهمی برابر V_x است پس جریان آن نیز برابر V_x خواهد بود (شاخه‌ی وسطی).

$$i - V_x + kV_x - 2V_x = 0 \quad KVL \text{ در } I$$

$$V_x = \frac{1}{3-k} i$$

KVL در II :

$$V_T = i + 2V_x = i + \frac{2}{3-k} i = \frac{5-k}{3-k} i$$

$$V_T = \frac{5-k}{3-k} i$$

ادامه در فیش بعدی

$$R_{th} = \frac{5-k}{3-k}$$

$$\text{نادرست} \quad R_{th} = \frac{5-1}{3-1} = 2 \quad ۱ \text{ (۱)}$$

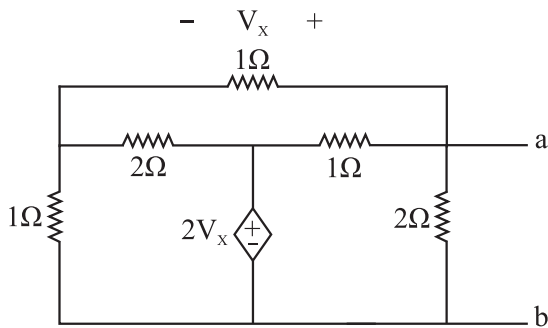
$$\text{نادرست} \quad R_{th} = \frac{5-2}{3-2} = 3 \quad ۲ \text{ (۲)}$$

$$\text{نادرست} \quad R_{th} = \frac{5-2.5}{3-2.5} = 5 \quad ۲/۵ \text{ (۳)}$$

$$\text{درست} \quad R_{th} = \frac{5-4}{3-4} = -1 \quad ۴ \text{ (۴)}$$

سراسری ۸۲

مقاومت دیده شده در سرهای a و b کدام است؟



(۱) $\frac{4}{7}$

(۲) $\frac{15}{14}$

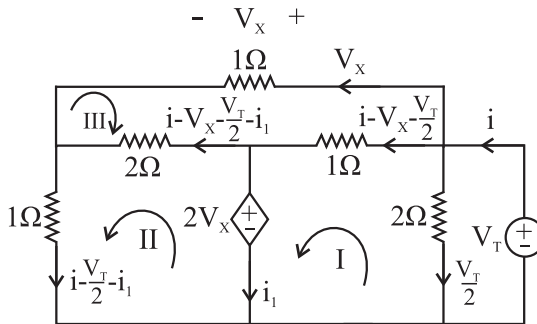
(۳) $\frac{7}{4}$

(۴) $\frac{14}{15}$



گزینه ۴ صحیح است.

مقاومت معادل: منبع تست را قرار داده و منابع مستقل را خاموش می‌کنیم سپس با روش خودمان (خانم KCL و آقای KVL) مدار را حل می‌کنیم:



$$V_T = i - V_x - \frac{V_T}{2} + 2V_x \quad \text{در } KVL \text{ I}$$

$$\frac{3}{2}V_T = i + V_x \Rightarrow V_T = \frac{2}{3}i + \frac{2}{3}V_x \quad *$$

در KVL II:

$$2V_x = 2i - 2V_x - \frac{2V_T}{2} - 2i_1 + i - \frac{V_T}{2} - i_1$$

$$V_T = 2i - \frac{8}{3}V_x - 2i_1 \quad **$$

ادامه در فیش بعدی

KVL در III:

$$i - V_x - \frac{V_T}{2} + 2i - 2V_x - \frac{2V_T}{2} - 2i_1 - V_x = 0$$

$$V_T = 2i - \frac{8}{3}V_x - \frac{4}{3}i_1 \quad ***$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_T = \frac{2}{3}i + \frac{2}{3}V_x & * \\ V_T = 2i - \frac{8}{3}V_x - 2i_1 & ** \\ V_T = 2i - \frac{8}{3}V_x - \frac{4}{3}i_1 & *** \end{cases}$$

$$\xrightarrow{***, **} \cancel{2i - \frac{8}{3}V_x - 2i_1} = \cancel{2i - \frac{8}{3}V_x} - \frac{4}{3}i_1$$

$$\Rightarrow -\frac{2}{3}i_1 = 0 \Rightarrow i_1 = 0$$

$$\xrightarrow{i_1=0} \begin{cases} V_T = \frac{2}{3}i + \frac{2}{3}V_x & * \\ V_T = 2i - \frac{8}{3}V_x & ** \end{cases}$$

ادامه در پشت فیش

$$\begin{aligned}
 &\xrightarrow{**,*} \frac{2}{3}i + \frac{2}{3}V_x = 2i - \frac{8}{3}V_x \\
 &\frac{4}{3}i = \frac{10}{3}V_x \Rightarrow V_x = \frac{2}{5}i \\
 &V_T = \frac{2}{3}i + \frac{2}{3}V_x \xrightarrow{V_x = \frac{2}{5}i} V_T = \left(\frac{2}{3} + \frac{4}{15}\right)i = \frac{14}{15}i \\
 &V_T = \frac{14}{15}i \quad , \quad R_{th} = \frac{14}{15}
 \end{aligned}$$

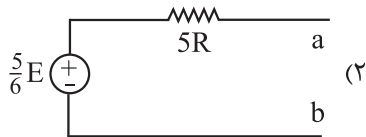
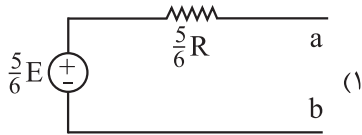
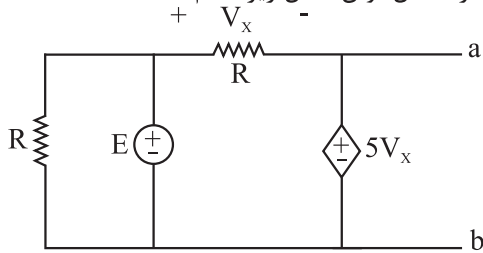
عجب سؤالی بود!!!!!!

دوستان این گونه سؤالات بحث مداریش راحت‌تر فقط کمی

محاسبات ریاضی آن زیاد است.

سراسری ۸۴

مدار معادل تونن شکل زیر کدام است؟

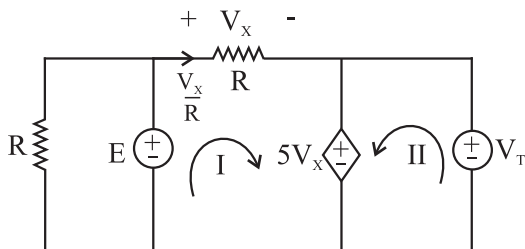


(۴) مدار معادل تونن ندارد.



گزینه ۳ صحیح است.

چون صورت سؤال ذکر کرده معادل تونن را بیابید یک منبع تست را در سرهای a و b قرار داده و منبع ولتاژ مستقل را نیز صفر می‌کنیم سپس اعمال خانم KCL و آقای KVL ، یادتون که نرفته!!!!



$$E = 6V_x \Rightarrow V_x = \frac{E}{6} \quad :I \text{ در } KVL$$

$$V_T = 5V_x \Rightarrow V_T = \frac{5}{6}E \quad :II \text{ در } KVL$$

$$\begin{cases} V_T = \frac{5}{6}E \\ V_T = R_{th}I + E_{oc} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{th} = 0 \\ E_{oc} = \frac{5}{6}E \end{cases}$$

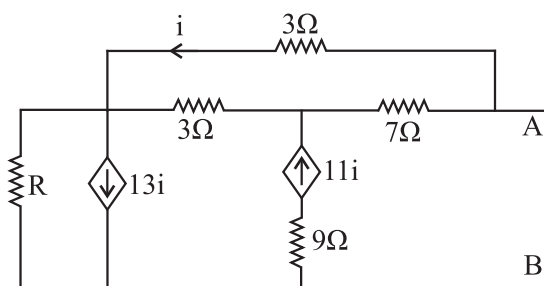
پس از آنکه ما ادعا کردیم با روش خانم KCL و آقای KVL و نکات مربوط به ولتاژ مدار باز، جریان اتصال کوتاه، مقاومت معادل و معادل تونن و نورتن می‌توانیم تمامی سؤالات این بخش را جواب بدهیم، سؤالات کنکور خیلی عصبانی شدند و گفتند اگر واقعاً این طوری است این ۴ تا سؤال ما رو حل کنید.

ببینیم می‌توانیم با این روشها این ۴ تا سؤال رو هم حل کنیم یا نه؟

- .
- .
- .
- .
- .
- .

سراسری ۸۵

مقاومت معادل دو سر A و B در مدار شکل زیر کدام است؟



(۱) $3R + 3.2$

(۲) $2R - 1.5$

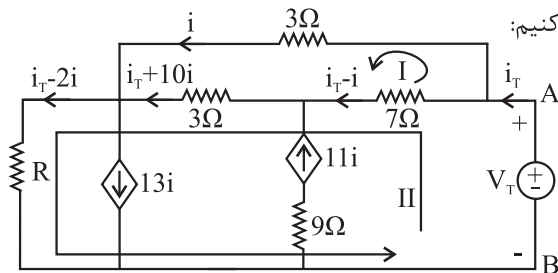
(۳) $1.4R + 3$

(۴) $2.4R + 2$



گزینه ۲ صحیح است

این سؤال اول جنگ بین DLM و سؤالات کنکور مدار است. برای به دست آوردن مقاومت معادل یک منبع تست را بین دو سر A و B قرار داده و منابع مستقل را خاموش می‌کنیم و روش خانم KCL و آقای KVL را اعمال می‌کنیم:



$$3i - 3i_T - 30i + 7i - 7i_T = 0 \rightarrow i = -\frac{1}{2}i_T : I \text{ در } KVL$$

$$V_T = 7i_T - 7i + 3i_T + 30i + Ri_T - 2Ri : II \text{ در } KVL$$

$$V_T = 3i + Ri_T - 2Ri = -\frac{3}{2}i_T + Ri_T + Ri_T$$

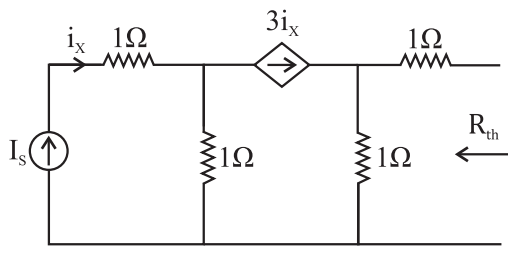
$$V_T = 2Ri_T - \frac{3}{2}i_T = (2R - 1.5)i_T$$

$$V_T = (2R - 1.5)i_T \rightarrow R_{th} = 2R - 1.5$$

سؤال اول رو حل کردیم.

سراسری ۸۶

مقاومت معادل تونن مدار شکل زیر کدام است؟



۱ ()

 $\frac{4}{3}$ (۲)

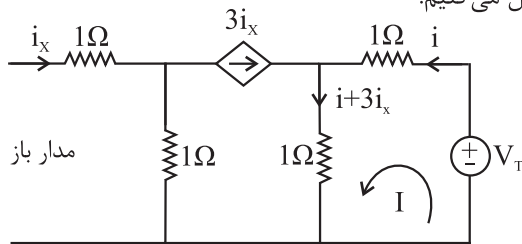
۱.۵ (۳)

۲ (۴)



گزینه ۴ صحیح است.

سؤال دوم جنگ بین DLM و سؤالات کنکور مدار: برای به دست آوردن مقاومت معادل یک منبع تست را بین دو سر a و b قرار داده و منبع جریان مستقل را خاموش کرده (مدار باز) و با خانم KCL و آقای KVL سؤال را براحتی حل می‌کنیم:



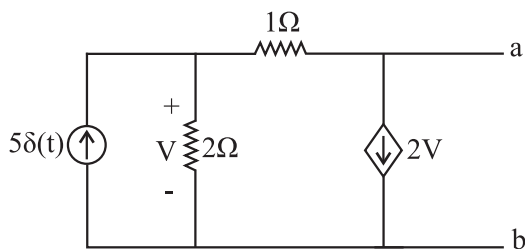
با توجه به مدار باز شدن $i_x = 0$

$$V_T = i + i + 3i_x = 2i \quad \text{در } KVL$$

$$R_{th} = \frac{V_T}{i} = 2$$

سراسری ۸۷

مدار معادل تونن در سرهای a و b کدام است؟



$$V_{th} = \delta(t) \quad \text{و} \quad R_{th} = 2\Omega \quad (۱)$$

$$V_{th} = 2\delta(t) \quad \text{و} \quad R_{th} = 3\Omega \quad (۲)$$

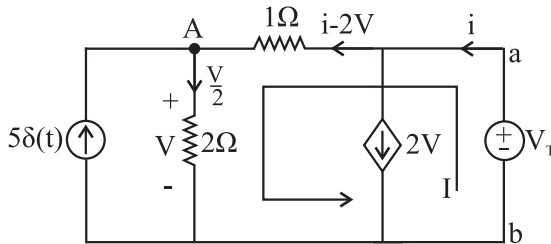
$$V_{th} = -2\delta(t) \quad \text{و} \quad R_{th} = \frac{3}{5}\Omega \quad (۳)$$

$$V_{th} = -\delta(t) \quad \text{و} \quad R_{th} = \frac{3}{5}\Omega \quad (۴)$$



گزینه ۳ صحیح است.

سؤال سوم جنگ بین DLM و سؤالات کنکور مدار: برای به دست آوردن معادل تونن، یک منبع تست را بین سرهای a و b قرار داده و با روش خانم KCL و آقای KVL مدار را حل می‌کنیم:



$$5\delta(t) + i - 2V = \frac{V}{2} \quad \text{در } A \text{ در } KCL$$

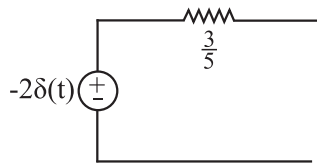
$$\Rightarrow \frac{5}{2}V = 5\delta(t) + i \Rightarrow V = 2\delta(t) + \frac{2}{5}i$$

$$V_T = i - 2V + V = i - V \quad \text{در } I \text{ در } KVL$$

$$V_T = i - 2\delta(t) - \frac{2}{5}i \Rightarrow V_T = \frac{3}{5}i - 2\delta(t)$$

ادامه در فیش بعدی

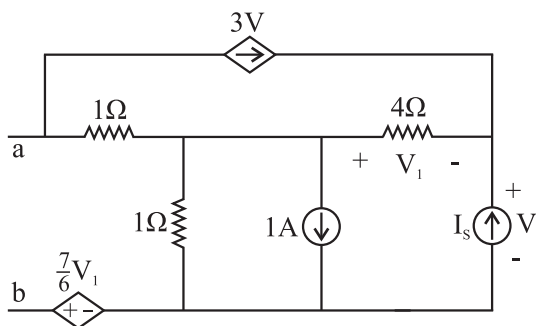
$$\begin{cases} V_T = R_{th}i + E_{oc} \\ V_T = \frac{3}{5}i - 2\delta(t) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_{th} = \frac{3}{5} \\ V_{th} = E_{oc} = -2\delta(t) \end{cases}$$



این جنگ را هم *DLM* برد
اما باید آماده سؤال آخر و جنگ آخر باشیم.

سراسری ۸۷

در مدار شکل زیر مقاومت معادل در سرهای a و b کدام است؟



$$\frac{5}{11} \quad (۱)$$

$$1 \quad (۲)$$

$$3 \quad (۳)$$

$$\frac{39}{11} \quad (۴)$$



گزینه ۲ صحیح است
 آخرین مبارز سؤالات کنکور مدار وارد میدان جنگ با
 DLM می‌شود.

به خاطر یک مشت درصد



همه چیز آماده مبارزه است یک نفر ماشه را فشار داده و آن
 یکی را می‌کشد به نظر شما چه می‌شود؟؟؟

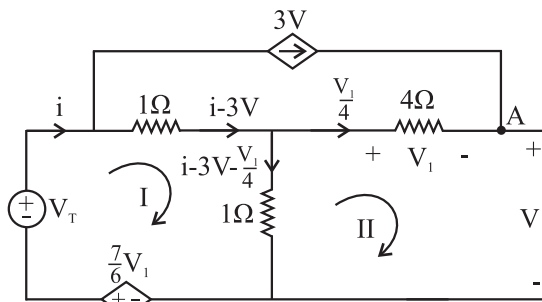
ادامه در فیش بعدی

اول باید ببینیم در فکر داوطلب DLM چه می‌گذرد:

سؤال گفته مقاومت معادل، پس یک منبع تست را در دو سر a و b قرار داده و منابع جریان را مدار باز می‌کنیم:



ادامه در پشت فیش



$$3V + \frac{V_1}{4} = 0 \Rightarrow V_1 = -12V \quad \text{A در } KCL$$

$$V_T = i - 3V + i - 3V - \frac{V_1}{4} - \frac{7}{6}V_1 \quad \text{I در } KVL$$

$$V_T = 2i - 6V - \frac{34}{24}V_1 \xrightarrow{V_1 = -12V} V_T = 2i + 11V$$

$$V_1 + V = i - 3V - \frac{V_1}{4} \quad \text{II در } KVL$$

$$i = 4V + \frac{5}{4}V_1$$

$$i = 4V + \frac{5}{4}(-12V) = 4V - 15V = -11V$$

$$V_T = 2i + 11V = 2i + 11\left(-\frac{i}{11}\right)$$

ادامه در فیش بعدی

$$V_T = 2i - i = i$$

$$R_{th} = 1\Omega$$

داوطلب *DLM* باز هم به جواب رسید



و با یک شلیک گزینه ۲ را زد و مبارز مدار را کشت.



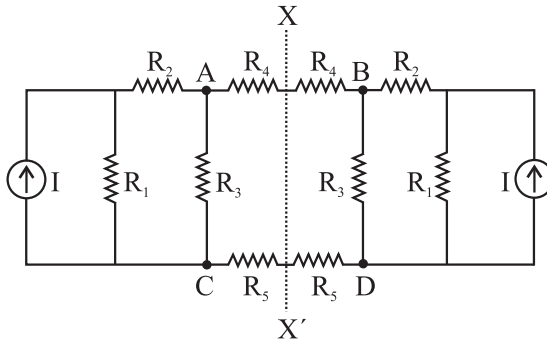
ادامه در پشت فیش

پس از پایان جنگ یکبار دیگر پرچم DLM در میدان
جنگ کنکور بالا رفت.



حل مدارهای مقاومتی متقارن:

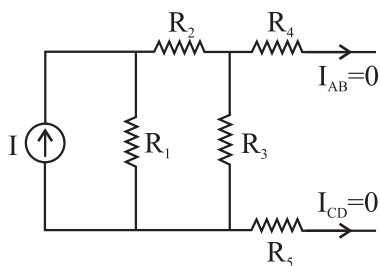
بعضی از مدارها دارای ساختار متقارن می‌باشند که با توجه به آنها می‌توان مدار را ساده کرد و مقاومت معادل را به دست آورد.



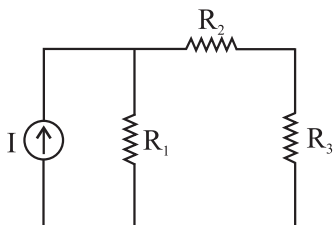
مدار نسبت به محور XX' کاملاً متقارن می‌باشد و در نتیجه ولتاژ A با B و C با D برابر بوده و در واقع $I_{AB} = I_{CD} = 0$ خواهند بود.

ادامه در پشت فیش

پس می‌توان این دو شاخه را حذف کرد و مدار را به دو قسمت متقارن تقسیم کرد.



⇓



حال می‌توان ولتاژ و جریان شاخه‌ها را براحتی محاسبه کرد.

مدارهای الکتریکی ۱، زرگر، انتشارات پوران پژوهش، ص ۴۳

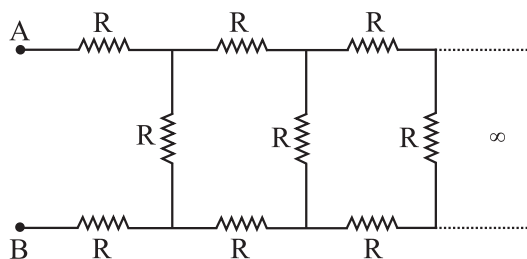
محاسبه مقاومت معادل در شکل‌های متقارن:

در این مدارها بخاطر متقارن و منظم بودن مقاومت‌ها می-
توان قسمتی از مدار را معادل مقاومت کل یا ضربی از آن
مقاومت مدل کرد و بعد با سری و موازی کردن مقاومت
کل را محاسبه کنیم.

مدارهای الکتریکی ۱، زرگر، انتشارات پوران پژوهش، ص ۴۵



مثال: مقاومت معادل دیده شده از دو سر A و B کدام است؟



(۱) R

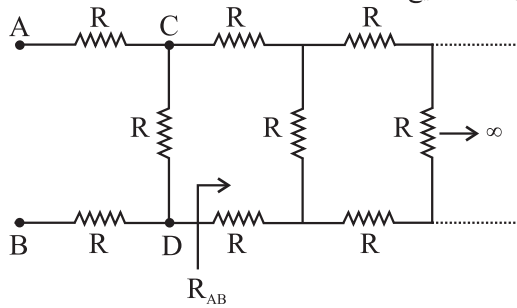
(۲) $2.7R$

(۳) $3R$

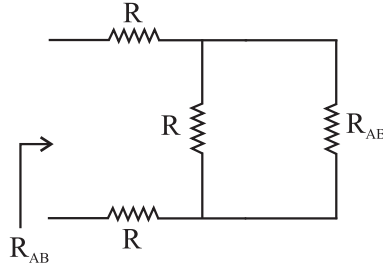
(۴) بی‌نهایت



گزینه ۲ صحیح است.



اگر از دو سر C و D به مدار نگاه کنیم همان مداری را خواهیم دید که از دو سر A و B می‌بینیم در نتیجه:



$$R_{AB} = R + R + R \parallel R_{AB} \rightarrow R_{AB} = 2R + \frac{RR_{AB}}{R + R_{AB}}$$

ادامه در فیش بعدی

مدارهای الکتریکی ۱، زرگر، انتشارات پوران پژوهش، ص ۴۶

$$R_{AB} = \frac{2R(R + R_{AB}) + RR_{AB}}{R + R_{AB}}$$

$$\cancel{RR_{AB}} + R_{AB}^2 = 2R^2 + 2RR_{AB} + \cancel{RR_{AB}}$$

$$R_{AB}^2 - 2RR_{AB} - 2R^2 = 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = 4R^2 - 4(1)(-2R^2) = 12R^2$$

$$R_{AB} = \frac{-(-2R) \pm \sqrt{12R^2}}{2}$$

$$R_{AB} = \frac{2R \pm 2R\sqrt{3}}{2} = R \pm R\sqrt{3}$$

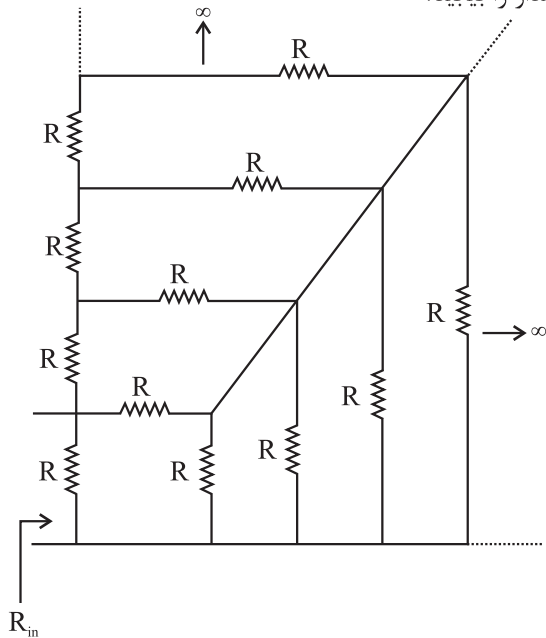
$$R_{AB} = \begin{cases} R + R\sqrt{3} = 2.7R & \checkmark \\ R - R\sqrt{3} = -0.7R & \text{غ ق ق} \end{cases}$$

$$\boxed{R_{AB} = 2.7R}$$

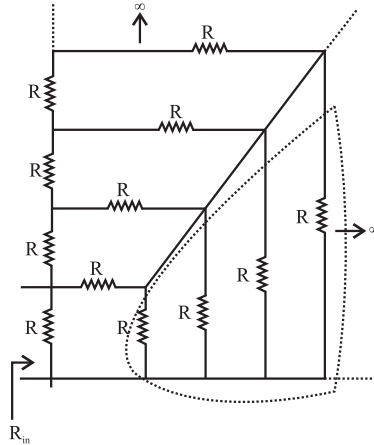
سراسری ۷۵

اگر مقاومت کلیه شاخه‌ها برابر R باشد، مقاومت ورودی این

مدار را بیابید؟

 $0.615R$ (r) $R(\cdot)$ $0.382R$ (¢) $0.5R$ (3)

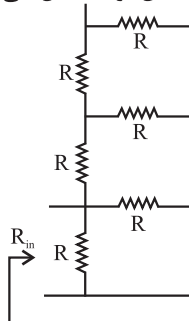
گزینه ۴ صحیح است.



