هدف کلی کتاب

روش تدریس کتاب مدارهای الکتریکی

بخش الف

راهنمای برنامه درسی و راهنمای ارزشیابی درس مدارهای الکتریکی

الف ـ ۱ ـ مقدمه

محاسبه تجهیزات الکتریکی در بخش‌های مختلف تولید، انتقال، توزیع و پخش انرژی الکتریکی و همچنین آنالیز مدارهای الکترونیکی مستلزم دانش فنی کافی در تحصیل مدارهای الکتریکی است.

این درس به عنوان یک درس تخصصی از آن جهت مورد اهمیت بیشتری قرار دارد که در سیستم‌های الکتریکی می‌توانیم برای همه مصرف‌کننده‌ها، مولدها و خطوط انرژی الکتریکی، معادل الکتریکی آنها را در نظر گرفته و با اصول منطقی که در تحلیل مدارها یاد گرفته‌ایم رفتار آنها را مورد بررسی قرار دهیم. این درس چهار واحد درسی و چهار ساعت آموزشی را به خود اختصاص می‌دهد. در کتاب درسی مدارهای الکتریکی، مدارها، چه از مبحث جریان مستقیم و چه در مبحث جریان متناوب در حالت ماندگار یا پایدار بررسی شده است. هدف کلی درس، تحلیل مدارهای جریان مستقیم و مدارهای R–L–C در جریان متناوب یک فاز و مدارهای سه فاز ساده است. هنرجویان ابتدا در فصل مقدماتی کتاب درسی مروری بر ساخت مبانی برق سال گذشته داشته و سپس در فصل اوّل با مدارات جریان مستقیم و انواع عناصر فعال و غیرفعال آشنا و سپس به تحلیل‌های جمع آثار، پتانسیل گره و جریان حلقه پرداخته و تبدیل منابع را آموزش می‌بینند. در ادامه فصل مدار معادل تونن و نورتن و شرط انتقال ماکزیمم به بار را بررسی می‌کنند و در انتهای فصل رفتار سلف و خازن در جریان مستقیم در حالت ماندگار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فصل اوّل از جهت نوع منبع ولتاژ و جریان و کاربرد بیشتر اتصالات سری موازی مقاومت‌ها با فصول دیگر کتاب کمی متفاوت بوده و شاید بتوان گفت محتوی آن با بخشی از درس مبانی برق بیشتر متناسب است و همچنین زمان تدریس آن برای هنرجویان رشته الکتروتکنیک برخلاف رشته الکترونیک بعد از فصل هفتم کتاب پیشنهاد شده است.

دلیل ارائهٔ این پیشنهاد برای رعایت ارتباط افقی، عمودی مباحث این درس با دروس تخصصی دیگر است. مثلاً در رشته الکتروتکنیک به دلیل استفاده از موضوعاتی نظیر مدار R–L موازی در مدار معادل ترانسفورماتور و جمع برداری جریان‌ها و همچنین مبحث بُردار در همین کتاب درسی که در فصل اول کتاب مطرح می‌گردد، لازم است هنرجو این مطالب را سریع‌تر یاد بگیرد تا در تفهیم مطالب مربوط به مدار معادل ترانسفورماتور دچار مشکل نشود بنابراین بهتر است برای تدریس کتاب مدار از ابتدای سال تحصیلی، از فصل دوّم کتاب مدار یعنی بردارها آغاز نماییم.

بعد از اتمام فصل هفتم یعنی مدارهای سه فاز تا این قسمت کتاب به دلیل تسلسل مطالب یک روند یکنواختی از محتوی به هم پیوسته برای هنرجویان رقم خواهد خورد و سپس با پایان‌یافتن این فصل می‌توانیم فصل اوّل یعنی مدارهای جریان مستقیم را شروع نماییم که به زعم هنرجویان ارتباط چندانی هم با بقیه مطالب کتاب ندارد. حسن این کار در این است که اوّلاً ریتم آموزش مطالب دارای یک هارمونی مناسبی است و ثانیاً مطالب فصل اوّل به‌خاطر مستقل‌بودن مطالب در طول سال تحصیلی دستخوش فراموشی و کمرنگی نمی‌گردد.

جدول زمان پیشنهادی برای تدریس کتاب

فصل	عنوان فصل	زمان تدریس (ساعت)
اوّل	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	۲۸
دوم	بردار	۱۲
سوم	مدارهای R–L جریان متناوب	۱۶
چهارم	مدارهای R–C جریان متناوب	۱۶
پنجم	مدارهای L–C جریان متناوب	۱۲
ششم	مدارهای R–L–C جریان متناوب	۲۰
هفتم	جریان‌های سه‌فازه	۱۶
کل کتاب		۱۲۰

در فصل دوم، بردار و برایند بردار بررسی و از آن در تحلیل شبکه‌های الکتریکی با مصرف‌کننده‌های مختلف استفاده می‌شود.

فصول سوم تا ششم به بررسی عناصر سلف و خازن و مقاومت در مدارهای جریان متناوب می‌پردازد. تأثیر خاصیت اهمی، سلفی و خازنی را بررسی کرده و همچنین اثر فرکانس و تغییر رفتار مدار را تحلیل می‌کند و در نهایت در فصل آخر کتاب مدارهای سه‌فاز و اتصالات ستاره و مثلث با بار متعادل بررسی می‌شود.

یکی از خصوصیات این کتاب محاسباتی بودن آن است و در ارزشیابی‌ها بیشتر سؤالات مربوط به محاسبه و تحلیل مدارهای الکتریکی است. بنابراین ارزشیابی مستمر این درس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از نرم‌افزار مناسب نیز می‌تواند در عمق‌دهی فرایند یاددهی ــ یادگیری نقش بسزایی داشته باشد، در ضمن وجود کتاب کار دانش‌آموز به‌عنوان یک منبع دیگر جهت حل تمرین و ممارست بیشتر و حس اعتمادبه‌نفس هنرجویان را در حل تمرین افزایش می‌دهد خصوصاً حل تمرین‌هایی که ناقص حل شده‌اند و هنرجو را به تکمیل آن تشویق می‌کند. بنابراین به همکاران محترم توصیه می‌شود هنرجویان به کاربر کتاب کاردانش‌آموز در خارج ساعت آموزشی تشویق شوند به هر حال جهت رسیدن به کیفیت مناسب در فرایند یادگیری تمرین و تکرار نقش بسزایی دارد. در ضمن به تجربه می‌توان دریافت هنرجویانی که اصول مقدماتی را در درس مبانی برق به‌خوبی فراگرفته باشند در این درس نتیجه بهتری می‌گیرند.

کتاب راهنمای معلم مدار در ۲ بخش اصلی تدوین شده است بخش اول راهنمای برنامه درسی و ارزشیابی درسی مدارهای الکتریکی خواهد بود و در بخش دوم راهنمای تدریس فصل به فصل کتاب مدارهای الکتریکی ارائه شده است.

الف ـ ۲ـ پیش‌نیازهای لازم برای درس مدارهای الکتریکی

همکاران محترم همان‌طورکه اطلاع دارید میزان محاسبات ریاضی در درس مدارهای الکتریکی موارد زیر را شامل می‌شود :

- محاسبات اصلی ریاضی (چهار عمل اصلی)، جذر، کسرهای متعارفی، حل دستگاه معادلات دومجهولی
- توابع مثلثاتی و محاسبه کمان‌ها مخصوصاً $\sin\alpha$، $\cos\alpha$، $\tan\alpha$
- آشنایی با ترسیم منحنی‌ها و اختلاف فاز

● بحث بردار که قبلاً در درس ریاضی سال دوم بوده است لیکن بعد از حذف آن از سال دوم، برای اوّلین بار هنرجو در این کتاب با آن برخورد می‌کند.

تذکر : جهت سهولت بیشتر هنرجویان در این کتاب بخشی را با عنوان ضمائم به آموزش ماشین‌حساب اختصاص داده‌ایم تا بتوانیم استفاده از آن را در محاسبات پیچیده آموزش دهیم.

در بخش محتوی درسی نیز پیش‌نیاز این درس، درس مبانی برق سال دوّم متوسطه فنی‌حرفه‌ای است که مفاهیم اوّلیه و مبانی در آن کتاب آموزش داده می‌شود.

الف ـ ۳ـ اهداف درس مدارهای الکتریکی

هنرآموزان گرامی همان‌طورکه در ابتدای هر فصل یادآور شده‌ایم کاربُرد عملی مطالب ارائه‌شده می‌تواند جهت انگیزه بهتر هنرجویان در پیگیری دقیق‌تر مطالب هر فصل مؤثر باشد.

در همه سطوح رشته برق، درس مدار الکتریکی جهت تحلیل رفتار قسمت‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین با توجه به توانایی و تخصصی که در خود سراغ دارید و با گستردگی مباحث برق در صنایع می‌توانید مثال‌های متنوعی در این خصوص برای آنها چه در برق صنعتی و یک‌فاز و شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع و چه در رشته‌های الکترونیک، مخابرات و رادیو بیان نمایید.

این مهم باعث می‌شود تا یک دید کاربردی نسبت به مطالب درسی داشته باشند و یادگیری عمیق‌تری پیدا نمایند.

در جدول زیر، سرفصل‌ها و مطالب ارائه‌شده در هر فصل کتاب مدارهای الکتریکی به تفکیک هر فصل ارائه شده است (جدول ۱).

