

آموزش نکته به نکته و مجموعه سوالات

# مدارهای الکتریکی

کاردانی به کارشناسی

- (۱) آشنایی با عناصر مدار
- (۲) توابع تحریک و مقدار متوسط و موثر
- (۳) آشنایی با سلف و خازن
- (۴) مدار در حالت ماندگار سینوسی
- (۵) مدارهای سه فاز
- (۶) تزویج مغناطیسی
- (۷) لاپلاس و کاربرد آن
- (۸) شبکه دو درجه‌ای

کد: ۳۳۲۰۱

## کارشناسی ناپیوسته

تهیه و تدوین

مهندس علی نیک‌پیک

سرشناسه	: علی نیک پیک، ۱۳۵۶
و نام پدید آور	: آموزش نکته به نکته و مجموعه سوالات مدارهای الکتریکی کاردانی به کارشناسی / تهیه و تدوین علی نیک پیک.
مشخصات نشر	: تهران: چهارخونه، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۳۶۰ص: جدول، نمودار: ۲۲×۲۹ س م.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۲۱۶-۹۸-۱:
فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون‌ها
موضوع	: مدارهای الکترونیکی -- راهنمایی آموزشی (عالی)
موضوع	: مدارهای الکترونیکی -- آزمونها و تمرینها (عالی)
موضوع	: آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی -- ایران
رده بندی کنگره	: TK ۷۸۶۷/۱۳۸۹
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۸۱۵۰۷۶:
کتاب شناسی ملی	: ۲۱۱۶۳۵۸ :

## آموزش نکته به نکته و مجموعه سوالات مدارهای الکتریکی

ناشر: نشر چهارخونه

نویسنده: مهندس علی نیک پیک

حروفچینی: فاطمه مرادی

صفحه آرایی: نرگس اسودی

ویراستار: روزبه روزبهرانی

چاپ و صحافی: فتوحی

شمارگان: ۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول - بهار ۱۳۹۱

قیمت: ۱۴۰۰۰ تومان

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است و هرگونه نسخه برداری پیگرد قانونی دارد»

مرکز پخش: میدان انقلاب - خیابان فرصت شیرازی - پلاک ۱۰ - واحد ۷

تلفن: ۰۲۶ ۶۲ ۰۰۰ ۰۹۱۲ - ۶۶ ۹۲ ۷۷ ۹۶ - ۶۶ ۹۲ ۸۱ ۷۱

جهت دریافت کتاب در تهران از طریق پیک و در شهرستان‌ها از طریق پست با

شماره تلفن: ۰۲۹ ۶۶ ۹۲ ۸۰ ۲۹ (۰۲۱) تماس حاصل فرمایید.

# فهرست مطالب

## فصل اول: «آشنایی با عناصر مدار»

۱۸۰.....	رسم موج سینوسی	۳.....	مفهوم جریان
۱۸۳.....	مفهوم جوتور و یا عقبتر بودن جریان نسبت به ولتاژ و بالعکس	۳.....	مفهوم ولتاژ
۱۸۴.....	مفهوم فیزور	۴.....	مفهوم توان
۱۹۱.....	مفهوم امپدانس (Z) و ادمنانس (Y) و مدار در حالت رزونانس	۵.....	مفهوم انرژی
۱۹۷.....	توان و انواع آن	۵.....	آشنایی با مفهوم مقاومت
۲۰۰.....	مدارهای مرتبه ۱ و مرتبه ۲ به عنوان فیلتر	۷.....	اتصال مقاومت‌ها
۲۰۲.....	بردار	۱۵.....	منابع
۲۰۶.....	مدار RC و سری و موازی	۱۹.....	نمودار (V.I) مربوط به مدارهای دیودی
۲۱۸.....	پاسخ فرکانس مدارات RL و RC	۲۰.....	تحلیل مدارهای مقاومتی
۲۲۲.....	مدارات LC	۲۰.....	KCL
۲۲۸.....	مدارات RLC	۲۵.....	KVL
۲۳۲.....	مدارات RLC مختلط	۳۱.....	جمع آثار
۲۳۵.....	خلاصه و یادآوری	۳۳.....	تقارن در مدار
۲۳۷.....	تست‌های فصل چهارم	۳۶.....	تونن و نورتن
۲۵۱.....	پاسخنامه فصل چهارم	۴۴.....	قضیه انتقال توان ماکزیمم
		۴۷.....	تست‌های فصل اول
		۶۲.....	پاسخنامه فصل اول

### فصل پنجم: «مدارهای سه فاز»

۲۶۵.....	مفهوم سه فاز
۲۶۵.....	اتصال بار
۲۶۵.....	اتصال ستاره
۲۷۱.....	اتصال مثلث
۲۷۳.....	وات متر در مدار سه فاز
۲۷۶.....	تست‌های فصل پنجم
۲۸۳.....	پاسخنامه فصل پنجم

### فصل ششم: «تزوید مغناطیسی»

۲۹۱.....	تزوید
۲۹۱.....	رسم مدار معادل نقطه‌دار از روی مدار مغناطیسی
۲۹۳.....	روش تحلیل مدارهای نقطه دار
۲۹۶.....	بررسی رفتار سلفهای تزوید شده در حالت سینوسی مانا
۲۹۷.....	بدست آوردن مدار معادل T و $\pi$ برای دو سلف تزوید شده
۲۹۹.....	ترانسفورماتورهای دو سیم پیچ ایده‌آل
۳۰۲.....	رابطه انرژی در سیستمهای تزوید دو تحریکه
۳۰۳.....	تست‌های فصل ششم
۳۱۰.....	پاسخنامه فصل ششم