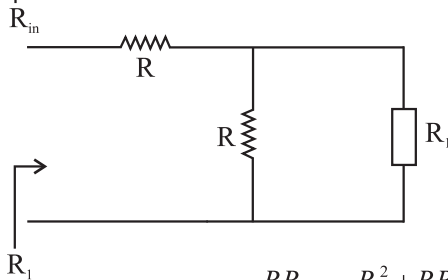
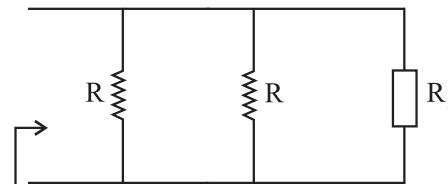
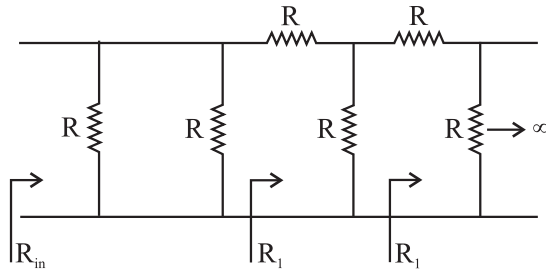
بی‌نهایت مقاومت R با هم موازی می‌باشند پس داریم که:

$$R_{total} = \frac{R}{n} = \frac{R}{\infty} = 0$$

این قسمت از مدار مانند یک اتصال کوتاه عمل می‌کند.



ادامه در فیش بعدی



$$R_1 = R + R \parallel R_1 = R + \frac{RR_1}{R + R_1} = \frac{R^2 + RR_1 + RR_1}{R + R_1}$$

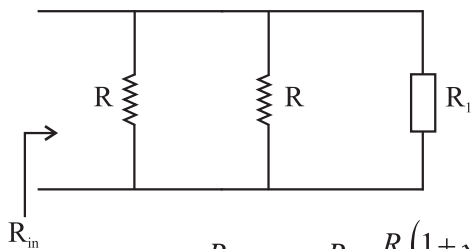
$$RR_1 + R_1^2 = R^2 + 2RR_1 \rightarrow R_1^2 - RR_1 - R^2 = 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = R^2 - 4(1)(-R^2) = R^2 + 4R^2 = 5R^2$$

ادامه در پشت فیش

$$R_1 = \frac{-(-b) \pm \sqrt{\Delta}}{2} = \frac{+R \pm R\sqrt{5}}{2}$$

$$R_1 = \begin{cases} \frac{R + R\sqrt{5}}{2} = \frac{R(1 + \sqrt{5})}{2} \\ \frac{R - R\sqrt{5}}{2} \quad \leftarrow \text{غ ق ق} \end{cases}$$



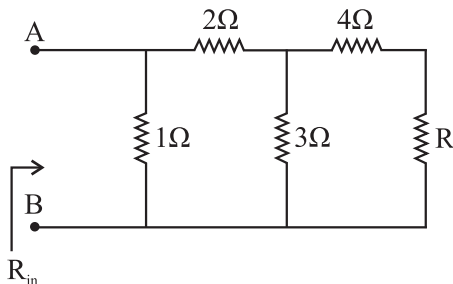
$$R_{in} = R \parallel R \parallel R_1 = \frac{R}{2} \parallel R_1 = \frac{R}{2} \parallel \frac{R(1 + \sqrt{5})}{2}$$

$$R_{in} = \frac{\frac{R}{2} \left(\frac{R}{2} + R \frac{\sqrt{5}}{2} \right)}{\frac{R}{2} + \frac{R}{2} + R \frac{\sqrt{5}}{2}} = \frac{R \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{2} \right)}{2 + \sqrt{5}}$$

$$R_{in} = \frac{R(1 + \sqrt{5})}{2(2 + \sqrt{5})} = 0.382R$$

سراسری ۸۱ و آزاد ۹۱

در مورد مقاومت دیده شده R_{in} در دو سر A و B مدار
شکل زیر کدام رابطه همواره برقرار است؟



$$R_{in} < 0.65 \quad (۱)$$

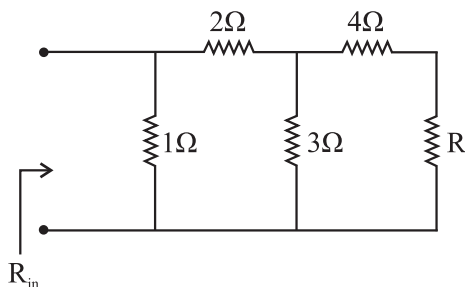
$$R_{in} = 0.7 \quad (۲)$$

$$R_{in} < 0.75 \quad (۳)$$

$$R_{in} < 0.85 \quad (۴)$$



گزینه ۴ صحیح است.



$$R_{in} = \left[\left((R + 4) \parallel 3 \right) + 2 \right] \parallel 1 = \left[\frac{3(R + 4)}{R + 7} + 2 \right] \parallel 1$$

$$R_{in} = \frac{3R + 12 + 2R + 14}{R + 7} \parallel 1 = \frac{5R + 26}{R + 7} \parallel 1$$

$$R_{in} = \frac{\frac{5R + 26}{R + 7}}{\frac{5R + 26}{R + 7} + 1} = \frac{\frac{5R + 26}{R + 7}}{\frac{5R + 26 + R + 7}{R + 7}} = \frac{R + 7}{6R + 33}$$

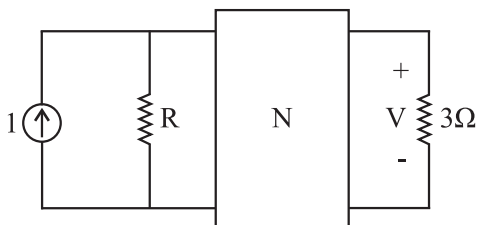
$$R_{in} = \frac{5R + 26}{6R + 33} \rightarrow \begin{cases} R = 0 \rightarrow R_{in} = \frac{26}{33} = 0.787 \\ R = \infty \rightarrow R_{in} = \frac{5}{6} = 0.83 \end{cases}$$

$$0.787 < R < 0.83$$

با توجه به گزینه‌ها، گزینه ۴ صحیح است.

سراسری ۸۳

در مدار شکل زیر شبکه N متشکل از مقاومت‌های خطی مثبت است. کدامیک از گزینه‌های زیر می‌تواند ولتاژ V را نشان دهد. ($R > 0$)



$$\frac{2R}{R+1} \quad (۱)$$

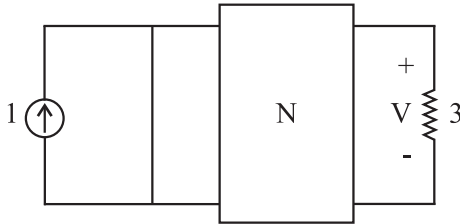
$$\frac{2R+1}{R+1} \quad (۲)$$

$$\frac{7R}{2R+3} \quad (۳)$$

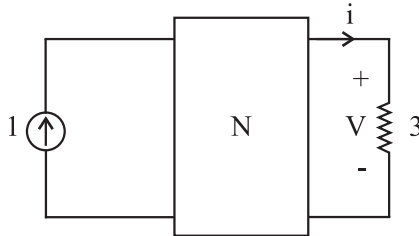
$$\frac{4R+1}{3R+1} \quad (۴)$$



گزینه ۱ صحیح است. الف) اگر $R = 0$ باشد:



ولتاژ دو سر منبع جریان صفر است پس منبع جریان حذف شده و $V = 0$ خواهد شد. با توجه به این نکته یکی از گزینه‌های ۱ یا ۳ می‌تواند درست باشد.
ب) اگر $R = \infty$ باشد.



$$\text{گزینه ۱: } V = \frac{2R}{R+1} = 2 = 3i \Rightarrow i = \frac{2}{3} = 0.67$$

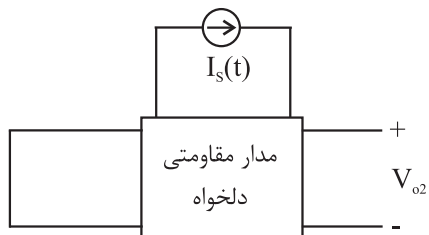
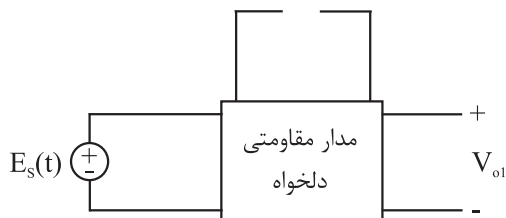
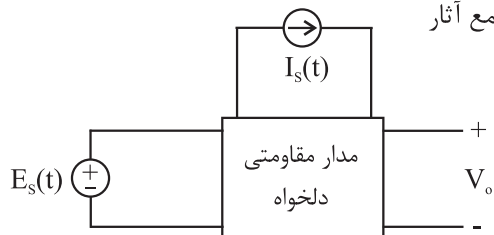
$$\text{گزینه ۳: } V = \frac{7R}{2R+3} = \frac{7}{2} = 3i \Rightarrow i = \frac{7}{6} = 1.17$$

i باید کوچکتر از یک باشد پس گزینه ۱ صحیح است.

قضیه بیان می‌کند که پاسخ حاصل از اعمال همزمان دو یا چند منبع مستقل، برابر مجموع پاسخ‌های حاصل از اعمال هر یک از این منابع مستقل به تنهایی است؛ به شرط آنکه دیگر منابع مستقل موجود در مدار برابر صفر قرار داده شوند (منابع ولتاژ \leftarrow اتصال کوتاه و منابع جریان \leftarrow مدار باز).



جمع آثار



$$V_o = V_{o1} + V_{o2}$$

اثر منبع ولتاژ

اثر منبع جریان

نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبه‌دار، ص ۱۰۸

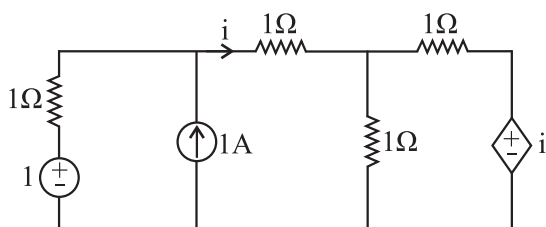
نکته: در استفاده از قضیه جمع آثار همیشه به یاد داشته باشید که هنگامی که از تک‌تک منابع مستقل، ولتاژ و جریان را حساب می‌کنیم در هر حالت باید عیناً در مدار باقی بمانند.



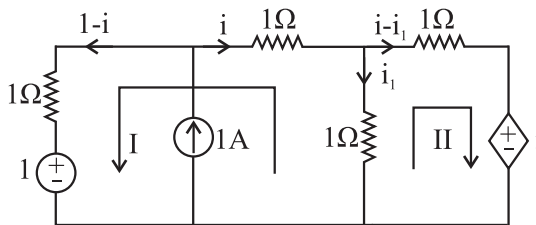
منابع وابسته

نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبه‌دار، ص ۱۰۹

مثال: در مدار شکل زیر i را بدست آورید.



از روش خانم KCL و آقای KVL می‌توان به سادگی i را به دست آورد.



جریان i_1 را فرضی گرفته و با استفاده از آن جریان شاخه-

های دیگر را به دست می‌آوریم حال KVL می‌زنیم:

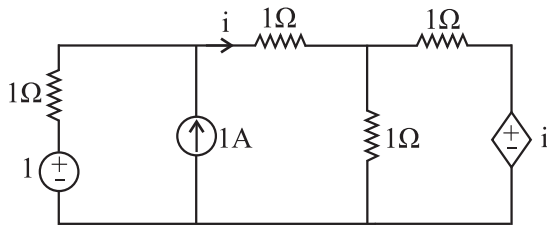
$$\text{در } KVL: -i_1 - i + 1 - i + 1 = 0 \rightarrow i_1 = 2 - 2i$$

$$\text{در } KVL: -i_1 + i - i_1 + i = 0 \rightarrow i_1 = i$$

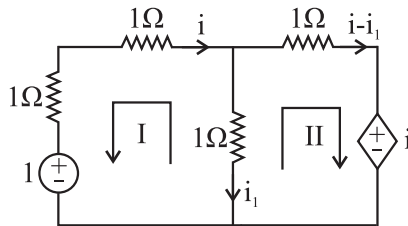
$$\Rightarrow i_1 = 2 - 2i \xrightarrow{i_1 = i} i + 2i = 2 \rightarrow 3i = 2$$

$$\Rightarrow i = \frac{2}{3}$$

مثال: در مدار شکل زیر با استفاده از قضیه جمع آثار i را بدست آورید.



ابتدا اثر منبع ولتاژ را بررسی می‌کنیم: منبع جریان را خاموش (مدار باز) می‌کنیم سپس با استفاده از روش خانم KCL و آقای KVL مدار را حل می‌کنیم:



$$KVL \text{ در } I: -i_1 - i - i + 1 = 0 \rightarrow -i_1 = 2i - 1$$

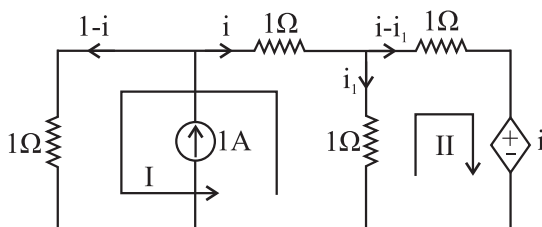
$$KVL \text{ در } II: -i_1 + i - i_1 + i = 0 \rightarrow i = i_1$$

$$\Rightarrow -i_1 = 2i - 1 \xrightarrow{i=i_1} 3i = 1 \Rightarrow i = \frac{1}{3}$$

حال اثر منبع جریان را بررسی می‌کنیم: منبع ولتاژ را خاموش یعنی اتصال کوتاه کنید بعد i را با روش خانم KCL و آقای KVL بدست بیاورید.

ادامه در فیش بعدی

امیدوارم که جواب را درست به دست آورده باشید حال
جواب سؤال را می‌بینیم:



$$-i_1 - i + 1 - i = 0 \rightarrow i_1 = 1 - 2i \quad \text{در } KVL \text{ I}$$

$$-i_1 + i - i_1 + i = 0 \rightarrow i = i_1 \quad \text{در } KVL \text{ II}$$

$$i_1 = 1 - 2i \xrightarrow{i=i_1} 3i = 1 \rightarrow i = \frac{1}{3}$$

پس با استفاده از جمع آثار داریم:

$$i = i + i = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

ناشی از منبع ولتاژ ناشی از منبع جریان

$$\Rightarrow i = \frac{2}{3}$$

ادامه در پشت فیش

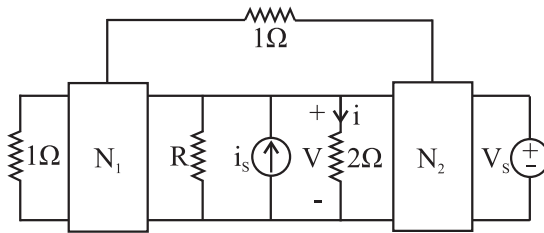
همان‌طور که ملاحظه کردید جواب همان جواب مثال قبل بود. شاید این سؤال به نظر برسد که چرا وقتی می‌شود یکبار مدار را حل کرد، با استفاده از جمع آثار دو مدار جدا را حل کرده و کلی وقت تلف کنیم تا به همان جواب برسیم. اولاً این یک مفهوم بود که امیدوارم آنرا خوب درک کرده باشید ثانیاً در بعضی سؤالات ممکن است از شما بخواهند که اثر یکی از منابع مستقل را به دست بیاورید و یا اصلاً حل سؤالات با این روش در بعضی موارد بهتر باشد.

سراسری ۸۴

در مدار شکل زیر N_1 و N_2 از مقاومت‌های خطی مثبت تشکیل شده و به ازای $R = 2$ داریم:

$$i = \frac{1}{3}i_s + \frac{1}{4}V_s$$

مقاومت معادل دیده شده از دو سر R کدام است؟



۱ ()

$\frac{1}{2}$ (۲)

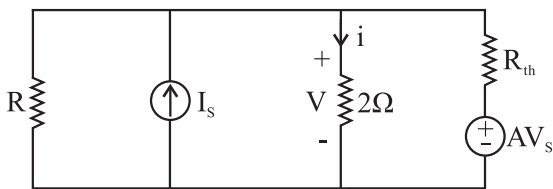
$\frac{1}{3}$ (۳)

۴ () بدون داشتن N_1 و N_2 نمی‌توان حساب کرد.



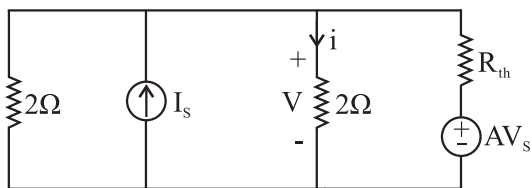
گزینه ۱ صحیح است.

برای حل سؤال ابتدا معادل تونن مدار را از دو سر مقاومت ۲ اهمی، مقاومت R و منبع جریان رسم می‌کنیم چون فقط یک منبع ولتاژ داریم ولتاژ مدار باز را ضریبی از V_s می‌گیریم. پس داریم:



صورت سؤال گفته اگر $R = 2$ باشد $i = \frac{1}{3}i_s + \frac{1}{4}V_s$

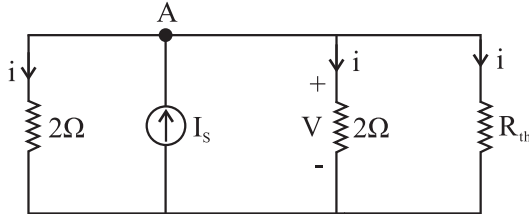
خواهد بود پس:



ادامه در فیش بعدی

اگر تنها اثر I_s را در نظر بگیریم داریم که:

منبع ولتاژ اتصال کوتاه



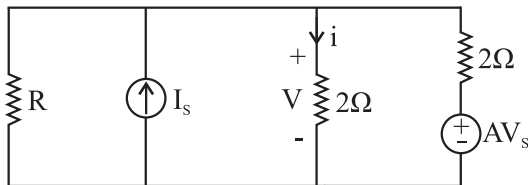
چون $i = \frac{1}{3} I_s$ خواهد شد و از مقاومت ۲ اهمی دیگر نیز

یعنی $(R = 2)$ دوباره i می‌گذرد از R_{th} نیز باید i عبور کند تا KCL در نقطه A درست باشد یعنی:

$$I_s = 3i = 3 \times \frac{1}{3} I_s = I_s$$

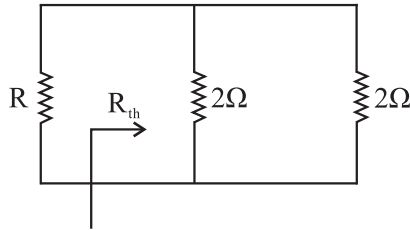
$$R_{th} = 2 \quad \text{پس}$$

پس داریم:



ادامه در پشت فیش

برای به دست آوردن مقاومت معادل از دو سر R منابع را خاموش می‌کنیم.



$$R_{th} = 2 \parallel 2 = \frac{2 \times 2}{2 + 2} = 1\Omega$$

در حل این سؤال از جمع آثار برای به دست آوردن اثر I_s بر روی i استفاده کردیم.

با DLM در کنکور و درس مدار آن موفق خواهید شد.

قبل از ادامه درس می‌خواهیم برای روش حل اینگونه
سؤالات که تلفیقی از معادل تونن و نورتن و جمع آثار است
اسم انتخاب کنیم.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

یک اسم پیشنهاد می‌کنم که همیشه به یاد داشته باشید.

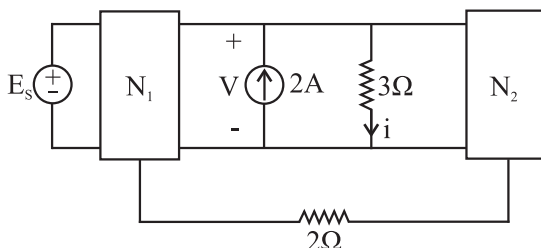


روش تونن – جمع آثار

یعنی ابتدا معادل تونن مدار را رسم کرده و بعد با استفاده از خاصیت جمع آثار مدار را حل می‌کنیم.

سراسری ۸۳

در مدار شکل زیر N_1 و N_2 از مقاومتهای خطی مثبت تشکیل شده و $V = \frac{1}{6} \cos t + \frac{1}{2}$ ولت است. اگر یک منبع ولتاژ ۱۲ ولتی را با مقاومت ۳ اهمی در شکل به صورت سری وصل کنیم، جریان i به اندازه:



(۱) $\frac{11}{3}$ آمپر کم می‌شود.

(۲) ۳ آمپر کم می‌شود.

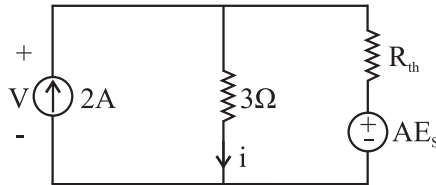
(۳) ۴ آمپر کم می‌شود.

(۴) ۴ آمپر اضافه می‌شود.



گزینه ۱ صحیح است.