جدول ۱ــ سرفصل‌ها و عناوین کتاب درسی مدارهای الکتریکی

نام درس	شماره درس	کد کتاب	پایه تحصیلی	نوع درس	تعداد واحد	زمان آموزش در هفته	زمان آموزش در سال
مدارهای الکتریکی	۲۰۷۲	۴۸۷/۸	سال سوم	نظری	۴ واحد	۴ ساعت	۱۲۰ ساعت
فصل اول : مدارهای الکتریکی جریان مستقیم مقدمه : عناصر مدار ــ تحلیل مدار به روش جریان حلقه ــ تحلیل مدار به روش پتانسیل گره ــ تحلیل مدار به روش اصل جمع آثار ــ تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یک‌دیگر ــ تبدیلات تونن و تورتن ــ مدارهای الکتریکی ــ انتقال ماکزیمم توان به بار ــ مدارهای شامل سلف و خازن ــ تمرین‌ها ــ تمرین‌های مکمل							

ادامهٔ جدول ۱

فصل دوم : بردار مقدمه : بردار چیست؟ هم‌سنگ (هم‌ارز) یک بردار ــ برایند دو یا چند بردار (روش ترسیمی) ــ حاصل‌جمع بردارها ــ تفاضل دو بردار ــ تجزیهٔ یک بردار به دو راستای معین ــ ضرب بردارها ــ نمایش برداری امواج متناوب سینوسی ــ توان الکتریکی ــ تمرین‌ها
فصل سوم : مدارهای R–L جریان متناوب مقدمه : مدار معادل الکتریکی یک سلف حقیقی ــ محاسبهٔ امپدانس مدار ــ R–L سری ــ اختلاف فاز و ضریب توان مدار R–L سری ــ توان‌های مدار R–L سری ــ ضریب کیفیت مدار R–L سری (Quality Factor) ــ مدار R–L موازی ــ اثر فرکانس شبکه بر مدارهای R–L – اثر فرکانس شبکه بر مدارهای R–L– تبدیل مدارات سری به موازی و بالعکس ــ تمرین‌ها
فصل چهارم : مدارهای R–C جریان متناوب مقدمه : مدار R–C سری ــ مدار R–C موازی ــ تأثیر فرکانس بر مدارهای R–C– تمرین‌ها
فصل پنجم : مدارهای L–C جریان متناوب مقدمه : مدار L–C سری ــ مدار L–C موازی ــ تمرین‌ها
فصل ششم : مدارهای R–L–C جریان متناوب مقدمه : مدارهای R–L–C سری ــ مدارهای R–L–C موازی ــ مدارهای R–L–C مختلط (سری، موازی) ــ رزونانس در مدارهای R–L–C سری ــ رزونانس در مدارهای R–L–C موازی ــ تمرین‌ها
فصل هفتم : جریان‌های سه‌فازه مقدمه : تولید جریان متناوب سه‌فاز ــ اتصال ستاره ــ اتصال مثلث ــ اثر قطع یک فاز از خطوط انتقال بر مصرف‌کننده‌ها ــ اثر تعویض دو فاز بر کمیت‌های الکتریکی مصرف‌کننده‌ها ــ اثر قطع سیم نول در بار نامتعادل سه فاز اتصال ستاره ــ تمرین‌ها

الف-۴- ارتباط عمودی و افقی این درس با سایر دروس تخصصی رشته الکترونیک و الکروتکنیک

در ادامه سرفصل‌ها جدول ارتباط عمودی و افقی درس مدار الکتریکی با سایر دروس تخصصی رشته الکترونیک و الکروتکنیک آورده شده است (جدول ۳ و ۲).

جدول ۲ــ ارتباط افقی و عمودی دروس تخصصی رشته الکتروتکنیک (پایهٔ سوم)

ماه	هفته	مدارهای الکتریکی	ماشین‌های الکتریکی DC	ماشین‌های الکتریکی AC	الکترونیک کاربردی	تکنولوژی و کارگاه سیم‌پیچی	تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی	ریاضی ۳*
مهر	۱	بردارها	الکترومغناطیس	ترانسفورماتور تکفاز	مقدمه و اجزاء ساده مدار RLC	اجزای ترانسفورماتور + محاسبه عملی ترانسفورماتور + تئوری سیم‌پیچی ترانسفورماتور با استفاده از جدول‌ها و منحنی‌ها	معرفی اجزای شبکه‌های الکتریکی سه‌فاز	تابع
	۲	بردارها	الکترومغناطیس	ترانسفورماتور تکفاز	مقدمه و اجزاء ساده مدار RLC	محاسبه و طراحی ترانسفورماتور با چند سیم‌پیچ در اولیه و ثانویه + اتو ترانسفورماتور	معرفی اجزای شبکه‌های الکتریکی سه‌فاز + اجرای کار عملی	تابع
	۳	بردارها	الکترومغناطیس	ترانسفورماتور تکفاز	مقدمه و اجزاء ساده مدار RLC	اجرای کار عملی	معرفی اجزای شبکه‌های الکتریکی سه‌فاز + اجرای کار عملی	تابع
	۴	مدار RL	الکترومغناطیس	ترانسفورماتور تکفاز	مقدمه و اجزاء ساده مدار RLC	اجرای کار عملی	کابل‌ها و کابل‌کشی + اجرای کار عملی	تابع
آبان	۵	مدار RL	الکترومغناطیس	ترانسفورماتور تکفاز	آشنایی با مدارهای منطقی	اجرای کار عملی	کابل‌ها و کابل‌کشی + اجرای کار عملی	تابع
	۶	مدار RL	الکترومغناطیس	ترانسفورماتور تکفاز	آشنایی با مدارهای منطقی	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی	تابع
	۷	مدار RC	مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	ترانسفورماتور تکفاز	آشنایی با مدارهای منطقی	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی	تابع
	۸	مدار RC	مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	ترانسفورماتور تکفاز	آشنایی با مدارهای منطقی	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی	تابع

* ریاضی ۳ : تابع جزء صحیح حذف شده است، حد و پیوستگی تمرینات و مثال‌های مربوط به جزء صحیح حذف شده است. بخش ۳ فصل ۳ و چهارم حذف شده است.

ادامهٔ جدول ۲

آذر	۹	مدار RC	مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	ترانسفورماتور تکفاز	آشنایی با مدارهای منطقی	تجدید سیم‌پیچی موتورهای جریان متناوب	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی	تابع
	۱۰	مدار LC	مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	ترانسفورماتور تکفاز	آشنایی با مدارهای منطقی	تجدید سیم‌پیچی موتورهای جریان متناوب	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی	تابع
	۱۱	مدار LC	مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	ترانسفورماتورهای سه‌فاز	دیود ــ نیمه‌هادی	ترسیم نقشه‌های سیم‌پیچی موتورها	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	تابع
	۱۲	مدار LC	مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	ترانسفورماتورهای سه‌فاز	دیود ــ نیمه‌هادی	ترسیم نقشه‌های سیم‌پیچی موتورها	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی
دی	۱۳	مدار RLC	مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	ترانسفورماتورهای سه‌فاز	دیود ــ نیمه‌هادی	ترسیم نقشه‌های سیم‌پیچی موتورها	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی
	۱۴	مدار RLC	مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	ترانسفورماتورهای سه‌فاز	دیود ــ نیمه‌هادی	تغییر سیم‌پیچی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی
	۱۵	مدار RLC	مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم	ترانسفورماتورهای سه‌فاز	دیود ــ نیمه‌هادی	تغییر سیم‌پیچی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی
	۱۶	مدار RLC	مولد جریان مستقیم	ترانسفورماتورهای سه‌فاز	دیود ــ نیمه‌هادی	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی

ادامهٔ جدول ۲

بهمن	۱۷	مدار RLC	مولد جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی سه‌فاز	ترانزیستور	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی
	۱۸	مدار RLC	مولد جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی سه‌فاز	ترانزیستور	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی
	۱۹	جریان‌های سه‌فازه	مولد جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی سه‌فاز	ترانزیستور	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی
	۲۰	جریان‌های سه‌فازه	مولد جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی سه‌فاز	ترانزیستور	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی
اسفند	۲۱	جریان‌های سه‌فازه	مولد جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی سه‌فاز	ترانزیستور	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	حد و پیوستگی
	۲۲	جریان‌های سه‌فازه	مولد جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی سه‌فاز	عناصر نیمه‌هادی خاص	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	مشتق و کاربردهای آن
	۲۳	جریان‌های سه‌فازه	موتور جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی سه‌فاز	عناصر نیمه‌هادی خاص	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید مغناطیسی	مشتق و کاربردهای آن
	۲۴	جریان‌های سه‌فازه	موتور جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی سه‌فاز	عناصر نیمه‌هادی خاص	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با رله‌های قابل برنامه‌ریزی	مشتق و کاربردهای آن

ادامهٔ جدول ۲

فروردین	۲۵	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	موتور جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی سه‌فاز	عناصر نیمه‌هادی خاص	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با رله‌های قابل برنامه‌ریزی	مشتق و کاربردهای آن
	۲۶	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	موتور جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی تک‌فاز	عناصر نیمه‌هادی خاص	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با رله‌های قابل برنامه‌ریزی	مشتق و کاربردهای آن
اردیبهشت	۲۷	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	موتور جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی تک‌فاز	عناصر نیمه‌هادی خاص	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با رله‌های قابل برنامه‌ریزی	مشتق و کاربردهای آن
	۲۸	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	موتور جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی تک‌فاز	عناصر نیمه‌هادی خاص	اجرای کار عملی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با رله‌های قابل برنامه‌ریزی	مشتق و کاربردهای آن
	۲۹	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	موتور جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی تک‌فاز	عناصر نیمه‌هادی خاص	عیب‌یابی موتورهای الکتریکی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با رله‌های قابل برنامه‌ریزی	مشتق و کاربردهای آن
	۳۰	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	موتور جریان مستقیم	موتورهای الکتریکی تک‌فاز	عناصر نیمه‌هادی خاص	عیب‌یابی موتورهای الکتریکی	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با رله‌های قابل برنامه‌ریزی	مشتق و کاربردهای آن

جدول ۳ــ ارتباط افقی و عمودی دروس تخصصی رشته الکترونیک (پایهٔ سوم)

ماه	هفته	مدارهای الکتریکی (۱)	الکترونیک عمومی ۲	کارگاه الکترونیک عمومی	مبانی دیجیتال	مبانی مخابرات و رادیو	آزمایشگاه مبانی مخابرات و رادیو	ریاضی ۳
مهر	۱	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	یادآوری دیود و ترانزیستور و آشنایی با تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری	بررسی و آزمایش عملی چند نمونه مدارهای کاربردی دیودی	مفهوم دیجیتال و سیستم اعداد	دسته‌بندی فرکانس‌ها و طیف فرکانسی	شناسایی المان‌های به‌کار رفته در گیرندهٔ رادیویی AM/FM	تابع
	۲	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	یادآوری دیود و ترانزیستور و آشنایی با تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری	مدارهای کاربردی دیود منبع تغذیهٔ متقارن و دو برابرکنندهٔ ولتاژ	مفهوم دیجیتال و سیستم اعداد	دسته‌بندی فرکانس‌ها و طیف فرکانسی	شناسایی المان‌های به‌کار رفته در گیرندهٔ رادیویی AM/FM	تابع
	۳	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	یادآوری دیود و ترانزیستور و آشنایی با تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری	منبع تغذیهٔ متقارن دوبرابرکنندهٔ ولتاژ مدارهای برش‌دهنده و محدودکننده	مفهوم دیجیتال و سیستم اعداد	خطوط انتقال، آنتن و انتشار امواج	شناسایی المان‌های به‌کار رفته در گیرندهٔ رادیویی AM/FM (نصب دستگاه رادیو پخش اتومبیل یا نصب یک نمونه دزدگیر با نصب آتش مرکزی یا تلفن الکترونیکی رومیزی همراه) طبق دستورالعمل اجرایی تئوری تمام موارد و فقط اجرای عملی دو مورد از موارد ذکر شده در کادر	تابع
	۴	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	مشخصات ویژه تقویت‌کننده‌ها	مدارهای برش‌دهنده و محدودکننده منحنی مشخصه خروجی ترانزیستور	ساختمان دروازه‌های منطقی پایه	خطوط انتقال، آنتن و انتشار امواج	اجرای فقط دو مورد از موارد ذکر شده داخل کادر در ردیف بالا	تابع

