

به نام خدا

شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی با TRNSYS

فرناز غلامعلی



۱۳۹۶

سرشناسه: غلامعلی، فرناز، ۱۳۶۸-
عنوان و نام پدیدآور: شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی با TRNSYS / فرناز غلامعلی.
مشخصات نشر: تهران: اندیشه‌سرا، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری: ۵۱۲ ص.: مصور، جدول، نمودار
شابک: 978-600-5716-20-7
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
موضوع: نرم‌افزار ترنسیس
موضوع: (Computer software) TRANSYS
موضوع: برق گذرا -- شبیه‌سازی
موضوع: Transients (Electricity) -- Simulation methods
موضوع: برق -- سیستم‌ها -- شبیه‌سازی کامپیوتری
موضوع: Electric power systems -- Computer simulation
موضوع: هوا و تهویه مطبوع -- وسایل و تجهیزات -- برنامه‌های کامپیوتری
موضوع: Air conditioning -- Equipment and supplies -- Computer programs
موضوع: انواع انرژی‌های پایان‌ناپذیر -- نرم‌افزار
موضوع: Renewable energy sources -- Software
شماره ثبت: ۵۰۴۰۰۰: ۱۳۹۶ ش ۲/ع ۸/TK ۳۲۲۶
ردیف بنی دیویی: ۶۲۱/۳۱
شماره کتبشناسی ملی: ۴۷۸۴۴۷۷



انتشارات اندیشه‌سرا

شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی با

TRNSYS

نوشته‌ی: فرناز غلامعلی

ویراسته‌ی: نوید جعفری

چاپ اول، ۱۳۹۶، شمارگان: ۱۵۰ نسخه، بها: ۳۴۰۰۰ تومان

شابک: 978-600-5716-20-7 ۹۷۸-۶۰۰-۵۷۱۶-۲۰-۷ ISBN:

حق چاپ و نشر محفوظ و هر گونه استفاده از محتوای کتاب به هر شکل به اجازه‌ی کتبی نیازمند است.

تهران، میدان انقلاب، کوچه آبرو، پلاک ۲، واحد ۴۲ (ساعت ۱۴ تا ۹)

اندیشه‌سرا از انتشار کتاب‌های ارزشمند حمایت می‌کند. ۰۹۱۲۳۱۶۱۶۸۷

مسئولیت نوشته‌های کتاب با نویسنده است.

www.andishehsara.org

تقدیم به دو فرشته‌ی زمینی

مادر و پدرم

فهرست مطالب

۱۳.....	فصل اول - آشنایی با سیستم‌های انرژی و نرم افزار TRNSYS
۱۳.....	۱-۱- مقدمه‌ای بر سیستم‌های انرژی
۱۴.....	۱-۱-۱- سیستم‌های انرژی متداول
۱۴.....	۱-۱-۲- سیستم‌های تولید انرژی با دیدگاه محافظه کارانه
۱۵.....	۱-۱-۳- سیستم‌های انرژی جایگزین
۱۶.....	۱-۱-۴- سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر
۱۷.....	۱-۲- اساس شبیه‌سازی سیستم‌های حال گذرا
۱۷.....	۱-۲-۱- سیستم چیست؟
۱۷.....	۱-۲-۲- شبیه‌سازی سیستم
۱۸.....	۱-۲-۳- شبیه‌سازی رویداد گسسته (DES)
۱۹.....	۱-۳- معرفی نرم افزار TRNSYS
۲۰.....	۱-۴- نصب نرم افزار TRNSYS
۲۰.....	۱-۴-۱- سخت افزار مورد نیاز برای نصب برنامه
۲۱.....	۱-۴-۲- نرم‌افزارهای مورد نیاز برای نصب برنامه
۲۱.....	۱-۴-۳- سیستم عامل
۲۱.....	۱-۴-۴- کامپایلر
۲۵.....	فصل دوم - استودیوی شبیه‌سازی
۲۵.....	۲-۱- آغاز کار با TRNSYS
۲۶.....	۲-۲- ایجاد یک پروژه جدید
۲۷.....	۲-۳- صفحه اسمبلی