حل با روش تونن - جمع آثار: ابتدا باید معادل تونن را از دو سر منبع جریان و مقاومت ۳ اهمی به دست بیاوریم چون در بقیه مدار فقط یک منبع ولتاژ وجود دارد پس ولتاژ مدار باز تونن برابر ضربی از E_s خواهد بود، در نتیجه:

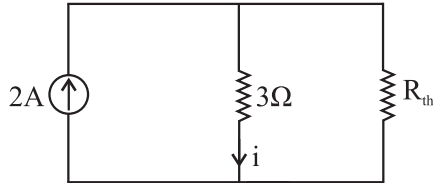


باید R_{th} را به دست بیاوریم. ابتدا با استفاده از جمع آثار، اثر منبع جریان $2A$ بر روی i را حساب می‌کنیم:

$$V = \frac{1}{2} \quad \text{اثر منبع جریان بر روی } V$$

$$\Rightarrow i = \frac{V}{3} = \frac{1}{6}$$

ادامه در فیش بعدی

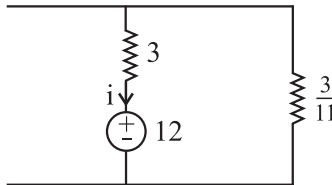


با استفاده از تقسیم جریان:

$$i = \frac{R_{th}}{R_{th} + 3} \times 2 = \frac{1}{6}$$

$$12R_{th} = R_{th} + 3 \Rightarrow R_{th} = \frac{3}{11}$$

منبع ولتاژ ۱۲ ولتی را سری با مقاومت 3Ω قرار داده و اثر آن را بر روی i محاسبه می‌کنیم در این حالت منبع جریان مدار باز و منبع ولتاژ (E_s) اتصال کوتاه بود:



ادامه در پشت فیش

$$3i + 12 + \frac{3}{11}i = 0 \rightarrow \frac{36}{11}i = -12$$

$$i = \frac{-12 \times 11}{36} = \frac{-11}{3}$$

پس جریان i به اندازه‌ی $\frac{11}{3}$ آمپر کم می‌شود.

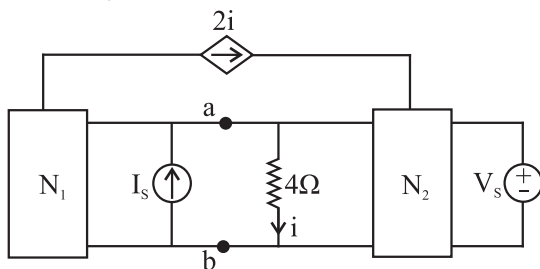
سراسری ۸۶

در مدار شکل زیر با فرض جواب یکتا، N_1 و N_2 از مقاومت‌های خطی تشکیل شده‌اند و داریم که

$$i = \frac{2}{7}(V_s + I_s)$$

به جای مقاومت ۴ اهمی چه مقاومتی

قرار دهیم تا کل مقاومت از دو سر a و b برابر $\frac{8}{9}$ باشد؟



$$\frac{8}{7} \quad (۱)$$

$$\frac{8}{5} \quad (۲)$$

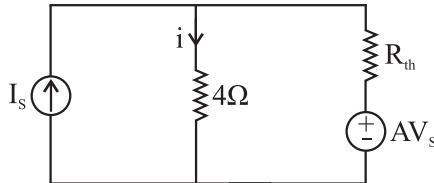
$$2 \quad (۳)$$

$$4 \quad (۴)$$

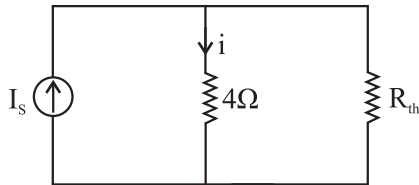


گزینه ۳ صحیح است.

با استفاده از روش تونن - جمع آثار مدار را حل می‌کنیم.
ابتدا مدار معادل را از دو سر منبع جریان و مقاومت ۴ اهمی رسم کرده و چون یک منبع ولتاژ مستقل داریم پس:



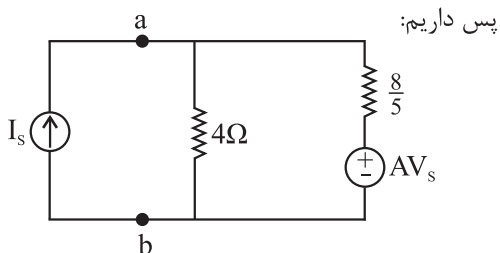
با استفاده از جمع آثار، اثر منبع جریان I_s را بر روی i به دست می‌آوریم:



$$i = \frac{2}{7} (I_s + I_s) \rightarrow i = \frac{2}{7} I_s$$

$$i = \frac{R_{th} I_s}{R_{th} + 4} = \frac{2}{7} I_s \Rightarrow 7R_{th} = 2R_{th} + 8 \rightarrow R_{th} = \frac{8}{5}$$

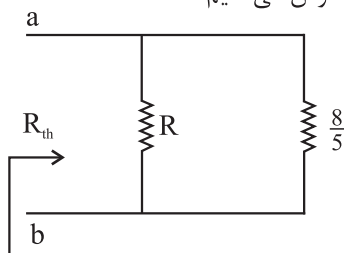
ادامه در فیش بعدی



صورت سؤال گفته به جای مقاومت 4 اهمی چه مقاومتی را

قرار دهیم تا مقاومت معادل برابر $\frac{8}{9}$ شود پس:

منابع را خاموش می‌کنیم.



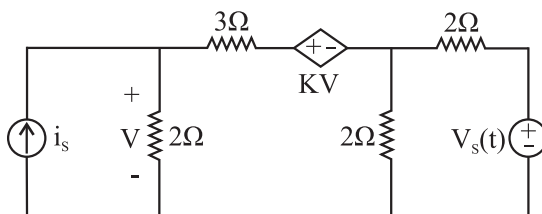
$$R_{th} = \frac{\frac{8}{5}R}{\frac{8}{5} + R} = \frac{8}{9}$$

ادامه در پشت فیش

$$\begin{aligned}\frac{8}{5}R &= \frac{64}{45} + \frac{8}{9}R \rightarrow \frac{8}{5}R - \frac{8}{9}R = \frac{64}{45} \\ \frac{8(9-5)}{45}R &= \frac{64}{45} \rightarrow \frac{32}{45}R = \frac{64}{45} \rightarrow R = 2\Omega\end{aligned}$$

سراسری ۹۰

در مدار شکل زیر به ازای چه مقدار K ولتاژ V ناشی از i_s برابر نصف آن است؟



(۱) $\frac{1}{2}$

(۲) 1

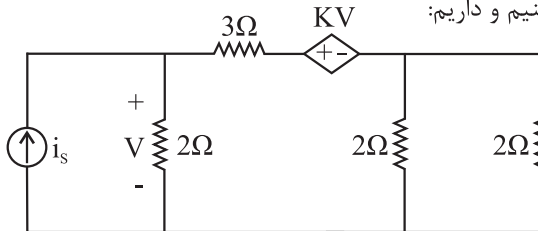
(۳) -5

(۴) هیچ مقدار K ، چون این مقدار جواب یگانه ندارد.

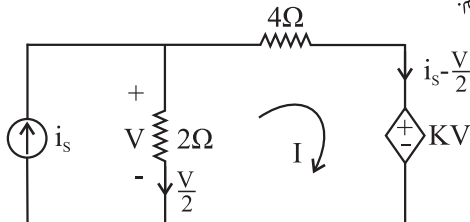


گزینه ۳ صحیح است.

برای حل سؤال از خاصیت جمع آثار استفاده می‌کنیم چون گفته ولتاژ V ناشی از منبع i_s پس منبع V_s را صفر می‌کنیم و داریم:



مقاومت‌های ۲ اهمی با هم موازی و برابر ۱ اهم می‌شوند سپس با مقاومت ۳ اهمی سری و برابر ۴ اهم می‌شود، پس داریم:



حال با روش خانم KCL و آقای KVL مدار را حل می‌کنیم:

$$V = 4i_s - 2V + KV \rightarrow (3 - K)V = 4i_s : I \text{ در } KVL$$

ادامه در فیش بعدی

$$(3-K)V = 4i_s, \quad V = \frac{1}{2}i_s$$

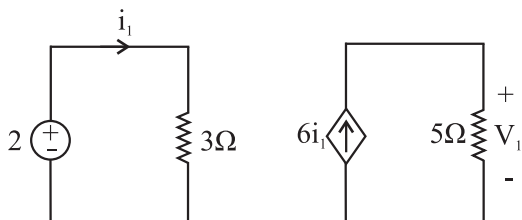
$$\Rightarrow \frac{3-K}{2} = 4 \Rightarrow 3-K = 8 \Rightarrow K = -5$$

برای کسی که خاصیت جمع آثار را درک کرده و روش خانم KCL و آقای KVL را بلد است یعنی یک داوطلب DLM حل اینگونه سؤالات مثل آب خوردن است.



آزاد ۸۰

در مدار زیر ولتاژ دو سر مقاومت ۵ اهمی $V_1(t)$ ، برابر با کدام گزینه است؟



(۱) ۳۰

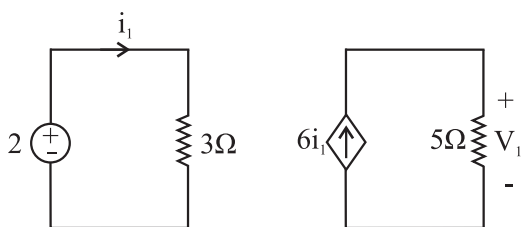
(۲) ۱۲

(۳) ۲۰

(۴) هیچکدام



گزینه ۳ صحیح است.

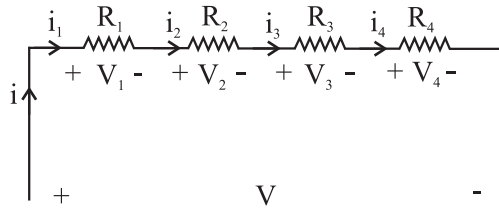


$$V_1 = 5 \times 6i_1 = 30i_1 \quad , \quad i_1 = \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow V_1 = 30 \times \frac{2}{3} = 20$$

اتصال سری مقاومت‌ها را با رسم شکل توضیح دهید.





اگر چند تا مقاومت را مانند بالا با هم سری کنیم خواهیم

$$\text{داشت: } i = i_1 = i_2 = i_3 = i_4$$

جریان تمام مقاومتها برابر خواهد بود.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

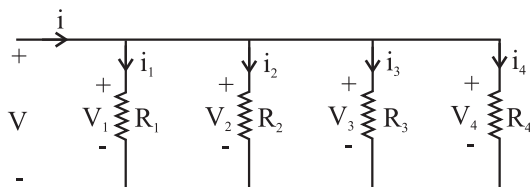
ولتاژ کل برابر مجموع ولتاژ تک تک مقاومتها

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

مقاومت معادل برابر مجموع مقاومتها خواهد بود

اتصال موازی مقاومت‌ها را با رسم شکل توضیح دهید.





ولتاژ تمام مقاومتها برابر: $V = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$

جریان کل برابر مجموع جریان تک تک مقاومتها

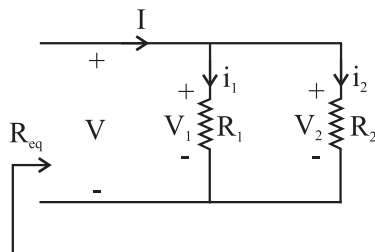
$$i = i_1 + i_2 + i_3 + i_4$$

مقاومت معادل نیز از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

فرمول به دست آوردن مقاومت معادل را برای دو مقاومت موازی به دست آورید.





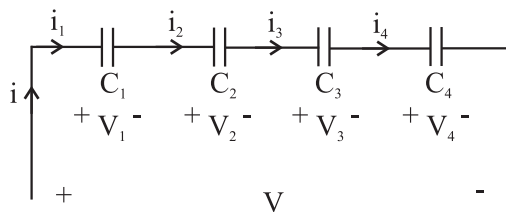
$$\begin{cases} V = V_1 = V_2 \\ I = i_1 + i_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V}{R_{eq}} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}$$

$$\xrightarrow{V=V_1=V_2} \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

اتصال سری خازن‌ها را با رسم شکل توضیح دهید.





بار تمامی خازن‌ها با هم برابر است

$$i = i_1 = i_2 = i_3 = i_4$$

$$q = q_1 = q_2 = q_3 = q_4$$

ولتاژ مجموع برابر ولتاژ تک تک خازن‌ها

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

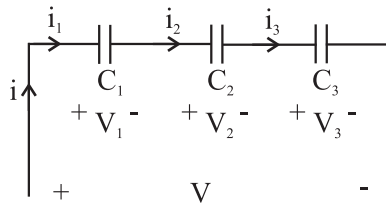
خازن معادل نیز برابر رابطه زیر می‌باشد.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

رابطه‌ی خازن معادل چند خازن سری را اثبات کنید.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$





$$i = i_1 = i_2 = i_3$$

$$q = q_1 = q_2 = q_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3, \quad q = CV$$

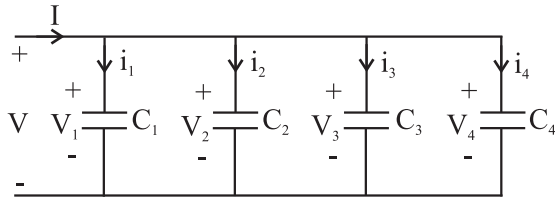
$$\frac{q}{C_{eq}} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} + \frac{q_3}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

$$\boxed{\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

اتصال موازی خازن‌ها را با رسم شکل توضیح دهید.





$$V = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$$

$$I = i_1 + i_2 + i_3 + i_4$$

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

خازن معادل و بار معادل به ترتیب برابر مجموع مقدار

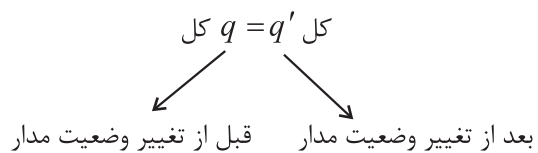
خازن و بار تک تک خازن‌ها می‌باشند

چون موازیند ولتاژ آنها با هم برابر خواهد بود.

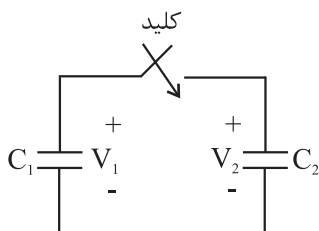
قانون پایستگی بار را توضیح دهید.



بار نه خود به خود به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود فقط
از حالتی به حالت دیگر می‌رود.



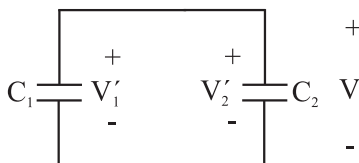
با استفاده از قانون پایستگی بار ولتاژ V دو سر خازن‌ها را بعد از بسته شدن کلید به دست آورید.



قبل از بسته شدن کلید:

$$q = q_1 + q_2 = C_1 V_1 + C_2 V_2$$

بعد از بسته شدن کلید:



$$q' = q_1' + q_2' \rightarrow q' = C_1 V_1' + C_2 V_2'$$

$$\xrightarrow{V = V_1' = V_2'} q' = (C_1 + C_2) V$$

طبق قانون پایستگی بار: $q' = q$

یعنی پس از بسته شدن کلید مجموع بار کل سیستم ثابت

خواهد بود:

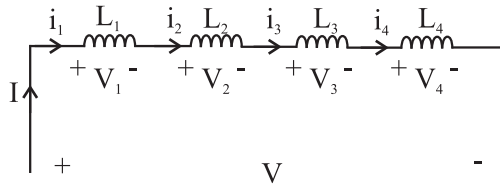
$$(C_1 + C_2) V = C_1 V_1 + C_2 V_2$$

$$V = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_1 + C_2}$$

نظریه اساسی مدارها و شبکه‌ها (جلد ۱)، جبه‌دار، ص ۱۳۹

اتصال سری سلف‌ها را با رسم شکل توضیح دهید.





$$I = i_1 = i_2 = i_3 = i_4$$

$$\phi_{\text{کل}} = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4$$

$$\phi = LI$$

$$\text{کل } LI = L_1 i + L_2 i + L_3 i + L_4 i$$

$$\boxed{L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4}$$

$$\phi = \frac{1}{N} \int V dt \quad \phi \text{ ناشی از ولتاژ است}$$

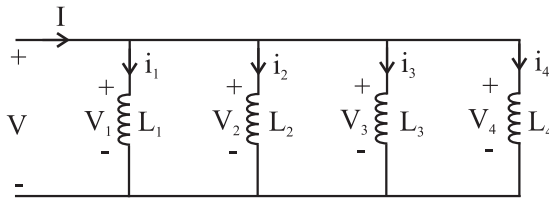
چون ولتاژها با هم جمع می‌شوند پس شارها نیز جمع می‌-

شوند

فرض: تعداد دورها برابر

اتصال موازی سلف‌ها را با رسم شکل توضیح دهید.





چون ولتاژها با هم برابرند پس شارها نیز برابر خواهند بود:
با فرض تعداد دورهای برابر

$$\phi = \phi_1 = \phi_2 = \phi_3 = \phi_4 \text{ کل}$$

$$I = i_1 + i_2 + i_3 + i_4$$

$$\frac{\phi}{L_{eq}} = \frac{\phi_1}{L_1} + \frac{\phi_2}{L_2} + \frac{\phi_3}{L_3} + \frac{\phi_4}{L_4}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4}}$$

قانون پایستگی شار را بیان کنید.



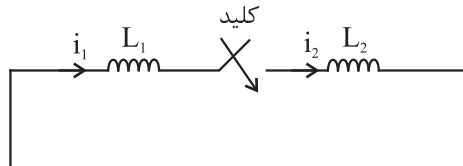
اگر یک تغییر وضعیت در مدار روی دهد مجموع شارهای تمامی سلف‌ها قبل و بعد از تغییر وضعیت با هم برابر خواهند بود.

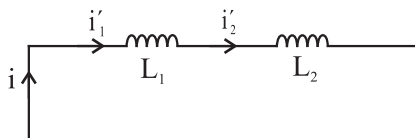
$$\text{کل } \phi = \phi' \text{ کل}$$

\swarrow
 قبل از تغییر وضعیت مدار

\searrow
 بعد از تغییر وضعیت مدار

با استفاده از قانون پایستگی شار جریان سلف‌ها را بعد از بسته شدن کلید به دست آورید.





قبل از بسته شدن کلید

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 = L_1 i_1 + L_2 i_2$$

بعد از بسته شدن کلید و تغییر وضعیت:

$$i = i'_1 = i'_2, \quad \phi' = \phi'_1 + \phi'_2$$

$$\phi' = L_1 i'_1 + L_2 i'_2 = (L_1 + L_2) i$$

طبق قانون پایستگی شار:

$$\phi = \phi'$$

$$L_1 i_1 + L_2 i_2 = (L_1 + L_2) i$$

$$i = \frac{L_1 i_1 + L_2 i_2}{L_1 + L_2}$$

جمع‌بندی:

در اتصال سری همه‌ی عناصر با هم برابر و
..... مجموع برابر تک‌تک عناصر
می‌باشد.



جریان

ولتاژ- مجموع ولتاژ

جمع‌بندی:

در اتصال موازی همه‌ی عناصر با هم برابر و
..... مجموع برابر تک‌تک عناصر
می‌باشد.



ولتاژ

جریان- مجموع جریان

جمع‌بندی:

در اتصال سری مقاومت معادل، سلف معادل و خازن معادل

برابر است با:

در اتصال موازی مقاومت معادل، سلف معادل و خازن

معادل برابر است با:



$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$$L_{eq} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

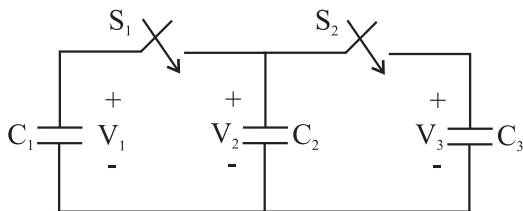
$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

در پایان فصل تعدادی دیگر از سؤالات باقیمانده کنکور در این بخش را به کمک همدیگر حل می‌کنیم.

سراسری ۶۸ و آزاد ۹۲

در مدار شکل زیر $C_1 = 2F$ ، $C_2 = 1F$ ، $C_3 = 3F$ و ولتاژ اولیه آنها در $t = 0$ به ترتیب ۳، ۴ و ۲ ولت است. کلیدهای S_1 و S_2 قبل از $t = 0$ باز هستند و در $t = 0$ به طور همزمان بسته می‌شوند. انرژی ذخیره شده در مدار در فاصله 0^- تا 0^+ چه تغییری می‌کند.



(۱) هیچ تغییری نمی‌کند.

(۲) $\frac{5}{3}$ ژول کم می‌شود.

(۳) $\frac{3}{5}$ ژول کم می‌شود.

(۴) $\frac{8}{3}$ ژول کم می‌شود.



گزینه ۲ صحیح است.

قبل از بسته شدن کلیدها انرژی ذخیره شده در خازن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$W_{C1} = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 = 9$$

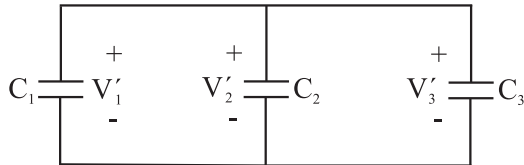
$$W_{C2} = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 4^2 = 8$$

$$W_{C3} = \frac{1}{2} C_3 V_3^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 = 6$$

$$W(0^-) = W_{C1} + W_{C2} + W_{C3} = 9 + 8 + 6 = 23$$

پس از بسته شدن کلیدها باید طبق قانون پایستگی بار مجموع بارها ثابت باشد. ابتدا ولتاژ در سر خازن‌ها را محاسبه کنیم پس داریم:

ادامه در فیش بعدی



$$q' = q \rightarrow C_1 V'_1 + C_2 V'_2 + C_3 V'_3 = C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3$$

$$V = V'_1 = V'_2 = V'_3$$

$$V = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{6 + 4 + 6}{6} = \frac{16}{6} = \frac{8}{3}$$

حال انرژی ذخیره شدن در خازن‌ها پس از بسته شدن کلیدها را به دست می‌آوریم:

$$W'_{C1} = \frac{1}{2} C_1 V'^2_1 = \frac{1}{2} \times 2 \times \left(\frac{8}{3}\right)^2 = \frac{64}{9}$$

$$W'_{C2} = \frac{1}{2} C_2 V'^2_2 = \frac{1}{2} \times 1 \times \left(\frac{8}{3}\right)^2 = \frac{32}{9}$$

$$W'_{C3} = \frac{1}{2} C_3 V'^2_3 = \frac{1}{2} \times 3 \times \left(\frac{8}{3}\right)^2 = \frac{32}{3}$$

ادامه در پشت فیش

$$W(0^+) = W'_{C1} + W'_{C2} + W'_{C3} = \frac{64}{9} + \frac{32}{9} + \frac{32}{3}$$

$$W(0^+) = \frac{64 + 32 + 96}{9} = \frac{192}{9} = \frac{64}{3}$$

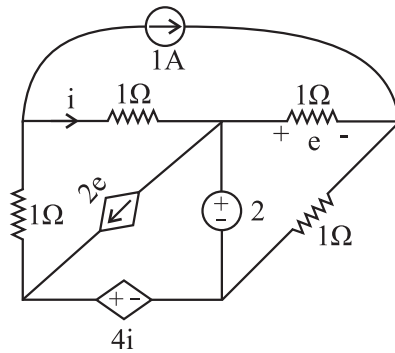
$$\Delta W = W(0^+) - W(0^-) = \frac{64}{3} - 23$$

$$\Delta W = \frac{64}{3} - \frac{69}{3} = -\frac{5}{3}$$

$\frac{5}{3}$ ژول کم می‌شود.

