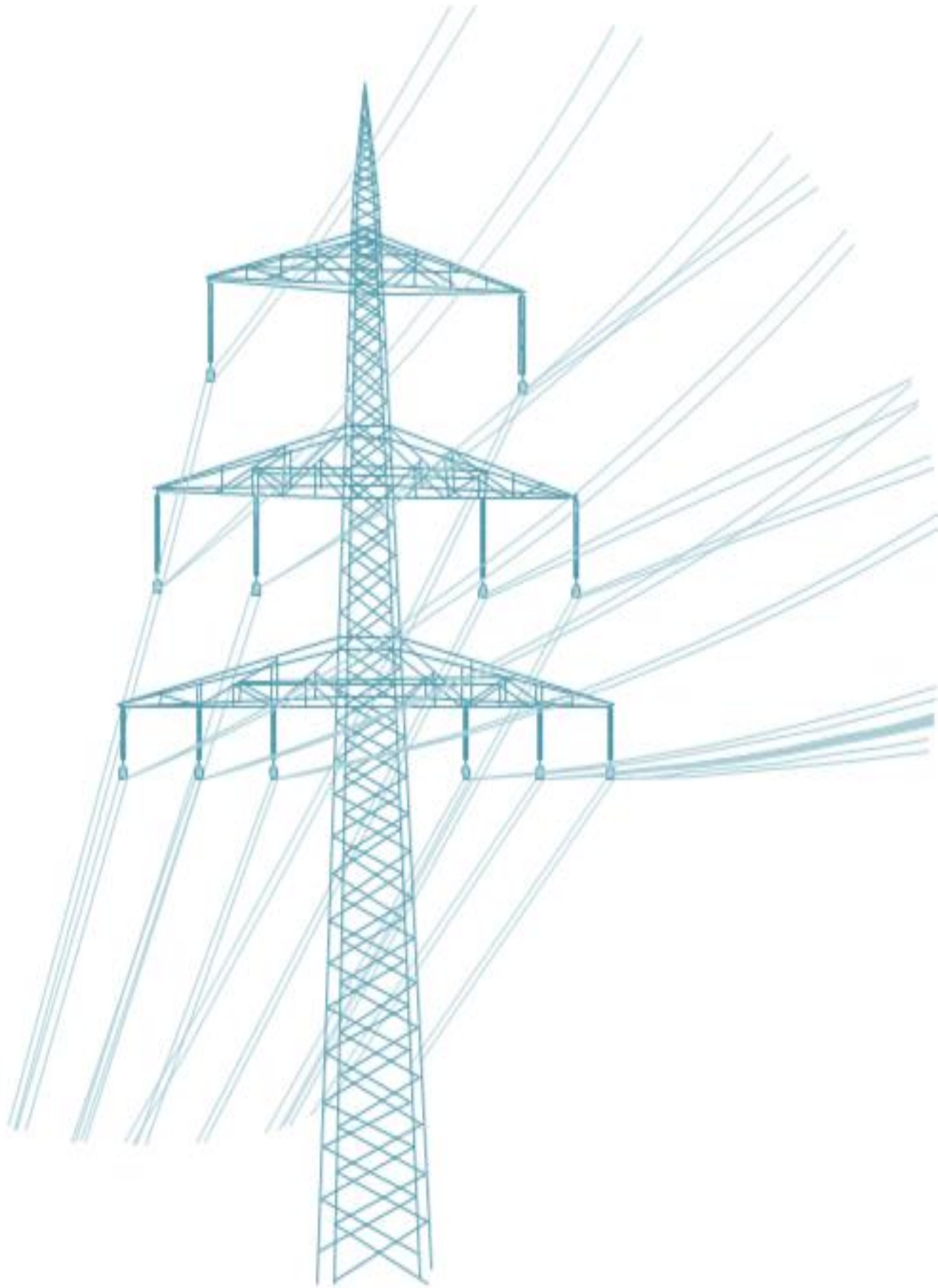


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# بررسی سیستم های قدرت ۱

مهندس برق - گرایش قدرت

مؤلفین :

