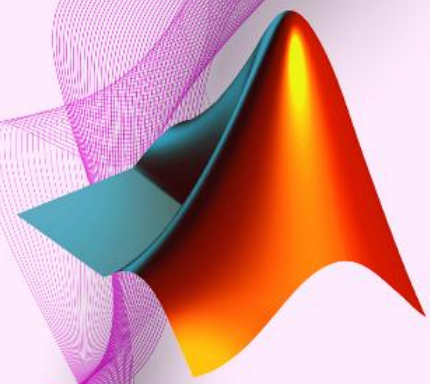
آموزش شبیه‌سازی
در محیط SIMULINK
MATLAB



مولفین:
مهندس سید مصطفی مهدوی
مهندس آویشن غلامرضایی ثانی
مهندس رضا طالعی

تلفن : 66569881-3 همراه : 09351261

عنوان کتاب..... آموزش شبیه سازی در محیط سیمولینکmatlab
مؤلفین: .....مصطفی مهدوی،آویشن غلامرضایی ثانی،رضا طالعی
ناشر .....سهاپویش
نوبت چاپ.....اول
سال چاپ.....1401
تیراژ 50نسخه
قیمت .....200000 تومان

شابک: ۱-۳۳-۵۳۸۷-۶۲۲-۹۷۸ ISBN: 978-622-5387-33-1

sohapooyesh_pub
@sohapooyesh_pub
فروشگاه آنلاین: www.sohadanesh.com

این اثر مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب 1348 می‌باشد.

پیش گفتار

گسترش روز افزون دانش در علوم مهندسی باعث شده است تا تحلیل و آنالیز مسایل پیچیده به کمک نرم‌افزارهای پیشرفته مهندسی انجام گیرد. امروزه به منظور اجرای طرح یا فرایندی خاص ابتدا مسایل مربوطه به کمک رایانه تحلیل و شبیه‌سازی شده و پس از مشاهده نتایج خروجی، طرح به مرحله اجرا می‌رسد. نرم‌افزار MATLAB یکی از نرم‌افزارهای قدرتمندی است که علاوه بر حل مسایل پیچیده ریاضی و آماری، قادر به شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده الکتریکی، مکانیکی، ترمودینامیکی و ... خواهد بود.

در این نرم‌افزار، جعبه ابزار SimPowerSystems کتابخانه‌ای است که با استفاده از آن می‌توان مسایل مربوط به مدارهای الکتریکی، سیستم‌های قدرت، ماشین‌های الکتریکی، الکترونیک قدرت و ... را آنالیز نمود. متأسفانه عدم وجود منبع مناسب و ساده برای آموزش شبیه‌سازی این جعبه‌ابزار در زمینه مهندسی برق، گروه مؤلفین را به تألیف چنین کتابی ترغیب نمود. تأکید اساتید دانشگاه‌ها به یادگیری این نرم‌افزار و طرح شبیه‌سازی‌های متنوع در حوزه سیستم‌های الکتریکی از دیگر دلایل تألیف این کتاب به شمار می‌رود. از جمله مزایای این کتاب می‌توان به ساده بودن متن، شبیه‌سازی گام به گام مسایل و کم‌حجم بودن آن اشاره نمود. تألیف این کتاب بگونه‌ای است که خواننده پس از مطالعه آن ضمن آشنایی با محیط شبیه‌سازی نرم‌افزار MATLAB، قادر خواهد بود شبیه‌سازی‌های پیچیده را به آسانی انجام دهد.

این کتاب برای چه کسانی مناسب است؟

دانشجویان دوره کارشناسی رشته مهندسی برق پس از گذراندن واحد درسی مدارهای الکتریکی، بایستی قادر باشند از جعبه ابزار SimPowerSystems برای تحلیل مسایل مربوطه استفاده نمایند. البته نرم‌افزارهای دیگری نیز در این زمینه وجود دارد که می‌توانند مسایل مدارهای الکتریکی را تحلیل نمایند. اما آنالیز مسایل با استفاده از جعبه ابزار SimPowerSystems کار بسیار ساده و راحتی است. همچنین این نرم‌افزار قادر است معادلات دیفرانسیل مربوط به مدارهای الکتریکی که شامل مدارهای درجه اول، دوم و... می‌باشد را در خروجی خود نمایش دهد و این به نوبه خود مزیت به شمار می‌رود.

علاوه بر این دانشجویان مهندسی برق گرایش قدرت نیز برای تحلیل و شبیه‌سازی مسایل مربوط به دروس ماشین‌های الکتریکی و سیستم‌های قدرت نیز می‌توانند از این کتاب استفاده نمایند.
بنابراین کتاب پیش رو برای دانشجویان مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق بویژه گرایش قدرت سودمند و مناسب خواهد بود.