سراسری ۷۱

در مدار شکل زیر شدت جریان i برابر چند آمپر است؟



۱/۵ (۱)

۲ (۲)

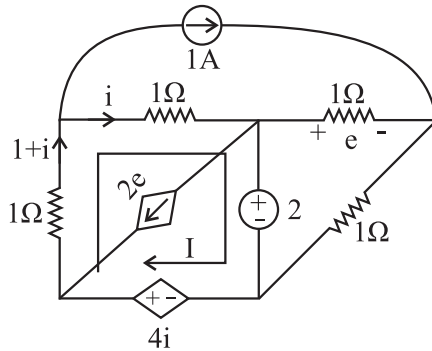
۲/۵ (۳)

۰/۵ (۴)



گزینه ۱ صحیح است.

باز هم خانم KCL و آقای KVL :



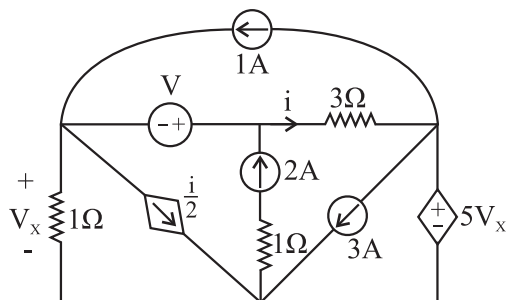
جریان مقاومت 1Ω برابر $i + 1$ خواهد بود:

$$i + 1 + i + 2 - 4i = 0 \quad \text{در } KVL$$

$$2i = 3 \rightarrow i = \frac{3}{2}$$

سراسری ۷۳

در مدار شکل زیر مقدار V چند ولت باشد تا $V_x = 0$ شود؟



(۱) ۲

(۲) ۶

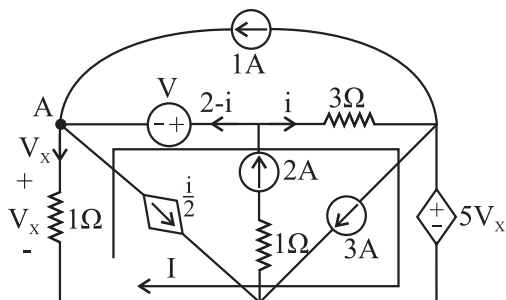
(۳) ۱۲

(۴) ۱۸



گزینه ۱ صحیح است.

خانم KCL و آقای KVL :



$$\frac{V_x}{1} = V_x \quad \leftarrow \text{جریان مقاومت } 1\Omega$$

$$2 - i \quad \leftarrow \text{جریان منبع ولتاژ } V$$

$$2 - i + 1 = V_x + \frac{i}{2} \quad \text{در } KCL: A$$

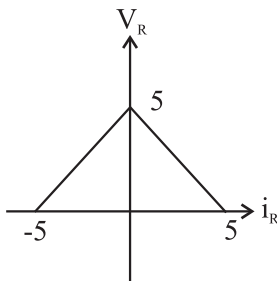
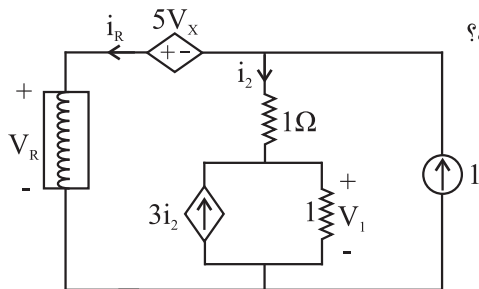
$$\xrightarrow{V_x=0} \frac{3}{2}i = 3 \rightarrow i = 2$$

$$-V_x - V + 3i + 5V_x = 0 \quad \text{در } KVL: I$$

$$\xrightarrow{\begin{cases} V_x=0 \\ i=2 \end{cases}} V = 3i = 6 \rightarrow V = 6$$

سراسری ۷۷

در مدار شکل زیر یک مقاومت غیرخطی با مشخصه داده شده می‌باشد. ولتاژ V_R دو سر این مقاومت غیرخطی کدام است؟



$$\frac{24}{25} \quad (۲)$$

$$\frac{25}{6} \quad (۴)$$

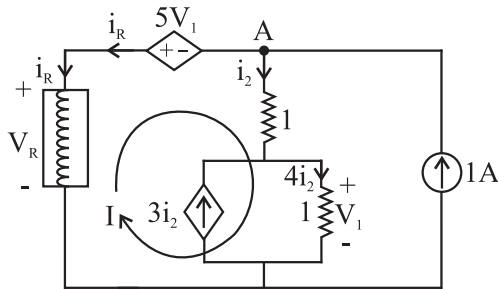
$$\frac{6}{25} \quad (۱)$$

$$\frac{25}{24} \quad (۳)$$



گزینه ۴ صحیح است.

با خانم KCL و آقای KVL سؤال را حل می‌کنیم. رابطه بین $V_R - I_R$ را داریم و کافیت از قسمت سمت راست مدار یک رابطه‌ی دیگر را پیدا کرده و با نمودار $V_R - I_R$ قطع دهیم تا نقطه کار و در واقع V_R بدست بیاید.



$$V_R = 5V_1 + i_2 + V_1 \quad , \quad V_1 = 4i_2 \quad : KVL \text{ در } I$$

$$\Rightarrow V_R = 6V_1 + i_2 = 24i_2 + i_2 = 25i_2$$

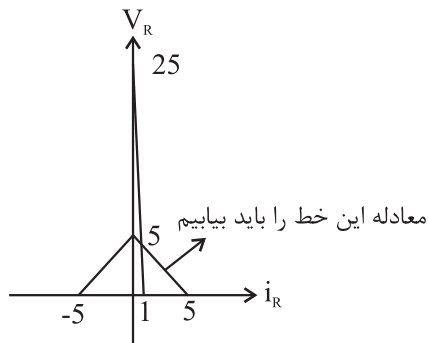
$$\Rightarrow V_R = 25i_2$$

$$1 = i_2 + i_R \rightarrow i_2 = 1 - i_R \quad : KCL \text{ در } A$$

$$V_R = 25i_2 = 25 - 25i_R$$

$$\Rightarrow V_R = 25 - 25i_R$$

ادامه در فیش بعدی



معادله خط را بدست می‌آوریم:

$$m = \frac{5-0}{0-5} = -1 \quad \text{و} \quad V_R - 5 = -1(i_R - 0)$$

$$V_R = 5 - i_R \Rightarrow \boxed{i_R = 5 - V_R}$$

$$V_R = 25 - 25i_R = 25 - 25(5 - V_R)$$

$$V_R = 25 - 125 + 25V_R \rightarrow -24V_R = -100$$

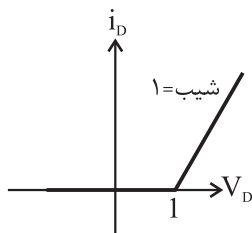
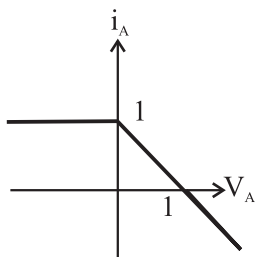
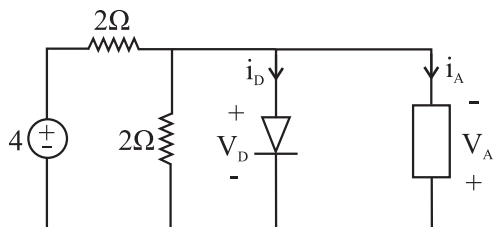
$$V_R = \frac{100}{24} = \frac{25}{6} \rightarrow V_R = \frac{25}{6}$$

$$i_R = 5 - V_R = \frac{30}{6} - \frac{25}{6} = \frac{5}{6}$$

$$\Rightarrow i_R = \frac{5}{6}$$

سراسری ۸۱

در مدار شکل زیر، توان مصرفی در دیود چند وات است؟



(۱) ۱

(۲) ۲

(۳) ۰/۵

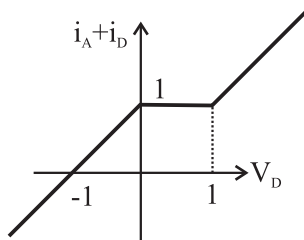
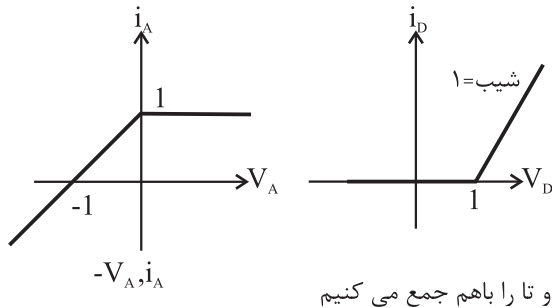
(۴) صفر



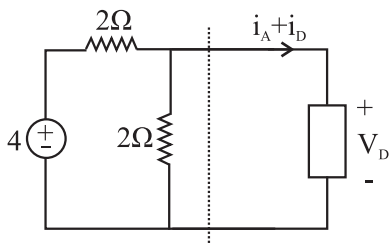
گزینه ۴ صحیح است

$$V_D = -V_A$$

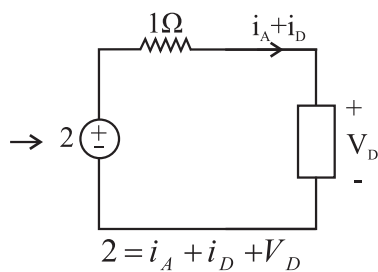
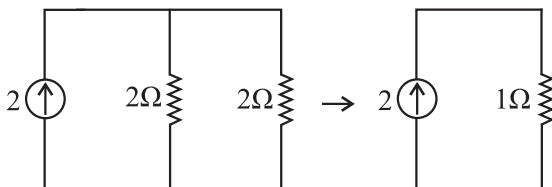
دو عنصر موازی که دارای ولتاژهای مخالف هم هستند را با هم جمع می‌کنیم (جریان‌ها را با هم جمع می‌کنیم).
کافیست نمودار $V_A - i_A$ را نسبت به محور عمودی قرینه کرده و با نمودار $V_D - i_D$ جمع کنیم.



ادامه در فیش بعدی



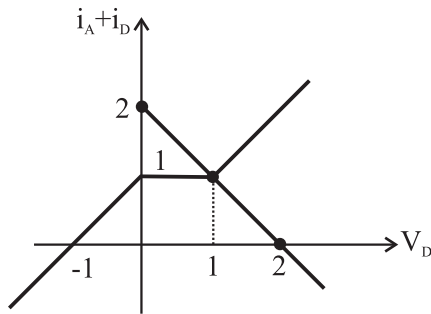
با تبدیل منابع این قسمت را نیز ساده می‌کنیم.



این رابطه را با نمودار قطع می‌دهیم:

ادامه در پشت فیش

$$V_D + i_A + i_D = 2$$



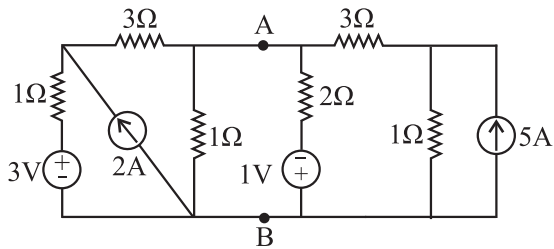
$$V_D = 1 \quad , \quad i_A + i_D = 1$$

از طرفی با توجه به نمودار $V_D - i_D$ به ازای $V_D = 1$ ،
 $i_D = 0$ صفر خواهد بود.

$$P = V_D i_D = (1)(0) = 0$$

سراسری ۸۲

در مدار شکل زیر V_{AB} چند ولت است؟



۱ (۱)

۲ (۲)

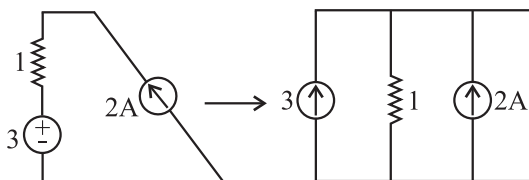
۰/۵ (۳)

۰/۲۵ (۴)

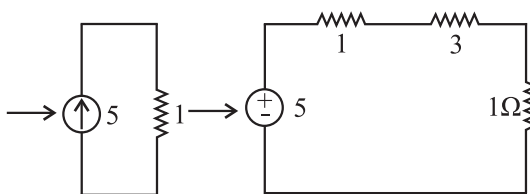


گزینه ۱ صحیح است.

از تبدیل منابع استفاده می‌کنیم؛ منبع ولتاژ ۳ ولتی و مقاومت ۱ اهمی را به معادل نورتن تبدیل کرده سپس منبع جریان حاصل را با منبع جریان $2A$ جمع می‌کنیم:

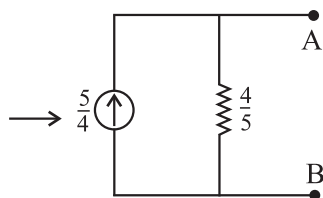
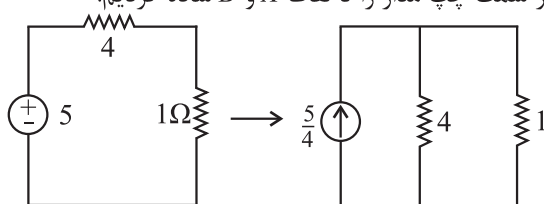


مدار با مقاومت ۳ اهمی سری و با ۱ اهمی موازی است.

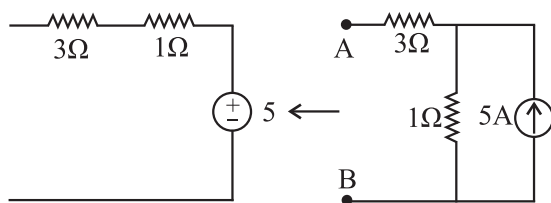


ادامه در فیش بعدی

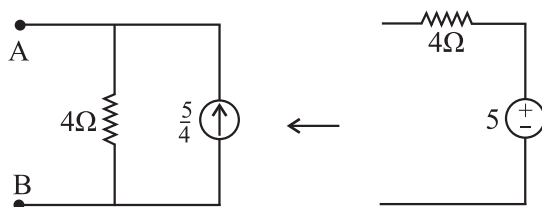
از سمت چپ مدار را تا نقاط A و B ساده کردیم:



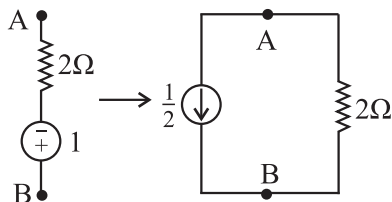
از سمت راست داریم که:



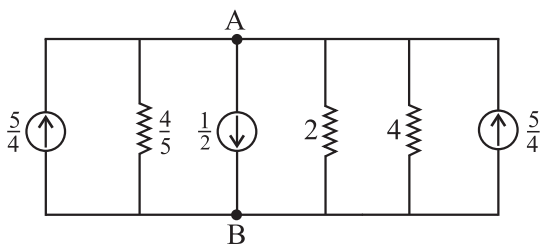
ادامه در پشت فیش



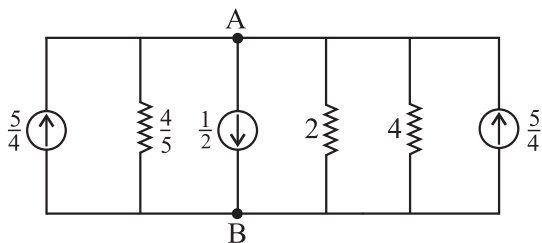
منبع ولتاژ ۱ ولت و مقاومت ۲ اهمی وسط را نیز ساده می-کنیم، (تونن به نورتین):



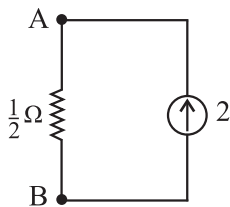
حال با جمع کردن این سه معادل نورتین داریم که:



ادامه در فیش بعدی



منابع جریان را با هم و مقاومت‌های موازی را نیز با هم جمع می‌کنیم:



$$I_{total} = \frac{5}{4} + \frac{5}{4} - \frac{1}{2} = \frac{8}{4} = 2$$

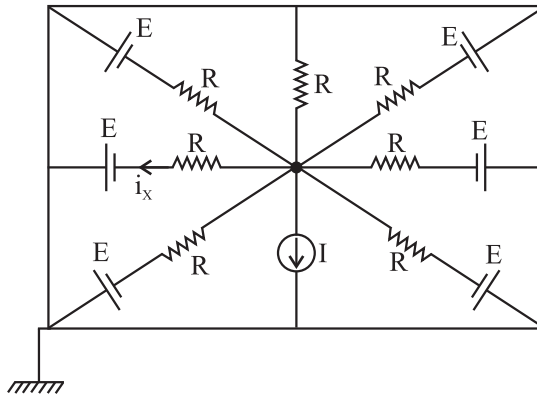
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{\frac{4}{5}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{5}{4} = \frac{1}{4} + \frac{2}{4} + \frac{5}{4}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{8}{4} = 2 \rightarrow R_{eq} = \frac{1}{2} \rightarrow V_{AB} = \frac{1}{2} \times 2 = 1$$

سراسری ۸۴

مقدار جریان i_x را در مدار شکل زیر بدست آورید.

$$(I = 2, R = 7, E = 14)$$



(۱) صفر

(۲) ۴

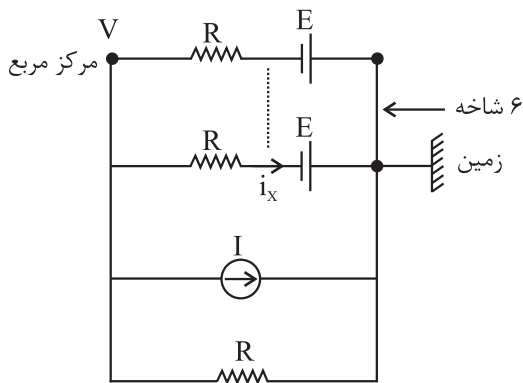
(۳) ۲

(۴) ۰/۷۵

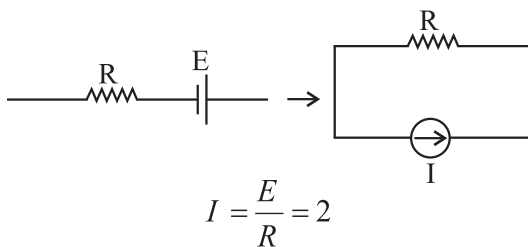


گزینه ۱ صحیح است.

تمامی شاخه‌ها با هم موازیند پس داریم:



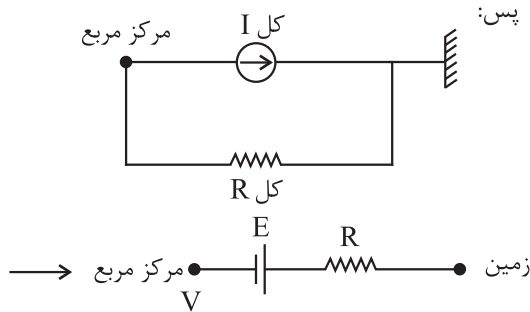
شاخه ۶ شامل مقاومت و منبع E وجود دارد. معادل تونن (منبع ولتاژ و مقاومت) را به معادل نورتن (منبع جریان I و مقاومت) تبدیل می‌کنیم:



ادامه در فیش بعدی

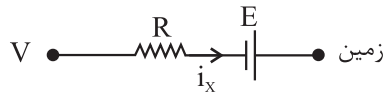
بنابراین ۷ تا منبع جریان (I) داریم و ۷ مقاومت R

$$I_{total} = 7I = 14 \quad , \quad R_{total} = \frac{1}{7}R = 1$$



$$V = -E = -I_{total} R_{total} \rightarrow V = -14$$

اگر به صورت سؤال برگردیم خواهیم داشت:

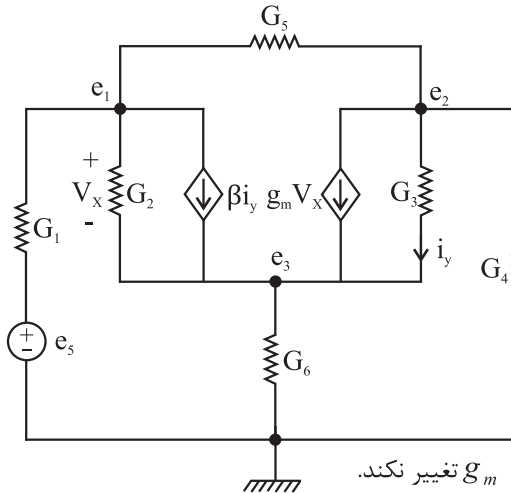


$$-V + Ri_x - E = 0$$

$$i_x = \frac{V+E}{R} = \frac{-14+14}{7} = 0$$

سراسری ۸۵

در مدار شکل زیر فرض کنید تمام مقاومت‌ها ۳ برابر شده و مقدار β ثابت نگه داشته شود. مقدار g_m چگونه تغییر کند تا مقادیر ولتاژ شاخه‌ها تغییر نکند؟



(۱) g_m تغییر نکند.

(۲) g_m در ۳ ضرب شود.

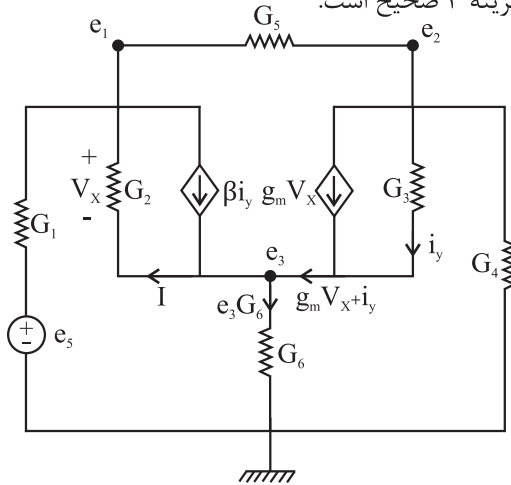
(۳) g_m در $\frac{1}{3}$ ضرب شود.

(۴) نمی‌توان بدون دانستن مقادیر مقاومت‌ها اظهارنظر

قطعی کرد.



گزینه ۳ صحیح است.



جریان عبوری از رسانایی G_2 را به دست می‌آوریم:

خانم KVL و آقای KCL :

$$I = g_m V_x + i_y - e_3 G_6 + \beta i_y$$

$$V_x = -\frac{1}{G_2} I$$

$$G_2 V_x = -I = e_3 G_6 - g_m V_x - (1 + \beta) i_y$$

$$(G_2 + g_m) V_x = e_3 G_6 - (1 + \beta) i_y$$

$$\Rightarrow (G_2 + g_m) V_x = e_3 G_6 - (1 + \beta) G_3 e_2$$

ادامه در فیش بعدی

$$\Rightarrow (G_2 + g_m)V_X = e_3G_6 - (1 + \beta)G_3e_2$$

صورت سؤال گفته اگر مقاومت‌ها سه برابر شود یعنی رسانایی‌ها $\frac{1}{3}$ برابر خواهند شد و ولتاژ شاخه‌ها ثابت می‌ماند.

$$V_X, e_3, e_2 \quad \text{ثابت}$$

$$G_6, G_3, G_2 \quad \frac{1}{3} \text{ می‌شوند}$$

$$\beta \quad \text{ثابت}$$

برای آنکه تساوی بالا برقرار باشد g_m نیز باید $\frac{1}{3}$ برابر شود.

