

# شرح جامع

## مدارهای الکتریکی ۱ و ۲

«مهندسی برق»

مؤلف: حامد بیک خورمیزی



## پیشگفتار مؤلف

إلهی کفی بی عزاً أن آكون لك عبداً و كفى بی فخراً أن تكون لی رباً، أنت كما أحب فأجعلنی كما تحب  
خدایا این عزت مرا بس است که من بنده توام و این افتخار مرا کافی است که تو پروردگار منی، تو چنانی که دوستت  
می دارم مرا آنگونه قرار ده که دوست می داری.

درس مدارهای الکتریکی ۱ و ۲ یکی از دروس مرجع مهندسی برق می باشد. این درس برای کلیه گرایش های رشته مهندسی  
برق، همچنین بعضی از رشته های مهندسی مانند مهندسی کامپیوتر تدریس می شود، که به عنوان یک مرجع اصلی در  
کنکور کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و همچنین دکتری برق در کشور عزیزمان می باشد، لذا یادگیری و فهم اصولی  
این درس که زیربنای رشته برق می باشد با تلاش و تمرین فراوان در سایه منابع پر بار علمی دست یافتنی می باشد. تسلط  
براین درس کمک بسزایی در برخی دیگر از دروس مهندسی برق خواهد گذاشت.

کتاب شرح درس مدارهای الکتریکی ۱ و ۲ شامل ۱۱ فصل می باشد که در هر فصل ابتدا مقدمه ای است کوتاه در مورد کل  
فصل آورده شده است پس از آن زیر بخش های مرتبط با فصل را بصورت ساده توضیح داده و سعی شده است از توضیحات  
زیاد و غیر ضروری اجتناب گردد. در برخی از زیربخش ها برای فهم سریعتر موضوع از چند مثال یا سؤال کنکوری استفاده  
شده است. در پایان هر فصل خلاصه ای بسیار کوتاه از نکات مهم فصل آورده شده است. در حالت کلی برای افزایش تسلط و  
یادگیری بیشتر درس مدارهای الکتریکی حل تمرین های گوناگون و فراوان از هر مبحث توصیه می شود، که بهترین نوع  
تمرین ها، سؤالات کنکورهای ادوار گذشته می باشد، بنابراین در پایان هر فصل سؤالات کنکور سراسری و آزاد بصورت  
طبقه بندی شده قرار داده شده است و سعی شده سؤالات طبق زیر فصل های داخل هر فصل مرتب شوند. کلید تستی  
سؤالات نیز بعد از کل سؤالات قرار داده شده اند.

در اینجا جا دارد که از معلمان و استادانی که دلسوزانه برای فرزندان این مرز و بوم زحمت می کشند تقدیر و تشکر به عمل  
آورم و برای کلیه دانشجویانی که برای سر بلندی این کشور تلاش می کنند آرزوی موفقیت کنم. از مدیریت انتشارات ارشد  
بجهت اعتمادی که به اینجانب داشته اند تشکر و قدردانی می کنم همچنین از کلیه افرادی که در تایپ، صفحه بندی و چاپ  
این اثر تلاش فراوان کرده اند تقدیر و تشکر می نمایم.

هیچ تالیفی بدون عیب و کامل مطلق نمی باشد، در این اثر نیز امکان وجود کاستی های و لغزشها وجود دارد که از کلیه  
اساتید گرانقدر، دانشجویان عزیز و خوانندگان گرامی تقاضا می شود هرگونه پیشنهاد، انتقاد و یا کمبودی که نسبت به این اثر  
احساس می کنند را به آدرس پست الکترونیکی اینجانب ( ) بصورت کامل و مشخص ارسال نمایند.

در پایان این اثر ناچیز را به پدر و مادر عزیز و مهربانم بخاطر کلیه زحماتی که برای من کشیده اند تقدیم می کنم را از خداوند  
منان سلامتی و بهروزی برایشان آرزو می کنم.