- ۲۸..... TYPE چیست؟ ۱-۳-۲
- ۲۹..... استفاده از ابزار Direct Access برای انتخاب TYPE ۱-۱-۳-۲
- ۳۴..... جدول مشخصات متغیرهای هر المان ۲-۳-۲
- ۳۶..... قفل بودن یا قفل نبودن متغیرها ۱-۲-۳-۲
- ۴۰..... Special Cards ۲-۲-۳-۲
- ۴۱..... Cycles ۳-۲-۳-۲
- ۴۲..... External Files ۴-۲-۳-۲
- ۴۲..... توضیحات (Comment) ۲-۳-۲
- ۴۳..... جایجایی المانها و ایجاد ارتباط بین آنها ۳-۳-۲
- ۴۶..... پاک کردن المانها ۴-۳-۲
- ۴۶..... عملگر Undo/Redo ۵-۳-۲
- ۴۶..... نسخه برداری یا تهیه کپی از مدل المانها ۶-۳-۲
- ۴۶..... دستیابی به اطلاعات المانها با استفاده از فایل پیش نویس (Proforma) ۷-۳-۲
- ۴۸..... سربرگ General ۱-۷-۳-۲
- ۴۹..... سربرگ Description ۲-۷-۳-۲
- ۵۰..... سربرگ Variable ۳-۷-۳-۲
- ۵۲..... سربرگ Files ۴-۷-۳-۲
- ۵۳..... تغییر لایه در المانها ۸-۳-۲
- ۵۵..... ایجاد لینک بین المانها در صفحه اسمبلی ۹-۳-۲
- ۵۸..... ایجاد ارتباط بین المانها ۱-۹-۳-۲
- ۶۹..... ایجاد مدل ماکرو ۱۰-۳-۲
- ۷۰..... تجزیه یک مدل ماکروی از پیش تعریف شده ۱-۱۰-۳-۲
- ۷۱..... باز کردن و خارج شدن از یک Macro ۲-۱۰-۳-۲
- ۷۳..... ذخیره کردن یک Macro ۳-۱۰-۳-۲
- ۷۳..... ذخیره سازی پروژه ۱۱-۳-۲
- ۷۴..... دستور ردیابی در TRNSYS ۱۲-۳-۲
- ۷۴..... اضافه کردن متن در پنجره اسمبلی ۱۳-۳-۲
- ۷۵..... قفل کردن و باز کردن قفل المانها در پنجره اسمبلی ۱۴-۳-۲