### فصل هفتم: «لاپلاس و کاربرد آن»

۳۱۹.....	تبدیل لاپلاس
۳۱۹.....	قضایای تبدیل لاپلاس
۳۲۰.....	لاپلاس معکوس
۳۲۳.....	قضیه مقدار اولیه و مقدار نهایی
۳۲۴.....	کاربرد تبدیل لاپلاس برای تحلیل مدارهای الکتریکی
۳۲۷.....	تست‌های فصل هفتم
۳۳۱.....	پاسخنامه فصل هفتم

### فصل هشتم: «شبکه دو درجه‌ای»

۳۳۷.....	پارامتر امپدانس یا Z
۳۴۳.....	پارامترهای ادمنانس یا Y
۳۶۶.....	پارامترهای هایبرید یا H
۳۴۸.....	پارامترهای انتقال یا T
۳۵۰.....	تست‌های فصل هشتم
۳۵۶.....	پاسخنامه فصل هشتم

## فصل دوم: «توابع تحریک و مقدار متوسط و موثر»

۸۱.....	تابع پله‌ی واحد (تابع هوی‌ساید)
۸۳.....	تابع دلتای دیراک (تابع ضربه)
۸۳.....	تابع شیب یا رمپ (ramp)
۸۵.....	موج متناوب
۸۵.....	مقدار متوسط
۸۸.....	مقدار مؤثر
۹۵.....	تست‌های فصل دوم
۱۰۳.....	پاسخنامه فصل دوم

## فصل سوم: «آشنایی با سلف و خازن و مدارهای مرتبه یک و دو»

۱۱۱.....	سلف
۱۱۲.....	خازن
۱۱۳.....	اتصال سلف‌ها و خازن‌ها
۱۱۴.....	بررسی ولتاژ خازن و جریان سلف
۱۱۷.....	مفهوم زمان در کلیدزنی
۱۱۷.....	محاسبه جریان و یا ولتاژ در لحظه بعد از کلیدزنی
۱۱۸.....	محاسبه مشتق جریان و یا ولتاژ درست در لحظه بعد از کلیدزنی
۱۲۰.....	مدارهای مرتبه اول
۱۲۱.....	مشخص کردن مرتبه مدار
۱۲۸.....	مفهوم پاسخ پله و پاسخ ضربه
۱۳۱.....	مدارهای مرتبه اول با چند کلیدزنی (چند ثابت زمانی)
۱۳۴.....	مدارهای مرتبه دوم
۱۳۴.....	معادله دیفرانسیل مدار RLC سری و موازی
۱۳۵.....	معادله مشخصه مدار
۱۳۶.....	بحث در مورد ریشه‌های معادله مشخصه
۱۳۸.....	نحوه حل مسائل مربوط به مدارهای مرتبه دوم
۱۴۲.....	تست‌های فصل سوم
۱۵۸.....	پاسخنامه فصل سوم

## فصل چهارم: «مدار در حالت ماندگار سینوسی»

۱۷۷.....	توصیف اعداد مختلط
۱۷۷.....	روش تبدیل قائم به قطبی و بالعکس
۱۷۹.....	چهار عمل اصلی روی اعداد مختلط
۱۸۰.....	آشنایی با موج سینوسی و موج سینوسی

## تقدیم به همسر عزیزم که همراهی یگانه است.

با توجه به تجربه حدود ۱۵ سال تدریس در کلاس‌های مختلف و درک مشکلاتی که دانشجویان عزیز در فهم درس مدارهای الکتریکی دارند بر آن شدم کتابی جامع در این زمینه تالیف نمایم که هم نیاز دانشجویان جهت فهم درس مدارهای الکتریکی را مرتفع نماید و هم گره‌گشای مشکلات دانشجویان در حل تست‌های کنکور باشد. **مهمترین مزیت این کتاب یکپارچگی مطالب و آموزش گام به گام آن می باشد که سردرگمی و پراکنده‌خوانی دانشجویان را از بین می‌برد.**

این کتاب شامل روش‌های جدید و میانبر و فرمول‌هایی می‌باشد که همگی مبتنی بر فهم عمیق درس است لذا از دانشجویان عزیز تقاضا دارم ابتدا درس‌نامه‌ی هر فصل و مثال‌هایی که همه سوال‌های تألیفی می‌باشند را به صورت کامل و دقیق مطالعه نموده سپس تست‌های مربوط به آن فصل را که مربوط به کنکور دانشگاه سراسری و آزاد از سال ۸۰ تا سال ۹۰ می‌باشد و به صورت تفکیکی در کتاب آورده شده است را حل نمایند.

با توجه به آنکه بعضی از فرمول‌ها و مطالب کتاب روش‌ها و فرمول‌های شخصی اینجانب است از مؤلفان عزیز خواهشمندم در صورت استفاده از این مطالب نام منبع اصلی را ذکر نمایند.

در پایان امیدوارم مطالب این کتاب گام موثری در زمینه فهم درس مدارهای الکتریکی داشته باشد. در ضمن لازم می‌دانم از همیاری و کمک‌های بی‌دریغی که آقای **مهندس روزه یگانه** در تألیف این کتاب نموده‌اند کمال تشکر را داشته باشم.

