

# تحلیل و اتوماسیون سیستمهای توزیع

نویسنده:

**Juan M Gers**

مترجمان:

**هاجر باقری طولابی**

(عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد)

**عاطفه پورشفیغ**

(شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ)

**افشین لشکرآرا**

(عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول)

نیاز دانش

Gers, Juan M	: هرس، خوان	سرشناسه
تحلیل و اتوماسیون سیستم‌های توزیع/ نویسنده اخوان هرس؛ مترجمان هاجر باقری طولابی، عاطفه پورشفیغ، افشین لشکرآرا	: عنوان و نام پدیدآور	
تهران: نیاز دانش، ۱۳۹۷	: مشخصات نشر	
ص: ۳۴۸، مصور، جدول	: مشخصات ظاهری	
۹۷۸-۶۰۰-۸۹۰۶-۲۴-۷	: شابک	
فیبا	: وضعیت فهرست نویسی	
Distribution system analysis and automation, 2014.	: عنوان اصلی:	یادداشت
Smart power grids	: شبکه‌های هوشمند توزیع برق	موضوع
Electric networks	: برق -- شبکه‌ها	موضوع
	: باقری طولابی، هاجر، ۱۳۶۱	شناسه افزوده
	: پورشفیغ، عاطفه، ۱۳۶۲ - مترجم	شناسه افزوده
	: لشکرآرا، افشین، ۱۳۵۲ - مترجم	شناسه افزوده
	: TK۳۲۲۶/۵۴ ت ۳ ۱۳۹۷	رده بندی کنگره
	: ۶۲۱/۳۱۹	رده بندی دیویی
	: ۵۱۷۵۹۷۸	شماره کتابشناسی ملی



نام کتاب	: تحلیل و اتوماسیون سیستم‌های توزیع
نویسنده	: Juan M Gers
مترجمان	: هاجر باقری طولابی (عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد) عاطفه پورشفیغ (شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ) افشین لشکرآرا (عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول)
مدیر اجرایی - ناظر بر چاپ	: حمیدرضا محمد شیرازی - محمد شمس
ناشر	: نیاز دانش
صفحه آرا	: واحد تولید انتشارات نیاز دانش
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۷
شمارگان	: ۱۰۰ نسخه
قیمت	: ۳۲۰۰۰۰ ریال

ISBN:978-600-8906-24-7

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۹۰۶-۲۴-۷

هرگونه چاپ و تکثیر (اعم از زیراکس، بازنویسی، ضبط کامپیوتری و تهیهی CD) از محتویات این اثر بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است، متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

آدرس انتشارات: تهران، میدان انقلاب، خیابان ۱۲ فروردین، تقاطع وحید نظری، پلاک ۲۵۵، طبقه ۱، واحد ۲

۰۲۱-۶۶۴۷۸۱۰۶-۶۶۴۷۸۱۰۸-۰۹۱۲۷۰۷۳۹۳۵

www.Niaze-Danesh.com

مشاوره جهت نشر: ۲۱۰۶۷۰۹ - ۰۹۱۲

تقدیم بہ پدرم، مادرم، ہمسرم و دختر عزیزم کہ عنوان بی بدیل "مادر" را بہ من ہدیہ نمود.

ہاجر باقری طولابی

تقدیم بہ ہمسرم بہ پاس قدردانی از حمایت ہای ہمیشگی و تقدیم بہ خوشبوترین گل بوستان زندگیم "گلبرگ".

عاطفہ پور شفیع

تقدیم بہ پدرم کہ بچون کوی استوار در طول تمام زندگی حامی من بودہ و روح مادر عزیزم آن فرشتہ مہربانی کہ آفتاب مهرش در آستانہ قلبم، ہمچنان پابرجاست و ہرگز غروب نخواہد کرد.

افشین لشکرآرا



## فهرست مطالب

شماره صفحه

عنوان

۱۳	۱	مروری بر بحث شبکه هوشمند
۱۳	۱.۱	شبکه هوشمند برای سیستمهای توزیع
۱۶	۲.۱	تعاریف شبکه هوشمند
۱۹	۳.۱	مزایای شبکه هوشمند در سیستمهای توزیع
۱۹	۱.۳.۱	افزایش قابلیت اطمینان
۱۹	۲.۳.۱	بهبود بازده سیستم
۱۹	۳.۳.۱	منابع تولید انرژی پراکنده
۱۹	۴.۳.۱	بهبود استفاده از اموال و داراییها و بهره برداری موثر
۲۰	۴.۱	شاخصهای کیفیت
۲۱	۱.۴.۱	شاخص متوسط زمان خاموشی سیستم SAIDI
۲۱	۲.۴.۱	شاخص متوسط دفعات خاموشی سیستم SAIFI
۲۱	۳.۴.۱	شاخص متوسط زمان خاموشی مشترک به ازای هر بار خاموشی CAIDI
۲۳	۴.۴.۱	متوسط دفعات قطعی گذرای سیستم (MAIFI) و MAIFI <sub>E</sub>
۲۵		تمرینهای پیشنهادی
۲۷	۲	توابع اتوماسیون توزیع
۲۹	۱.۲	اتوماسیون سیستمهای الکتریکی
۳۰	۲.۲	چارچوب توابع سیستمهای مدیریت انرژی
۳۰	۳.۲	چارچوب توابع سیستمهای مدیریت توزیع
۳۲	۴.۲	توابع سیستمهای مدیریت توزیع
۳۲	۱.۴.۲	بهبود عملکرد حالت ماندگار
۳۴	۲.۴.۲	بهبود عملکرد دینامیکی
۳۶	۵.۲	سیستم اطلاعات جغرافیایی