با آرزوی موفقیت

حامد بیک خورمیزی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
<b>فصل اول: المان‌های مدار</b>	
۷	۱-۱ مقاومت
۸	۲-۱ قوانین کیرشهف
۸	۳-۱ خازن
۱۱	۴-۱ سلف
۱۲	۵-۱ منابع
۱۲	۶-۱ روش‌های تحلیل مدارهای الکتریکی
۱۳	۱-۶-۱ روش تحلیل گره
۱۴	۲-۶-۱ روش تحلیل مش
۲۱	۷-۱ قضایای تونن و نورتن
۲۱	۱-۷-۱ قضیه تونن
۲۱	۲-۷-۱ قضیه نورتن
۲۶	۸-۱ توان
<b>فصل دوم: مدارهای مرتبه اول و دوم</b>	
۴۴	۱-۲ معادله دیفرانسیل خطی (جواب عمومی و جواب خصوصی)
۴۷	پاسخ‌گذرا
۵۹	۷-۲ مدارهای مرتبه دوم
۵۹	۲-۷-۲-۱ پاسخ ورودی صفر مدار RLC سری
۶۱	۲-۷-۲-۲ پاسخ حالت صفر مدار RLC سری
۶۳	۲-۷-۲-۳ پاسخ ورودی صفر مدار RLC موازی
۶۴	۲-۸ ضریب کیفیت در مدارات RLC
<b>فصل سوم: تزویج و حالت دائمی سینوسی</b>	
۱۰۱	۳- اعداد مختلط
۱۰۱	۳-۱-۱ نمایش در مختصات قطبی و دکارتی
۱۰۳	۳-۲ فازور
۱۰۴	۳-۲-۱ مشتق و انتگرال فازور
۱۰۷	۳-۳ امپدانس و ادمیتانس فازوری
۱۰۹	۳-۴ پاسخ کامل در مدارات با تحریک سینوسی
۱۱۱	۳-۵ توان الکتریکی
۱۱۱	۳-۵-۱ تعریف توان
۱۱۲	۳-۵-۲ توان لحظه‌ای و توان متوسط
۱۱۵	۳-۵-۴ توان ظاهری ( $P_S$ )
۱۱۶	۳-۵-۵ توان مختلط ( $\bar{P}$ )
۱۱۶	۳-۶ قضیه انتقال توان ماکزیمم

۱۲۰	..... خلاصه فصل
۱۲۲	..... اعداد مختلط، امپدانس، ادمیتانس

### فصل چهارم: عناصر تزویج و ترانسفورما تورهای ایده آل

۱۳۶	..... ۱-۴ سلف‌های تزویج
۱۴۰	..... ۲-۴ قرارداد نقطه در سیم پیچ‌ها و ولتاژ القا شده بر روی آنها

### فصل پنجم: تبدیل لاپلاس و کاربرد آن در مدار

۱۶۳	..... ۱-۵ خواص تبدیل لاپلاس
۱۶۳	..... ۱-۱-۵ خطی بودن
۱۶۳	..... ۲-۱-۵ خاصیت مشتق‌پذیری
۱۶۴	..... ۳-۱-۵ خاصیت انتگرال‌گیری
۱۶۴	..... ۴-۱-۵ خاصیت مشتق‌گیری در حوزه‌ی فرکانس
۱۶۴	..... ۵-۱-۵ خاصیت تأخیر زمانی
۱۶۴	..... ۶-۱-۵ خاصیت تأخیر فرکانسی
۱۶۴	..... ۷-۱-۵ تبدیل لاپلاس توابع متناوب
۱۶۴	..... ۸-۱-۵ تبدیل لاپلاس کانولوشن
۱۶۵	..... ۹-۱-۵ مقادیر اولیه و نهایی
۱۶۵	..... ۲-۵ محاسبه‌ی عکس تبدیل لاپلاس
۱۶۷	..... ۳-۵ کاربرد تبدیل لاپلاس در مدارهای الکتریکی
۱۶۸	..... ۴-۵ تحلیل مدارهای الکتریکی به کمک تبدیل لاپلاس
۱۷۳	..... ۵- انتگرال کانولوشن و تبدیل لاپلاس کانولوشن
۱۷۳	..... ۵-۵ کانولوشن دو تابع $f_1(t)$ و $f_2(t)$ را همانطور که اشاره شد بصورت زیر بیان می‌کنیم:
۱۷۷	..... خلاصه فصل:

### فصل ششم: فرکانس‌های طبیعی و تابع شبکه

۱۸۹	..... ۱-۶ فرکانس‌های طبیعی یک متغیر شبکه
۱۸۹	..... ۲-۶ روش‌های بدست آوردن فرکانس‌های طبیعی یک متغیر شبکه
۱۹۴	..... ۳-۶ فرکانس‌های طبیعی یک شبکه
۱۹۵	..... ۴-۶ تعداد فرکانس‌های طبیعی شبکه
۲۰۲	..... ۵-۶ حذف یا نگهداشتن فرکانس‌های طبیعی برای یک متغیر شبکه
۲۰۴	..... ۶-۶ فرکانس طبیعی مدار باز و اتصال کوتاه
۲۰۵	..... خلاصه فصل