کتاب از چه بخش‌هایی تشکیل شده است؟

جعبه ابزار SimPowerSystems شامل ابزاری است که با استفاده از آن می‌توان مدارهای الکتریکی، سیستم‌های قدرت، ماشین‌های الکتریکی و ... را تحلیل و آنالیز نمود. **فصل اول** کتاب به آموزش مدلسازی و شبیه‌سازی سیستم‌های الکتریکی و معرفی کتابخانه بلوک‌های پرکاربرد اختصاص داده شده است. این فصل از مهمترین فصول این کتاب به شمار می‌رود و انتظار می‌رود که خواننده ضمن پیش از مطالعه فصول دیگر ابتدا این فصل را مطالعه نماید. در **فصل دوم** برخی از بلوک‌های اختصاصی که کاربرد زیادی در مدارهای الکتریکی و سیستم‌های قدرت دارند و در زیر مجموعه جعبه ابزار SimPowerSystems هستند، معرفی شده‌اند. در پایان فصل نیز نحوه انتخاب بهترین حلگر برای سیستم شبیه‌سازی شده تشریح شده است. **فصل سوم** به آنالیز مدارهای الکتریکی درجه اول و دوم، امپدانس معادل مدار و ... می‌پردازد. حالت‌های گذرا و دایم مدارهای الکتریکی، سیستم متقارن و نامتقارن نیز در این فصل مورد بررسی قرار گرفته است. شبیه‌سازی مسایل مربوط به ماشین‌های الکتریکی در **فصل چهارم** مورد بررسی قرار گرفته است. توانایی این نرم‌افزار در آنالیز حالت دائم ماشین‌های الکتریکی سبب شده است تا این نرم‌افزار بتواند اینگونه مسایل را نیز تحلیل نماید. **فصل پنجم** شبیه‌سازی سیستم‌های قدرت را مورد بررسی قرار داده است. این نرم‌افزار قادر است حالت‌های گذرای ناشی از کلیدزنی در سیستم‌های قدرت، وقوع انواع خطاهای ناشی از اتصال کوتاه و ... را در سیستم‌های قدرت تحلیل نماید.

گروه مؤلفین بر خود لازم می‌داند از زحمات اساتید برجسته دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور) آقایان دکتر رمضانی و دکتر پورقلی که گروه را در تألیف این کتاب راهنمایی نموده‌اند، تشکر و قدردانی نماید.

در خاتمه امیدورام این کتاب مورد پسند دانشجویان و دانش‌پژوهان گرامی قرار گیرد و مرا بابت اشکالات و نواقص موجود در کتاب مورد بخشش قرار دهند. همچنین پست الکترونیکی SimPowerSystem_1390@yahoo.com به منظور ارایه اشکالات، نواقص و پیشنهادات در نظر گرفته شده است. همچنین فایل شبیه‌سازی‌های انجام شده را می‌توانید از طریق این ایمیل دریافت نمایید.

موفق و پیروز باشید.
سید مصطفی مهدوی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول – کتابخانه بلوک‌های پرکاربرد **۱۱**