۳۸	۱.۵.۲ توابع جانمایی اتوماتیک/مدیریت تجهیزات
۳۸	۲.۵.۲ مدیریت پایگاه داده
۳۸	۶.۲ راه‌های ارتباطی
۳۹	۷.۲ سیستم نظارتی کنترل و جمع آوری داده
۴۰	۱.۷.۲ توابع SCADA
۴۴	۲.۷.۲ معماری سیستم
۴۷	۸.۲ سنکروفازور و کاربرد آن در سیستم‌های قدرت
۴۸	۱.۸.۲ تعریف
۴۹	۲.۸.۲ استفاده از واحدهای اندازه‌گیری فازور

### ۳ اصول تحلیل سیستم‌های توزیع

۵۷	۱.۳ قوانین مدارهای الکتریکی
۵۷	۱.۱.۳ قانون اهم
۵۸	۲.۱.۳ قانون ولتاژ کیرشهف
۵۸	۳.۱.۳ قانون جریان کیرشهف
۵۸	۲.۳ نظریه‌های مدار
۵۸	۱.۲.۳ نظریه تونن
۵۹	۲.۲.۳ تبدیل ستاره/مثلث
۵۹	۳.۲.۳ نظریه انطباق
۶۰	۳.۳ مدارات AC قدرت
۶۵	۴.۳ نرمالیزه کردن (PU)
۶۸	۵.۳ پخش بار
۷۰	۱.۵.۳ فرمول بندی مساله پخش بار
۷۱	۲.۵.۳ روش نیوتن-رافسون
۷۵	۳.۵.۳ انواع شینه‌ها
۷۵	۴.۵.۳ استفاده از روش نیوتن رافسون برای حل مسائل پخش بار
۷۹	۵.۵.۳ روش تجزیه
۹۷	۶.۳ مفاهیم پخش بار شعاعی
۹۷	۱.۶.۳ پیش زمینه تئوری

۹۹	۲.۶.۳ مدل‌های شبکه توزیع
۱۰۰	۳.۶.۳ تشخیص گره‌ها و شاخه‌ها
۱۰۱	۴.۶.۳ ترسیم نحوه شناسایی گره‌ها و شاخه
۱۰۳	۵.۶.۳ الگوریتمی برای اجرای پخش بار شعاعی
۱۰۵	تمرین‌های پیشنهادی

#### ۴ محاسبات اتصال کوتاه

۱۰۷	۱.۴ ماهیت جریانهای اتصال کوتاه
۱۱۵	۲.۴ محاسبه مقادیر دیوتی خطا
۱۱۸	۳.۴ محاسبه خطا برای خطاهای متقارن
۱۱۹	۴.۴ مؤلفه‌های متقارن
۱۲۳	۱.۴.۴ اهمیت و ساختار شبکه‌های توالی
۱۲۷	۲.۴.۴ محاسبه خطاهای نامتقارن با استفاده از مؤلفه‌های متقارن
۱۲۸	۳.۴.۴ امپدانس‌های معادل برای یک سیستم قدرت
۱۲۹	۴.۴.۴ تغذیه سیگنال‌های ولتاژ و جریان برای سیستم‌های حفاظتی
۱۳۷	تمرین‌های پیشنهادی

#### ۵ قابلیت اطمینان سیستم‌های توزیع

۱۳۹	۱.۵ مدل‌سازی شبکه
۱۴۴	۲.۵ کاهش شبکه (ساده‌سازی)
۱۴۶	تمرین‌های پیشنهادی

#### ۶ بازآرایی سیستم‌های توزیع

۱۴۷	۱.۶ ساختار بهینه
۱۵۴	۲.۶ محل سوئیچ‌های کنترل شده از راه دور
۱۵۵	۱.۲.۶ نکاتی برای افزایش قابلیت اطمینان

۱۶۳	۲.۲.۶ نکاتی در مورد افزایش انعطاف‌پذیری
۱۶۵	۳.۶ بازآرایی فیدر برای بهبود شرایط کاری
۱۶۶	۴.۶ بازآرایی فیدر به منظور بازیابی سرویس
۱۶۷	۱.۴.۶ مکان خطا، ایزولاسیون و بازیابی سرویس (FLISR)
۱۷۱	۲.۴.۶ بازیابی دستی در مقابل FLISR
۱۷۲	۳.۴.۶ محدودیت‌های بازیابی
۱۷۴	۴.۴.۶ هوش مرکزی FLISR
۱۷۷	۵.۴.۶ هوش پراکنده FLISR
۱۷۹	۶.۴.۶ هوش محلی FLISR