آفرین بر DLM

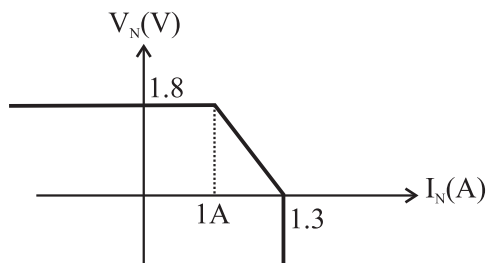
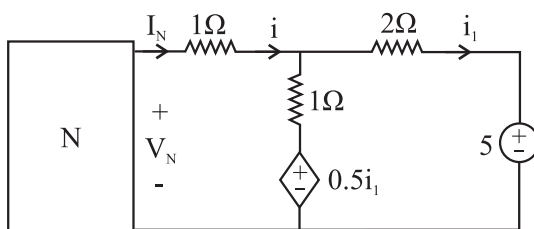
DLM



موفقیت در کنکور کارشناسی ارشد

سراسری ۸۵

مشخصه یک قطبی N در مدار شکل زیر داده شده است،
جریان i در این مدار برابر است با:



$$-\frac{4}{9}A \quad (\text{د})$$

$$-\frac{5}{9}A \quad (\text{ب})$$

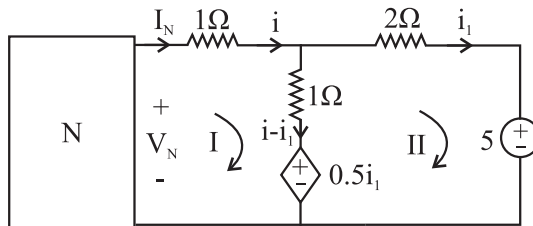
$$\frac{4}{9}A \quad (\text{ز})$$

$$\frac{5}{9}A \quad (\text{پ})$$



گزینه ۴ صحیح است

باز هم باید با خانم KCL و آقای KVL سؤال را حل کنیم. یک نمودار بین $V_N - I_N$ داریم و کافیت از قسمت سمت راست مدار یک رابطه‌ی دیگر را پیدا کرده و با نمودار $V_N - I_N$ قطع دهیم تا نقطه‌ی کار مدار به دست آید.



$$V_N = i + i - i_1 + 0.5i_1 \quad \text{در } KVL$$

$$\boxed{V_N = 2i - 0.5i_1}$$

$$2i_1 + 5 - 0.5i_1 + i_1 - i = 0 \quad \text{در } KVL$$

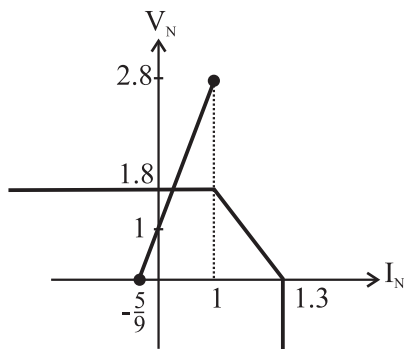
$$2.5i_1 = i - 5 \rightarrow i_1 = 0.4i - 2$$

ادامه در فیش بعدی

$$V_N = 2i - 0.5i_1 = 2i - \frac{1}{2}(0.4i - 2)$$

$$V_N = 2i - 0.2i + 1 = 1.8i + 1$$

$$\xrightarrow{i=i_N} V_N = 1.8i_N + 1$$



در نقطه که V_N برابر 1.8 می‌باشد دو نمودار همدیگر را قطع می‌کنند پس این نقطه، نقطه کار مدار است.

$$V_N = 1.8i_N + 1 \xrightarrow{V_N=1.8} 1.8 = 1.8i_N + 1$$

$$0.8 = 1.8i_N \rightarrow i_N = \frac{0.8}{1.8} = \frac{8}{18} = \frac{4}{9}$$

$$\Rightarrow i_N = \frac{4}{9}$$

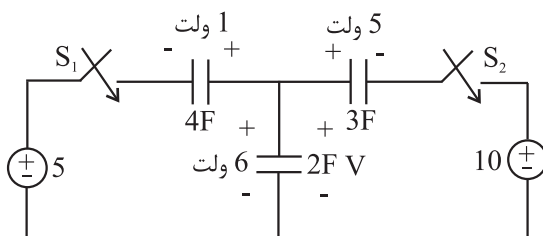
ادامه در پشت فیش

همه چی آرومه من چقدر خوشبختم که DLM رو دارم.



سراسری ۸۶

کلیدهای S_1 و S_2 در مدار شکل زیر به طور همزمان بسته می‌شوند. ولتاژ V دو سر خازن ۲ فارادی بعد از بسته شدن کلیدها کدام است؟



(۱) ۳

(۲) ۴

(۳) ۶

(۴) ۹



گزینه ۴ صحیح است.

این سؤال را با استفاده از قانون پایستگی بار حل می‌کنیم.

$$q = q'$$

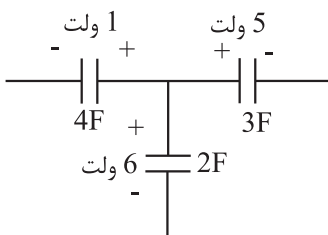
↓

بار الکتریکی خازن‌ها قبل
از بسته شدن کلیدها

↓

بار الکتریکی خازن‌ها بعد
از بسته شدن کلیدها

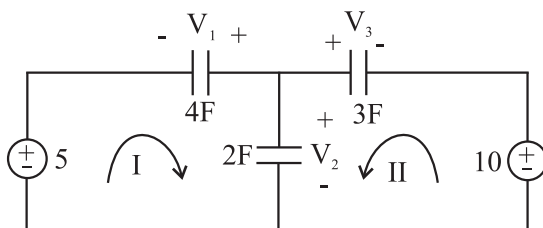
$q = CV$ قبل از بسته شدن کلیدها:



$$q = 1 \times 4 + 3 \times 5 + 6 \times 2 = 31$$

ادامه در فیش بعدی

بعد از بسته شدن کلیدها



نکته‌ی مهم حل سؤال اینست که جهت ولتاژها را بعد از بسته شدن کلیدها باید مانند حالت قبل در نظر بگیریم.

$$-5 - V_1 + V_2 = 0 \rightarrow \boxed{V_1 = V_2 - 5} \quad \text{در } KVL \text{ I}$$

$$-10 - V_3 + V_2 = 0 \rightarrow \boxed{V_3 = V_2 - 10} \quad \text{در } KVL \text{ II}$$

$$q' = C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3$$

$$q' = 4(V_2 - 5) + 2V_2 + 3(V_2 - 10)$$

$$q' = 4V_2 - 20 + 2V_2 + 3V_2 - 30$$

$$q' = 9V_2 - 50$$

$$q = q' \quad \text{قانون پایستگی بار}$$

$$\xrightarrow{q=31} 31 = 9V_2 - 50 \rightarrow 9V_2 = 81$$

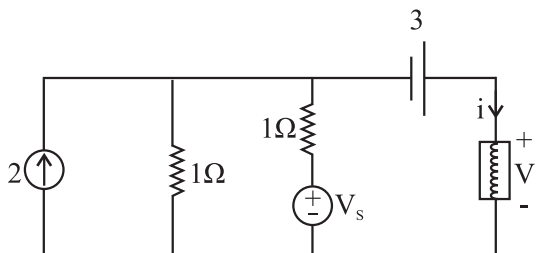
$$\Rightarrow V_2 = 9$$

سراسری ۸۸

در مدار شکل زیر، ولتاژ $V(t)$ دو سر مقاومت غیرخطی به کدام جواب نزدیکتر است؟

$$i = \begin{cases} V^2 & V \geq 0 \\ 0 & V < 0 \end{cases}$$

($V_s(t) = 0.18 \cos 2t$) مشخصه مقاومت غیرخطی



$$V(t) = 2 + 0.03 \cos 2t \quad (۱)$$

$$V(t) = 2 + 0.06 \cos 2t \quad (۲)$$

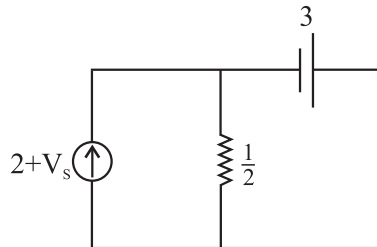
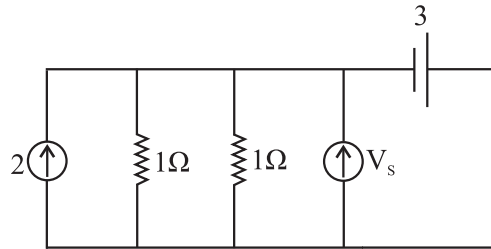
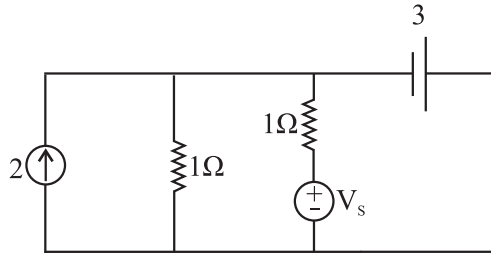
$$V(t) = 4 + 0.018 \cos 2t \quad (۳)$$

$$V(t) = 4 + 0.036 \cos 2t \quad (۴)$$

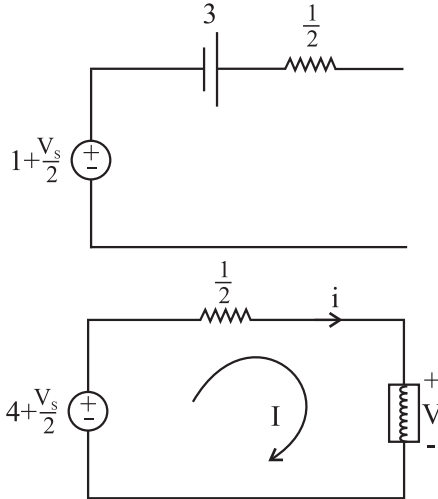


گزینه ۱ صحیح است.

ابتدا با تبدیل منابع، مدار معادل تونن را از دو سر مقاومت غیرخطی می‌یابیم.



ادامه در فیش بعدی



با اعمال آقای KVL داریم:

$$\begin{aligned}
 -4 - \frac{V_s}{2} + \frac{1}{2}i + V &= 0 \quad KVL \text{ در } I \\
 \Rightarrow V + \frac{1}{2}i &= \frac{V_s}{2} + 4 \xrightarrow{i=V^2} V + \frac{1}{2}V^2 = \frac{V_s}{2} + 4 \\
 \Rightarrow V^2 + 2V &= V_s + 8
 \end{aligned}$$

$$V^2 + 2V = 8 + 0.18\cos 2t \quad *$$

با توجه به گزینه‌ها فرض می‌کنیم جواب V به صورت زیر

$$V = A + B\cos 2t \quad \text{باشد:}$$

ادامه در پشت فیش

جواب را در معادله * جایگذاری می‌کنیم:

$$\begin{aligned}(A + B\cos 2t)^2 + 2(A + B\cos 2t) &= 8 + 0.18\cos 2t \\ \Rightarrow A^2 + B^2\cos^2 2t + 2AB\cos 2t + 2A + 2B\cos 2t &= \\ &8 + 0.18\cos 2t\end{aligned}$$

از عبارت $B^2\cos^2 2t$ صرفنظر می‌کنیم چون این عبارت در طرف دوم وجود ندارد.

$$\begin{aligned}A^2 + 2A + (2B + 2AB)\cos 2t &= 8 + 0.18\cos 2t \\ \Rightarrow \begin{cases} A^2 + 2A = 8 \\ 2B(A + 1) = 0.18 \end{cases}\end{aligned}$$

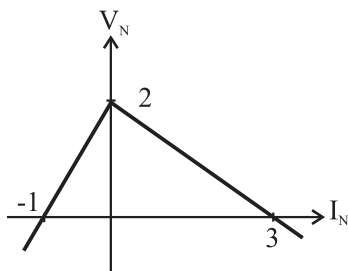
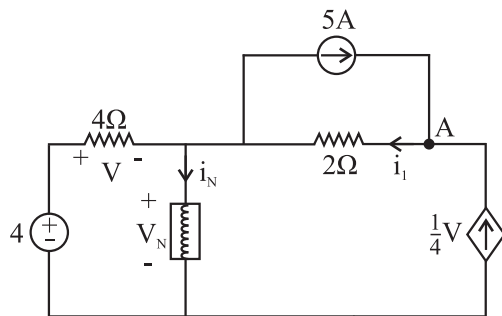
$$\Rightarrow \begin{cases} \boxed{A = 2} \\ 2B(3) = 0.18 \rightarrow 6B = 0.18 \rightarrow B = 0.03 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{V = 2 + 0.03\cos 2t}$$

سراسری ۸۹

در مدار شکل زیر اگر $i_N = \frac{3}{2} A$ باشد، i_1 چند آمپر

است؟ (مدار دارای جواب یکتا است.)



$$\frac{17}{4} \text{ (۲)}$$

$$\frac{23}{4} \text{ (۱)}$$

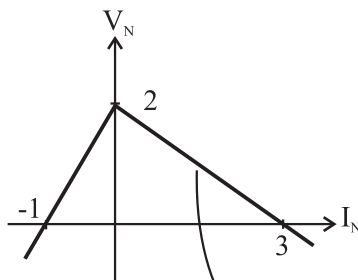
$$\frac{23}{8} \text{ (۴)}$$

$$\frac{17}{8} \text{ (۳)}$$



گزینه ۱ صحیح است

با توجه به نمودار، V_N را می‌یابیم. (به ازای $i_N = \frac{3}{2}A$)



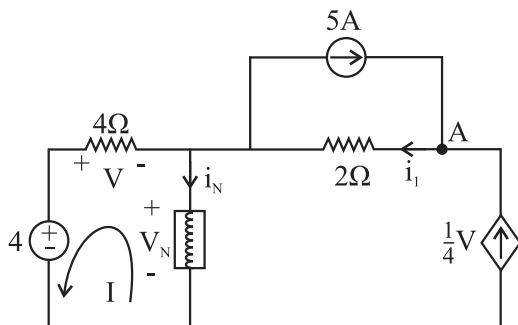
$$m = \frac{2-0}{0-3} = -\frac{2}{3} \quad \text{معادله خط را می‌یابیم.}$$

$$V_N - 2 = -\frac{2}{3}(I_N - 0)$$

$$V_N = -\frac{2}{3}I_N + 2 \xrightarrow{I_N = \frac{3}{2}} V_N = 1$$

حال با یک KVL و یک KCL جواب را بدست می‌آوریم.

ادامه در فیش بعدی



$$-V_N - V + 4 = 0 \quad \text{در } KVL$$

$$V = 4 - V_N = 4 - 1 = 3$$

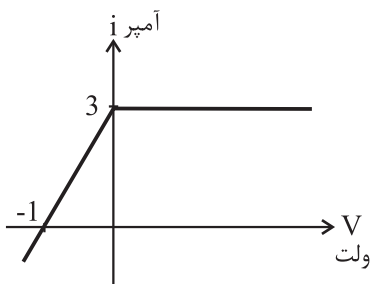
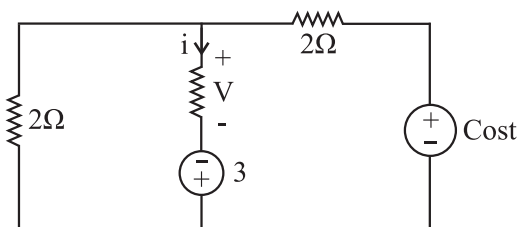
$$5 + \frac{1}{4}V = i_1 \quad \text{در نقطه } A \text{ در } KCL$$

$$i_1 = 5 + \frac{3}{4} = \frac{23}{4} \rightarrow i_1 = \frac{23}{4}$$

حال می‌خواهیم سؤالات کنکور سال‌های ۹۱ و ۹۲ را با مطالبی که یاد گرفته‌ایم حل کنیم. ملاحظه خواهید کرد که سؤالات با راحتی و با اعمال مطالبی چون خانم KCL و آقای KVL قابل حل است.

سراسری ۹۱

در مدار زیر وقتی جریان مقاومت غیرخطی $i-V$ برابر ۳ آمپر است، بیشترین مقدار V چند ولت است؟



(۲) ۰/۵

(۱) صفر

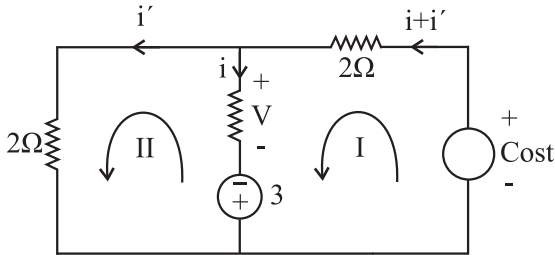
(۴) ۱

(۳) ۲



گزینه ۲ صحیح است.

از خانم KCL و آقای KVL استفاده می‌کنیم.



$$KVL \text{ در } I: Cost = 2i + 2i' + V - 3$$

$$\xrightarrow{i=3} Cost = 6 + 2i' + V - 3$$

$$i' = \frac{Cost - 3 - V}{2}$$

$$KVL \text{ در } II: 3 - V + 2i' = 0$$

$$i' = \frac{V - 3}{2} = \frac{Cost - 3 - V}{2}$$

$$\Rightarrow V - 3 = Cost - 3 - V \Rightarrow 2V = Cost \rightarrow V = \frac{1}{2} Cost$$

$$V_{\max} = \frac{1}{2}$$

ماکزیمم V موقعی به دست می‌آید که $Cost = 1$ باشد.

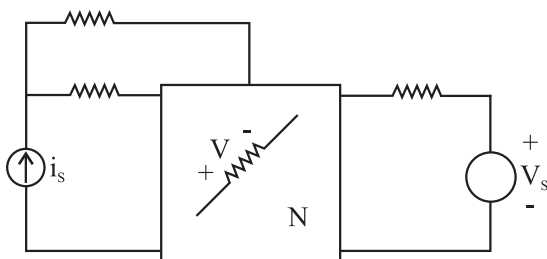
سراسری ۹۱

در مدار مقاومتی خطی با جواب یگانه و با منابع مستقل

$V_S = 2 + Cost$ و $i_S = 3$ ، ولتاژ V در داخل N برابر

$\frac{1}{2}Cost + 3$ است. بدون تغییر V_S ، مقدار i_S را چند

برابر کنیم تا بیشترین مقدار V برابر ۵ ولت شود؟



$$\frac{3}{4} \quad (۲)$$

$$\frac{1}{2} \quad (۱)$$

$$\frac{7}{4} \quad (۴)$$

$$2 \quad (۳)$$



گزینه ۴ صحیح است.

برای حل سؤال از جمع آثار استفاده می‌کنیم.

$$\begin{cases} V_S = 2 + Cost & , & i_S = 3 \\ V = \frac{1}{2}Cost + 3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V = AV_S + Bi_S \\ A = \frac{1}{2}, B = \frac{2}{3} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{V = \frac{1}{2}V_S + \frac{2}{3}i_S}$$

صورت سؤال گفته بدون تغییر V_S ، i_S را چند برابر کنیم تا بیشترین مقدار V برابر ۵ ولت شود.

$$V = 1 + \frac{1}{2}Cost + \frac{2}{3}i'_S = 5$$

بیشترین مقدار وقتی است که $Cost = 1$ شود:

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{2}{3}i'_S = 5$$

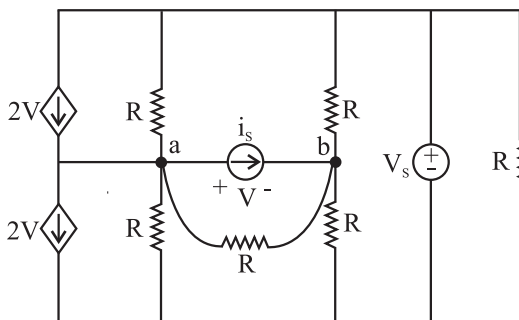
$$\frac{2}{3}i'_S = 5 - \frac{3}{2} = \frac{10}{2} - \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{2}{3}i'_S = \frac{7}{2} \Rightarrow \boxed{i'_S = \frac{21}{4}}$$

$$i'_S = \frac{21}{4} \text{ و } i_S = 3$$

$$\Rightarrow \frac{i'_S}{i_S} = \frac{\frac{21}{4}}{3} = \frac{21}{12} \Rightarrow \boxed{\frac{i'_S}{i_S} = \frac{7}{4}}$$

سراسری ۹۱

چه مقاومتی از دو سر منبع جریان مستقل (از دو نقطه a و b) دیده می‌شود؟



$$\frac{R}{2} \quad (۱)$$

$$R \quad (۲)$$

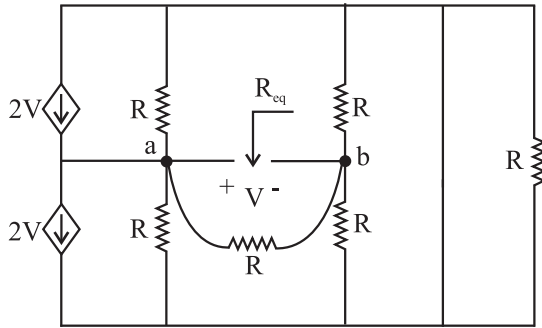
$$3R \quad (۳)$$

$$2R \quad (۴)$$

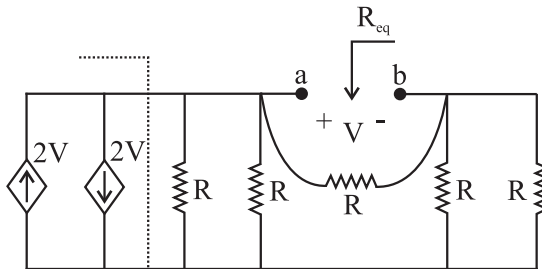


گزینه ۱ صحیح است.

برای به دست آوردن مقاومت معادل باید منابع مستقل را خاموش کنیم.



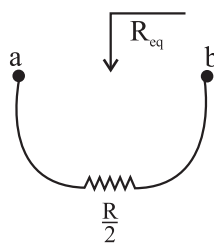
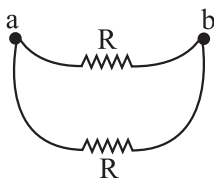
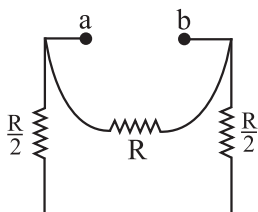
مدار را بصورت زیر ساده می‌کنیم.



این قسمت از مدار حذف می‌شود.

ادامه در فیش بعدی

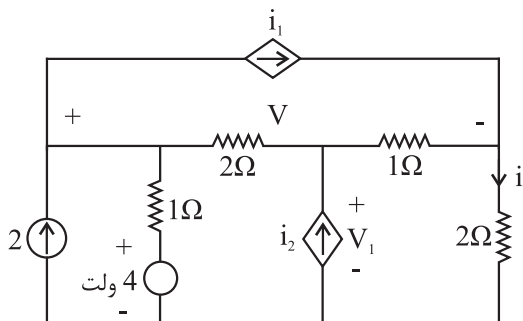
مدار را دوباره ساده می‌کنیم.



$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{2}$$

سراسری ۹۱

در مدار زیر منابع جریان وابسته بصورت $i_1 = V_1$ و $i_2 = V$ هستند. جریان i چند آمپر است؟



(۱) -۴

(۲) ۲

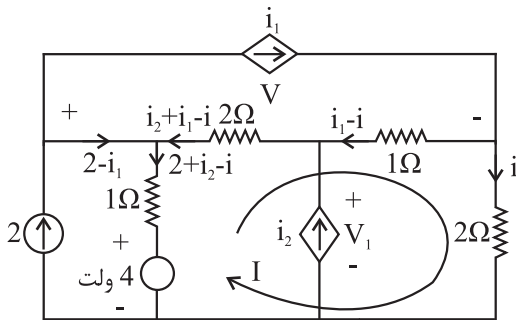
(۳) ۱

(۴) -۲



گزینه ۲ صحیح است.