۱-۱- مقدمه ۱۲

۱-۲- چگونگی ایجاد و اجرای مدل در محیط simulink ۱۲

۱-۲-۱- کتابخانه SimPowerSystem ۱۲

۱-۲-۲- درباره پنجره Model ۱۸

۱-۳- کتابخانه بلوک‌های پرکاربرد ۱۹

۱-۳-۱- بلوک‌های Bus selector وBus creator ۲۰

۱-۳-۲- بلوک ثابت (constant) ۲۲

۱-۳-۳- بلوک mux و demux ۲۳

۱-۳-۴- بلوک Gain ۲۴

۱-۳-۵- بلوک زمین (ground) ۲۵

۱-۳-۶- بلوک‌های inport ، outport و subsystem ۲۶

۱-۳-۷- بلوک ضرب (product) ۲۸

۱-۳-۸- بلوک جمع (Sum) ۲۹

۱-۳-۹- بلوک اسکوپ (cope) ۳۰

۱-۳-۱۰- بلوک Terminator ۳۶

۱-۴- کتابخانه منابع ۳۶
۱-۴-۱- بلوک تولیدکننده سیگنال (signal generator) ۳۶
۱-۴-۲- بلوک تولیدکننده پالس (pulse generator) ۳۷
۱-۴-۳- بلوک شیب (ramp) ۳۸
۱-۴-۴- بلوک پله (step) ۳۹
۱-۴-۵- بلوک موج سینوسی(sine wave) ۳۹
فصل دوم- کتابخانه بلوک‌های اختصاصی ۴۱
۲-۱-مقدمه ۴۲
۲-۲- منبع جریان AC (AC Current Source) ۴۳
۲-۳- آمپرمتر (Current Measurement) ۴۴
۲-۴- پارامترهای گسترده خط (Distributed Parameters Line) ۴۵
۲-۵- بلوک زمین (Ground) ۴۷
۲-۶- ترانسقورماتور زمین (Grounding Transformer) ۴۸
۲-۷- اندازه‌گیر امپدانس (impedance measurement) ۴۹
۲-۸- ترانسفورماتور خطی (دو سیم پیچه و سه سیم‌پیچه تک‌فاز) ۵۰
۲-۹- مولتی متر(Multimeter) ۵۳
۲-۱۰- شاخه RLC موازی(Parallel RLC Branch) ۵۴
۲-۱۱- بار RLC موازی(Parallel RLC Load) ۵۶
۲-۱۲- خطوط انتقال با مدل π (Pi Section Line) ۵۸
۲-۱۳- بلوک powergui ۵۹
۲-۱۴- مقدار مؤثر (RMS) ۶۷
۲-۱۵- شاخه RLC سری (Series RLC Branch) ۶۸
۲-۱۶- بار RLC سری (Series RLC Load) ۶۸
۲-۱۷- موتور پله‌ای (Stepper Motor) ۶۹
۲-۱۸- کلید سه فاز(Three-Phase Breaker) ۷۳
۲-۱۹- خطای سه فاز (Three-Phase Fault) ۷۵
۲-۲۰- شاخه RLC موازی سه فاز (Three-Phase Parallel RLC Branch) ۷۷

۲-۲۱- خط سه فاز با مدل π (Three-Phase PI Section Line)..... ۷۸
۲-۲۲- بار RLC سری سه فاز (Three-Phase Series RLC Load) ۸۰
۲-۲۳- منبع سه‌فاز (Three-Phase Source)..... ۸۱
۲-۲۴- اندازه‌گیر ولتاژ و جریان سه فاز (Three-Phase V-I Measurement)..... ۸۳
۲-۲۵- حل‌گرهای سیمولینک (Simulink Solver)..... ۸۵
فصل سوم- شبیه‌سازی مدارهای الکتریکی..... ۹۷
۳-۱- مقدمه..... ۹۸
۳-۲- شبیه‌سازی مدار درجه اول (ورودی DC)..... ۹۹
۳-۲-۱- هدف شبیه‌سازی..... ۹۹
۳-۲-۲- بلوک‌های مورد نیاز..... ۹۹
۳-۲-۳- ایجاد مدار..... ۱۰۰
۳-۲- ۴- نتایج خروجی..... ۱۰۱
۳-۲-۵- نکات..... ۱۰۲
۳-۳- شبیه‌سازی مدار درجه دوم (ورودی ac)..... ۱۰۳
۳-۳-۱- هدف شبیه‌سازی..... ۱۰۴
۳-۳-۲- بلوک‌های مورد نیاز..... ۱۰۴
۳-۳-۳- ایجاد مدار..... ۱۰۴
۳-۳- ۴- نتایج خروجی..... ۱۰۵
۳-۳-۵- نکات..... ۱۰۶
۳-۴- شبیه‌سازی مدار درجه دوم با اعمال شرایط اولیه (ورودی ac)..... ۱۰۶
۳-۴-۱- هدف شبیه‌سازی..... ۱۰۶
۳-۴-۲- بلوک‌های مورد نیاز..... ۱۰۶
۳-۴-۳- ایجاد مدار..... ۱۰۶
۳-۴- ۴- نتایج خروجی..... ۱۰۷
۳-۴-۵- نکات..... ۱۰۸
۳-۵- اندازه‌گیری مقدار امپدانس معادل مدار (شبکه) در فرکانس‌های مختلف..... ۱۰۸
۳-۵-۱- هدف شبیه‌سازی..... ۱۰۸