از آنجا که هر کتابی نمی‌تواند خالی از ایراد باشد لذا از خوانندگان عزیز خواهشمند است در صورت داشتن هرگونه نظر و انتقاد پیشنهاد با شماره **۰۹۱۲۲۹۳۹۸۸۲** تماس حاصل فرمایید.

علی نیک پیک

بهار ۹۱

# فصل اول

آشنایی با عناصر مدار



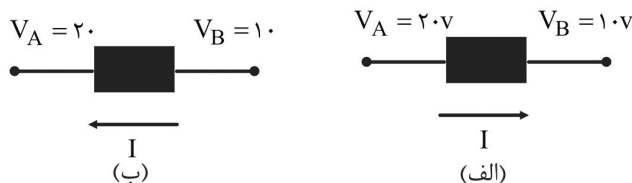
## فصل اول

### «آشنایی با عناصر مدار و نحوه اتصال آن‌ها و تحلیل مدارهای مقاومتی»

برای آشنایی با عناصر مدار احتیاج است که ابتدا مفاهیم جریان، ولتاژ، توان و انرژی را بررسی کنیم. سپس به بررسی عناصر مدار خواهیم پرداخت.

**۱-۱ مفهوم جریان:** جریان بر اثر جابه‌جایی بار در مدار به وجود می‌آید جهت حرکت الکترون‌ها جهت اصلی جریان می‌باشد اما در تحلیل مدارها خلاف این جهت را برای جریان در نظر می‌گیرند و به آن جریان قراردادی می‌گویند جهت جریان قراردادی از ولتاژ بیشتر به سمت ولتاژ کمتر خواهد بود واحد اندازه‌گیری جریان آمپر (A) می‌باشد.

**نکته ۱:** اگر جهت جریان خلاف جهت قراردادی در مدار نشان داده شود علامت آن منفی خواهد بود برای درک بیشتر به شکل‌های زیر توجه کنید.



در شکل الف علامت I مثبت است و در شکل ب علامت I منفی می‌باشد.

**نکته ۲:** رابطه جریان با میزان بار جابه‌جا شده به صورت زیر است که در این رابطه q بار جابه‌جا شده بین دو زمان  $t_1$ ،  $t_2$  می‌باشد.

$$I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow q = \int_{t_1}^{t_2} Idt$$

**۱-۲ مفهوم ولتاژ:** ولتاژ کمیتی نسبی است یعنی همیشه ولتاژ یک نقطه را نسبت به نقطه دیگر می‌سنجند به این ترتیب هنگامی که می‌گویند  $V_{AB}$  یعنی ولتاژ نقطه A نسبت به نقطه B، واحد ولتاژ ولت (V) می‌باشد.

**نکته ۱-** هنگامی که می‌گویند  $V_A$  یعنی ولتاژ نقطه A نسبت به زمین و هنگامی که برای ولتاژ پلاریته انتخاب می‌کنند یعنی ولتاژ نقطه مثبت نسبت به نقطه منفی

**تذکره:** زمین مدار یک نقطه دلفواه از مدار است که ولتاژ آن نقطه را صفر در نظر می‌گیریم و ولتاژ نقاط دیگر نسبت به آن سنجیده می‌شود.

**نکته ۲:** اگر ولتاژ نقطه A بیشتر از ولتاژ نقطه B باشد  $V_{AB}$  دارای علامت مثبت خواهد بود و اگر ولتاژ نقطه A کمتر از ولتاژ نقطه B باشد  $V_{AB}$  دارای مقدار منفی خواهد بود.

**نکته ۳:** برای به دست آوردن  $V_{AB}$  می‌توان از رابطه  $V_{AB} = V_A - V_B$  استفاده نمود.

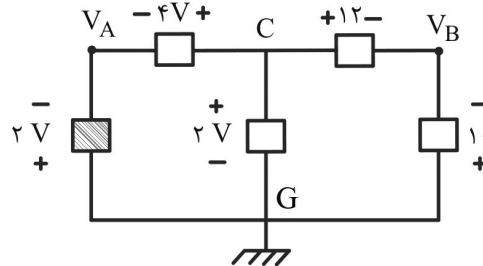
**مثال ۱-** در مدارهای زیر  $V_x$  را به دست آورید.

(الف)  $\text{حل: } V_x = V_{AB} = V_A - V_B = -10 - 20 = -30$

(ب)  $\text{حل: } V_x = V_{BA} = -10 - 5 = -15$

**نکته ۴:** علاوه بر روش بیان شده در نکته ۳ هنگامی که می‌خواهیم ولتاژ نقطه A را نسبت به نقطه B به دست آوریم باید در یک مسیر دلخواه از A به سمت B حرکت کنیم و همه ولتاژهای موجود در مسیر را با هم جمع جبری نماییم، توجه شود هر مسیری که انتخاب شود جواب فرقی نمی‌کند با توجه به مطلب بیان شده برای به دست آوردن ولتاژ نقطه A نسبت به زمین باید مسیر انتخاب شده از A به سمت زمین مدار باشد.