۷۶.....	۴-۲- کارتهای کنترلی
۸۱.....	۵-۲- تولید فایل ورودی
۸۲.....	۱-۵-۲- دسترسی به فایل ورودی (*.dck)
۸۴.....	۶-۲- دسترسی به فایل خروجی از طریق Spreadsheet
۸۶.....	۷-۲- اجرای شبیه سازی
۹۳.....	۱-۷-۲- مدیریت خطا از طریق فایل (*.lst)
۹۹.....	۸-۲- معادلات
۱۰۵.....	۹-۲- مروری بر منوهای مختلف در پنجره اصلی
۱۰۶.....	۱-۶-۲- منوی File
۱۱۹.....	۲-۹-۲- منوی Edit
۱۲۱.....	۳-۹-۲- منوی View
۱۲۶.....	۴-۹-۲- منوی Direct Access
۱۲۷.....	۵-۹-۲- منوی Assembly
۱۳۴.....	۶-۹-۲- منوی Calculate
۱۳۶.....	۷-۹-۲- منوی Tools
۱۳۸.....	۸-۹-۲- منوی Window
۱۳۹.....	فصل سوم - مروری بر المانهای اساسی در استودیو شبیه سازی
۱۳۹.....	۱-۳- المانهای تولید کننده فایل های خروجی
۱۴۰.....	۱-۱-۳- چاپگر آنلاین بدون فایل خروجی
۱۴۲.....	۲-۱-۳- چاپگر آنلاین با فایل خروجی و واحدهای ارائه شده توسط برنامه
۱۴۳.....	۳-۱-۳- چاپگر آنلاین با فایل خروجی و واحدهای ارائه شده توسط کاربر
۱۴۴.....	۴-۱-۳- چاپگر آنلاین با فایل خروجی و بدون واحد توصیفی
۱۴۵.....	۵-۱-۳- چاپگر با واحدهای توصیفی ارائه شده توسط برنامه
۱۴۶.....	۶-۱-۳- چاپگر با واحدهای توصیفی ارائه شده توسط کاربر
۱۴۷.....	۷-۱-۳- چاپگر بدون واحد توصیفی
۱۴۸.....	۲-۳- توابع اجباری
۱۴۸.....	۱-۲-۳- تولید کننده سیگنال (General)
۱۴۹.....	۲-۲-۳- نفرات (Occupancy)

۱۵۰	۳-۲-۳- آب مصرفی
۱۵۱	۳-۲-۴- بهره حرارتی داخلی
۱۵۲	۳-۲-۵- روشنایی
۱۵۳	۳-۲-۶- دما
۱۵۴	۳-۲-۷- رطوبت نسبی
۱۵۵	۳-۲-۸- سرعت باد
۱۷۱	۳-۳- توابع اجباری متوالی (بدون وابستگی به سال)
۱۷۱	۳-۳-۱- Unique days of the week
۱۷۵	۳-۳-۱- Weekdays and weekends
۱۷۸	۳-۳-۳- Unique day and holidays
۱۷۹	۳-۳-۴- Weekdays, weekends and holidays
۱۸۰	۳-۴- محاسبه کننده روزهای تعطیل (وابسته به سال)
۱۸۳	۳-۵- انتگرال گیری
۱۸۳	۳-۵-۱- انتگرال گیری مقدراری
۱۹۱	۳-۵-۲- انتگرال گیری دوره‌ای از مقادیر
۱۹۸	۳-۶- Weather data
۲۰۳	۳-۷- معادلات
۲۰۸	۳-۸- المان مشخصات ترمودینامیکی
۲۱۲	۳-۹- المان‌های هیدرونیک
۲۱۲	۳-۹-۱- پمپ تک سرعتی
۲۱۷	۳-۹-۲- پمپ با دور متغیر
۲۲۱	۳-۱۰- فن‌ها
۲۲۱	۳-۱۰-۱- فن تک سرعتی بدون ورودی رطوبت
۲۲۵	۳-۱۰-۲- فن تک سرعتی با ورودی رطوبت نسبی
۲۲۹	۳-۱۱- سه راهی
۲۲۹	۳-۱۱-۱- سه راهی برای هوای مرطوب
۲۳۲	۳-۱۱-۲- سه راهی برای سایر سیالات
۲۳۵	۳-۱۲- انشعاب جریان