ادامهٔ جدول ۳

آبان	۵	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	مشخصات ویژه تقویت‌کننده‌ها	منحنی مشخصهٔ خروجی ترانزیستور	ساختمان دروازه‌های منطقی پایه	مدولاسیون و انواع آن	اجرای فقط دو مورد از موارد ذکر شده داخل کادر در ردیف بالا	تابع
	۶	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	مشخصات ویژه تقویت‌کننده‌ها	منحنی مشخصهٔ خروجی ترانزیستور	ساختمان دروازه‌های منطقی پایه	مدولاسیون و انواع آن	اجرای فقط دو مورد از موارد ذکر شده داخل کادر در ردیف بالا	تابع
	۷	مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	مشخصات ویژه تقویت‌کننده‌ها	تقویت‌کننده‌های سیگنال کوچک	جبر بول	مدولاسیون و انواع آن	اجرای فقط دو مورد از موارد ذکر شده داخل کادر در ردیف بالا	تابع
	۸	بردارها	مشخصات ویژه تقویت‌کننده‌ها	تقویت‌کننده‌های سیگنال کوچک ـ دروازه‌های منطقی	جبر بول	فیلترها	اجرای فقط دو مورد از موارد ذکر شده داخل کادر در ردیف بالا ـ کار با سیگنال ژنراتور RF	تابع
آذر	۹	بردارها	ترانزیستورهای اثر میدان	دروازه‌های منطقی	جبر بول	فیلترها	کار با سیگنال ژنراتور RF	تابع
	۱۰	بردارها	ترانزیستورهای اثر میدان	دروازه‌های منطقی ـ تعریف پروژه	جبر بول	فیلترها	فیلترها	تابع
	۱۱	مدارهای RL	ترانزیستورهای اثر میدان	ترانزیستورهای اثر میدان پیوندی FET	جبر بول	نوسان‌سازها	فیلترها	تابع
	۱۲	مدارهای RL	ترانزیستورهای اثر میدان	ترانزیستورهای اثر میدان پیوندی FET ــ تقویت‌کننده‌های چند طبقه	مدارهای ترکیبی	نوسان‌سازها	فیلترها ــ عیب‌یابی	حد و پیوستگی

ادامهٔ جدول ۳

دی	۱۳	مدارهای RL	تقویت‌کننده‌های چند طبقه	تقویت‌کننده‌های چند طبقه	مدارهای ترکیبی	نوسان‌سازها	عیب‌یابی یک تقویت‌کننده امیتر مشترک	حد و پیوستگی
	۱۴	مدارهای RL	تقویت‌کننده‌های چند طبقه	تقویت‌کننده‌های قدرت	مدارهای ترکیبی	نوسان‌سازها ــ آزمون	نوسان‌سازها	حد و پیوستگی
	۱۵	مدارهای RC	تقویت‌کننده‌های چند طبقه	تقویت‌کننده‌های قدرت	مدارهای ترکیبی	فرستنده‌های رادیویی	نوسان‌سازها	حد و پیوستگی
	۱۶	مدارهای RC	تقویت‌کننده‌های قدرت	تقویت‌کننده‌های تفاضلی و جداکنندهٔ فاز	مدارهای ترکیبی	فرستنده‌های رادیویی	نوسان‌سازها	حد و پیوستگی
بهمن	۱۷	مدارهای RC	تقویت‌کننده‌های قدرت	تقویت‌کننده‌های تفاضلی و جداکنندهٔ فاز ـ تقویت‌کننده‌های عملیاتی	مدارهای ترکیبی	فرستنده‌های رادیویی	نوسان‌سازها	حد و پیوستگی
	۱۸	مدارهای RC	تقویت‌کننده‌های قدرت	تقویت‌کننده‌های عملیاتی	مدارهای ترتیبی ـ فلیپ فلاپ‌ها	فرستنده و گیرندهٔ رادیویی FM	تعریف پروژه + مدولاتور و آشکارسازی AM	حد و پیوستگی
	۱۹	مدارهای LC	تقویت‌کننده‌های تفاضلی	تنظیم‌کننده‌های ولتاژ در مدارهای مجتمع سه‌سر	مدارهای ترتیبی ـ فلیپ فلاپ‌ها	فرستنده و گیرنده رادیویی FM	مدولاتور و آشکارسازی AM ـ مخلوط‌کننده	حد و پیوستگی
	۲۰	مدارهای LC	تقویت‌کننده‌های تفاضلی	تنظیم‌کننده‌های ولتاژ در مدارهای مجتمع سه سر	مداری ترتیبی ـ فلیپ فلاپ‌ها	فرستنده و گیرنده رادیویی FM	مخلوط‌کننده	حد و پیوستگی

ادامهٔ جدول ۳

اسفند	۲۱	مدارهای LC	تقویت‌کننده‌های عملیاتی	قطعات الکترونیک صنعتی	مدارهای ترتیبی ـ فلیپ فلاپ‌ها	گیرنده‌های رادیویی AM/FM با استفاده از مدارهای مجتمع IC	تقویت‌کنندهٔ IF و آشکارساز AM	حد و پیوستگی
	۲۲	مدارهای RLC	تقویت‌کننده‌های عملیاتی	قطعات الکترونیک صنعتی	مدارهای ترتیبی ـ فلیپ فلاپ‌ها	گیرنده‌های رادیویی AM/FM با استفاده از مدارهای مجتمع IC	تقویت‌کنندهٔ IF و آشکارساز AM	مشتق و کاربردهای آن
	۲۳	مدارهای RLC	تنظیم‌کننده‌های ولتاژ	قطعات الکترونیک صنعتی ــ ارائهٔ پروژه	شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها	فصل هشتم، اصول کار تلفن‌های الکترونیکی ثابت و همراه	آشنایی با تکنیک‌های عیب‌یابی	مشتق و کاربردهای آن
	۲۴	مدارهای RLC	تنظیم‌کننده‌های ولتاژ	ارائهٔ پروژه	شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها	اصول کار تلفن‌های الکترونیکی ثابت و همراه	عیب‌یابی ــ پخش صوت	مشتق و کاربردهای آن
فروردین	۲۵	مدارهای RLC	تنظیم‌کننده‌های ولتاژ	ارائهٔ پروژه	شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها	اصول کار تلفن‌های الکترونیکی ثابت و همراه	سیگنال ژنراتور RF به‌عنوان فرستنده مدولاسیون FM	مشتق و کاربردهای آن
	۲۶	مدارهای RLC	الکترونیک صنعتی	فلیپ فلاپ‌ها	شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها	اصول کار تلفن‌های الکترونیکی ثابت و همراه	مدولاسیون FM	مشتق و کاربردهای آن

ادامهٔ جدول ۳

اردیبهشت						
۲۷	مدارهای سه‌فازه	الکترونیک صنعتی	فلیپ فلاپ‌ها ـ مدارهای جمع‌گر و تفریق‌گر	شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها	ادامه فصل نهم + مخابرات نوین	مدولاسیون FM ـ ارائهٔ پروژه	مشتق و کاربردهای آن
۲۸	مدارهای سه‌فازه	الکترونیک صنعتی	مدارهای جمع‌گر و تفریق‌گر ـ شیفت رجیسترها	مدارهای منطقی پیشرفته	مخابرات نوین	ارائهٔ پروژه ـ تلفن الکترونیکی رومیزی و همراه	مشتق و کاربردهای آن
۲۹	مدارهای سه‌فازه	الکترونیک صنعتی	شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها	مدارهای منطقی پیشرفته	مخابرات نوین	تلفن الکترونیکی رومیزی و همراه	مشتق و کاربردهای آن
۳۰	مدارهای سه‌فازه	الکترونیک صنعتی	مرور	مدارهای منطقی پیشرفته	مخابرات نوین	تلفن الکترونیکی رومیزی و همراه	مشتق و کاربردهای آن

الف‌ـ۵ـ ارزشیابی درس مدارهای الکتریکی

در جدول ۴ نحوه ارزشیابی درس مدارهای الکتریکی ارائه شده‌است، یادآور می‌شود مدل

ارزشیابی این درس که به عنوان یک درس با آزمون نهایی است به‌صورت مدل ۶ــ۱ــ۲ــ۱ می‌باشد.

جدول ۴ــ الف : راهنمای ارزشیابی پیشرفت تحصیلی درس مدارهای الکتریکی

درس : مدارهای الکتریکی　　پایه : سوم　　رشته : الکترونیک

زمینه : صنعت　　شاخه : فنی و حرفه‌ای　　(سال تحصیلی ۹۱ــ۹۰)

نام کتاب : مدارهای الکتریکی	واحد : ۴	مدل ارزشیابی : ۶ــ۱ــ۲ــ۱	نوع آزمون ☐ داخلی ■ نهایی
کد کتاب : ۴۸۷/۸　　چاپ معتبر : ۱۳۹۰	نظری : ۴　　عملی : ۰	نمره قبولی : ۱۰	