با اعمال خاتم KCL و آقای KVL مدار را حل می‌کنیم.



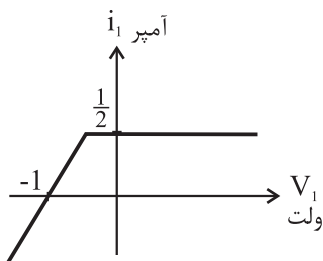
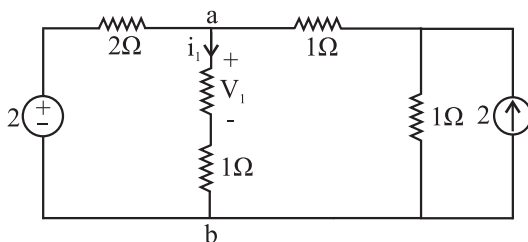
$$-4 + i - 2 - i_2 + V + 2i = 0 \quad \text{د } KVL \text{ :}$$

$$3i + V - i_2 = 6, \quad V = i_2$$

$$\xrightarrow{V=i_2} 3i + V - V = 6 \Rightarrow 3i = 6 \Rightarrow i = 2$$

سراسری ۹۲

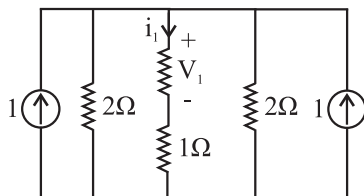
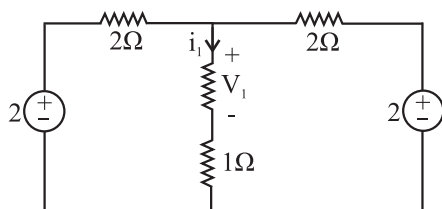
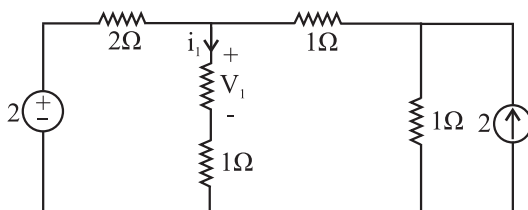
ولتاژ V_{ab} در مدار زیر چند ولت است؟



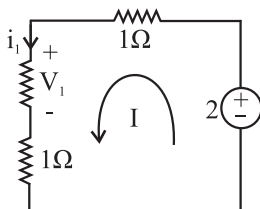
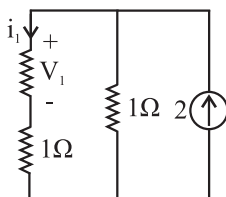
- ☐ (۱) $\frac{1}{2}$
 ☐ (۲) ۲
 ☐ (۳) $\frac{3}{2}$
 ☐ (۴) $\frac{5}{2}$

گزینه ۳ صحیح است.

باید یک رابطه بین V_1 و i_1 پیدا کرده و با نمودار قطع دهیم. به همین خاطر از دو سر مقاومت غیرخطی و مقاومت ۱ اهمی معادل تونن را به دست می‌آوریم:



ادامه در فیش بعدی

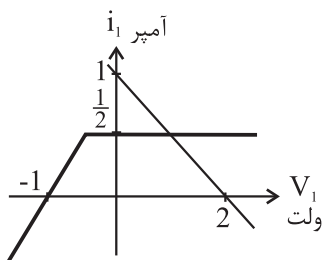


$$-2 + i_1 + V_1 + i_1 = 0 \quad \text{در } KVL: I$$

$$2i_1 + V_1 = +2$$

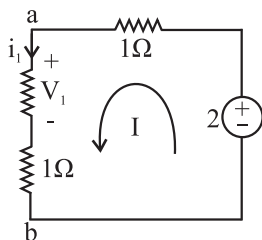
این رابطه را رسم کرده و با نمودار قطع می‌دهیم:

ادامه در پشت فیش



دو نمودار همدیگر را در $i_1 = \frac{1}{2}$ قطع می‌کنند.

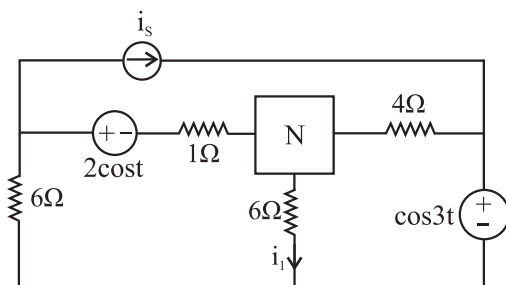
$$2i_1 + V_1 = +2 \rightarrow V_1 = 1$$



$$V_{ab} = i_1 + V_1 = +1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$$

سراسری ۹۲

در مدار مقاومتی خطی با جواب یگانه زیر، اگر
 $i_s = 5 \sin 2t + 4$ آمپر باشد، در جریان i_1 یکی از
 جملات برابر $-\frac{1}{5} \cos t$ است. جمله ثابت در i_1 کدام
 است؟ (N_1 بدون منابع مستقل است).



(۱) -۶

(۲) -۲/۴

(۳) -۰/۴

(۴) ۴



گزینه ۲ صحیح است.

از خاصیت جمع آثار استفاده می‌کنیم. چون در صورت

سوال اشاره کرده که یکی از جملات i_1 ، $-\frac{1}{5}\cos t$ می‌-

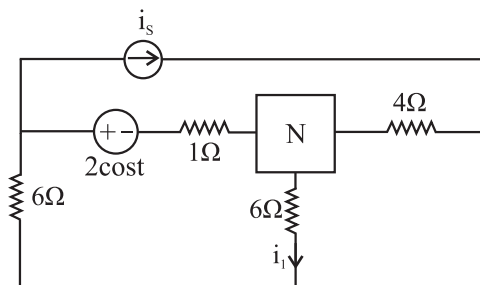
باشد و جمله ثابت نیز فقط ناشی از i_s می‌باشد بنابراین

ابتدا منبع $\cos 3t$ را اتصال کوتاه می‌کنیم. در اثر اتصال

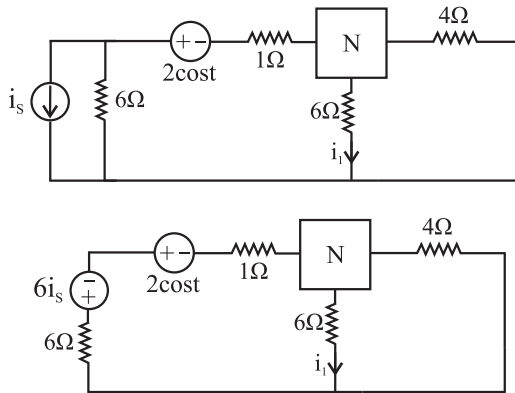
کوتاه منبع جریان و مقاومت ۶ اهمی موازی می‌شوند که با

تبدیل نورتن به تونن این منبع نیز با منبع ولتاژ سری می‌-

شود. بنابراین مدار را ساده می‌کنیم:



ادامه در فیش بعدی



حال از خاصیت جمع آثار استفاده می‌کنیم:

دوستان جریان i_1 با یک ضریب ثابت از دو منبع ناشی می‌شود ابتدا این ضریب را برای منبع $2 \cos t$ می‌یابیم و سپس با استفاده از آن اثر i_s را بر روی جریان i_1 پیدا می‌کنیم.

$$i_1 = \alpha(2 \cos t) = -\frac{1}{5} \cos t \rightarrow \alpha = -\frac{1}{10}$$

ادامه در پشت فیش

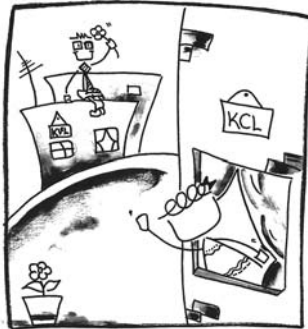
$$i_l = \alpha(6i_s) = -\frac{1}{10}(30 \sin 2t + 24) = -3 \sin 2t - 2.4$$
$$\Rightarrow i_l = -2.4$$

مطمئناً خیلی دوست دارید بدانید که چگونه خانم KCL و آقای KVL با همدیگر آشنا شدند و چگونه این نوع ایده حل سؤالات شکل گرفت اگر موافق باشید یک مروری بر گذشته بکنیم و این داستان جذاب را بیان کنیم.

از زمان‌های بسیار دور همواره میان خانواده‌های KCL و KVL جنگ و نزاع بوده و این دو خانواده سال‌ها با هم مشکل داشتند. خانواده KCL معتقد بود که بهترین راه برای حل سؤالات مدار روش تحلیل گره می-باشد که بر پایه قانون KCL استوار است و بالعکس خانواده KVL معتقد بود که بهترین راه حل برای سؤالات مدار روش تحلیل مش است که بر پایه قانون KVL استوار است. به هر حال در طی سالهای متمادی این بحث‌ها همیشه در مفاصل بزرگ علمی وجود داشته تا اینکه.....

ادامه در پشت فیش

روزی یکی از نوادگان KVL عاشق یکی از نوادگان KCL شد. این دو خیلی به هم علاقه داشتند اما میترسیدند که این موضوع را به خانواده‌هایشان در میان بگذارند.



KVL مدتی فکر کرد تا راه‌ملی برای مشکلشان پیدا کند تا بتواند خانواده‌اش را راضی کند تا به خواستگاری KCL بروند.

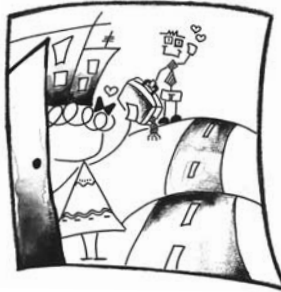


ادامه در فیش بعدی

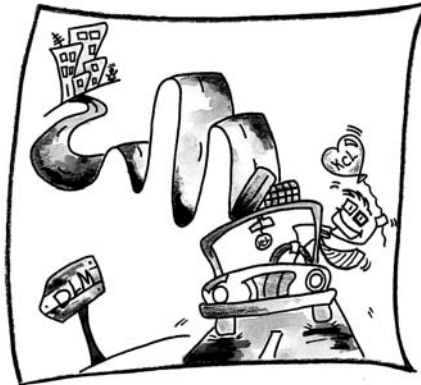
KVL تصمیم گرفت پیش یکی از دوستان باسوارش برود که کتاب فروش است و موضوع را با او در میان بگذارد. دوست KVL پس از شنیدن موضوع به KVL پیشنهاد کرد که پیش عالمی بزرگ از خانواده DLM برود که می‌تواند به آنها کمک کند.



KVL تصمیم گرفت پیش عالم بزرگ برود. KVL از KCL فداحافظی کرد به این امید که بتواند مشکلاتشان را حل کند.



ادامه در پشت فیش



KVL به قلعه DLM, رسید.

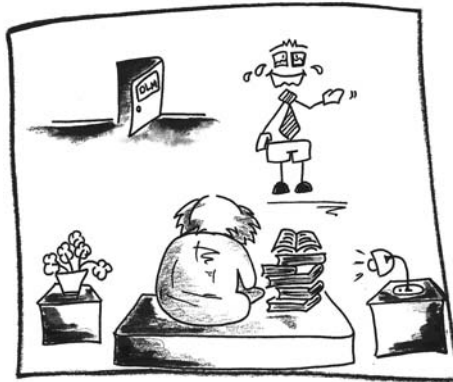


ادامه در فیش بعدی

ممل عالم بزرگ را در قلعه DLM به KVL نشان دارند.



KVL در هالیکه از خوشحالی اشک بر چشمانش جاری شده بود داستان را برای عالم بزرگ تعریف کرد و عالم بزرگ به فکر فرو رفت.



ادامه در پشت فیش

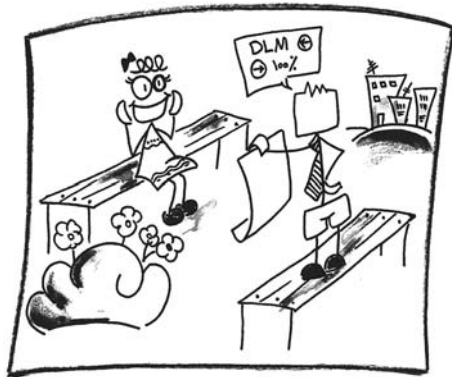
عالم بزرگ DLM را هل را به KVL گفت:

«به خانه برگرد و به فانوارت فوتد بگو که این وصلت از آن جهت خوب است که ما می‌توانیم به کمک یکدیگر بزرگترین سوالات مدار را به سادگی حل کنیم و برای همیشه در ذهن‌ها باقی بمانیم. به آنها بگو پیشنهاد من اینست که اول فانم KCL در مدارها چریان‌ها را تماماً مشخص کند و بعد ما می‌آیم و KVL می‌زنیم و به این سادگی تمامی مدارها حل خواهد شد و به این ترتیب داوطلبان کنکور نیز همیشه به یاد ما خواهند بود و تا ابر پرایمان دعا خواهند کرد.»



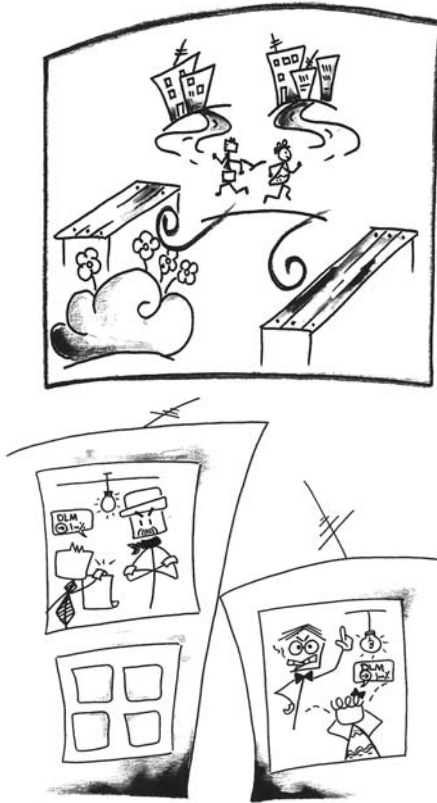
ادامه در فیش بعدی

KVL شار و فوشنال به فانه برکشت و مرفهای عالم بزرگ DLM را به KCL گفت.



ادامه در پشت فیش

سپس هر دو رفتند و راه‌مل عالم بزرگ را برای خانواده‌هایشان تعریف کردند.



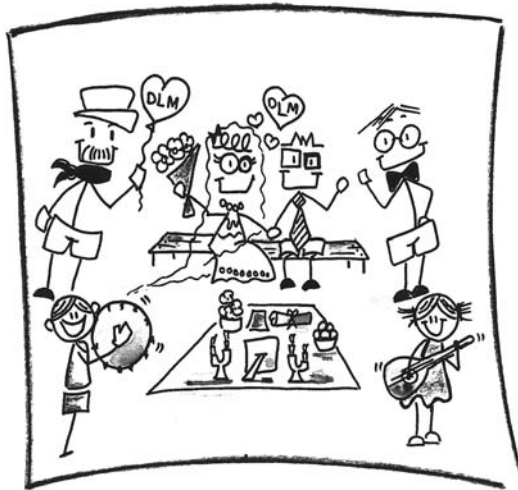
ادامه در فیش بعدی

آنها نیز وقتی متوجه شدند که چقدر ایده جذابی است و وقتی این روش را با روش‌های خودشان مقایسه کردند به سادگی، جذاب بودن و قابل اعمال بودن آن به تمامی مدارها ایمان آوردند و این چنین بود که بعد از سال‌ها جنگ و دعوا پایان یافت.



ادامه در پشت فیش

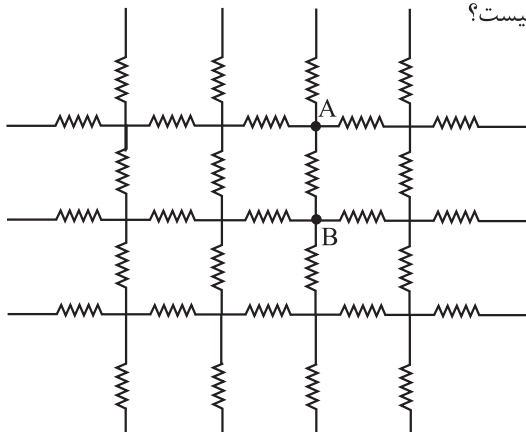
و به این ترتیب مثنی بزرگ برپا شد و خانم KCL و آقای KVL زندگی مشترک ابدی خود را آغاز کردند.



این بود داستان ازدواج این زوج خوشبخت
پس از شنیدن این داستان قزاق ادامه سؤالات کنکور را با هم حل
می‌کنیم.

سراسری ۶۷

در مدار شکل زیر مقاومت‌ها یک اهم هستند و از هر طرف به بی‌نهایت می‌روند. مقاومت دیده شده در سرهای A و B چیست؟



(۱) 1Ω

(۲) $\frac{1}{2}\Omega$

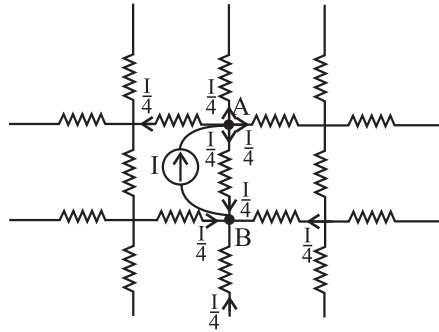
(۳) $\frac{1}{4}\Omega$

(۴) $\frac{1}{8}\Omega$



گزینه ۲ صحیح است.

برای به دست آوردن مقاومت معادل یک منبع جریان فرضی را میان A و B قرار می‌دهیم.



منبع جریان I وارد نقطه A شده و از ۴ شاخه متصل به آن

از هر کدام $\frac{I}{4}$ عبور خواهد کرد. منبع جریان I از نقطه B

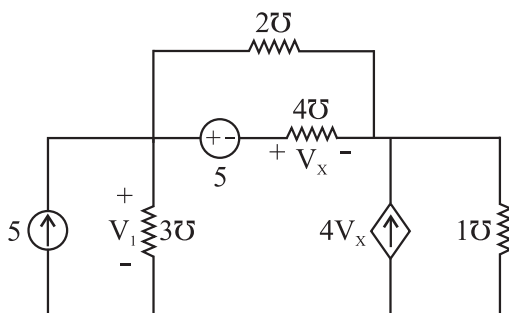
خارج شده پس از هر ۴ شاخه متصل به آن $\frac{I}{4}$ عبور می-

کند. در کل از شاخه‌ی مابین A و B دو تا $\frac{I}{4}$ عبور می‌کند.

$$\begin{cases} I_{AB} = \frac{I}{4} + \frac{I}{4} = \frac{I}{2} \\ V_{AB} = I_{AB} \times 1 = \frac{I}{2} \end{cases} \rightarrow R_{AB} = \frac{V_{AB}}{I} = \frac{\frac{I}{2}}{I} = \frac{1}{2}$$

سراسری ۶۷ و آزاد ۹۲

در مدار شکل زیر ولتاژ V_1 را بدست آورید؟



$$\frac{35}{39} \quad (۱)$$

$$\frac{14}{27} \quad (۲)$$

$$-\frac{14}{27} \quad (۳)$$

$$-\frac{35}{39} \quad (۴)$$



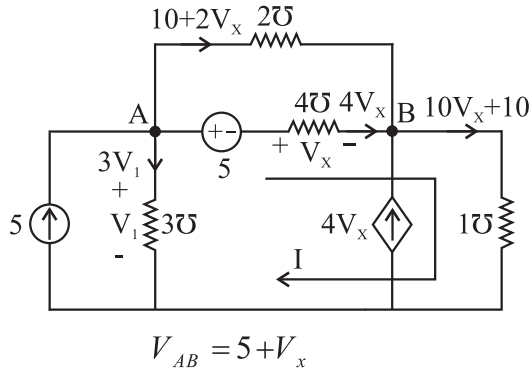
گزینه ۱ صحیح است.

نکته: واحد مقاومت و رسانایی به ترتیب اهم و مهو می-باشند:

$$R = \frac{V}{I} \qquad G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$$

توجه کنید که در این سوال به جای مقاومت با رسانایی مواجه هستیم. با اعمال خانم KCL و آقای KVL سوال را حل می‌کنیم. ابتدا جریان تمام شاخه‌ها را مشخص کرده و بعد با اعمال KVL مدار را حل می‌کنیم. اما قبل از آنکه جواب را ببینید، خودتان مدار را حل کنید.

ادامه در فیش بعدی



جریان مقاومت با رسانایی ۲:

$$G = \frac{I}{V} \Rightarrow I = 2(5 + V_x) = 10 + 2V_x$$

$$5 = 3V_1 + 4V_x + 10 + 2V_x \quad \text{در } A \text{ } KCL$$

$$\boxed{-5 - 3V_1 = 6V_x}$$

$$V_1 = 5 + V_x + 10V_x + 10 \quad \text{در } I \text{ } KVL$$

$$V_1 = 11V_x + 15 \Rightarrow \boxed{V_x = \frac{V_1 - 15}{11}}$$

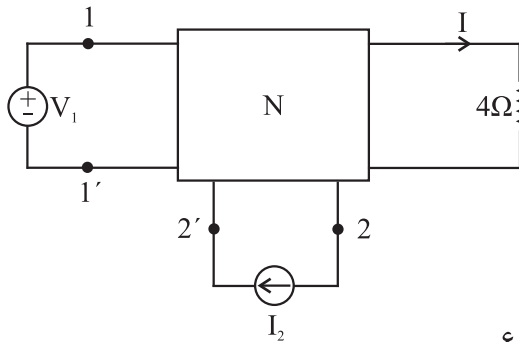
$$\Rightarrow -5 - 3V_1 = 6 \left(\frac{V_1}{11} - \frac{15}{11} \right)$$

ادامه در پشت فیش

$$\begin{aligned}-5 - 3V_1 &= \frac{6}{11}V_1 - \frac{90}{11} \\ \left(-\frac{33}{11} - \frac{6}{11}\right)V_1 &= -\frac{90}{11} + \frac{55}{11} \\ -\frac{39}{11}V_1 &= -\frac{35}{11} \Rightarrow V_1 = \frac{35}{39}\end{aligned}$$

سراسری ۶۸ و آزاد ۸۹

در شکل زیر شبکه N مقاومتی، خطی و تغییرناپذیر با زمان است. اگر $V_1 = 3$ ولت و $I_2 = 3A$ انتخاب گردند $I = 6A$ می‌شود. اگر قطب ۱ و $1'$ اتصال کوتاه و $I_2 = -2A$ باشد مقدار $I = 2A$ به دست خواهد آمد. اکنون اگر $V_1 = -2$ و قطب ۲ و $2'$ مدار باز شود، در این حالت I برابر خواهد بود با:



(۱) ۶-

(۲) ۶

(۳) ۴

(۴) هیچکدام



گزینه ۱ صحیح است.