- ۲۳۵..... ۱-۱۲-۳- انشعاب دهنده جریان مایعات
- ۲۳۷..... ۲-۱۲-۳- انشعاب گیرنده جریان برای هوای مرطوب
- ۲۳۹..... ۱۳-۳- شیر اطمینان فشار
- ۲۴۲..... ۱۴-۳- مبدل حرارتی و تجهیزات ثانویه گرمایشی و سرمایشی
- ۲۴۲..... ۱-۱۴-۳- مبدل حرارتی با اثر ثابت
- ۲۴۵..... ۲-۱۴-۳- مبدل حرارتی با جریان ناهمسو
- ۲۴۷..... ۳-۱۴-۳- مبدل حرارتی با جریان متقاطع
- ۲۴۷..... ۱-۳-۱۴-۳- جریان نامخلوط در طرف سرد و گرم
- ۲۴۷..... ۳-۳-۱-۳- مبدل حرارتی با جریان مخلوط در سمت سرد
- ۲۴۸..... ۳-۳-۱۴-۳- مبدل حرارتی با جریان مخلوط در سمت گرم
- ۲۴۸..... ۴-۳-۱۴-۳- مبدل حرارتی با جریان مخلوط در هر دو سمت سرد و گرم
- ۲۴۹..... ۱۵-۳- گرم کن جانی
- ۲۵۲..... ۱۶-۳- سردکن جانبی
- ۲۵۵..... ۱۷-۳- موتورهای مولد الکتریکی
- ۲۵۵..... ۱-۱۷-۳- کنترل توزیع کننده
- ۲۵۶..... ۲-۱۷-۳- موتور دیزل
- ۲۶۱..... ۱۸-۳- توربین بادی
- ۲۶۵..... ۱۹-۳- المان‌های خورشیدی فوتوولتاییک
- ۲۶۶..... ۱-۱۹-۳- مازول‌های کریستالی
- ۲۷۱..... ۲-۱۹-۳- مازول فیلم نازک
- ۲۷۲..... ۲۰-۳- المان‌های خورشیدی حرارتی
- ۲۷۳..... ۱-۲۰-۳- المان تئوری جمع کننده حرارتی صفحه تخت (FPC)
- ۲۷۹..... ۲-۲۰-۳- جمع کننده خورشیدی با راندمان درجه دوم
- ۲۸۴..... ۲۱-۳- جمع کننده متمرکز کننده سهموی
- ۲۸۵..... ۱-۲۱-۳- جمع کننده لوله خلاء
- ۲۸۷..... ۲۲-۳- بار حرارتی و برودتی ساختمان
- ۲۸۷..... ۱-۲۲-۳- محاسبه بار فضا بر اساس مدل روز درجه انرژی
- ۲۸۹..... ۲-۲۲-۳- ساختمان با چند منطقه حرارتی

۲۹۱	فصل چهارم - مدل سازی بخش های مختلف حرارتی ساختمان با TRNBuild
۲۹۲	۱-۴ معرفی TRNBuild
۲۹۲	۲-۴ شروع کار با برنامه TRNBuild
۲۹۴	۱-۲-۴ Setting
۲۹۶	۳-۴ باز کردن پروژه موجود یا ایجاد یک پروژه جدید در TRNBuild
۳۰۰	۱-۳-۴ مشخص کردن ورودی های پروژه
۳۰۵	۲-۳-۴ قالب دادن به پروژه
۳۰۶	۱-۳-۴ مشخص کردن جهت ها
۳۰۷	۲-۳-۴ Properties
۳۰۸	۳-۲-۳-۴ Inputs
۳۰۹	۴-۲-۳-۴ Output
۳۱۳	۳-۳-۴ پنجره منطقه حرارتی (Zone)
۳۱۶	۱-۳-۳-۴ ورودی های مورد نیاز در بخش Regime Data
۳۱۹	۲-۳-۳-۴ ورودی های لازم برای بخش دیوارها
۳۲۳	۳-۳-۳-۴ تعریف یک دیوار جدید
۳۶۱	۴-۳-۳-۴ ورودی های لازم برای بخش پنجره ها
۳۶۸	۵-۳-۳-۴ تعریف یک پنجره جدید
۳۷۳	۴-۳-۴ نفوذ
۳۷۴	۵-۳-۴ تهویه
۳۷۶	۶-۳-۴ گرمایش
۳۷۸	۷-۳-۴ سرمایش
۳۸۱	۸-۳-۴ Gains
۳۸۷	۹-۳-۴ آسایش
۳۸۹	۱۰-۳-۴ Type Manager
۳۹۱	۴-۴ ایجاد فایل های المان TYPE 56
۳۹۲	۵-۴ محاسبات حداکثر بار
۳۹۴	۶-۴ مثال شبیه سازی در TRNBuild
۳۹۵	۱-۶-۴ آغاز پروژه