		عنوان	نمره
نوبت اول	مستمر (ضریب ۱)	**حیطه شناختی** : اهداف رفتاری در حیطه شناختی مربوط به فصل‌های ۱ تا ۵ کتاب، که در ابتدای هر فصل آورده شده است به‌عنوان شاخص‌های اصلی ارزشیابی در حیطه شناختی تلقی می‌شود که با استفاده از ابزارهای سنجش و اندازه‌گیری آموزشی می‌توان آنها را ارزشیابی کرد برخی از این ابزارها عبارتند از : ۱ــ آزمون پاسخ کوتاه ۲ــ آزمون جفت‌گزینه‌ای (چهارجوابی) ۳ــ آزمون دوگزینه‌ای (۵۰ درصدی) ۴ــ آزمون‌های جورکردنی ۵ــ آزمون‌های تشریحی ۶ــ دریافت پاسخ‌های شفاهی در کلاس درس ۷ــ انجام پروژه‌های تحقیقاتی، تکالیف و ...	۱۶
		حیطهٔ عاطفی : برخی از شاخص‌های اندازه‌گیری در حیطه عاطفی عبارتند از : میزان ذوق فراگیری، آمادگی پاسخ به پرسش‌های کلاسی، حضور به موقع، فعال و با آرامش در کلاس، اعتماد به نفس در ارائه و فراگیری مطالب، علاقه‌مندی به شرکت در فعالیت‌های گروهی، حل تمرین و انجام به موقع تکالیف، استفاده از نرم‌افزارهای آموزشی مرتبط، استفاده از سایر منابع درسی، داشتن برنامه درسی در منزل، روحیه کمک به همکلاسی‌ها، مراقبت و نگهداری و استفاده مناسب از ابزار و تجهیزات	۴
		جمع نمرات ارزشیابی مستمر نوبت اول	۲۰
	پایانی (ضریب ۲)	فصل ۲ : ● بردار : تفریق و جمع کردن چند بردار و به‌دست‌آوردن بردار برایند ــ محاسبه مقادیر لحظه‌ای، متوسط و مؤثر موج سینوسی ــ تجزیه و ضرب بردارها ــ مثلث توان‌ها	۵
		فصل ۳ : ● مدارهای RL جریان متناوب : ــ حل مدارهای RL موازی و سری شامل محاسبه توان ولتاژ، جریان و رسم بردار و بررسی اثر فرکانس روی مدار و محاسبه امپدانس ــ محاسبه اختلاف فاز، ضریب توان و ضریب کیفیت در مدار RL تبدیل مدارات سری به موازی و بالعکس.	۴
		فصل ۴ : ● مدارهای RC جریان متناوب : ــ حل مدارهای RC سر و موازی وتأثیر فرکانس بر این مدارها	۵
		فصل ۵ : ● مدارهای LC جریان متناوب : رسم بردار، محاسبه ولتاژ، جریان، موج سینوسی ــ بررسی اثر فرکانس در امپدانس فرکانس روی مدار ــ حل مسایل مربوط به حالت رزونانس در مدارهای سری و موازی ــ بررسی منحنی حالت رزونانس ــ محاسبه فرکانس تشدید، قطع بالا و قطع پایین	۶
		جمع نمرات پایانی نوبت اول	۲۰
نوبت دوم	مستمر (ضریب ۱)	**حیطه شناختی** : شاخص‌های ارزشیابی از فصل ۱ و فصل ۶ و ۷ مانند نوبت اول عمل شود. **حیطه عاطفی** : شاخص‌های ارزشیابی مانند نوبت اول عمل شود.	۱۶ ۴
		جمع نمرات ارزشیابی مستمر نوبت دوم	۲۰
	پایانی (ضریب ۶)	فصل ۲ : از شاخص‌های ارزشیابی پایانی نوبت اول	۱
		فصل ۳ : از شاخص‌های ارزشیابی پایانی نوبت اول	۱
		فصل ۴ : از شاخص‌های ارزشیابی پایانی نوبت اول	۱
		فصل ۵ : از شاخص‌های ارزشیابی پایانی نوبت اول	۲
		فصل ۶ : ● مدارهای RLC : حل مدارهای RLC در جریان متناوب شامل بردارها، محاسبه مقاومت، ولتاژ و جریان در مدارهای سری، موازی و ترکیبی ــ محاسبه Q در مدارهای رزونانس سری و موازی	۵
		فصل ۷ : ● جریان‌های سه‌فاز : حل مدارهای جریان سه فاز شامل بارهای متعادل در اتصال مثلث و ستاره ــ رسم بردارهای ولتاژ و جریان در اتصال ستاره و مثلث ــ اثر قطع یک فاز، قطع نول و تعویض دو فاز بر کمیت‌های مدار در اتصال ستاره و مثلث مدارهای الکتریکی جریان مستقیم	۴
		فصل ۱ : حل مدار از طریق جمع آثار، پانسیل گره، جریان حلقه شامل نوشتن معادلات، حل معادلات، محاسبه مقادیر مجهول، تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یکدیگر ــ تبدیلات تونن و نورتن، حل مسئله در مورد تطابق و انتقال توان، جریان و ولتاژ ماکزیمم به بار، حل مدارهای DC با وجود خازن و سلف	۶
		جمع نمرات پایانی نوبت دوم	۲۰

نوبت شهریور	پایانی *	فصل	نمره	فصل	نمره	فصل	نمره	فصل	نمره	فصل	نمره	
		۱	۶	۴	۱	۷	۴					
		۲	۱	۵	۲							
		۳	۱	۶	۵							

نکات اجرایی

توصیه می‌شود تا :

ــ پس از پایان هر فصل، موضوع درسی یا آزمایش از هنرجویان یک امتحان پایان فصل به عمل آید.

ــ هر هفته فعالیت کلاسی هنرجویان ارزشیابی شده و در دفتر مخصوص ثبت گردد.

ــ طرح درس مناسب برای سهولت تدریس و دریافت بازخورد از هنرجویان تهیه شود.

ــ اهداف رفتاری مندرج در ابتدای هر فصل مبنای تدریس و ارزشیابی هنرآموزان محترم باشد.

از قسمت‌هایی که برای مطالعه آزاد درنظر گرفته شده است سؤال امتحانی طرح نشود.

● نمره هر درس در دوره تابستانی از میانگین نمره ارزشیابی مستمر با ضریب ۱ و نمره ارزشیابی پایانی با ضریب ۲ محاسبه می‌گردد.

● نمره هر درس غیرحضوری و دروسی که تابستان برای آنها کلاس تشکیل نمی‌شود، در شهریور و دی ماه بدون ضریب محاسبه می‌گردد.

جدول ۴ــ ب : راهنمای ارزشیابی پیشرفت تحصیلی دروس نظری

درس : مدارهای الکتریکی | پایه : سوم | رشته : الکترونیک
زمینه : صنعت | شاخه : فنی و حرفه‌ای | (سال تحصیلی ۹۱ــ۹۰)

نام کتاب : مدارهای الکتریکی کد کتاب : ۴۸۷/۸ چاپ معتبر : ۱۳۹۰ به بعد	واحد : ۴ نظری : ۴ عملی : ۰	مدل ارزشیابی : ۶ــ۱ــ۲ــ۱ نمره قبولی : ۱۰	نوع آزمون ☐ داخلی ■ نهایی

		عنوان	نمره
نوبت اول	مستمر (ضریب ۱)	**حیطه شناختی** : اهداف رفتاری در حیطه شناختی مربوط به فصل‌های ۱ تا ۳ کتاب، که در ابتدای هر فصل آورده شده است به‌عنوان شاخص‌های اصلی ارزشیابی در حیطه شناختی تلقی می‌شود که با استفاده از ابزارهای سنجش و اندازه‌گیری آموزشی می‌توان آنها را ارزشیابی کرد برخی از این ابزارها عبارتند از : ۱ــ آزمون پاسخ کوتاه ۲ــ آزمون جندگزینه‌ای (چهارجوابی) ۳ــ آزمون دوگزینه‌ای (۵۰ درصدی) ۴ــ آزمون‌های جورکردنی ۵ــ آزمون‌های تشریحی ۶ــ دریافت پاسخ‌های شفاهی در کلاس درس ۷ــ انجام پروژه‌های تحقیقاتی، تکالیف و ...	۱۸
		حیطهٔ عاطفی : برخی از شاخص‌های اندازه‌گیری در حیطه عاطفی عبارتند از : میزان ذوق فراگیری، آمادگی پاسخ به پرسش‌های کلامی، حضور به موقع، فعال و آرامش در کلاس، اعتماد به نفس در ارائه و فراگیری مطالب، علاقه‌مندی به شرکت در فعالیت‌های گروهی، حل تمرین و انجام به موقع تکالیف، استفاده از نرم‌افزارهای آموزشی مرتبط، استفاده از سایر منابع درسی، داشتن برنامه درسی در منزل، روحیه کمک به همکلاسی‌ها، مراقبت و نگهداری و استفاده مناسب از ابزار و تجهیزات	۲
		جمع نمرات ارزشیابی مستمر نوبت اول	۲۰
	پایانی (ضریب ۲)	فصل ۱ : ● مدارهای الکتریکی جریان مستقیم حل مدار از طریق جمع آثار، پتانسیل گره، جریان حلقه شامل نوشتن معادلات، حل معادلات، محاسبه مقادیر مجهول، تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یکدیگر ــ تبدیلات تونن و نورتن، حل مسئله در مورد تطابق و انتقال توان، جریان و ولتاژ ماکزیمم به بار، حل مدارهای DC با وجود خازن و سلف	۹
		فصل ۲ : ● بردار تفریق و جمع کردن چند بردار و به‌دست‌آوردن بردار برایند ــ محاسبه مقادیر لحظه‌ای، متوسط و مؤثر موج سینوسی ــ تجزیه و ضرب بردارها	۷
		فصل ۳ : ● مدارهای RL جریان متناوب : ــ حل مدارهای RL موازی و سری شامل محاسبه توان ولتاژ، جریان و رسم بردار و بررسی اثر فرکانس روی مدار و محاسبه امپدانس محاسبه اختلاف فاز، ضریب توان و ضریب کیفیت در مدار RL تبدیل مدارات سری به موازی و بالعکس.	۴
		جمع نمرات پایانی نوبت اول	۲۰
نوبت دوم	مستمر (ضریب ۱)	**حیطه شناختی** : شاخص‌های ارزشیابی از فصل ۲ : تا فصل ۷ مانند نوبت اول عمل شود.	۱۸
		حیطه عاطفی : شاخص‌های ارزشیابی مانند نوبت اول عمل شود.	۲
		جمع نمرات ارزشیابی مستمر نوبت دوم	۲۰
	پایانی (ضریب ۶)	فصل ۱ : از شاخص‌های نوبت اول	۲/۵
		فصل ۲ : از شاخص‌های نوبت اول	۱/۵
		فصل ۳ : از شاخص‌های نوبت اول	۱
		فصل ۳ : ادامه حل مدارهای RL	۱
		فصل ۴ : ● مدارهای RC جریان متناوب : ــ حل مدارهای RC سری و موازی و تأثیر فرکانس بر این مدارها	۲
		فصل ۵ : ● مدارهای LC جریان متناوب : رسم بردار، محاسبه ولتاژ، جریان، موج سینوسی ــ بررسی اثر فرکانس در امپدانس فرکانس روی مدار ــ حل مسایل مربوط به حالت رزونانس در مدارهای سری و موازی ــ بررسی منحنی حالت رزونانس ــ محاسبه فرکانس تشدید، قطع بالا و قطع پایین	۳/۵
		فصل ۶ : ● مدارهای RLC حل مدارهای RLC در جریان متناوب شامل بردارها، محاسبه مقاومت، ولتاژ و جریان در مدارهای سری، موازی و ترکیبی ــ محاسبه Q در مدارهای رزونانس سری و موازی	۵
		فصل ۷ : ● جریان‌های سه‌فاز : حل مدارهای جریان سه فاز شامل بارهای متعادل در اتصال مثلث و ستاره ــ رسم بردارهای ولتاژ و جریان در اتصال ستاره و مثلث ــ اثر قطع یک فاز، قطع نول و تعویض دو فاز بر کمیت‌های مدار در اتصال ستاره و مثلث	۳/۵
		جمع نمرات پایانی نوبت دوم	۲۰

نوبت شهریور	پایانی *	فصل	نمره	فصل	نمره	فصل	نمره	فصل	نمره	فصل	نمره	
		۱	۲/۵	۳	۱	۶	۵					
		۲	۱/۵	۴	۲	۷	۳/۵					
		۳	۱	۵	۳/۵							

نکات اجرایی

توصیه می‌شود تا :
- ــ پس از پایان هر فصل یا موضوع درسی از هنرجویان یک امتحان پایان فصل به عمل آید.
- ــ در پایان هر هفته فعالیت کلاسی از هنرجویان ارزشیابی به عمل آید و در دفتر مخصوص ثبت گردد.
- ــ طرح درس مناسب برای سهولت تدریس و دریافت بازخورد از هنرجویان تهیه شود.
- ــ اهداف رفتاری مندرج در ابتدای هر فصل مبنای تدریس و ارزشیابی هنرآموزان محترم باشد.