از خاصیت جمع آثار استفاده می‌کنیم.

$$V_1 = 3 \quad , \quad I_2 = 3 \Rightarrow I = 6$$

$$V_1 = 0 \quad , \quad I_2 = -2 \Rightarrow I = 2$$

$$\Rightarrow \boxed{I = -I_2 + 3V_1}$$

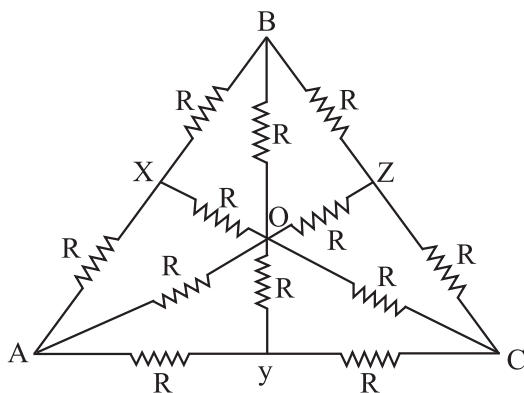
در حالت دوم:

$$V_1 = -2 \quad , \quad I_2 = 0 \Rightarrow I = -6$$

وقتی $V_1 = 0$ است تشخیص می‌دهیم که $I = -I_2$ می‌شود.

سراسری ۷۰

در مدار شکل زیر مقاومت معادل بین نقطه O و A چقدر است؟ ($R = 20\Omega$)



9Ω (۱)

1.8Ω (۲)

2.15Ω (۳)

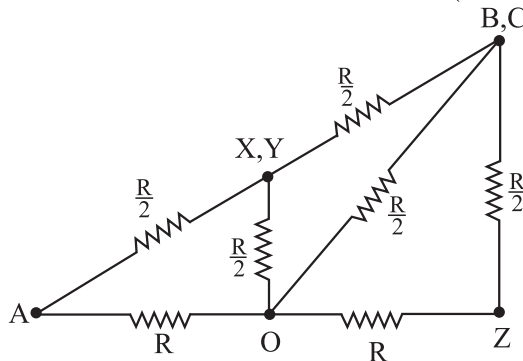
7.5Ω (۴)



گزینه ۱ صحیح است.

برای به دست آوردن مقاومت معادل از دو سر A و O باید یک منبع جریان تست در این دو سر قرار دهیم که با عبور جریان از مقاومت‌های مدار و با توجه به تقارن موجود نقاط C, B با هم و نقاط Y, X نیز با هم پتانسیل خواهند بود و مدار به صورت زیر ساده خواهد شد.

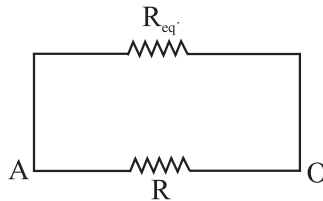
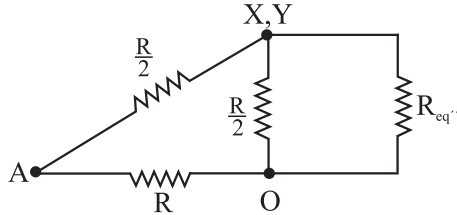
از B به X و از C به Y یک R وجود دارد و چون (C, B) و (Y, X) هم پتانسیل‌اند پس بین (C, B) و (Y, X) دو R موازی وجود خواهد داشت.



بین C, B, Z دو مقاومت R موازی وجود دارد.

ادامه در فیش بعدی

مدار را به ترتیب ساده می‌کنیم.



$$R''_{eq} = \left[\left(R + \frac{R}{2} \right) \parallel \frac{R}{2} \right] + \frac{R}{2} = \left[\frac{3}{2}R \parallel \frac{R}{2} \right] + \frac{R}{2}$$

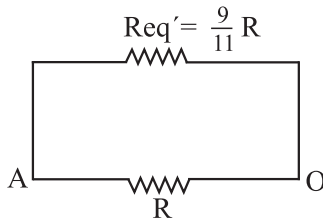
$$R''_{eq} = \frac{\frac{3}{2}R^2}{2R} + \frac{R}{2} = \frac{3}{8}R + \frac{4}{8}R \rightarrow R''_{eq} = \frac{7}{8}R$$

$$R'_{eq} = \left(\frac{R}{2} \parallel R''_{eq} \right) + \frac{R}{2} = \left(\frac{R}{2} \parallel \frac{7}{8}R \right) + \frac{R}{2}$$

$$R'_{eq} = \frac{\frac{7}{2}R^2}{\frac{11}{8}R} + \frac{R}{2} = \frac{7}{22}R + \frac{11R}{22}$$

ادامه در پشت فیش

$$R'_{eq} = \frac{18}{22} R = \frac{9}{11} R$$



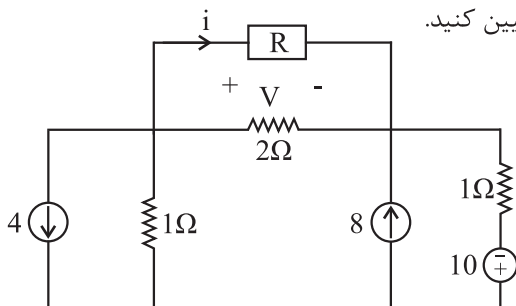
$$R_{OA} = \frac{9}{11} R \parallel R = \frac{\frac{9}{11} R^2}{\frac{20}{11} R} = \frac{9}{20} R = \frac{9}{20} 20 = 9$$

$$\boxed{R_{OA} = 9}$$

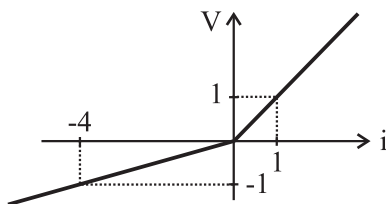
این سؤال یکی از بهترین سؤال‌هایی بود که می‌توان مفهوم مقاومت معادل (با سری و موازی کردن) را فهمید. یکبار دیگر خودتان آن را حل کنید.

سراسری ۷۱

مشخصه $V-i$ مقاومت غیرخطی R در شکل (الف) داده شده است. جریان i گذرنده از این عنصر را در شکل (ب) تعیین کنید.



(ب)



(الف)

-0.2 (۲)

-0.8 (۱)

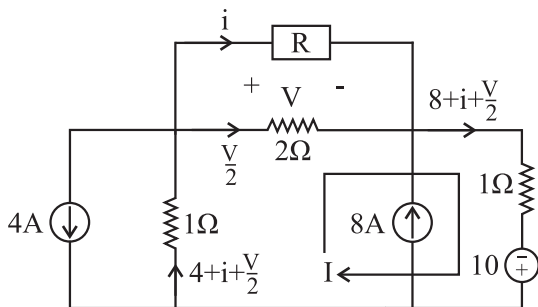
+0.4 (۴)

+0.1 (۳)



گزینه ۱ صحیح است.

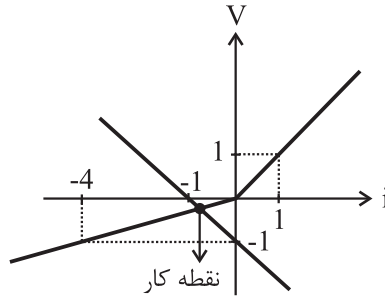
ابتدا باید در شکل (ب) یک رابطه بین $V-i$ به دست بیاوریم و سپس رابطه به دست آمده را با شکل (الف) تلاقی دهیم تا نقطه کار بدست آید.
 شکل (ب) را با خانم KCL و آقای KVL حل می‌کنیم.



$$4 + i + \frac{V}{2} + V + 8 + i + \frac{V}{2} - 10 = 0 \quad \text{در } KVL$$

$$12 - 10 + 2V + 2i = 0 \Rightarrow V + i + 1 = 0$$

ادامه در فیش بعدی



$$V + i + 1 = 0 \Rightarrow \begin{cases} i = 0 \rightarrow V = -1 \\ V = 0 \rightarrow i = -1 \end{cases}$$

معادله خطی را باید بیابیم که از ۱- و ۴- می‌گذرد

$$m = \frac{0 - (-1)}{0 - (-4)} = \frac{1}{4} \rightarrow V = \frac{1}{4}i$$

دو معادله را با هم قطع می‌دهیم:

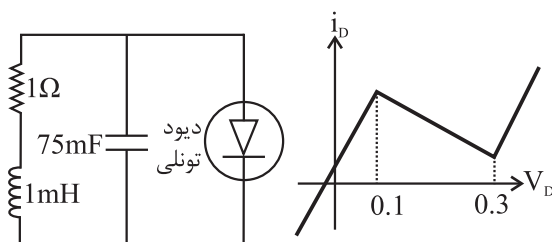
$$V + i + 1 = 0, \quad V = \frac{1}{4}i$$

$$+i + 1 + \frac{1}{4}i = 0 \Rightarrow 1 = -\frac{5}{4}i$$

$$i = -\frac{4}{5} = -0.8$$

سراسری ۷۲

در مدار شکل زیر مقدار مقاومت دیود تونلی باید برابر با $R = -\frac{40}{3} \Omega$ باشد تا مدار به یک نوسان‌ساز تبدیل شود. اگر معادله مشخصه دیود به صورت $i_D = 2.5V_D^3 - 1.5V_D^2 + 0.225V_D$ باشد با فرض آنکه شرایط سیگنال کوچک برقرار است ولتاژ نقطه کار مدار (V_o) در حالت نوسان برابر است با:



۰/۱۵ (۲)

۰/۲۵ (۱)

۰/۲ (۴)

۰/۱۸ (۳)



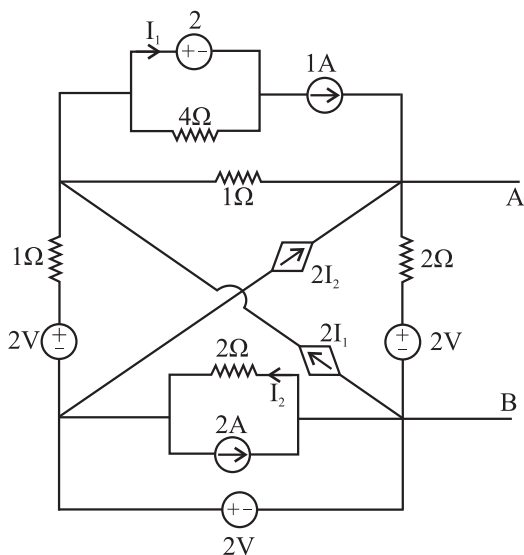
گزینه ۴ صحیح است.

با توجه به اینکه نمودار $i - V$ را داریم یعنی در نقطه کار مدار، مقاومت دیود تونلی برابر عکس شیب خط مماس در این منحنی خواهد شد.

$$\begin{aligned}
 i_D &= 2.5V_D^3 - 1.5V_D^2 + 0.225V_D \\
 \frac{\partial i_D}{\partial V_D} &= 7.5V_D^2 - 3V_D + 0.225 = \frac{1}{R} \\
 \Rightarrow 7.5V_D^2 - 3V_D + 0.225 &= -\frac{3}{40} \\
 7.5V_D^2 - 3V_D + 0.225 &= -0.075 \\
 7.5V_D^2 - 3V_D + 0.3 &= 0 \\
 \Delta = b^2 - 4ac &= 9 - 4(7.5)(0.3) = 0 \\
 V_o &= \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-(-3) \pm 0}{2(7.5)} \\
 V_o &= \frac{3}{15} = \frac{1}{5} = 0.2 \Rightarrow V_o = 0.2
 \end{aligned}$$

سراسری ۷۴

مدار معادل تونن دیده شده در سرهای A و B کدام است؟



$$R_{th} = 2 \text{ و } e_{oc} = 2 \quad (۱)$$

$$R_{th} = 1 \text{ و } e_{oc} = 1 \quad (۲)$$

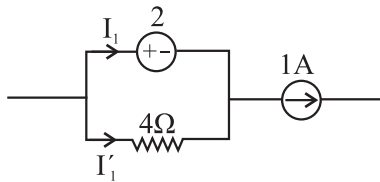
$$R_{th} = 1 \text{ و } e_{oc} = 2 \quad (۳)$$

$$R_{th} = 2 \text{ و } e_{oc} = 1 \quad (۴)$$



گزینه ۳ صحیح است.

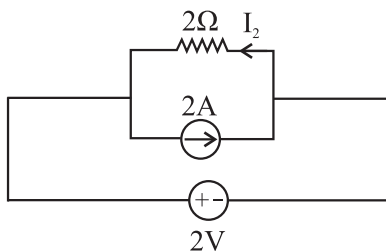
برای به دست آوردن معادل تونن باید در دو سر A و B یک منبع ولتاژ تست قرار دهیم و چون هم مقاومت و هم ولتاژ مدار باز را می‌خواهیم، نیازی به خاموش کردن منابع مستقل نیست و فقط در بالا و پایین چون المان‌هایی سری با منبع جریان و موازی با منبع ولتاژ وجود دارد از ابتدا آنها را حذف کرده و I_1 و I_2 را می‌یابیم.



این المان‌ها را باید حذف کرد چون با یک منبع جریان مستقل سری شده‌اند.

$$I_1' = \frac{2}{4} = 0.5 \quad , \quad I_1' + I_1 = 1 \Rightarrow I_1 = 0.5$$

ادامه در فیش بعدی



این دو المان را باید حذف کرد چون به صورت موازی با یک منبع ولتاژ مستقل قرار گرفته‌اند

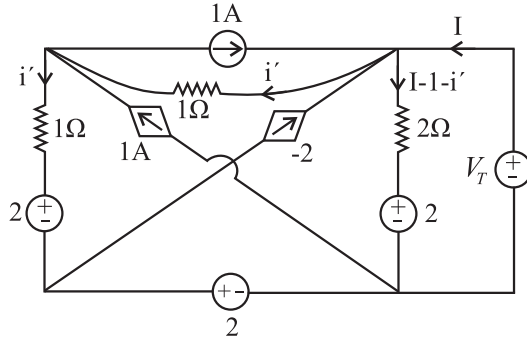
$$I_2 = \frac{-2}{2} = -1$$

منبع ولتاژ دو سر مقاومت ۲ اهمی قرار دارد.

با به دست آوردن I_1 و I_2 مقدار منابع وابسته نیز مشخص شدند.

داوطلب خوب DLM مدار جدید را رسم کن.

ادامه در پشت فیش



با اعمال خانم KCL و آقای KVL مدار را حل می‌کنیم.

$$V_T = i' + i' + 2 + 2 \quad \text{KVL در مش بیرونی:}$$

$$V_T = 2i' + 4 \rightarrow i' = \frac{V_T - 4}{2}$$

$$V_T = 2I - 2 - 2i' + 2$$

$$\Rightarrow V_T = 2I - 2 - 2\left(\frac{V_T}{2} - 2\right) + 2$$

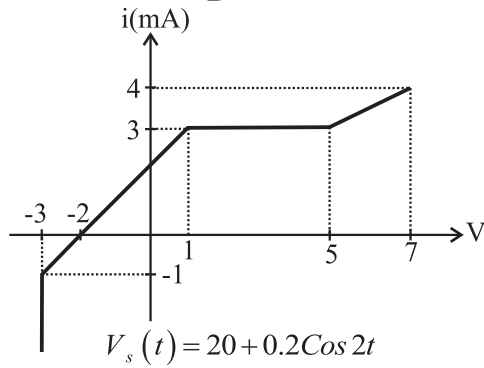
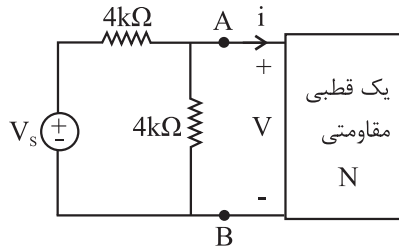
$$\Rightarrow V_T = 2I - 2 - V_T + 4 + 2 \Rightarrow 2V_T = 2I + 4$$

$$V_T = I + 2$$

$$V_T = R_{th}I + V_{th} \Rightarrow \begin{cases} R_{th} = 1 \\ V_{th} = e_{oc} = 2 \end{cases}$$

سراسری ۷۵

با توجه به مشخصه $V-i$ داده شده برای یک قطبی مقاومتی N ، مقدار V در مدار شکل زیر چند ولت است؟

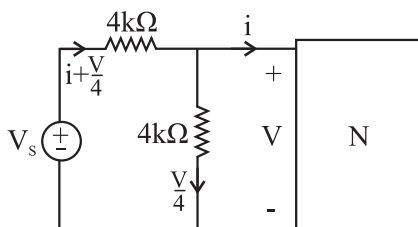


۴ (۱)

۲ (۲) $4 + 0.1 \cos 2t$ ۳ (۳) $6 + 0.02 \cos 2t$ ۴ (۴) $20 + 0.2 \cos 2t = 4i + 2V$ 

گزینه ۲ صحیح است.

باید رابطه‌ای بین V , i و V_s را پیدا کنیم.



دقت کنید چون نمودار $V - i$ بر حسب میلی‌آمپر می‌-

باشد تمام جریان‌ها را میلی‌آمپر فرض می‌کنیم.

$$V_s = 4 \left(i + \frac{V}{4} \right) + V \rightarrow V_s = 4i + V + V = 4i + 2V$$

$$\Rightarrow \boxed{V_s = 4i + 2V}$$

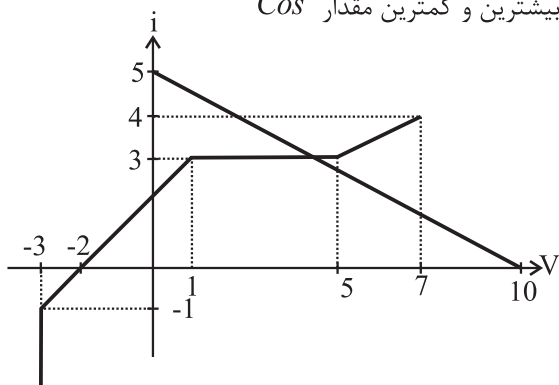
این رابطه را با نمودار $V - i$ قطع می‌دهیم.

ادامه در فیش بعدی

$$20 + 0.2 \cos 2t = 4i + 2V$$

$$\begin{cases} i = 0 \Rightarrow V = 10 \pm 0.1 \\ V = 0 \Rightarrow i = 5 \pm 0.05 \end{cases}$$

بیشترین و کمترین مقدار \cos



همانطور که ملاحظه می‌کنیم این دو نمودار در $i = 3mA$ همدیگر را قطع می‌کنند.

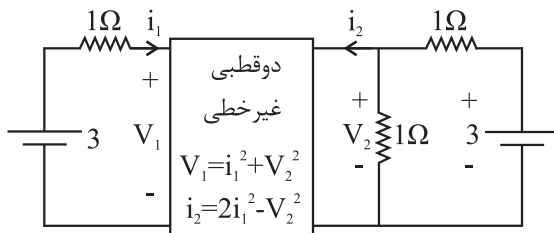
$$20 + 0.2 \cos 2t = 12 + 2V$$

$$8 + 0.2 \cos 2t = 2V$$

$$\boxed{V = 4 + 0.1 \cos 2t}$$

سراسری ۷۶

نقطه کار مدار شکل زیر کدام است؟



$$\begin{cases} i_1 = -1 \\ V_2 = 1 \end{cases} \quad (۱)$$

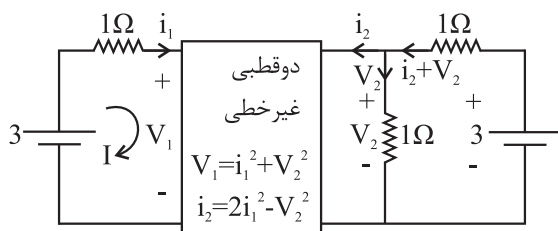
$$\begin{cases} i_1 = 1 \\ V_2 = 1 \end{cases} \quad (۲)$$

$$\begin{cases} i_1 = 1 \\ V_2 = -1 \end{cases} \quad (۳)$$

$$\begin{cases} i_1 = 2 \\ V_2 = 1 \end{cases} \quad (۴)$$



گزینه ۲ صحیح است



برای به دست آوردن i_1, V_2 باید ابتدا V_1 و i_2 را بر حسب آنها به دست آوریم.

$$3 = i_1 + V_1 \rightarrow \boxed{V_1 = 3 - i_1} \quad \text{در } KVL$$

$$3 = i_2 + V_2 + V_2 \quad \text{در } KVL \text{ سمت راست:}$$

$$3 = i_2 + 2V_2 \rightarrow \boxed{i_2 = 3 - 2V_2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_1 = i_1^2 + V_2^2 = 3 - i_1 \\ i_2 = 2i_1^2 - V_2^2 = 3 - 2V_2 \end{cases} +$$

$$3i_1^2 = 6 - 2V_2 - i_1 \Rightarrow 3i_1^2 + i_1 - 6 = -2V_2$$

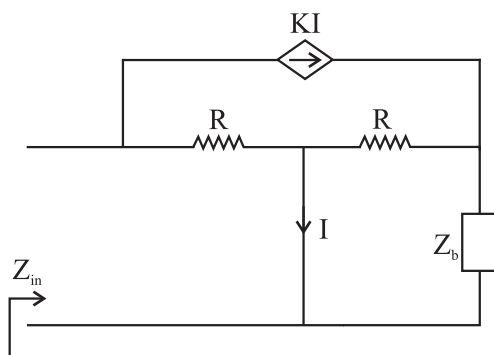
$$i_1 = 1 \Rightarrow 3 + 1 - 6 = -2V_2$$

$$-2 = -2V_2 \Rightarrow V_2 = 1$$

$$\begin{cases} i_1 = 1 \\ V_2 = 1 \end{cases} \quad \text{نقطه کار مدار}$$

سراسری ۷۶

در مدار زیر $\lim_{K \rightarrow \infty} Z_{in}$ چقدر است؟



(۱) $-Z_b$

(۲) $Z_b - R$

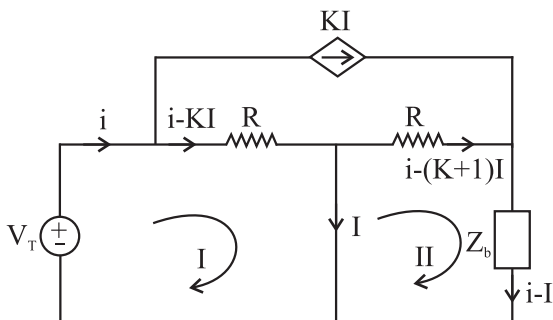
(۳) $Z_b + R$

(۴) بی نهایت



گزینه ۱ صحیح است.