مهندس محمدرضا اکبری زاده - مهندس مجید زارع



## فهرست مطالب :

۱۳	فصل اول : مفاهیم اساسی
۱۳	نمایش فازوری
۱۴	امپدانس و ادmittانس
۱۵	توان در مدارهای تکفاز جریان متناوب
۱۸	توان مختلط
۲۰	توازن توان مختلط
۲۶	پخش توان مختلط
۲۹	روش دوم پخش توان مختلط
۳۴	مدارهای سه فازه
۳۵	اتصال ستاره متعادل Y
۳۷	اتصال مثلث متعادل $\Delta$
۳۸	تبدیل اتصال مثلث $\Delta$ به اتصال ستاره Y
۴۰	تجزیه و تحلیل براساس هر فاز(مدار معادل تکفاز)
۴۱	توان در مدارهای سه فاز
۴۷	اصلاح ضریب قدرت
۵۳	تمرین های فصل اول

## فصل دوم : مدل سازی سیستم های قدرت

۵۹	ماشین سنکرون
۶۱	مدار معادل ژنراتور سنکرون
۶۲	مشخصه زاویه - توان
۶۵	کنترل ضریب قدرت
۶۶	ژنراتور سنکرون قطب برجسته
۶۷	روابط توان ژنراتور سنکرون قطب برجسته
۷۱	ترانسفورماتور های قدرت
۷۱	مدار معادل ترانسفورماتور
۷۲	نیرو محرکه القایی در ترانسفورماتور
۷۳	ارجاع (انعکاس) پارامتر های ترانسفورماتور

۷۳	مدار معادل دقیق تبدیل شده به اولیه
۷۳	مدار معادل تقریبی تبدیل شده به اولیه
۷۴	مدار معادل ترانسفورماتور قدرت
۷۴	راندمان ترانسفورماتور
۷۴	تنظیم ولتاژ در ترانسفورماتور
۷۵	ترانسفورماتور سه فاز
۷۷	اتو ترانسفورماتور
۷۷	مدار معادل اتو ترانسفورماتور
۷۸	ترانسفورماتور های سه سیم پیچه
۷۹	کنترل ولتاژ در ترانسفورماتور
۷۹	ترانسفورماتور های با تغییر دهنده تپ
۸۰	ترانسفورماتور های تنظیم کننده
۸۰	مزایا ترانسفورماتور های تنظیم کننده
۸۵	مدل بار
۸۵	مدل های بار وابسته به ولتاژ و فرکانس
۸۷	مدل های بار وابسته به ولتاژ
۹۰	سیستم یکایی (پریونیت)
۹۲	تغییر مبنا
۱۰۰	دیاگرام امپدانسی سیستم قدرت
۱۰۰	الگوریتم تشکیل دیاگرام امپدانسی
۱۱۶	تمرین های فصل دوم

## ۱۲۳ فصل سوم : پارامترهای خط انتقال

۱۲۳	خطوط انتقال زمینی
۱۲۳	خطوط انتقال هوایی
۱۲۴	های های خطوط انتقال
۱۲۵	انتخاب سطح ولتاژ خطوط انتقال
۱۲۶	اثر پوستی
۱۲۶	مقاومت خطوط انتقال