برای اجرای فعالیت‌های نرم‌افزاری از کتاب آزمایشگاه مجازی جلد دوم استفاده شود.

یادآوری

همکار گرامی در ارزشیابی درس مدارهای الکتریکی ارزشیابی تکوینی نقش مهمی دارد و چنانچه هنرجویان بتوانند با راهنمایی شما در ارزشیابی مستمر به حد مطلوبی از یادگیری برسند قطعاً راحت‌تر خواهند توانست در ارزشیابی نهایی که با مدل ۶ـ۱ـ۲ـ۱ مورد سنجش قرار می‌گیرند امتیاز لازم را بگیرند.

این قضیه از آن جهت مهم است که امکان دارد هنرجو در آزمون پایانی اوّل و دوّم به دلایلی نتوانسته باشد در آزمون خوب ظاهر شود در این صورت ارزشیابی مستمر می‌تواند نمره کل سالیانه هنرجو را تا حدی ارتقا ببخشد.

مثال : نمره مستمر ۱ : ۱۱/۵ نمره مستمر ۲ : ۱۳/۵

نمره پایانی ۱ : ۱۰/۵ نمره پایانی ۲ : ۹

۱×۱۱/۵+۲×۱۰/۵+۱×۱۳/۵+۶×۹=۱۰۰

بخش ب

راهنمای تدریس کتاب مدارهای الکتریکی

فصل اوّل — مدارهای الکتریکی جریان مستقیم

با ارائه یادآوری مباحث مبانی برق که در این کتاب از صفحه ۳ تا ۶ آورده شده است، ذهنیت هنرجویان برای شروع این فصل شکل می‌گیرد و می‌توانند آمادگی بیشتری برای یادگیری این فصل داشته باشند.

پیشنهاد می‌گردد چنانچه هنرجویان در مطالب یادآوری شده نقطه ضعف دارند زمان بیشتری در این قسمت صرف نمایید و با درخواست تمرین بیشتر آنها خارج از ساعت کلاسی و رفع اشکال در کلاس درس پایه آنها را برای مطالب جدید این فصل تقویت نمایید. زیرا هنرجویان همان‌طورکه قبلاً نیز گفته شد اگر پایه علمی مناسبی در محتوی درس مبانی برق کسب نکرده باشند در این درس با مشکل مواجه می‌شوند.

یادآوری

به منظور هماهنگی درس مدار با درس ماشین‌های الکتریکی AC، این فصل برای هنرجویان رشتهٔ الکتروتکنیک بعد از فصل هفتم آموزش داده شود.

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

۱ـ مفهوم تحلیل مدارهای الکتریکی را بیان کند.

۲ـ عناصر فعال و غیرفعال مدار را تعریف کند و مشخصات آنها را شرح دهد.

۳ـ مدارهای جریان مستقیم را به روش اصل جمع آثار تحلیل کند.

۴ـ مدارهای جریان مستقیم را به روش پتانسیل گره حل کند.

۵ـ مدارهای جریان مستقیم را به روش جریان حلقه حل کند.

۶ـ منابع ولتاژ و جریان را به یکدیگر تبدیل کند.

۷ـ معادل تونن و نورتن مدارهای جریان مستقیم را به دست آورد.

۸ـ شرایط انتقال ماکزیمم توان را به بار شرح دهد و ماکزیمم توان انتقالی را محاسبه کند.

۹ـ رفتار سلف و خازن را در جریان dc در حالت ماندگار بیان کند.

۱ـ۱ـ تحلیل در مدار

هدف از بیان بخش مقدمه و معرفی عناصر مدار بیان مفهوم کلمه تحلیل برای هنرجویان و شناخت جایگاه تحلیل در حل مسأله است. مسائل مدار به دلیل تنوع می‌توانند از راه‌حل‌های متفاوتی آنالیز شوند ولی شناخت مناسب‌ترین روش برای حل مسأله مهم است بنابراین هنرجو باید عناصر مدار را بشناسد و سپس با تحلیل‌های مختلف معرفی شده در صفحه ۱۶ کتاب بتواند مناسب‌ترین آن را در حل مسأله استفاده نماید. هدف از تحلیل مدار پیدا کردن جریان ــ ولتاژ و توان هر مصرف‌کننده یا منبع ولتاژ و جریان و به‌دست‌آوردن توان تولیدی یا مصرفی در آن المان‌هاست.

۲ـ۱ـ عناصر مدار

هدف : آشنایی هنرجویان با عناصر فعال و عناصر غیرفعال در مدار الکتریکی می‌باشد.

۱ـ۲ـ۱ـ عناصر غیرفعال مدار: شامل مقاومت، سلف و خازن است که انرژی الکتریکی را یا به مصرف رسانده و به‌صورت‌های دیگر انرژی تبدیل می‌کنند و یا در خود ذخیره می‌کنند.

می‌کند یا آن را در خود ذخیره می‌سازد. این عناصر عبارت‌اند از : مقاومت‌های اهمی، سلف‌ها و خازن‌ها.

مقاومت اهمی: عنصری است که جریان آن با ولتاژ دوسر آن متناسب است.

سلف: عنصری است که ولتاژ دو سر آن با تغییرات جریان نسبت به زمان در آن متناسب است.

خازن: عنصری است که جریان آن با تغییرات ولتاژ دوسرش نسبت به زمان متناسب است.

البته با توجه به این‌که سلف در جریان مستقیم اتصال کوتاه و خازن در جریان مستقیم به صورت یک مدار باز عمل می‌کند، مدارهایی که در این فصل مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند بیشتر دارای مقاومت‌های اهمی هستند.

عناصر فعال: به عناصری گفته می‌شود که انرژی مدار را تأمین می‌کنند. این عناصر عبارت‌اند از : منابع ولتاژ و منابع جریان. هریک از این عناصر فعال به دو گروه ایده‌آل و حقیقی تقسیم می‌شوند.

منبع ولتاژ ایده‌آل: منبعی است که در بارهای مختلف ولتاژ ثابتی به مدار می‌دهد.

منبع ولتاژ حقیقی: منبعی است که با افزایش جریان بار اکاهش مقاومت مدار، ولتاژ خروجی آن کاهش می‌یابد. منبع ولتاژ حقیقی را می‌توان منبع ولتاژ ایده‌آلی دانست که یک مقاومت اهمی کوچک با آن سری شده است. منابع تغذیه در صنعت منابع ولتاژ حقیقی هستند و منابع ایده‌آل وجود خارجی ندارند ولی با تقریب می‌توان منابع ولتاژ با انرژی بسیار بزرگ را ایده‌آل فرض کرد (شکل ۱ـ۲)

الف: منبع ولتاژ ایده‌آل ب: منبع ولتاژ واقعی

شکل ۱ـ۲

منابع جریان ایده‌آل: منابعی هستند که در بارهای مختلف جریان ثابتی به مدار می‌دهند. به عبارت دیگر، اگر مقاومت بار تغییر کند ولتاژ آن تغییر می‌کند ولی جریان آن ثابت می‌ماند. منابع جریان بیشتر در مدارهای الکترونیکی دیده می‌شوند و به صورت ایده‌آل وجود ندارند.

منابع جریان واقعی: منابع جریان ایده‌آلی هستند که با یک مقاومت بزرگ اهمی به صورت

۱۲

الف) مقاومت : عنصری از مدار که جریان عبوری از آن با ولتاژ دو سر مقاومت متناسب است.

$$I = \frac{V}{R}$$

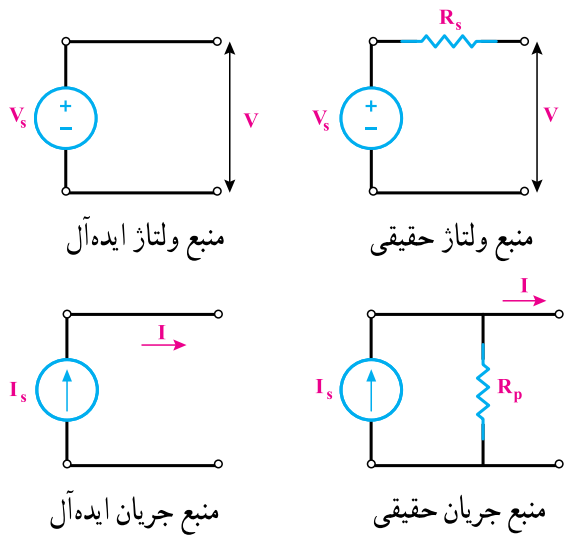
ب) سلف : عنصری از مدار که ولتاژ دو سر آن با تغییرات جریان نسبت به زمان متناسب است.

$$V = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ج) خازن : عنصری از مدار که جریان آن با تغییرات ولتاژ دو سرش نسبت به زمان متناسب است.

$$I = C\frac{\Delta V}{\Delta t}$$

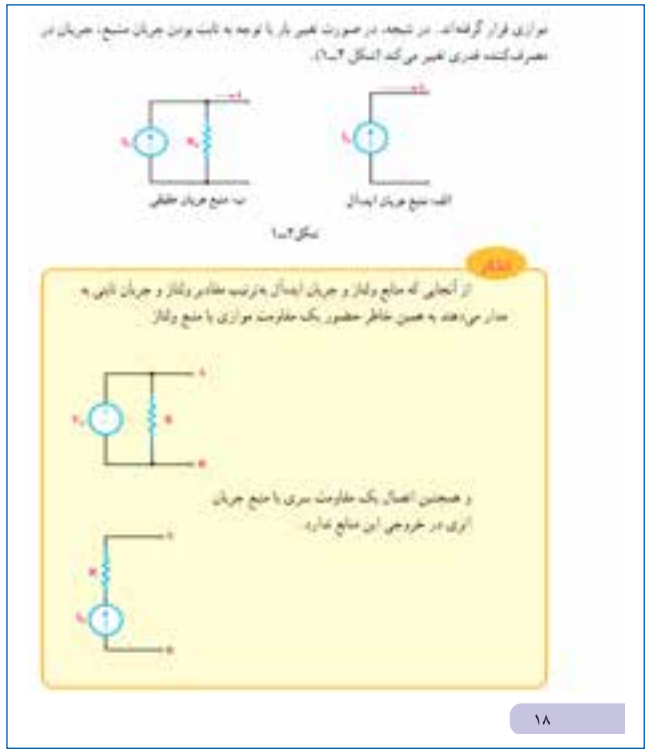
۲ـ۲ـ۱ـ آشنایی با منبع ولتاژ و جریان ایده‌آل و حقیقی: به هنرجویان تأکید شود که منبع ولتاژ و جریان ایده‌آل وجود ندارد ولی می‌توان منابع با انرژی بسیار بزرگ را ایده‌آل فرض کرد (شکل ۱ــ۱).