۳۹۶	۴-۶-۲- تعریف یک منطقه حرارتی و افزودن دیوارها
۴۰۴	۴-۶-۳- افزودن پنجره‌ها به Zone
۴۰۵	۴-۶-۴- تنظیم سرمایش و گرمایش
۴۰۷	۴-۶-۵- افزودن دومین Zone
۴۱۴	۴-۶-۶- افزودن هوای نفوذی
۴۱۷	فصل پنجم - روش استفاده از TRNEdit
۴۱۷	۵-۱- ویرایش و اجرای فایل‌های ورودی TRNSYS
۴۲۴	۵-۲- Parametric runs
۴۲۴	۵-۱-۱- ایجاد فایل ورودی
۴۲۶	۵-۲-۲- ایجاد جدول پارامتریک
۴۲۷	۵-۳-۲- اجرای سوا
۴۲۹	۵-۴-۲- تحلیل نتایج
۴۳۱	۵-۳-۳- کاربرد TRNSED چیست؟
۴۳۱	۵-۳-۱- نقطه شروع با تنظیمات پروژه در استودیو TRNSYS
۴۳۳	۵-۲-۲- ویرایش فایل TRNSED در TRNEdit
۴۳۵	۵-۳-۳- قالب بندی اولیه
۴۳۸	۵-۴-۳- چند کار متداول
۴۳۸	۵-۴-۱- افزودن بخش ورودی
۴۳۹	۵-۴-۲- تشخیص بخش‌های TRNSED
۴۴۱	۵-۳-۵- افزودن تصویر و لینک
۴۴۱	۵-۳-۱- تصویرها
۴۴۲	۵-۳-۲- لینک‌ها
	فصل ششم - اصول کدنویسی در TRNSYS و فراخوانی برنامه‌های MATLAB، EES و
۴۴۳	EXCEL
۴۴۳	۶-۱- ایجاد یک المان جدید در TRNSYS
۴۴۴	۶-۱-۱- اساس کار
۴۴۵	۶-۱-۲- کنترل المان‌ها و آرایه INFO
۴۴۶	۶-۲- فراخوانی MATLAB توسط المان Type 155

۴۴۷	۱-۲-۶- پیکربندی المان
۴۴۸	۱-۱-۲-۶- ساختار M-File
۴۵۳	۳-۶- فراخوانی Excel در TRNSYS
۴۵۴	۱-۳-۶- پیکربندی المان
۴۵۵	۴-۶- فراخوانی برنامه Engineering Equation Solver (EES)
۴۵۶	۱-۴-۶- فایل EES
۴۵۷	۲-۴-۶- فایل ورودی TRNSYS
۴۵۹	فصل هفتم - یادنامه یک پروژه در TRNSYS
۴۶۰	۱-۷- تعریف پروژه در TRNSYS
۴۶۱	۱-۱-۷- المان‌های اساسی استفاده شده در شبیه‌سازی
۴۶۷	۲-۱-۷- مدل سازی پروژه با TRNSYS
۴۷۷	۱-۲-۱-۷- استراتژی کنترل در شبیه‌سازی
۴۸۱	۲-۷- محاسبه بار برودتی
۴۸۱	۱-۲-۷- ساختار دیوارها
۴۸۳	۲-۲-۷- ورودی‌های TRNBUILD
۵۰۲	۳-۲-۷- تخمین بار برودتی در TRNSYS