**مثال ۲-** در مدار زیر  $V_A$  و  $V_{AB}$  را به دست آورید.



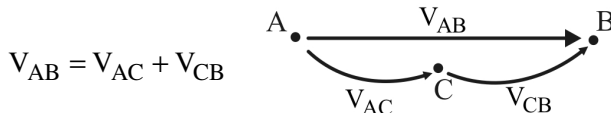
**جواب:** برای به دست آوردن  $V_A$  می‌توان از نقطه A به سمت زمین یک مسیر دلخواه انتخاب نمود و تمام ولتاژهای مسیر را جمع جبری نمود. در تمام حالات جواب  $V_A = -2$  خواهد بود.

AG مسیر  $V_A = -2$  و ACG مسیر  $V_A = -4 + 2 = -2, \dots$


و برای به دست آوردن  $V_{AB}$  یا باید از رابطه  $V_A - V_B$  استفاده نمود یا باید یک مسیر دلخواه از A به B انتخاب کرد و ولتاژهای موجود در طول مسیر را با هم جمع جبری نمود در مسیر ACB  $V_{AB} = -4 + 12 = 8$  در مسیر AGB  $V_{AB} = -2 + 10 = 8$  همچنین می‌توان  $V_{AB}$  را از رابطه  $V_{AB} = V_A - V_B$  محاسبه کرد.

$$V_{AB} = V_A - V_B = -2 + 10 = 8$$

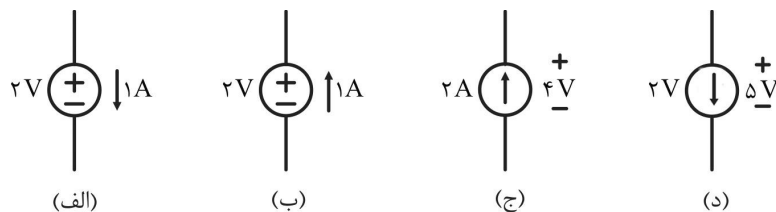
**نکته ۵:**  $V_{AB}$  را می‌توان بر حسب ولتاژ نقطه دیگری از مدار بسط داد به طور مثال بسط  $V_{AB}$  بر حسب C به صورت مقابل است.



**۳- مفهوم توان:** توان در حقیقت میزان تغییرات انرژی در واحد زمان می‌باشد و واحد اندازه‌گیری آن وات (W) است عناصر از لحاظ توان به دو دسته تقسیم می‌شود.

**۱-۳-۱- عناصر پسیو:** عناصری هستند که در تمام شرایط انرژی مصرف می‌کنند یعنی همیشه جریان در آن‌ها از ولتاژ بیشتر به سمت ولتاژ کمتر می‌باشد مثل مقاومت‌های معمولی () توجه شود در عناصر پسیو همیشه  $P > 0$  خواهد بود.

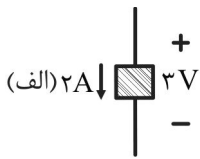
**۲-۳-۱- عناصر اکتیو یا فعال:** عناصری هستند که در تمام شرایط انرژی مصرف نمی‌کنند و ممکن است در بعضی از شرایط انرژی تولید کنند یک عنصر وقتی انرژی تولید می‌کند که جریان آن از ولتاژ کمتر به سمت ولتاژ بیشتر باشد توجه شود در عناصر اکتیو اگر انرژی تولید شود  $P < 0$  و اگر انرژی مصرف شده  $P > 0$  خواهد بود به طور مثال یک منبع ولتاژ یا یک منبع جریان اکتیو می‌باشند. این منابع هم می‌توانند توان تولید کنند و هم می‌توانند توان مصرف کنند به شکل زیر توجه کنید.



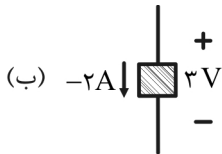
توجه شود منبع الف و د توان مصرف می‌کنند چون جریان آن‌ها از پلاریته مثبت به سمت پلاریته منفی است و منبع ب و ج توان تولید می‌کنند زیرا جریان آن‌ها از پلاریته منفی به مثبت می‌باشد.



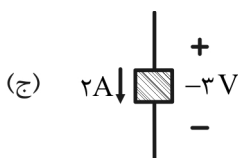
**مثال ۳-** در شکل‌های زیر نوع و علامت توان را مشخص کنید.



چون جریان از ولتاژ بیشتر به سمت ولتاژ کمتر است توان مصرف می‌شود  $P > 0$



جریان دارای علامت منفی است پس جهت آن از پایین به بالا می‌باشد یعنی از ولتاژ کمتر به سمت بیشتر پس توان تولید می‌شود.  $P < 0$



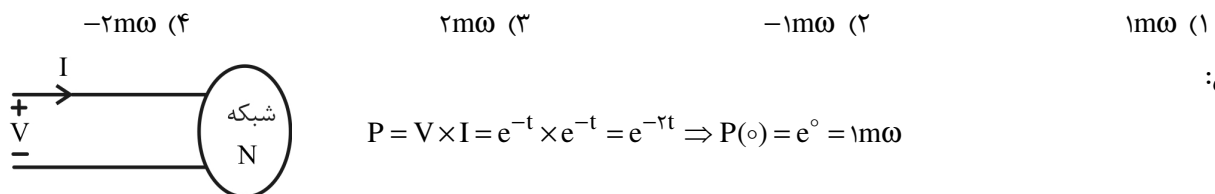
ولتاژ نشان داده شده منفی است یعنی در حقیقت پلاریته منفی بالا و پلاریته مثبت پایین است یعنی شکل به صورت  $2A \downarrow \begin{matrix} - \\ 3V \\ + \end{matrix}$  می‌باشد پس جریان از ولتاژ کمتر به سمت بیشتر خواهد بود

و توان تولیدی است  $P < 0$

**نکته:** برای محاسبه توان از رابطه  $P = V \times I$  استفاده می‌شود که البته  $I$  در این رابطه جریان از ولتاژ بیشتر به سمت ولتاژ کمتر می‌باشد به این ترتیب علامت توان صحیح به دست می‌آید.