شکل ۱ــ۱

۳ـ۱ـ مقاومت سری و موازی با منبع جریان و ولتاژ

هدف از آموزش این صفحه توضیح پیرامون مقاومت سری با منبع جریان و مقاومت موازی با منبع ولتاژ و عدم تأثیر در جریان و ولتاژ این دو منبع می‌باشد.



تذکر: ذکر این نکته تکمیل‌کننده این بحث کتاب درسی است :

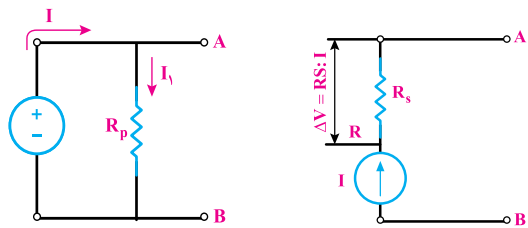
الف) مقاومت موازی با منبع ولتاژ در بقیه مدار بی‌تأثیر است ولی اگر خواسته سؤال در مورد توان خود منبع ولتاژ بود نمی‌توان از مقاومت گفته شده صرف نظر کرد.

ب) مقاومت سری با منبع جریان تأثیری در بقیه مدار ندارد ولی اگر خواسته سؤال در مورد توان منبع جریان بود نمی‌توان از مقاومت گفته شده صرف‌نظر کرد.

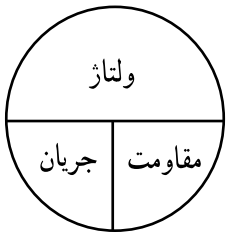
الف ــ ۱) در مدارهای نشان‌داده‌شده تأثیر مقاومت موازی و سری نشان داده شده است (شکل ۲ــ۱).

ب ــ ۱) بخشی از جریان منبع ولتاژ وارد مقاومت موازی با آن می‌شود.

ب ــ ۲) بخشی از ولتاژ مداردر مقاومت R افت می‌کند.



شکل ۲ــ۱



شکل ۳ـ۱

تذکر ۱: قبل از ورود به روش‌های تحلیل مدار لازم است که باز به هنرجویان تأکید شود که هرجا ولتاژ مقاومتی خواسته شد یا هرجا جریان عبوری از مقاومتی مورد سؤال قرار گرفت اولین مفهومی که به ذهن ما باید خطور نماید قانون اهم است (شکل ۳ـ۱).

تذکر ۲: در اینجا منظور از ولتاژ به‌خوبی بیان شود که همان اختلاف پتانسیل است. به مثال‌های زیر توجه نمایید؛

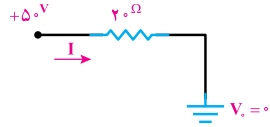
مثال ۱: با وصل کلید جریان مقاومت R در شکل ۴ـ۱ چقدر می‌شود؟

$$I=\frac{V}{R}=\frac{۵۰-۱۰}{۱۰}=\overleftarrow{۴A}$$

شکل ۴ـ۱

مثال ۲: مقدار جریان I چند آمپر است؟ (شکل ۵ـ۱)

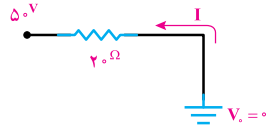
$$I=\frac{V}{R}=\frac{۵۰-۰}{۲۰}=\overrightarrow{۲/۵A}$$



شکل ۵ـ۱

مثال ۳: مقدار جریان I چند آمپر است؟ (شکل ۶ـ۱)

$$I=\frac{V}{R}=\frac{۰-۵۰}{۲۰}=\overleftarrow{-۲/۵A}$$



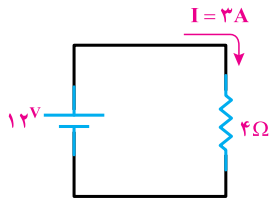
شکل ۶ـ۱

۴ـ۱ـ مقدمه روش حلقه

در یک مدار ساده دارای یک حلقه ولتاژهای مورد نیاز مصرف‌کننده یا افت ولتاژهای ایجادشده در مدار توسط منبع تولید می‌شود.

KVL: مجموع افت ولتاژهای مدار = ولتاژ تولیدی منبع ($E=\Sigma RI$)

۱ـ۴ـ۱ـ اگر ولتاژ منبع را مثبت بگیریم باید افت‌ها را منفی بگیریم و اگر ولتاژ منبع را منفی بگیریم باید افت‌های ولتاژ را مثبت لحاظ کنیم (شکل ۷ــ۱).



شکل ۷ــ۱

۱۲− : ولتاژ منبع

۱۲+ یا ۳×۴+ : افت ولتاژ

جمع جبری ولتاژها صفر است ۰=۱۲+۱۲−

با این توضیح قانون K.V.L را در مدارهای داده‌شده کتاب استفاده می‌کنیم.

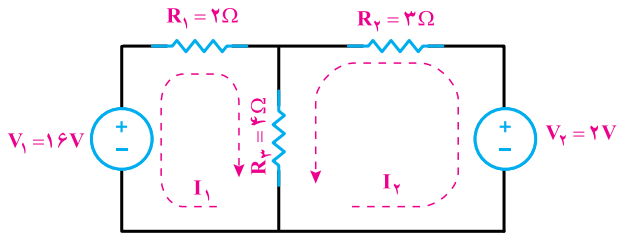
یادآوری

به هنرجویان گفته شود که شما حق دارید مدار داده شده را تا حد امکان ساده‌سازی کنید (به اتصال مقاومت‌ها (سری و اتصال موازی) توجه شود) مگر حالتی که خواسته سؤال در مورد مقاومت خاص بررسی شود در این صورت نباید آن مقاومت را در ساده‌سازی از بین ببریم.

۵ـ۱ـ تحلیل مدار به روش جریان حلقه

در مرحله (۲) این صفحه کتاب درسی برای سادگی کار جهت جریان‌ها را در یک جهت در نظر گرفته می‌شود درصورتی که می‌توان جهت جریان‌ها را دلخواه فرض نمود. در مثال صفحه (۲۰) جهت I_1 و I_2 در جهت عقربه‌های ساعت است درصورتی که می‌توانیم مثلاً I_2 را عکس عقربه‌های ساعت در نظر بگیریم. در مرحله (۴) وقتی به شاخه مشترک بین دو حلقه برخورد نمودیم طبق گفته بالا اگر جهت I_2 را عکس عقربه‌های ساعت در نظر گرفته باشیم جریان‌ها در شاخه وسط با هم جمع می‌شوند.

۱ـ۵ـ۱ـ مثال ۱ صفحه ۲۰ کتاب درسی : در این مثال با فرض جهت I_2 در خلاف جهت عقربه‌های ساعت خواسته‌های مسئله را به‌دست می‌آوریم (شکل ۸ــ۱).



شکل ۸ــ۱

۳ـ۱ـ تحلیل مدار به روش جریان حلقه

برای تحلیل مدار به روش جریان حلقه، از قانون ولتاژهای کیرشهف[1] (K.V.L) استفاده می‌شود. بدین‌منظور، مراحل زیر را طی می‌کنیم.

مرحله ۱ در صورت نیاز و به‌طوری که بازاشترهای مجهول مدار از بین نروند ابتدا مدار را تا حد ممکن ساده می‌کنیم.

مرحله ۲ برای هر حلقه، یک جریان در جهت دلخواه، منظور می‌کنیم. برای سادگی کار و کم نشدن اشتباهات، بهتر است جریان همه‌ی حلقه‌ها را در یک جهت فرض کنیم. ما در این قسمت جریان حلقه‌ها را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت فرض می‌کنیم.

مرحله ۳ با حرکت در جهت جریان انتخابی در هر حلقه، با استفاده از قانون ولتاژهای کیرشهف (K.V.L) معادله‌ی ولتاژها را برای هر حلقه می‌نویسیم. (نقطه شروع حرکت مهم نیست)

مرحله ۴ در هنگام حرکت در یک حلقه اگر به عنصری رسیدیم که با حلقه‌ی دیگری مشترک است، جریان آن عنصر از جمع جبری جریان دو حلقه‌ی طرفین آن به دست می‌آید.

مرحله ۵ با توجه به این‌که در مصرف‌کننده‌ها جریان به پلاریته‌ی مثبت وارد می‌شود و ما در هنگام نوشتن معادلات در جهت جریان حرکت می‌کنیم، پس ولتاژ همه‌ی مصرف‌کننده‌ها مثبت است. طبیعی است که ولتاژ منابع تغذیه با توجه به پلاریته‌ی آن‌ها در معادلات نوشته می‌شود؛ یعنی اگر در جهت حرکت به مثبت منبع برسیم، ولتاژ آن را با علامت مثبت و اگر به منفی منبع برسیم، ولتاژ آن را با علامت منفی در معادله منظور می‌کنیم.

مرحله ۶ در این روش به تعداد حلقه‌های انتخاب شده در مدار، معادله تشکیل می‌دهیم. پس n معادله با n مجهول به‌دست می‌آید. مجهولات ما جریان‌های حلقه‌ها هستند و با حل معادله‌ها جریان‌ها به‌دست می‌آیند در نتیجه، ولتاژها و توان‌های تمامی عناصر مدار محاسبه خواهد شد.