### فصل هفتم: توابع شبکه

۲۲۳	..... ۱-۷ پاسخ فرکانسی
۲۳۰	..... ۲-۷ فیلترها
۲۳۱	..... ۱-۲-۷ فیلتر پائین‌گذر
۱۳۱	..... ۲-۲-۷ فیلتر بالاگذر
۲۳۱	..... ۳-۲-۷ فیلتر میان‌گذر
۲۳۴	..... ۴-۲-۷ فیلتر میان‌گذر
۲۳۴	..... ۵-۲-۷ فیلتر تمام‌گذر
۲۳۶	..... ۳-۷ رابطه بین دیاگرام صفرها و قطب‌ها با پاسخ ضربه و منحنی اندازه
۲۳۷	..... ۴-۷ صفرهای تابع شبکه
۲۴۴	..... خلاصه فصل

### فصل هشتم: قضایای شبکه

۲۵۵	..... ۱-۸ قضیه تونن و نورتن
-----	-----------------------------

۲۵۵	۲-۸ قضیه جمع آثار
۲۵۶	۳-۸ قضیه جانشینی
۲۵۶	۴-۸ قضیه هم‌پاسخی
۲۵۸	۵-۸ قضیه تلگان
۲۶۱	خلاصه فصل

### فصل نهم: مدارهای دو دریچه‌ای (دو قطبی‌ها)

۲۷۲	۱-۹- ماتریس امیدانس ( $Z$ )
۲۷۳	۲-۹- ماتریس ادمیتانس ( $Y$ )
۲۷۶	۳-۹- ماتریس هایبرید ( $G, H$ )
۲۷۶	۱-۳- ماتریس هایبرید نوع اول ( $H$ )
۲۷۷	۲-۳-۹- ماتریس هایبرید نوع دوم ( $G$ )
۲۷۸	۴-۹- ماتریس انتقال ( $T, T'$ )
۲۷۸	۱-۴-۹- ماتریس انتقال نوع اول ( $T$ )
۲۸۰	۲-۴-۹- ماتریس انتقال نوع دوم ( $T'$ )
۲۸۱	۵-۹- رابطه بین پارامترهای ماتریس‌های یک دو قطبی
۲۸۲	۶-۹- دو قطبی‌های متقارن و متقابل
۲۸۳	۷-۹- اتصال دو قطبی‌ها
۲۸۴	۱-۷-۹- اتصال سری (ورودی‌ها سری - خروجی‌ها سری)
۲۸۵	۲-۲-۷- اتصال موازی (ورودی‌ها موازی - خروجی‌ها موازی)
۲۸۶	۳-۷-۹- اتصال سری - موازی (ورودی‌ها سری - خروجی‌ها موازی)
۲۸۷	۴-۷-۹- اتصال موازی - سری (ورودی‌ها موازی - خروجی‌ها سری)
۲۸۸	۵-۷-۹- اتصال متوالی
۲۹۰	خلاصه فصل

### فصل دهم: گرافها و کاربرد آنها در تجزیه و تحلیل مدارها

۳۱۱	۱-۱۰- تعاریف
۳۱۳	۲-۱۰- تجزیه و تحلیل مدارهای الکتریکی بوسیله گرافها
۳۱۴	۱-۲-۱۰- تعاریف مرتبط با تجزیه و تحلیل مدارات بوسیله گرافها
۳۱۵	۲-۱-۲-۱۰- تعریف کات ست
۳۱۶	۳-۱-۲-۱۰- ماتریس تلاقی گره با شاخه
۳۱۷	۴-۱-۲-۱۰- ماتریس تلاقی شاخه با مش
۳۱۹	۵-۱-۲-۱۰- ماتریس حلقه اساسی
۳۲۴	۲-۲-۱۰- روش تجزیه و تحلیل مش
۳۲۵	۳-۲-۱۰- روش تجزیه و تحلیل حلقه
۳۲۶	۴-۲-۱۰- روش تجزیه و تحلیل کات ست
۳۲۷	۳-۱۰- دوگان
۳۳۰	خلاصه فصل

### فصل یازدهم: مدارهای غیرخطی، تقویت کننده‌های عملیاتی (OP-Amp) و شبکه‌های خاص

۳۳۹	۱-۱۱- دیود
۳۳۹	۲-۱۱- ترکیب عناصر مختلف با دیود
۳۴۱	۳-۱۱- تقویت کننده‌های عملیاتی (OpAmp=Operational Amplifier)
۳۴۷	خلاصه فصل