- ۱۳۰.....رسائاتی (کندوکتانس) خطوط انتقال
- ۱۳۰.....اندوکتانس خطوط انتقال
- ۱۳۰.....اندوکتانس هادی تکی
- ۱۳۱.....اندوکتانس داخلی هادی
- ۱۳۲.....اندوکتانس خارجی هادی
- ۱۳۴.....اندوکتانس کل هادی
- ۱۳۵.....اندوکتانس خط تکفاز
- ۱۳۶.....اندوکتانس های خود القاء و القاء متقابل
- ۱۴۳.....اندوکتانس هادی مرکب
- ۱۴۹.....محاسبه شعاع متوسط هندسی هادی های بانندل
- ۱۵۲.....اندوکتانس خطوط انتقال سه فازه
- ۱۵۲.....اندوکتانس خطوط انتقال سه فازه با فاصله گذاری متقارن
- ۱۵۵.....اندوکتانس خطوط انتقال سه فازه با فاصله گذاری نا متقارن
- ۱۶۰.....جابجایی هادی ها در خطوط انتقال (ترانهادهن هادی ها)
- ۱۶۹.....اندوکتانس خطوط دو مداره سه فاز
- ۱۷۲.....ظرفیت خازنی خطوط انتقال
- ۱۷۲.....پتانسیل یک نقطه ناشی از یک هادی باردار
- ۱۷۳.....پتانسیل یک نقطه ناشی از گروهی از هادی های باردار
- ۱۷۶.....ظرفیت خازنی خطوط انتقال تکفاز
- ۱۷۹.....ظرفیت خازنی هادی های مرکب
- ۱۸۴.....اثر بانندل کردن هادی ها بر ظرفیت خازنی خطوط انتقال
- ۱۸۷.....جریان شارژینگ خطوط انتقال
- ۱۸۸.....ظرفیت خازنی خطوط انتقال سه فاز
- ۱۸۸.....ظرفیت خازنی خطوط انتقال سه فاز با فاصله گذاری متقارن
- ۱۹۰.....ظرفیت خازنی خطوط انتقال سه فاز با فاصله گذاری نا متقارن
- ۱۹۰.....ظرفیت خازنی خطوط انتقال جابجا شده
- ۱۹۴.....ظرفیت خازنی انتقال سه فازه دو مداره
- ۲۰۰.....محاسبه پتانسیل الکتریکی یک نقطه با در نظر گرفتن اثر زمین
- ۲۰۱.....ظرفیت خازنی انتقال تکفاز با در نظر گرفتن اثر زمین

۲۰۲.....	ظرفیت خازنی خطوط انتقال سه فاز با در نظر گرفتن اثر زمین
۲۰۵.....	القای میدان مغناطیسی
۲۰۵.....	محاسبه ولتاژ القاء شده در خطوط تلفن
۲۱۴.....	القای الکترواستاتیکی
۲۱۴.....	کرونا
۲۱۷.....	تمرین های فصل سوم

## ۲۲۹..... فصل چهارم : مدل و عملکرد خط انتقال

۲۲۹.....	پارامترهای انتقال
۲۳۲.....	معرفی پارامتر ها
۲۳۲.....	خط انتقال کوتاه
۲۳۳.....	دیگرام فازوری خط کوتاه
۲۳۳.....	تنظیم ولتاژ خط انتقال کوتاه
۲۳۴.....	تنظیم ولتاژ تقریبی
۲۳۵.....	تنظیم ولتاژ حداکثر
۲۳۶.....	تنظیم ولتاژ صفر
۲۳۶.....	توان و راندمان خط انتقال کوتاه
۲۴۰.....	خط انتقال متوسط
۲۴۱.....	مدل $\pi$ خط انتقال متوسط
۲۴۲.....	مدل T خط انتقال متوسط
۲۴۳.....	تنظیم ولتاژ خط انتقال متوسط
۲۵۰.....	خط انتقال بلند
۲۶۷.....	مدار معادل $\pi$ خط انتقال بلند
۲۷۰.....	پخش توان مختلط در خطوط انتقال
۲۸۰.....	خط انتقال بدون تلفات
۲۸۱.....	بررسی حالت بی باری و اتصال کوتاه
۲۸۲.....	پخش توان مختلط در خط انتقال بدون تلفات
۲۸۳.....	مدار معادل $\pi$ خط انتقال بدون تلفات
۲۸۶.....	موج های ولتاژ و جریان



۲۸۷	..... طول موج و سرعت انتشار امواج
۲۸۸	..... خط تنظیم شده
۲۹۰	..... بار گذاری امیدانس موجی (بار طبیعی)
۲۹۳	..... قابلیت انتقال توان خطوط انتقال
۳۰۴	..... انعکاس
۳۰۶	..... بررسی چند حالت خاص در مساله انعکاس
۳۱۲	..... انعکاس در ابتدا و انتهای خط
۳۱۳	..... پروفیل ولتاژ
۳۱۴	..... جبران سازی خطوط انتقال
۳۱۴	..... جبران سازی با راکتورهای موازی
۳۲۱	..... جبران سازی با خازن موازی
۳۲۳	..... جبران سازی با خازن سری
۳۳۱	..... تمرین های فصل چهارم