[1] Kirchhoff Voltage Law

۱۹

KVL1) $-۱۶+۲I_۱+۴(I_۱+I_۲)=۰$

$۶I_۱+۴I_۲=۱۶$

$\boxed{۳I_۱+۲I_۲=۸}$

KVL2) $-۲+۳I_۲+۴(I_۲+I_۱)=۰$

$\boxed{۴I_۱+۷I_۲=۲}$

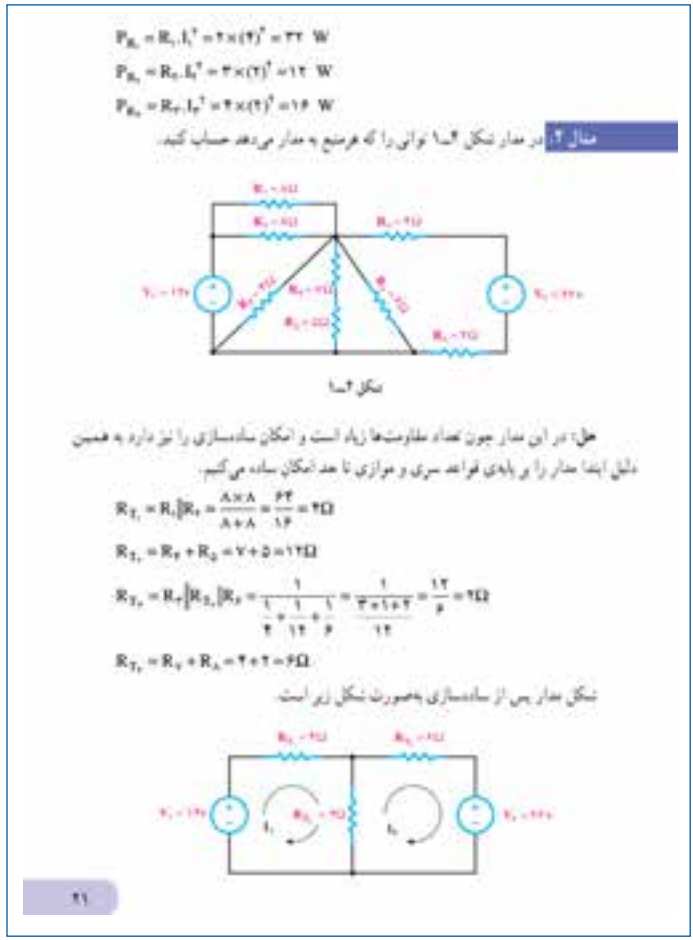
$$\begin{cases}۳I_۱+۲I_۲=۸\\ ۴I_۱+۷I_۲=۲\end{cases}$$

$$\begin{matrix}-۴\times\\ ۳\times\end{matrix}\begin{cases}۳I_۱+۲I_۲=۸\\ ۴I_۱+۷I_۲=۲\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}-۱۲I_۱-۸I_۲=-۳۲\\ ۱۲I_۱+۲۱I_۲=۶\end{cases}$$

$$۱۳I_۲=-۲۶$$

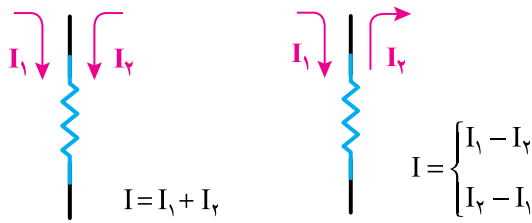
$$I_۲=-۲A$$

$I_۲=-۲A\Rightarrow I_۱=۴A$



با مقایسه مثال حل شده در مثال کتاب این واقعیت مشخص می‌شود که با عوض‌کردن جهت جریان فقط علامت I_2 عوض شده و در مقدار آن تغییر ایجاد نشد.

تذکر: هنگام محاسبه جریان شاخه مشترک به جهت جریان‌ها دقت شود (شکل ۹ــ۱).



شکل۹ــ۱

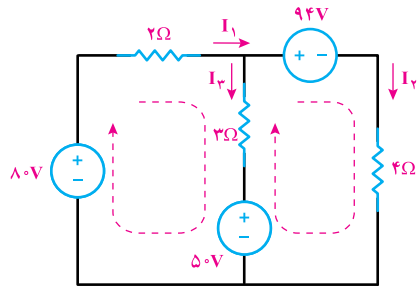
۲ـ۵ـ۱ـ مثال ۲ صفحهٔ ۲۱ کتاب درسی : در این مثال به مبحث ساده‌سازی مقاومت‌های موازی اشاره شده است. $(R_3||(R_4+R_5)||R_6)$ و در شاخه دیگر $R_1||R_2$ که بعد از به‌دست‌آوردن مقاومت معادل این شاخه‌ها مدار ساده‌تری از دو حلقه تشکیل می‌شود توجه به این نکته ضروری است که هنرجویان به ساده‌سازی در همه تحلیل‌ها توجه داشته باشند.

یادآوری

مقاومت معادل در مقاومت‌های مساوی موازی شده از رابطه $R_t = \frac{R}{n}$ که در این رابطه n تعداد مقاومت‌های مشابه است به دست می‌آید.

۳ـ۵ـ۱ـ حل تمرین ۱ صفحهٔ ۴۷ کتاب درسی

هدف : یافتن توان مصرفی در مقاومت ۳اهمی (شکل ۱۰ــ۱).



شکل ۱۰ــ۱

گام ۱) تشخیص حلقه‌ها و نام‌گذاری جریان‌های مربوط به هر حلقه، مانند شکل بالا

گام ۲) نوشتن KVL

$$KVL_1) -80 + 2I_1 + 3I_1 - 3I_2 + 50 = 0$$

$$KVL_2) +94 + 4I_2 - 50 + 3I_2 - 3I_1 = 0$$

$$I_2 = -5A$$

$$\begin{cases} 5I_1 - 3I_2 = 30 \\ -3I_1 + 7I_2 = -44 \end{cases} \xrightarrow{\begin{matrix} 3\times \\ 5\times \end{matrix}} \begin{cases} 5I_1 - 3I_2 = 30 \\ -3I_1 + 7I_2 = -44 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 15I_1 - 9I_2 = 90 \\ -15I_1 + 35I_2 = -220 \end{cases}$$

$$26I_2 = -130$$

$$I_2 = -5A$$

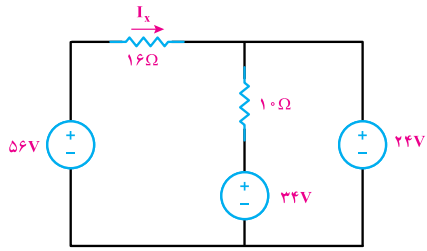
$$I_2 = -5A \longrightarrow I_1 = 3A$$

برای محاسبه توان مقاومت ۳ اُهمی با مشخص‌بودن مقدار جریان مقاومت از رابطه $P=RI^2$ مقدار توان محاسبه می‌شود :

$$P_{3\Omega}=3\times(-5-3)^2=192W$$

۴ـ۵ـ۱ـ حل تمرین شمارهٔ ۹ صفحهٔ ۴۹ کتاب درسی

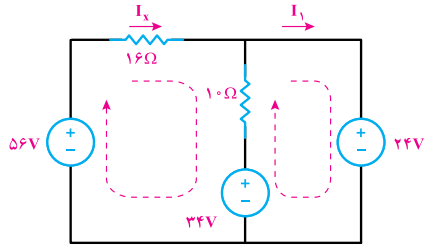
هدف : محاسبه مقدار جریان I_x و توان مصرفی مقاومت 10Ω و توان منبع ولتاژ ۲۴ ولتی (شکل ۱۱ــ۱).



شکل۱۱ــ۱

گام ۱) تعیین جریان شاخه‌ها

ابتدا مطابق شکل ۱۲ــ۱ جهت جریان‌ها شبیه شکل در دو حلقه ترسیم می‌کنیم.



شکل۱۲ــ۱

گام ۲) نوشتن kvl در حلقه‌ها

$$KVL1)\ -56+16I_x+10(I_x-I_1)+34=0$$

$$KVL2)\ -34+10(I_1-I_x)+24=0$$

$$\begin{cases}26I_x-10I_1=22\\-10I_x+10I_1=10\end{cases}$$

گام ۳) محاسبهٔ دستگاه به‌دست‌آمده و تعیین مقادیر جریان‌ها

$$16I_x=32 \quad , \quad I_x=2A \quad , \quad I_1=3A$$

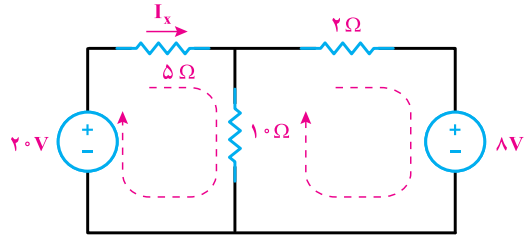
گام ۴) با توجه به فرمول توان مانند زیر، توان مقاومت و منبع ولتاژ را می‌یابیم.

$$P_{۱۰\Omega}=۱۰\times(I_x-I_۱)^۲=۱۰\times(۲-۳)^۲=۱۰\,W$$

$$P_{۲۴V}=V.I_۱=۲۴\times۳=۷۲W$$

۵ـ۵ـ۱ـ حل تمرین: جریان I_x را از روش جریان حلقه به‌دست آورید (شکل ۱۳ــ۱).

هدف : محاسبهٔ Ix با استفاده از روش جریان حلقه



شکل۱۳ــ۱

گام ۱) تعیین جریان حلقه‌ها

گام ۲) با استفاده از تحلیل جریان خانهٔ I_x را می‌یابیم.

$$KVL۱)\ -۲۰+۵I_x+۱۰(I_x-I_۱)=۰$$

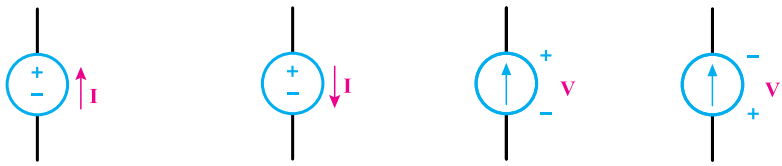
$$KVL۲)\ ۱۰(I_۱-I_x)+۲I_۱+۸=۰$$

$$\begin{cases}۱۵I_x-۱۰I_۱=۲۰\\-۱۰I_x+۱۲I_۱=-۸\end{cases}\quad ,\ I_x=۲A$$

تذکر: برای محاسبه توان منبع باید از فرمول P=V.I استفاده شود و سپس مشخص شود توان محاسبه شده، تولیدی یا مصرفی است.

یادآوری

هرگاه جریان به قطب مثبت منبع وارد شود، توان مصرفی و اگر به قطب منفی وارد شود، توان تولیدی است (شکل ۱۴ــ۱).