**نکته:** یکی دیگر از فرمول‌های توان  $P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$  می‌باشد که عبارت از تغییرات انرژی برمسب زمان

**مثال ۴-** در شکل زیر  $V = e^{-t}$  و  $I = V$  میلی‌آمپر است توانی که این عنصر در  $t = 0$  مصرف می‌کند چقدر است؟



حل:

$$P = V \times I = e^{-t} \times e^{-t} = e^{-2t} \Rightarrow P(0) = e^0 = 1mW$$

**۴-۱ مفهوم انرژی (W):** واحد اندازه‌گیری انرژی ژول (j) می‌باشد که برای به دست آوردن آن از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$w = \int_{t_0}^{t_1} P dt = \int_{t_0}^{t_1} (V \times I) dt$$

با استفاده از فرمول فوق می‌توان میزان انرژی تولیدی یا مصرفی از زمان  $t_0$  تا زمان  $t_1$  را محاسبه نمود.

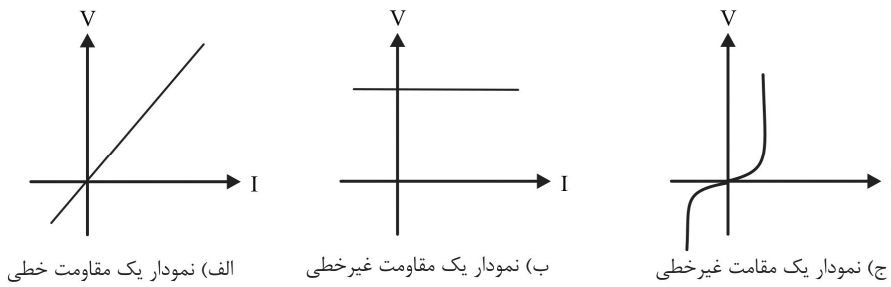
**تذکره:** اگر  $V$  و  $I$  مقادیر ثابتی باشند و به زمان وابستگی نداشته باشند آن گاه میزان انرژی تولیدی یا مصرفی در مدت زمان  $t$  ثانیه از رابطه  $W = p.t = V.I.t$  محاسبه می‌شود.

بعد از آشنا شدن با مفاهیم فوق به معرفی عناصر مدار می‌پردازیم و در این فصل با مقاومت و مدارهای مقاومتی و روش تحلیل اینگونه از مدارات آشنا می‌شود و در فصل‌های آینده به بررسی سلف و خازن می‌پردازیم.

**۵-۱ آشنایی با مفهوم مقاومت:** یک عنصر دو سر را مقاومت می‌گویند هرگاه بتوان در هر لحظه از زمان رابطه ولتاژ و جریان آن را توسط یک منحنی در صفحه  $(V, I)$  رسم کرد واحد اندازه‌گیری مقاومت اهم  $(\Omega)$  می‌باشد.

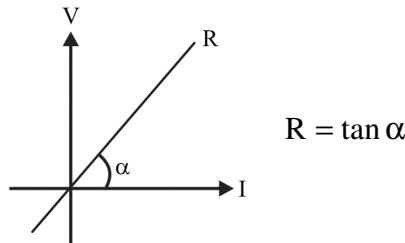
**۵-۱ تقسیم‌بندی مقاومت‌ها:** مقاومت‌ها به دو دسته خطی و غیرخطی تقسیم می‌شوند.

مقاومت‌های خطی دارای دو شرط می‌باشند اولاً نمودار  $(V, I)$  آن‌ها خطی مستقیم باشد ثانیاً این نمودار از مبدأ مختصات عبور کند اگر حتی یکی از دو شرط فوق برقرار نباشد مقاومت را غیرخطی می‌گویند به شکل زیر دقت کنید.

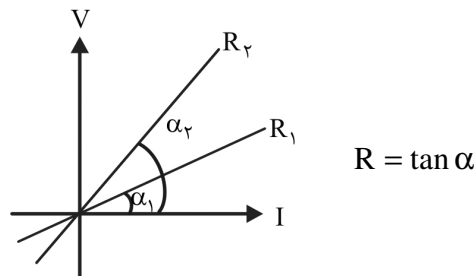


**تذکره:** یک تقسیم‌بندی دیگر تغییرپذیر بودن یا تغییرناپذیر بودن مقاومت با زمان می‌باشد که از بحث درس ما خارج می‌باشد و ما مقاومت‌های تغییرناپذیر با زمان را در این کتاب بررسی می‌کنیم.

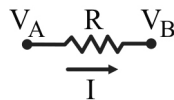
۱-۵-۱ مقاومت‌های خطی: همانطور که گفته شد نمودار مقاومت‌های خطی در صفحه (V,I) یک خط مستقیم می‌باشد که از مبدأ مختصات می‌گذرد شمای فنی یک مقاومت خطی به صورت  $\left(\text{---}\overset{R}{\text{---}}\right)$  می‌باشد که مقدار R ثابت است و این مقدار عبارت است از شیب نمودار (V,I). به شکل زیر دقت کنید.