### **۳۳۹**..... **فصل پنجم : ماتریس های شبکه**

۳۳۹	..... ماتریس ادمیتانس شین
۳۴۷	..... حذف شین (تقیل کرون)
۳۴۷	..... روش اول حذف شین
۳۵۱	..... روش دوم حذف شین
۳۵۴	..... تاثیر ترانسفورماتورهای متغیر در ماتریس ادمیتانس شین
۳۶۰	..... ماتریس امیدانس شبکه
۳۶۰	..... روش اول - روش معکوس پذیری
۳۶۱	..... روش دوم - تشکیل مستقیم Zbus (الگوریتم ساخت)
۳۶۹	..... تاثیر خارج شدن یک خط انتقال در ماتریس امیدانس
۳۷۲	..... تزریق توان راکتیو به یک شین
۳۷۵	..... تمرین های فصل پنجم

### **۳۷۹**..... **فصل ششم : تجزیه و تحلیل پخش بار**

۳۷۹	..... حل معادلات جبری غیر خطی
-----	-------------------------------

۳۸۰	روش گوس - سایدل (روش جایگزینی متوالی)
۳۸۳	معایب روش گوس - سایدل
۳۸۳	روش گوس سایدل برای معادلات n بعدی
۳۸۶	روش نیوتون - رافسون
۳۸۷	الگوریتم روش نیوتون - رافسون
۳۹۱	روش نیوتون - رافسون برای معادلات n بعدی
۳۹۴	مقایسه روش های گوس - سایدل و نیوتون - رافسون
۳۹۵	مساله پخش بار
۳۹۵	انواع شین ها در سیستم قدرت
۳۹۶	معادله پخش بار
۳۹۷	حل پخش بار با روش گوس - سایدل
۳۹۸	معادله پخش بار بر حسب عناصر ماتریس ادمیتانس شین
۳۹۸	الگوریتم حل مساله پخش بار با روش گوس - سایدل
۴۰۱	پخش توان و تلفات در خط انتقال
۴۲۳	حل پخش بار با روش نیوتون - رافسون
۴۲۴	عناصر ماتریس های ژاکوبین
۴۲۶	الگوریتم حل مساله پخش بار با روش نیوتون - رافسون
۴۴۱	تعیین ابعاد ماتریس ژاکوبین
۴۴۴	روش های سریع و تقریبی در تجزیه و تحلیل پخش بار
۴۴۴	پخش بار مجزا شده
۴۴۷	پخش بار مجزای سریع
۴۵۲	پخش بار DC
۴۵۵	تمرین های فصل ششم

## پیوست ها

۴۶۳	پیوست الف : جدول مشخصات هادی های ACSR
۴۶۵	پیوست ب : واژه نامه فارسی به انگلیسی
۴۷۵	پیوست ج: الفبای یونانی
۴۷۷	منابع و مراجع

## پیشگفتار مولفین :

### یارفیق

### درعاشقے گزیرنباشد زسازوسوز

### استادہ ام چوشمع مترسان زآتشم

با توجه به کاربرد وسیع انرژی الکتریکی در زندگی بشر امروزی و نیاز وسیع جامعه بشری به این انرژی در حوزه های صنعتی ، تجاری ، خانگی ، کشاورزی ، پزشکی و ... ؛ مطالعه ، شناخت ، طراحی و تحلیل شبکه های الکتریکی از اهمیت ویژه ای برخوردار است .