پیشگفتار

در روزگاری که بحث پیرامون کمبود منابع انرژی و آب نقل محافل خبری است، توجه به مقوله استفاده صحیح از این منابع جزء دغدغه‌های فعالان عرصه علوم مهندسی قرار می‌گیرد. پیشرفت در عرصه علم و فناوری یا حتی ادامه زندگی بشر بدون دو منبع حیاتی انرژی و آب ناممکن خواهد بود. پس از انقلاب صنعتی و گسترش روز افزون فناوری، انسان به طور بی‌رویه این منابع را مورد استفاده قرار داده است. اکنون وظیفه هر انسانی است که در جهت استفاده صحیح از این دو منبع مهم گام بردارد. لازم است که جامعه علمی به ویژه علوم مهندسی، فناوری را در جهت حفظ منابع طبیعی به کار گیرد. متأسفانه در کشور ما چندان که باید به مقوله افزایش بهره‌وری منابع انرژی پرداخته نشده و بهره‌جویی از انرژی‌های نو نیز در سایه دسترسی به منابع فسیل نفت و گاز به حاشیه رانده شده است. البته در سال‌های اخیر پیامدهای ناشی از گرمایش جهانی که گریبان‌گیر کشور ما نیز شده است و همچنین کاهش قیمت نفت و آلودگی هوا و آب و خاک دولت‌مردان را به تکاپو در عرصه فعالیت برای افزایش بهره‌وری منابع انرژی وا داشته است. به‌عنوان مثال قابل تأمل، کمبود مراجع و منابع علمی به زبان فارسی پیرامون این مباحث است. این کتاب به عنوان اولین مرجع آموزش نرم افزار شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی TRNSYS امید دارد که بتواند گامی هرچند کوچک در مسیر رسیدن به آرمانی بزرگ برداشته باشد.

در سال‌های اخیر نرم افزارهای متعددی برای ایجاد سهولت در بحث مطالعات انرژی تولید و روانه بازار شده‌اند. با ورود به دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی سیستم‌های انرژی، خیلی زود متوجه شدم که یکی از پر کاربردترین نرم افزارها که در مقالات و کتب بین المللی برای شبیه‌سازی سیستم‌های انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نرم افزار TRNSYS می‌باشد. اساتید بسیاری برای انجام پایان نامه، از دانشجویان خود می‌خواهند که پروژه خود را با استفاده از این نرم‌افزار مدل‌سازی کنند اما مشکل دانشجویان دقیقاً از همین نقطه شروع می‌شود که هیچ منبع و مرجعی برای یادگیری نرم‌افزار به زبان فارسی وجود ندارد و منابع انگلیسی زبان نیز بسیار محدود و پراکنده هستند. در این زمان بود که به فکر تألیف کتابی برای آموزش نرم‌افزار TRNSYS افتادم. با توجه به شناخت اندک در مورد این نرم‌افزار و محدودیت منابع، مسیر تألیف کتاب با دشواری‌های متعددی همراه بود. لازم می‌دانم از کسانی که من را در این مسیر یاری داده‌اند نهایت تشکر را داشته باشم. از دوست خوبم سرکار خانم مهندس ساده‌وندی که

آنچه از منابع مربوط به این نرم‌افزار در دست داشتند در اختیار من گذاردند بسیار سپاسگزارم. تشکر ویژه از جناب آقای مهندس عزتی که بی‌منت تجارب خود را خالصانه در اختیارم قرار دادند و از هیچ کمکی در این مسیر فروگذار نکردند. از جناب آقای مهندس مهدوی بابت یاری در طراحی کتاب بسیار سپاسگزارم. همچنین از اساتید بزرگوارم آقایان دکتر روشندل و دکتر وکیل‌الرعایا که همواره خالصانه من را در مسیر علم هدایت کرده‌اند، نهایت قدردانی را دارم. از خوانندگان محترم این کتاب خواهشمندم مرا در مسیر ارتقای آن یاری کرده و نظرات و پیشنهادهای خود را به آدرس ایمیل energy.gholamali@gmail.com ارسال کنند.

فرناز غلامعلی

www.ketab.ir