۳-۵-۲- بلوک‌های مورد نیاز ۱۰۸
۳-۵-۳- ایجاد مدار ۱۰۹
۳-۶- شبیه‌سازی مدل ترانسفورماتور با بار اهمی- سلفی ۱۱۱
۳-۶-۱- هدف شبیه‌سازی ۱۱۱
۳-۶-۲- بلوک‌های مورد نیاز ۱۱۱
۳-۶-۳- ایجاد مدار ۱۱۲
۳-۶- ۴- نتایج خروجی ۱۱۳
۳-۶-۵- نکات ۱۱۵
۳-۷- سیستم سه‌فاز متقارن ۱۱۷
۳-۷-۱- هدف شبیه‌سازی ۱۱۷
۳-۷-۲- بلوک‌های مورد نیاز ۱۱۷
۳-۷-۳- ایجاد مدار ۱۱۷
۳-۷- ۴- نتایج خروجی ۱۱۹
۳-۷-۵- نکات ۱۲۱
فصل چهارم- شبیه‌سازی ماشین‌های الکتریکی ۱۲۳
۴-۱- مقدمه ۱۲۴
۴-۲- اندازه‌گیری تلفات ترانسفورماتور تک‌فاز ۱۲۵
۴-۲-۱- هدف شبیه‌سازی ۱۲۵
۴-۲-۲- بلوک‌های مورد نیاز ۱۲۵
۴-۲-۳- ایجاد مدار ۱۲۶
۴-۲-۴- نتایج خروجی ۱۲۷
۴-۲-۵- نکات ۱۲۸
۴-۳- موتور DC تحریک مستقل ۱۲۹
۴-۳-۱- هدف شبیه‌سازی ۱۲۹
۴-۳-۲- بلوک‌های مورد نیاز ۱۲۹
۴-۳-۳- ایجاد مدار ۱۲۹
۴-۳-۴- نتایج خروجی ۱۳۱

۴-۴- ژنراتور سنکرون با بار متقارن ۱۳۲
۴-۴-۱- هدف شبیه‌سازی..... ۱۳۲
۴-۴-۲- بلوک‌های مورد نیاز..... ۱۳۲
۴-۴-۳- ایجاد مدار..... ۱۳۲
۴-۴-۴- نتایج خروجی..... ۱۳۴
۴-۴-۵- نکات..... ۱۳۵
۴-۵- بررسی نامتقارنی بار بر روی ژنراتور سنکرون..... ۱۳۵
۴-۵-۱- هدف شبیه‌سازی..... ۱۳۶
۴-۵-۲- بلوک‌های مورد نیاز..... ۱۳۶
۴-۵-۳- ایجاد مدار..... ۱۳۶
۴-۵-۴- نتایج خروجی..... ۱۳۹
فصل پنجم- شبیه‌سازی سیستم‌های قدرت..... ۱۴۱
۵-۱- مقدمه..... ۱۴۲
۵-۲- محاسبه پارامترهای الکتریکی خطوط انتقال هوایی (RLC)..... ۱۴۲
۵-۲-۱- مشخصات کلی سیستم..... ۱۴۶
۵-۲-۲- مشخصات باندل و هادی (Conductor and Bundle Characteristics)..... ۱۴۷
۵-۲-۳- وضعیت هندسی خط انتقال (Line Geometry) ۱۵۰
۵-۲-۴- محاسبه پارامترهای RLC..... ۱۵۲
۵-۳- شبیه‌سازی سیستم قدرت سه‌فاز واقعی با وقوع خطای تکفاز به زمین بر روی آن... ۱۵۳
۵-۳-۱- هدف شبیه‌سازی..... ۱۵۳
۵-۳-۲- بلوک‌های مورد نیاز..... ۱۵۳
۵-۳-۳- ایجاد مدار..... ۱۵۴
۵-۳-۴- نتایج خروجی..... ۱۵۹
۵-۳-۵- نکات..... ۱۶۱
۵-۴- اثر فرانتی..... ۱۶۱
۵-۴-۱- هدف شبیه‌سازی..... ۱۶۱
۵-۴-۲- بلوک‌های مورد نیاز..... ۱۶۲

۵-۴-۳- ایجاد مدار ۱۶۲
۵-۴-۴- نتایج خروجی ۱۶۳
۵-۴-۵- نکات ۱۶۵
۵-۵- بارگذاری امپدانس موجی ۱۶۶
۵-۵-۱- هدف شبیه‌سازی ۱۶۷
۵-۵-۲- بلوک‌های مورد نیاز ۱۶۷
۵-۵-۳- ایجاد مدار ۱۶۷
۵-۵-۴- نتایج خروجی ۱۶۹
۵-۵-۵- نکات ۱۷۰
۵-۶- بررسی حالت گذرای ناشی از کلیدزنی ۱۷۱
۵-۶-۱- هدف شبیه‌سازی ۱۷۱
۵-۶-۲- بلوک‌های مورد نیاز ۱۷۱
۵-۶-۳- ایجاد مدار ۱۷۱
۵-۶-۴- نتایج خروجی ۱۷۳
۵-۶-۵- نکات ۱۷۳