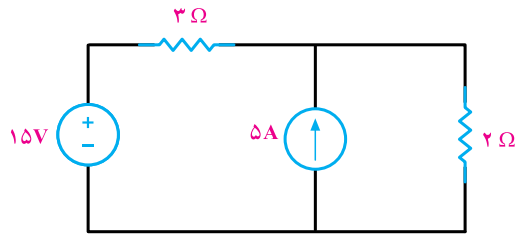
شکل۱۴ــ۱

۶ـ۵ـ۱ـ در تحلیل به روش جریان حلقه اگر در مسأله منبع جریان وجود داشته باشد، می‌توانیم به صورت‌های زیر آن‌را در نظر بگیریم :

۱ــ منبع جریان در شاخه وسط
۲ــ منبع جریان در شاخه‌های کناری (مجاور)

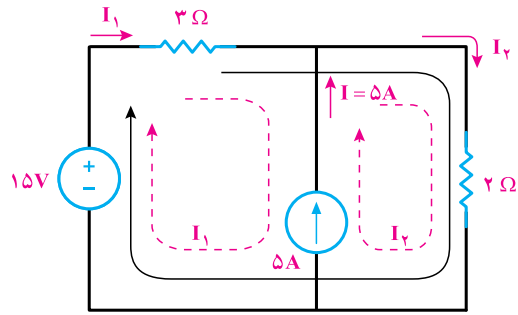
۱ــ اگر منبع جریان در شاخه وسط باشد، مسیر عبور جریان حلقه را به نحوی انتخاب می‌کنیم که از منبع جریان عبور نکند، چون هدف ما نوشتن مجموع ولتاژها است و ما ولتاژ منبع جریان را نداریم.

مثال: در شکل زیر توان مقاومت ۳Ω را به‌دست آورید. (از روش جریان حلقه، شکل ۱۵ــ۱)



شکل۱۵ــ۱

حل: برای هر شاخه جریانی تعریف کرده و جریان حلقه‌ها را مشخص می‌کنیم (شکل ۱۶ــ۱).



شکل۱۶ــ۱

هنگام نوشتن KVL باید دقت شود تا زمانی که در حلقه ۱ هستیم I_1 و وقتی وارد حلقه ۲ شدیم از I_2 استفاده می‌کنیم.

KVL) $-15+3I_1+2I_2=0$

برای حل این معادله نیاز به رابطه دیگری بین I_1 و I_2 داریم و در شاخه وسط چون I_2 با ۵A هم‌جهت است :

$I_2-I_1=5A$

$$\begin{cases} ۳I_۱ + ۲I_۲ = ۱۵ \\ -I_۱ + I_۲ = ۵ \end{cases} \rightarrow \begin{cases} I_۲ : ۶A \\ I_۱ : ۱A \end{cases} \rightarrow P_{۳\Omega} = RI_۱^۲ = ۳(۱)^۲ = ۳W$$

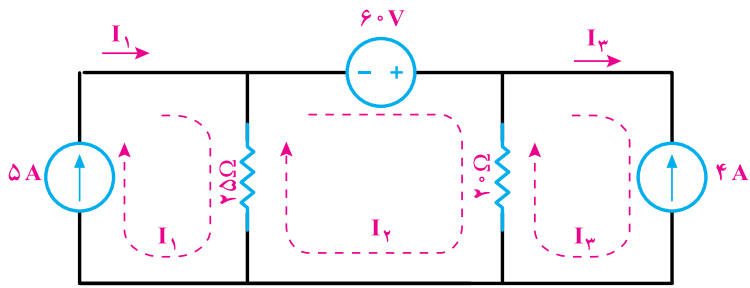
۲ــ اگر منبع جریان در شاخه‌های کناری باشد :

نوشتن KVL برای حلقه‌هایی که منبع جریان دارند، لازم نیست، زیرا جریان آنها معلوم است.

۷ـ۵ـ۱ـ حل تمرین شمارهٔ ۲ صفحهٔ ۴۷ کتاب درسی (شکل ۱۶ـ۱)

هدف : محاسبه توان منبع ولتاژ ۶۰ ولتی با استفاده از روش جریان حلقه

گام ۱) تعیین جریان مربوط به حلقه‌ها



شکل۱۷ـ۱

برای حلقه وسط یک KVL می‌نویسیم :

$I_۱ = ۵A \quad , \quad I_۳ = -۴A$ (به دلیل مخالف بودن با جهت قراردادی $I_۳$)

KVL) $۲۵(I_۲ - I_۱) - ۶۰ + ۲۰(I_۲ - I_۳) = ۰$

$۲۵I_۲ - ۱۲۵ - ۶۰ \quad ۲۰I_۲ + ۸۰ = ۰ \quad , \quad ۴۵I_۲ = -۱۰۵ \quad , \quad I_۲ = \frac{-۷}{۳}$

جریان $I_۱$ و $I_۳$ دقیقاً برابر جریان منابع ۵A و ۴A می‌باشد.

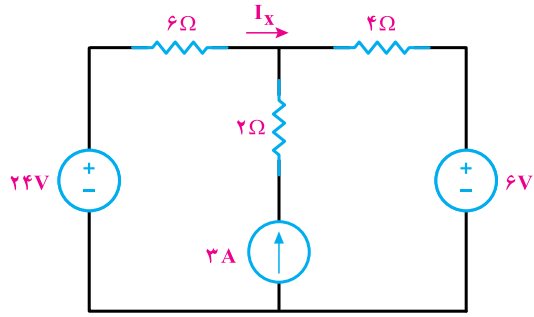
گام ۲ : محاسبه توان منبع با استفاده از فرمول زیر

چون علامت جریان $I_۲$ در حلقه وسط منفی است، پس جهت جریان واقعی $I_۲$ از (+) منبع ۶۰ ولتی به طرف (–) است و منبع ۶۰ ولتی توان ۱۶۰ وات مصرف می‌کند.

$$P_{۶۰V} = ۶۰ \times \frac{۷}{۳} = ۱۴۰w$$

۸ـ۵ـ۱ـ حل تمرین شمارهٔ ۱۱ صفحهٔ ۴۹ کتاب درسی از راه جریان حلقه (شکل ۱۷ـ۱)

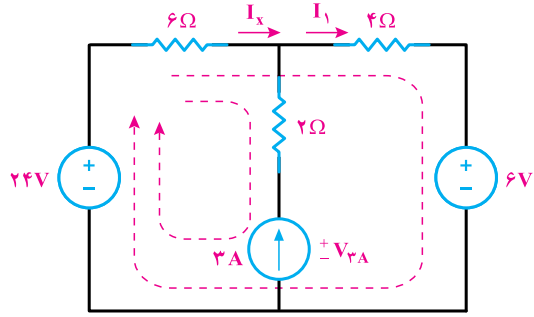
مثال : محاسبه جریان Ix و توان منبع جریان ۳A



شکل۱۷ـ۱

گام ۱) تعیین جریان شاخه‌ها

در مسیر حلقه بزرگ‌تر که منبع جریان وجود ندارد، یک KVL می‌نویسیم (شکل ۱۸ـ۱).



شکل۱۸ـ۱

گام ۲) نوشتن kvl در حلقه‌ها

KCL)$Ix+۳=I_۱$

KVL)در حلقهٔ بزرگ $-۲۴+۶I_x+۴I_۱+۶=۰$ ، $-۲۴+۶I_x+۴I_x+۱۲+۶=۰$

KVL)$-۲۴+۶I_x+۲(-۳)-V_{۳A}=۰$

$$\begin{cases} ۱۰I_x = ۶ \ , \ I_x = ۰/۶ \\ V_{۳A} = -۲۶/۴V \end{cases}$$

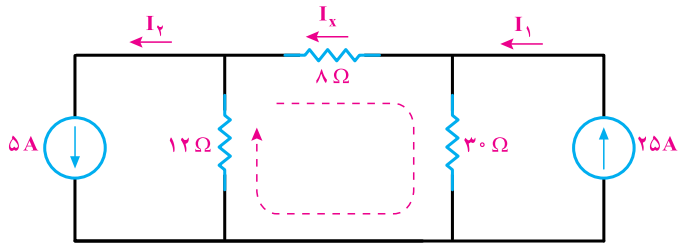
گام ۳) محاسبهٔ توان منبع جریان ۳A

$P_{۳A}=V.I=-۲۶/۴\times۳=-۷۹/۲W$

۹ـ۵ـ۱ـ حل تمرین شماره ۶ صفحه ۴۸ کتاب درسی از روش جریان حلقه (شکل ۱۹ـ۱)

هدف : محاسبهٔ جریان I_x با استفاده از روش جریان حلقه

گام ۱) تعیین جریان حلقه‌ها



شکل۱۹ـ۱

گام ۲) با استفاده از تحلیل جریان خانهٔ I_x را می‌یابیم.

$$\begin{cases} I_۱ = ۲۵A \\ I_۲ = ۵A \end{cases}$$

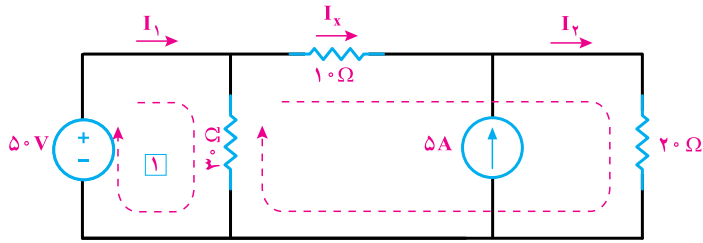
$$KVL) ۳۰(I_x - I_۱) + ۸I_x + ۱۲(I_x - I_۲) = ۰$$

$$۳۰(I_x - ۲۵) + ۸I_x + ۱۲(I_x - ۵) = ۰$$

$$۵۰I_x = ۸۱۰ \;,\; I_x = ۱۶/۲_A$$

۱۰ـ۵ـ۱ـ حل تمرین شماره ۷ صفحه ۴۹ کتاب درسی، (شکل ۲۰ـ۱)

هدف : محاسبه جریان I_x به روش جریان حلقه



شکل۲۰ـ۱

با استفاده از تحلیل جریان حلقه I_x را می‌یابیم.

در حلقهٔ بزرگ $KVL) ۳۰(I_x - I_۱) + ۱۰I_x + ۲۰I_۲ = ۰$

$$KVL۱) -۵۰ + ۳۰(I_۱ - I_x) = ۰$$

$$KCL) I_x + ۵ = I_۲$$

$$\begin{cases} ۳۰I_۱ - ۳۰I_x = ۵۰ \\ -۳۰I_۱ + ۶۰I_x = -۱۰۰ \end{cases} \quad , \quad I_x = -۱/۶۷A$$