توجه شود هرچه زاویه مشخصه (V,I) با محور جریان بیشتر باشد مقاومت نیز بیشتر خواهد بود به طور مثال در شکل زیر مقدار  $R_2$  از  $R_1$  بیشتر است.

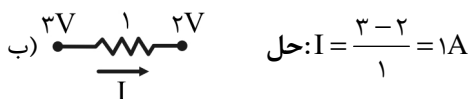
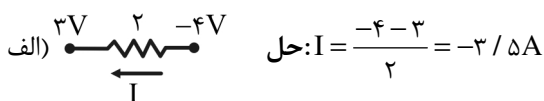


۱-۵-۲ قانون اهم در مقاومت‌های خطی: طبق قانون اهم میزان جریان عبوری از هر مقاومت به ولتاژ دو سر مقاومت و میزان مقاومت بستگی دارد.

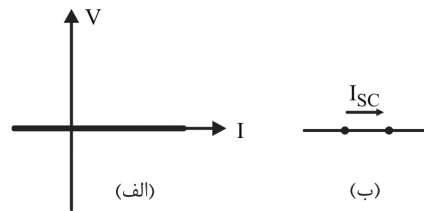


با توجه به شکل فوق قانون اهم به صورت فرمول  $I = \frac{V_A - V_B}{R}$  بیان می‌شود.

**مثال ۵-** در مقاومت‌های زیر مقدار جریان را بیابید.

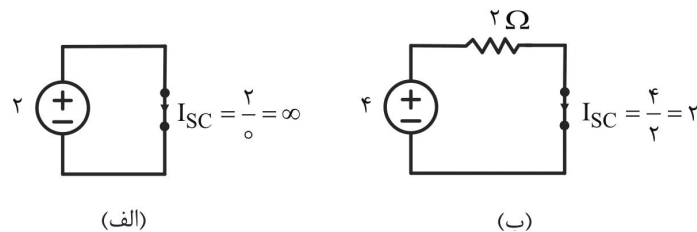


۳-۵-۱ مفهوم اتصال کوتاه: اتصال کوتاه مقاومتی خطی با مقدار صفر است با توجه به رابطه  $R = \tan \alpha$  اگر مقدار مقاومت صفر باشد  $\alpha$  نیز صفر خواهد بود، نمودار  $(V, I)$  و شمای اتصال کوتاه در شکل زیر آمده است جریان اتصال کوتاه را با  $I_{SC}$  نشان می‌دهند.

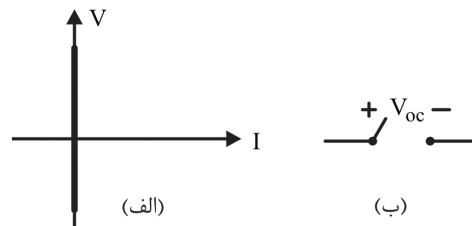


همان‌طور که مشاهده می‌شود ولتاژ دو سر اتصال کوتاه صفر و مقاومت آن نیز صفر می‌باشد ولی جریان آن به شکل مدار بستگی دارد.

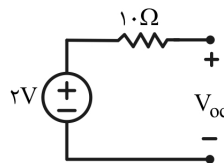
**نکته:** جریان اتصال کوتاه در صورتی بی‌نهایت خواهد بود که یک منبع ولتاژ ایده‌آل به آن متصل کنیم به شکل زیر دقت کنید.



۴-۵-۱ مفهوم مدار باز: مدار باز مقاومتی خطی با مقدار بی‌نهایت است، با توجه به رابطه  $R = \tan \alpha$  اگر  $R = \infty$  باشد آن‌گاه  $\alpha = 90^\circ$  خواهد بود نمودار  $(V, I)$  و شمای فنی مدار باز در شکل زیر آمده است ولتاژ مدار باز را با  $V_{OC}$  نشان می‌دهند.



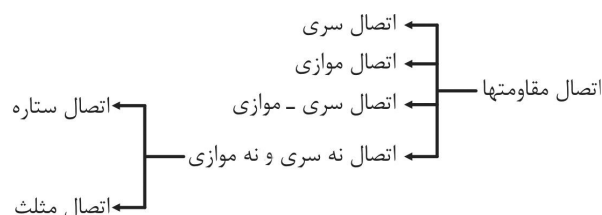
همان‌طور که مشاهده می‌شود مقاومت مدار باز برابر بی‌نهایت و جریان آن صفر می‌باشد اما ولتاژ آن به شکل مدار بستگی دارد به طور مثال در شکل زیر مقدار  $V_{OC}$  برابر  $+2V$  می‌باشد.



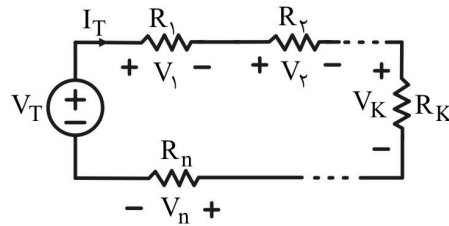
۵-۵-۱ مفهوم توان در مقاومت‌ها: توان مصرفی در یک مقاومت خطی را می‌توان از رابطه  $P = V \times I = RI^2 = \frac{V^2}{R}$  محاسبه نمود که در این روابط  $V$  ولتاژ دو سر مقاومت و  $I$  جریان گذرنده از آن می‌باشد.