بررسی سیستم های قدرت الکتریکی برای دانشجویان مهندسی برق گرایش قدرت امری ضروری است از این رو کتب مختلفی در سراسر جهان تالیف شده اند که تعداد زیادی از آنها نیز به فارسی ترجمه شده است ، همچنین کتب تالیفی بسیاری توسط اساتید و مهندسين گرامی تالیف گردیده است . با بررسی و مقایسه کتب مختلف با کتابی که در دست دارید ، می توان به وجه تمایز و مزایای کتاب به شرح زیر اشاره کرد :

۱- شرح کامل مطالب درسی به زبانی ساده و روان

۲- ارائه اثبات ها و روند کامل محاسبات تا رسیدن به فرمول نهایی

۳- بررسی بیش از ۱۸۰ مساله با حل تشریحی کامل

این سه ویژگی موجب می شود دانشجویان پس از مطالعه این کتاب از مطالعه سایر کتب بی نیاز شده و بر مباحث پایه ای علمی و عملی در بررسی سیستم قدرت تسلط یافته و آماده فراگیری مباحث پیشرفته تر در تجزیه و تحلیل سیستم های قدرت شوند .

مطالب این کتاب در شش فصل مطابق با سرفصل های مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی برای درس بررسی سیستم های قدرت تألیف شده است :

فصل اول به مرور و بررسی مفاهیم اساسی از درس مدارهای الکتریکی می پردازد ، گرچه مطالب این فصل عمدتاً پیش تر نیز در درس مدارهای الکتریکی ارائه شده اند اما تسلط بر این فصل در تجزیه و تحلیل های بعدی بسیار کمک کننده خواهد بود.

فصل دوم به معرفی اجمالی ماشین های الکتریکی و ارائه مدل تجهیزات موجود در شبکه های قدرت پرداخته ، سپس سیستم نسبت به واحد معرفی شده و در پایان محاسبه و تعیین دیاگرام امپدانس شبکه های قدرت شرح داده شده است .

فصل سوم به تعیین پارامترهای الکتریکی خطوط انتقال همچون اندوکتانس ، کاپاسیتانس ، مقاومت و کندوکتانس می پردازد .

در فصل چهارم مدل الکتریکی خطوط انتقال بر اساس پارامترهای بدست آمده در فصل سوم و همچنین با توجه به طول خطوط انتقال ارائه می شود و سپس مباحث مختلفی همچون بارگذاری ، محاسبات توان انتقالی ، بررسی امواج سیار و ... مورد بررسی قرار می گیرند .

فصل پنجم به ارائه ماتریس های توصیف کننده شبکه و محاسبات مربوط به این ماتریس ها می پردازد .

فصل ششم به مبحث بسیار مهم تجزیه و تحلیل پخش بار تحت شرایط مانا پرداخته و با توجه به اینکه این تجزیه و تحلیل ها بسیار زمان بر و طولانی می باشند، در پایان فصل روش های تقریبی و سریع محاسبات پخش بار نیز ارائه شده است .

در پیش نویس های اولیه کتاب فصل دیگری تحت عنوان شبکه های توزیع انرژی وجود داشت ، اما به دلیل افزایش حجم کتاب از ارائه آن بخش صرف نظر کردیم ، همچنین بسیاری از مسائلی که قرار بود در فصول کتاب گنجانده شود ، به همین منظور از مجموعه مسائل حل شده کتاب کاسته شد .

در تالیف و ویرایش نهایی کتاب نظرات دانشجویان گرامی مورد بررسی و البته استقبال قرار گرفته است ، بدین منظور از دانشجویان گرامی آقایان مهدی نیازکار و سید مهدی حسینی تشکر بعمل می آید.

پاسخنامه تشریحی تمرین های پایان فصل و فایل های پشتیبان کتاب به منظور کاهش حجم کتاب در وبسایت [www.majidzare.ir](http://www.majidzare.ir) قرار خواهد گرفت ، همچنین در این وب سایت رفع اشکال درسی و پشتیبانی آنلاین از کتاب انجام خواهد شد .

در پایان از کلیه خوانندگان ، اساتید ارجمند، مهندسين گرامی و دانشجویان عزیز تقاضا داریم ،نظرات، انتقادات ، پیشنهادات و اشکالات احتمالی کتاب را از طریق وب سایت شخصی مهندس مجید زارع به آدرس [www.majidzare.ir](http://www.majidzare.ir) به اطلاع مولفین برسانند .

## با آرزوی توفیق

محمد رضا اکبری زاده – مجید زارع

تابستان ۱۳۹۵