ابتدا Z_{in} را می‌یابیم، یک منبع ولتاژ تست را در ورودی قرار داده و خانم KCL و آقای KVL را اعمال می‌کنیم.



$$Ri - R(K+1)I + Z_b i - Z_b I = 0 \quad \text{در } II: KVL$$

$$(R + Z_b)i = [R(K+1) + Z_b]I$$

$$\Rightarrow I = \frac{R + Z_b}{RK + R + Z_b} i$$

$$V_T = Ri - RKI \quad \text{در } I: KVL$$

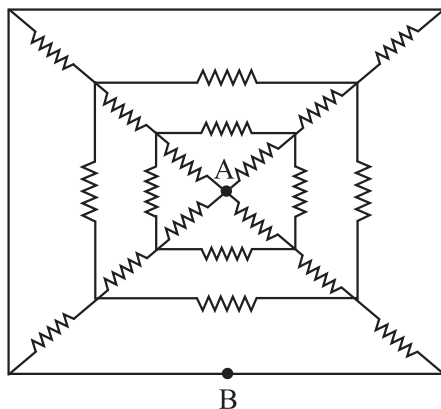
$$V_T = Ri - RK \left(\frac{R + Z_b}{RK + R + Z_b} \right) i$$

ادامه در فیش بعدی

$$\begin{aligned}
 V_T &= \left(R - \frac{K(R)(R+Z_b)}{RK+R+Z_b} \right) i \\
 \Rightarrow Z_{in} &= R - \frac{K(R)(R+Z_b)}{RK+R+Z_b} \\
 \lim_{K \rightarrow \infty} Z_{in} &= \lim_{K \rightarrow \infty} R - \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{K(R)(R+Z_b)}{RK+R+Z_b} \\
 &= R - \frac{\cancel{K(R)}(R+Z_b)}{\cancel{KR}} = R - (R+Z_b) \\
 \lim_{K \rightarrow \infty} Z_{in} &= R - R - Z_b = -Z_b \\
 \lim_{K \rightarrow \infty} Z_{in} &= -Z_b
 \end{aligned}$$

سراسری ۷۷

در مدار شکل زیر تمام مقاومتها یک اهم است، مقاومت دیده شده در سرهای A و B چند اهم است؟



$$\frac{1}{3} \text{ (۲)}$$

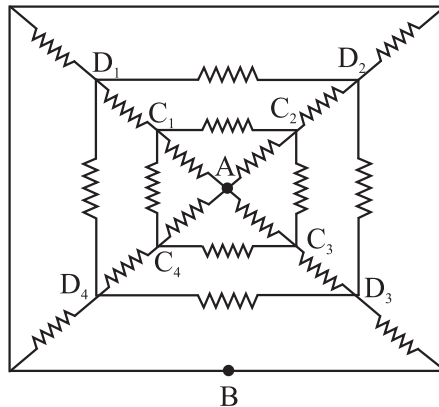
$$\frac{3}{4} \text{ (۴)}$$

$$\frac{1}{4} \text{ (۱)}$$

$$\frac{1}{2} \text{ (۳)}$$



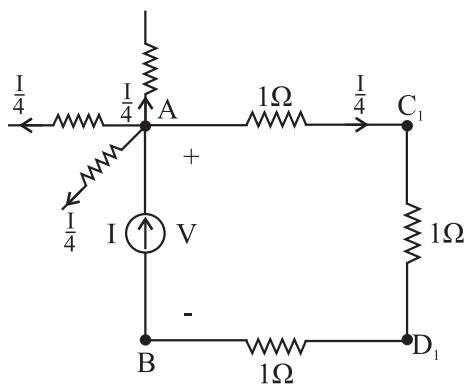
گزینه ۴ صحیح است.



برای به دست آوردن مقاومت معادل یک منبع جریان فرضی را بین نقاط A و B در نظر می‌گیریم (از A وارد و از B خارج شود) چون ۴ مقاومت متصل به A یکسان‌اند پس $\frac{1}{4}I$ از آن‌ها عبور می‌کند تا به نقاط C برسند در نتیجه تمام نقاط C دارای پتانسیل یکسان خواهند بود و دوباره همین جریان $\left(\frac{I}{4}\right)$ از مقاومت‌های بین C ها و D ها عبور می‌کند.

ادامه در فیش بعدی

و دوباره پتانسیل تمام D ها برابر خواهد شد و باز هم مابین D ها جریان نخواهیم داشت و دوباره $\frac{I}{4}$ از مقاومت بین D ها و B عبور می‌کند پس خواهیم داشت:

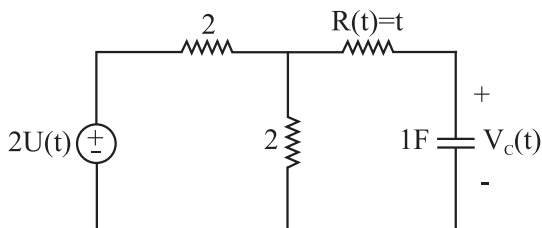


$$V = (1+1+1)\frac{I}{4} = \frac{3}{4}I \Rightarrow R = \frac{3}{4}$$

سراسری ۷۹ و آزاد ۹۱

برای مدار خطی تغییرناپذیر با زمان شکل زیر، $V_c(t)$ برابر

کدام گزینه است؟



$$\frac{t}{t+1} \quad (۱)$$

$$\frac{t}{2(t+1)} \quad (۲)$$

$$\frac{1-e^{-t}}{t+1} \quad (۳)$$

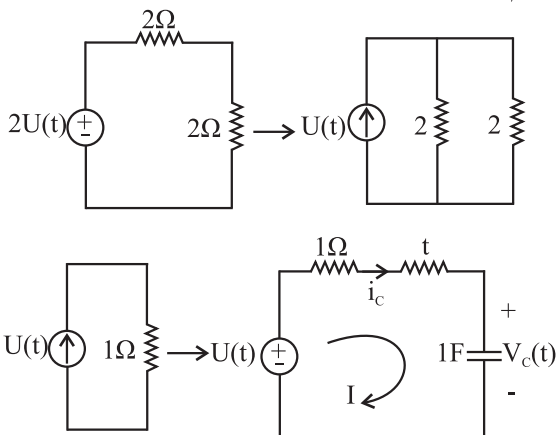
$$\frac{1-e^{-t}}{2(t+1)} \quad (۴)$$



گزینه ۱ صحیح است.

ابتدا با تبدیل منابع، سمت چپ مدار را کمی ساده می-

کنیم.



$$U(t) = (t+1)i_c(t) + V_c(t) \quad \text{در } KVL$$

$$i_c(t) = C \frac{dV_c(t)}{dt} = \frac{dV_c(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow U(t) = (t+1) \frac{dV_c(t)}{dt} + V_c(t)$$

ادامه در فیش بعدی

$$U(t) = \frac{d}{dt} [(t+1)V_C(t)]$$

چون داریم:

$$U(t) = \left[\frac{d}{dt}(t+1) \right] V_C(t) + (t+1) \frac{dV_C(t)}{dt}$$

$$U(t) = V_C(t) + (t+1) \frac{dV_C(t)}{dt}$$

حال:

$$U(t) = \frac{d}{dt} [(t+1)V_C(t)]$$

از 0 تا t از طرفین رابطه انتگرال می‌گیریم:

$$\int_0^t U(t') dt' = \int_0^t \frac{d}{dt'} (t'+1) V_C(t') dt'$$

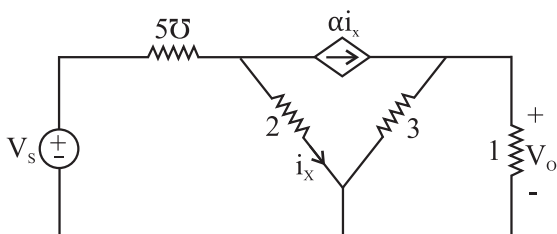
$$r(t) = (t+1)V_C(t) - V_C(0)$$

$$V_C(0) = 0, \quad r(t) = t$$

$$\Rightarrow t = (t+1)V_C(t) \rightarrow V_C(t) = \frac{t}{t+1}$$

سراسری ۷۹

در مدار شکل زیر مقاومتها بر حسب مهو داده شده‌اند.
حداقل مقدار α که به ازای آن مدار برای خروجی V_o
مانند یک تقویت‌کننده عمل می‌کند، چیست؟



(۱) ۱۰

(۲) ۱۲

(۳) ۱۴

(۴) به علت وجود منبع وابسته این مدار همیشه مانند یک
تقویت‌کننده عمل می‌کند.

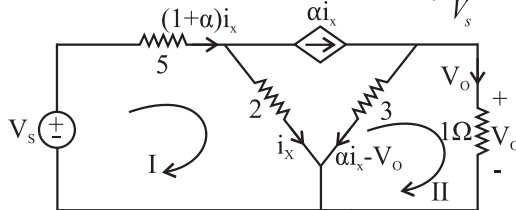


گزینه ۳ صحیح است.

با استفاده از خانم KCL و آقای KVL رابطه $\frac{V_o}{V_s}$ را می-

یابیم که برای آنکه مدار یک تقویت‌کننده باشد باید

$$\frac{V_o}{V_s} \geq 1 \text{ باشد.}$$



$$V_s = \frac{\alpha+1}{5}i_x + \frac{i_x}{2} \quad \text{در } KVL \text{ I}$$

$$V_s = \left(\frac{\alpha+1}{5} + \frac{1}{2} \right) i_x = \left(\frac{2\alpha+7}{10} \right) i_x$$

$$V_o = \frac{\alpha i_x - V_o}{3} \Rightarrow V_o = \frac{\alpha}{4} i_x \quad \text{در } KVL \text{ II}$$

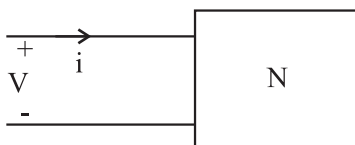
$$V_s = \frac{2\alpha+7}{10} i_x, \quad V_o = \frac{\alpha}{4} i_x$$

$$V_o = \frac{\alpha}{4} \frac{10}{2\alpha+7} V_s \rightarrow \frac{V_o}{V_s} = \frac{5\alpha}{2(2\alpha+7)} \geq 1$$

حداقل α برابر ۱۴ خواهد بود. $5\alpha \geq 4\alpha + 14 \Rightarrow \alpha \geq 14$

سراسری ۷۹ و آزاد ۹۱

می‌دانیم که یک قطبی N ، از مقاومت‌های خطی تغییرناپذیر با زمان و منابع وابسته dc و منابع وابسته از هر نوع می‌باشد. کدام یک از توصیف‌های زیر برای مشخص‌سازی آن همواره برقرار است؟



$$(۱) \quad i = d_1 V + d_2 \quad d_1, d_2 \text{ ثابت‌های وابسته به } N$$

$$(۲) \quad V = d_1 i + d_2 \quad d_1, d_2 \text{ ثابت‌های وابسته به } N$$

$$(۳) \quad aV + bi + c = 0 \quad a, b, c \text{ ثابت‌های وابسته به } N$$

(۴) هر سه گزاره فوق صحیح است.

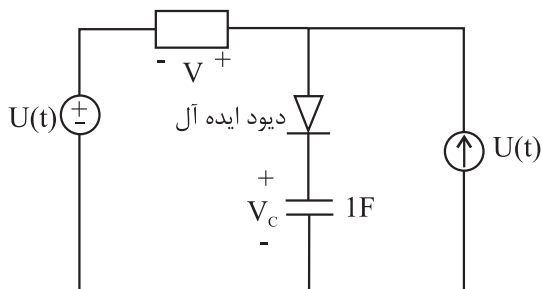


گزینه ۳ صحیح است.

در گزینه‌های ۱ و ۲ به ترتیب اگر $i = 0$ و یا $V = 0$ شود نمی‌توان معادلات را حل کرد به همین دلیل گزینه ۳ بهترین جواب خواهد بود.

سراسری ۸۰ و آزاد ۹۱

اگر $V_C(0^-) = 1$ و مشخصه مقاومت خطی تغییرپذیر با زمان بصورت $V = ti$ باشد، ولتاژ $V_C(t)$ در زمان‌های مثبت کدام است؟



(۱) $t + 1$

(۲) $\frac{1}{2}t + 1$

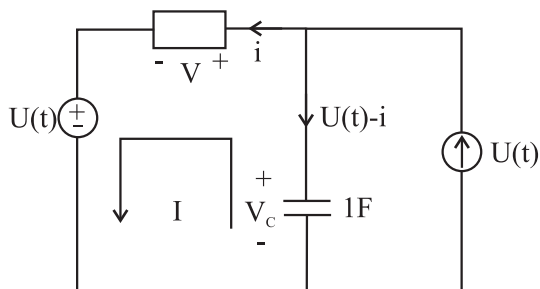
(۳) $t^2 + t + 1$

(۴) $\frac{1}{2}t^2 + t + 1$



گزینه ۲ صحیح است.

با اعمال خانم KVL و آقای KCL مدار را حل می‌کنیم.



با فرض آنکه دیود در حالت هدایت است.

$$i_C = U(t) - i \rightarrow \frac{dV_c(t)}{dt} = U(t) - i$$

$$V_C = ti + U(t) \quad \text{در } KVL$$

$$i = \frac{V_C - U(t)}{t} \Rightarrow \frac{dV_C}{dt} = U(t) - \frac{V_C}{t} + \frac{U(t)}{t}$$

$$\frac{dV_C}{dt} + \frac{V_C}{t} = U(t) + \frac{U(t)}{t}$$

ادامه در فیش بعدی

$$\Rightarrow t \frac{dV_c}{dt} + V_c = tU(t) + U(t)$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt}(tV_c(t)) = tU(t) + U(t)$$

حال پارامتر t را به t' تغییر داده و از 0 تا t انتگرال می‌گیریم.

$$\int_0^t \frac{d}{dt'}(t'V_c(t')) dt' = \int_0^t t'U(t') + U(t') dt'$$

$$t'V_c(t') \Big|_{t'=0}^{t'=t} = \frac{1}{2}t'^2 U(t') + t'U(t') \Big|_0^t$$

$$tV_c(t) - 0V_c(0) = \frac{1}{2}t^2 U(t) + tU(t)$$

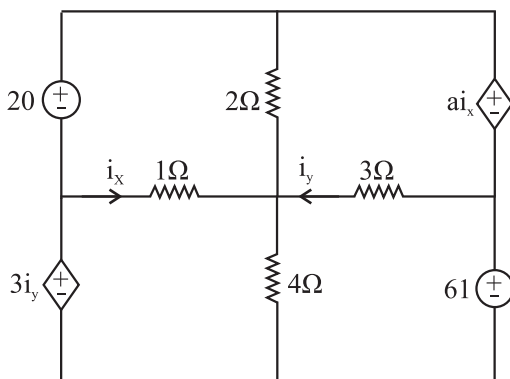
$$U(t) = 1 \leftarrow t > 0$$

$$tV_c(t) = \frac{1}{2}t^2 + t$$

$$\boxed{V_c(t) = \frac{1}{2}t + 1}$$

سراسری ۸۳

به ازای چه مقدار a مدار شکل زیر دارای جواب یکتاست (مقاومت‌ها بر حسب اهم هستند).



(۱) ۰/۵

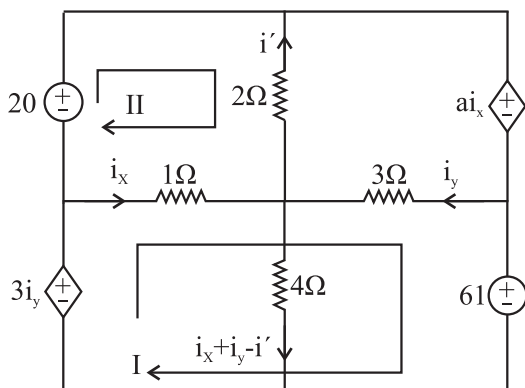
(۲) ۲

(۳) ۴

(۴) تمام مقادیر a 

گزینه ۲ صحیح است.

با اعمال خاتم KCL و آقای KVL مدار را حل کرده و مقدار a را می‌یابیم.



$$3i_y = i_x - 3i_y + 61 \quad \text{در } KVL$$

$$\Rightarrow \boxed{6i_y = i_x + 61} \quad *$$

$$20 = -2i' - i_x \rightarrow i' = -10 - \frac{1}{2}i_x \quad \text{در } KVL$$

KVL در مش پایین سمت چپ:

$$3i_y = i_x + 4i_x + 4i_y - 4i'$$

ادامه در فیش بعدی

$$\Rightarrow 4i'_x = 5i_x + i_y = -40 - 2i_x$$

$$\boxed{i_y = -40 - 7i_x} \quad **$$

$$*, ** \Rightarrow \begin{cases} 6i_y = i_x + 61 \\ i_y = -40 - 7i_x \end{cases}$$

$$\Rightarrow -240 - 42i_x = i_x + 61$$

$$-43i_x = 240 + 61 = 301$$

$$i_x = \frac{301}{-43} = -7$$

$$\boxed{i_x = -7}$$

$$\boxed{i_y = 9}$$

حال در بالای مدار سمت راست KVL می‌زنیم.

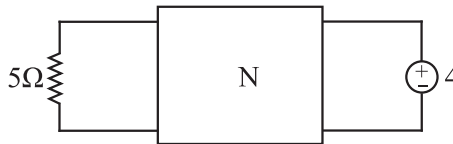
$$ai_x = -2i'_x - 3i_y \rightarrow ai_x = 20 + i_x - 3i_y$$

$$(a-1)i_x = 20 - 3i_y = 20 - 27$$

$$(a-1)(-7) = -7 \rightarrow a-1 = 1 \rightarrow a = 2$$

سراسری ۸۸

مدار داده شده در شکل زیر مقاومتی، خطی و تغییرناپذیر با زمان است. ۸۰ درصد توان متوسط منبع توسط N جذب می‌شود. اندازه منبع ولتاژ ثابت را چند برابر کنیم تا ۳۰ درصد توان آن به مقاومت 5Ω برسد؟



(۱) $\frac{3}{2}$ برابر

(۲) $\frac{9}{4}$ برابر

(۳) درجه توان جذب شده توسط مقاومت 5Ω فقط به مقدار مقاومت بستگی دارد و مستقل از منبع ولتاژ است.

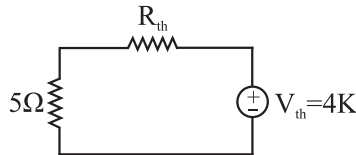
(۴) درصد توان جذب شده توسط مقاومت 5Ω به مقدار مقاومت و N بستگی دارد و مستقل از اندازه منبع ولتاژ

است.



گزینه ۴ صحیح است.

از دو سر مقاومت ۵ اهمی مدار معادل تونن مدار را رسم می‌کنیم.



ضریبی از ۴ (ضریبی از منبع ولتاژ) برابر ولتاژ تونن خواهد شد. توان جذب شده توسط مقاومت ۵ اهمی

$$P_{5\Omega} = RI^2 = \frac{V^2}{R} = \left(\frac{5}{5 + R_{th}} 4K \right)^2 \frac{1}{5}$$

$$P = VI = \frac{V^2}{R} = \frac{(4K)^2}{5 + R_{th}}$$

$$\frac{P_{5\Omega}}{P} = \frac{\frac{1}{5} \left(\frac{5}{5 + R_{th}} \right)^2 (4K)^2}{\frac{1}{5 + R_{th}} (4K)^2} = \frac{5}{5 + R_{th}}$$

$$\frac{P_{5\Omega}}{P} : \text{درصد توان جذب شده توسط مقاومت ۵ اهمی}$$

همانطور که می‌بینید این درصد هیچ ربطی به اندازه منبع

ولتاژ ندارد و به خود مقاومت ۵ اهمی و N (از R_{th}) N

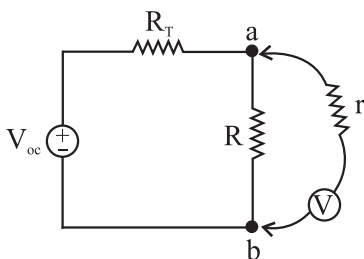
ناشی می‌شود) وابسته است.

آزاد ۸۶

ولتاژ V_{ab} دو سر مقاومت خطی مدار زیر توسط ولتمتری

با مقاومت r اندازه‌گیری شده است. مقدار خطای $\frac{\Delta V_{ab}}{V_a}$ به

علت اثر بارگذاری ولتمتر برابر با کدام گزینه است؟



$$\frac{\Delta V_{ab}}{V_a} = \frac{-R_T R}{r(R_T + R)} \quad (۱)$$

$$\frac{\Delta V_{ab}}{V_a} = \frac{-R_T}{R_T + R} \quad (۲)$$

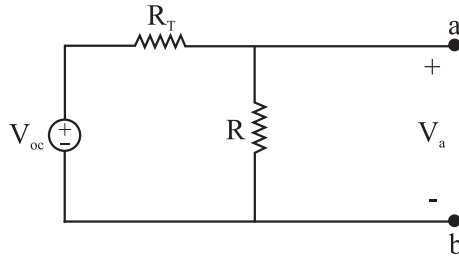
$$\frac{\Delta V_{ab}}{V_a} = \frac{-R}{r(R_T + R)} \quad (۳)$$

$$\frac{\Delta V_{ab}}{V_a} = \frac{R_T R}{r(R + R_T)} \quad (۴)$$



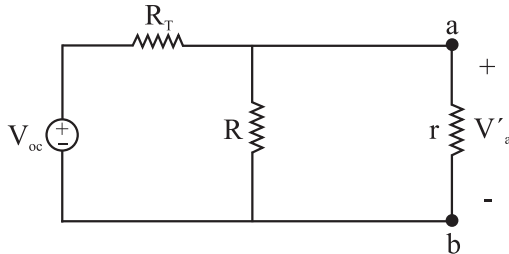
گزینه ۴ صحیح است.

بدون در نظر گرفتن اثر بارگذاری ولت‌متر داریم که:



$$V_a = \frac{R}{R + R_T} V_{OC}$$

با در نظر گرفتن اثر بارگذاری ولت‌متر داریم که:



$$V'_a = \frac{r \parallel R}{r \parallel R + R_T} V_{OC}$$

ادامه در فیش بعدی

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta V_{ab}}{V_a} &= \frac{V_a - V'_a}{V'_a} = \frac{\frac{R}{R_T + R} - \frac{r \parallel R}{r \parallel R + R_T}}{\frac{r \parallel R}{r \parallel R + R_T}} \\
 \frac{\Delta V_{ab}}{V_a} &= \frac{\frac{R}{R + R_T} - \frac{\frac{Rr}{R + r}}{\frac{Rr}{R + r} + R_T}}{\frac{Rr}{\frac{R + r}{\frac{Rr}{R + r} + R_T}}} \\
 \frac{\Delta V_{ab}}{V_a} &= \frac{\frac{R}{R + R_T} - \frac{Rr}{Rr + R_T R + R_T r}}{\frac{Rr}{Rr + R_T R + R_T r}} \\
 &= \frac{\cancel{R^2} + R_T R^2 + \cancel{RR_T r} - \cancel{R^2} - \cancel{RR_T r}}{(R + R_T)(Rr + R_T R + R_T r)} \\
 &= \frac{Rr}{Rr + RR_T + R_T r}
 \end{aligned}$$

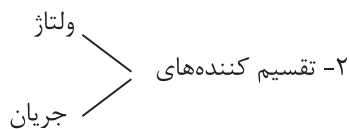
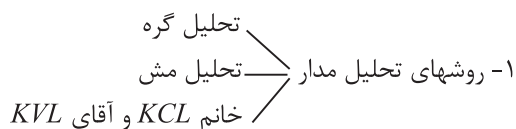
ادامه در پشت فیش

$$\frac{\Delta V_{ab}}{V_a} = \frac{R_T R^2}{Rr(R + R_T)} = \frac{R_T R}{r(R + R_T)}$$

$$\boxed{\frac{\Delta V_{ab}}{V_a} = \frac{RR_T}{r(R + R_T)}}$$

ایستگاه پایانی:

نکاتی را که در این فصل یاد گرفتیم:



۳- تبدیل منابع

۴- نحوه به دست آوردن ولتاژ مدار باز- جریان اتصال کوتاه

۵- به دست آوردن مقاومت معادل شامل:

الف- ولتاژ مدار باز - جریان اتصال کوتاه

ب - منبع ولتاژ تست

ادامه در پشت فیش

۶- قضیه تونن - نورتن

۷- جمع آثار

روش تونن - جمع آثار برای حل سؤالات دارای جعبه‌های
مقاومتی

۸- بهم بستن سری یا موازی عناصر