**نکته:** اگر در یک مسئله مقاومت‌ها برمسب  $K\Omega$  باشند و ولتاژها برمسب ولت آن‌گاه جریان برمسب mA و توان نیز برمسب mW خواهد بود و امتیاجی به تبدیل واحد نداریم.

۶-۱ اتصال مقاومت‌ها: اتصال مقاومت‌ها را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد.



الف- اتصال سری: دو یا چند مقاومت را با هم سری می‌گویند هنگامی که جریان آن‌ها با هم برابر باشد در حالت کلی نحوه اتصال مقاومت‌های سری به صورت شکل زیر می‌باشد.



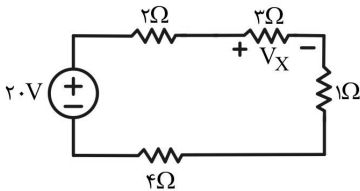
در مورد مقاومت‌های سری روابط زیر برقرار است:

الف)  $R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

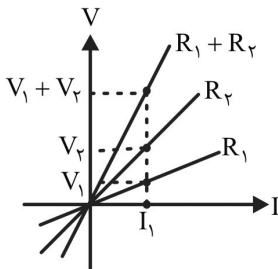
ب)  $V_T = V_1 + V_2 + \dots + V_n$

ج)  $V_K = \frac{R_K}{R_1 + R_2 + \dots + R_n} \times V_T$  قاعده تقسیم ولتاژ

مثال ۴- با استفاده از قاعده تقسیم ولتاژ  $V_x$  را بیابید.

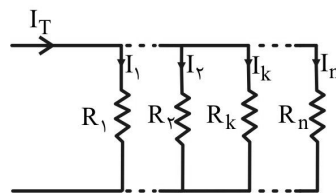


حل:  $V_x = \frac{2}{2+2+1+4} \times 20 = 6V$



**نکته:** همانطور که بیان شد جریان مقاومت‌های سری با هم برابر است ولی برای محاسبه ولتاژ کل ولتاژ آن‌ها با هم جمع می‌شود از این نکته برای سری کردن مقاومت‌هایی که در صفحه  $(V, I)$  رسم شده است می‌توان استفاده کرد برای درک بیشتر به شکل زیر دقت کنید همانطور که در شکل مشخص است برای رسم مقاومت معادل جریان را یکی گرفته ولی ولتاژ را با هم جمع می‌کنیم.

ب مقاومت‌های موازی: مقاومت‌های را با هم موازی می‌گویند که دارای ولتاژ یکسان باشند در شکل حالت کلی این مقاومت‌ها نشان داده شده است سه ویژگی اصلی مقاومت‌های موازی در زیر بیان شده است.



الف)  $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \Rightarrow R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$

**نکته:** هنگامی که چند مقاومت با هم موازی می‌شوند مقاومت معادل از همه آن‌ها کوچکتر است.

**نکته:** برای به دست آوردن مقاومت معادل برای دو مقاومت موازی می‌توان از رابطه  $R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  استفاده نمود.

**نکته:** اگر یک مقاومت  $n$  برابر مقاومت دیگر باشد یعنی یکی  $R$  و دیگری  $nR$  باشد معادل موازی دو مقاومت از رابطه

$R_T = \frac{nR}{n+1}$  مناسبه می‌شود به طور مثال اگر یک مقاومت  $60$  و مقاومت دیگر  $12$  باشد چون  $60 = 5 \times 12$  می‌باشد مقاومت

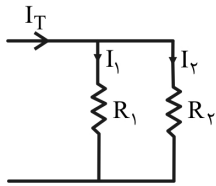
ماصل  $R_T = \frac{60}{5+1} = 10$  خواهد بود.

**نکته:** اگر  $n$  مقاومت مساوی  $R$  با هم موازی شوند حاصل  $\frac{R}{n}$  خواهد بود.

ب)  $I_T = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

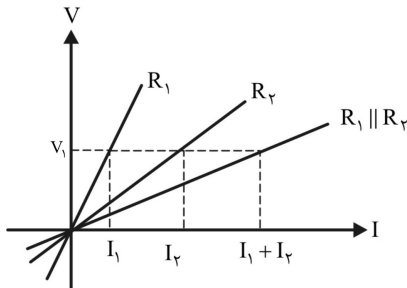
ج)  $I_k = \frac{\frac{1}{R_k}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \times I_T$  **قاعده تقسیم جریان:**

**نکته:** قاعده تقسیم جریان برای دو مقاومت به صورت زیر می‌باشد.



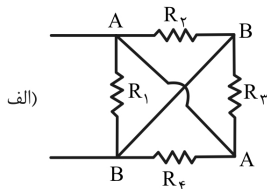
$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_T$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_T$$

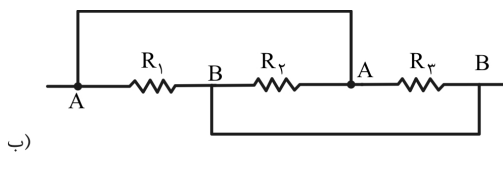


**نکته:** همانطور که بیان شد مقاومت‌های موازی دارای ولتاژ برابری هستند ولی برای مناسبه جریان کل جریان‌های آن‌ها با هم جمع می‌شود از همین نکته برای موازی کردن مقاومت‌هایی که در صفحه  $(V, I)$  رسم شده‌اند می‌توان استفاده کرد. به طور مثال مقاومت‌های  $R_1, R_2$  را با هم موازی کرده‌ایم.

**نکته:** گاهی اوقات تشخیص مقاومت‌های موازی به راحتی امکان‌پذیر نیست یکی از راه‌های آسان برای تشخیص مقاومت‌های موازی (روش نامگذاری می‌باشد در این حالت مقاومت‌هایی که در دو سر نام‌های مشابهی دارند موازی خواهند بود در روش نامگذاری ابتدا و انتهای یک سیم دارای یک نام است برای درک بیشتر به مثال‌های زیر توجه کنید.



دو سر همه مقاومت‌ها AB می‌شود پس همه با هم موازی هستند.



دو سر همه مقاومت‌ها AB می‌شود پس همه با هم موازی هستند.

**نکته:** اگر یک مقاومت با اتصال کوتاه موازی شود حاصل اتصال کوتاه است و اگر یک مقاومت با یک اتصال باز موازی شود حاصل آن مقاومت خواهد بود.

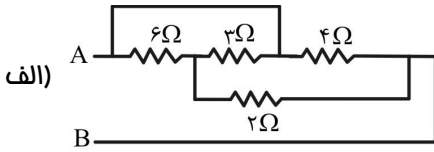


ج) **مقاومت‌های سری - موازی:** برای به دست آوردن مقاومت معادل این‌گونه از مسائل به صورت زیر عمل می‌کنیم:

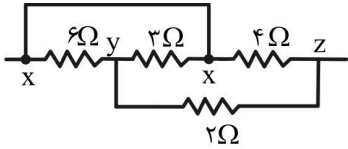
۱- مقاومت‌های موازی را مشخص می‌کنیم و معادل آن‌ها را به دست می‌آوریم.

۲- به جای هر دسته از مقاومت‌های موازی یکی را انتخاب می‌کنیم و بقیه را حذف می‌کنیم و معادل آن دسته را روی مقاومت انتخاب شده می‌گذاریم.

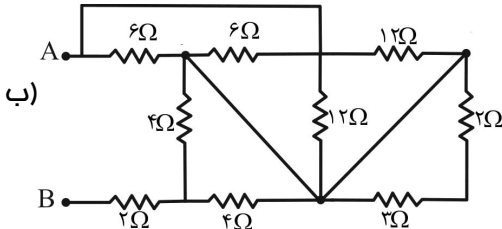
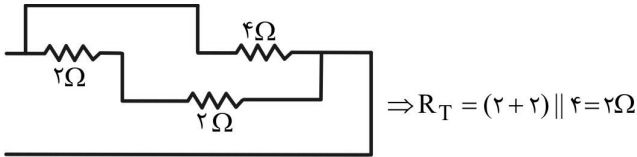
با اجرای دو مورد فوق مدار ساده می‌شود به مثال زیر توجه کنید.  
**مثال ۷-** در شکل‌های زیر مقاومت معادل را به دست آورید.



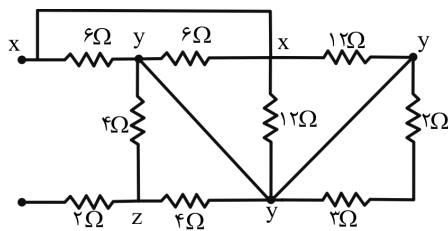
**حل:** ابتدا شکل را نامگذاری می‌کنیم با توجه به شکل، مقاومت‌های ۳Ω، ۶Ω دارای نام XY هستند پس با هم موازی می‌باشند



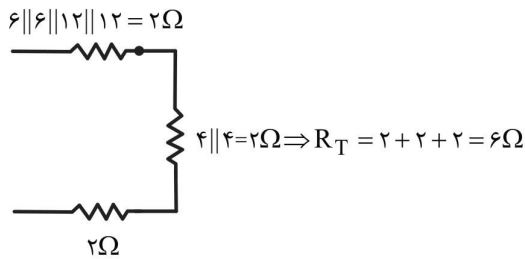
حال با توجه به مورد ۲ شکل به صورت مقابل در می‌آید.



**حل:** ابتدا شکل را نامگذاری می‌کنیم چهار مقاومت ۶Ω و ۶Ω و ۱۲Ω و ۱۲Ω با هم موازی هستند و دو مقاومت ۴Ω نیز با هم موازی هستند



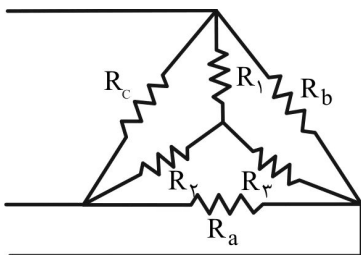
مقاومت ۲Ω و ۳Ω با هم سری هستند که دو سر آنها اتصال کوتاه شده است پس حذف خواهند شد و ساده شده شکل به صورت مقابل خواهد بود.



**(د) مقاومت‌های نه سری - نه موازی**

۱- د: اتصال ستاره و مثلث و تبدیل آن‌ها به یکدیگر

در بعضی از مسائل با استفاده از تبدیل ستاره به مثلث یا مثلث به ستاره مقاومت‌ها به صورت سری - موازی در می‌آیند به نحوه تبدیل دقت کنید.



$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_2}$$

$$R_3 = \frac{R_b R_a}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_3}$$