## ۷ کنترل Volt/VAR

۱۸۳	۱.۷ تعریف تنظیم ولتاژ
۱۸۴	۲.۷ راهکارهایی برای بهبود تنظیم ولتاژ
۱۸۵	۳.۷ تنظیم‌کننده‌های ولتاژ
۱۸۷	۴.۷ به‌کارگیری خازن در سیستم‌های توزیع
۱۸۹	۱.۴.۷ مدل فیدر
۱۹۴	۲.۴.۷ مکان‌یابی و ظرفیت خازن
۱۹۵	۳.۴.۷ کاهش تلفات توان توسط یک بانک خازنی
۱۹۶	۴.۴.۷ کاهش تلفات توان توسط دو بانک خازنی
۱۹۸	۵.۴.۷ کاهش تلفات توسط سه بانک خازنی
۱۹۹	۶.۴.۷ در نظر گرفتن چندین بانک خازنی
۲۰۰	۷.۴.۷ تعیین اندازه و مکان خازن با استفاده از نرم‌افزار
۲۰۱	۵.۷ مدل‌سازی فیدرهای توزیع شامل تجهیزات VVC
۲۰۲	۶.۷ کنترل Volt/Var با در نظر گرفتن SCADA
۲۰۵	۷.۷ پیش‌نیازهای کنترل Volt/Var
۲۰۵	۸.۷ کنترل یکپارچه Volt/Var
۲۰۶	تمرین‌های پیشنهادی
۲۰۸	



## ۸ تحلیل هارمونیک

۲۱۱	.....
۲۱۱	..... ۱.۸ نکات کلی در مورد هارمونیک‌ها
۲۱۳	..... ۲.۸ پیش زمینه ریاضی
۲۱۴	..... ۳.۸ شناسایی مقادیر هارمونیک
۲۱۶	..... ۴.۸ تشدید(رزونانس) موازی
۲۱۷	..... ۵.۸ رزونانس سری
۲۱۸	..... ۶.۸ ارزیابی مقادیر هارمونیک
۲۱۸	..... ۱.۶.۸ حدود هارمونیک
۲۱۸	..... ۲.۶.۸ حدود اعوجاج ولتاژ
۲۱۹	..... ۳.۶.۸ حدود اعوجاج جریان
۲۲۰	..... ۷.۸ تحلیل مقادیر هارمونیک
۲۲۰	..... ۸.۸ تعیین مجدد اندازه و موقعیت بانک‌های خازنی
۲۲۳	..... ۹.۸ مدل‌ها
۲۲۳	..... ۱.۹.۸ منابع هارمونیک
۲۲۳	..... ۲.۹.۸ مدل سیستم
۲۲۴	..... ۳.۹.۸ مدل بار
۲۲۴	..... ۴.۹.۸ مدل شاخه‌ها
۲۳۱	..... ۱۰.۸ کاهش حدود مجاز ترانسفورماتورها

## ۹ حفاظت مدرن سیستم‌های توزیع

۲۳۵	.....
۲۳۶	..... ۱.۹ اصول حفاظت اضافه جریان
۲۳۶	..... ۱.۱.۹ اصل هماهنگی حفاظتی
۲۳۷	..... ۲.۱.۹ الزامات تنظیم رله‌های آنی
۲۳۷	..... ۳.۱.۹ تنظیم رله‌های زمانی تاخیری
۲۴۱	..... ۴.۱.۹ تنظیمات رله‌های اضافه جریان با استفاده از تکنیک‌های نرم افزاری
۲۴۱	..... ۲.۹ هماهنگی با ترانسفورماتورهای D-Y
۲۴۷	..... ۳.۹ تجهیزات حفاظتی منصوبه در طول فیدرها

۲۴۷	۱.۳.۹ ریکلوزرها
۲۵۶	۲.۳.۹ سکشنلایزرها
۲۶۰	۳.۳.۹ فیوزها
۲۶۶	۴.۹ ضوابط و تنظیمات
۲۶۷	۱.۴.۹ هماهنگی فیوز- فیوز
۲۶۸	۲.۴.۹ هماهنگی ریکلوزر- فیوز
۲۷۲	۳.۴.۹ هماهنگی ریکلوزر- سکشنلایزر
۲۷۲	۴.۴.۹ هماهنگی ریکلوزر- سکشنلایزر- فیوز
۲۷۴	۵.۴.۹ هماهنگی ریکلوزر - ریکلوزر
۲۷۴	۶.۴.۹ هماهنگی ریکلوزر - رله
۲۷۶	۵.۹ نکات حفاظتی در صورت وجود تولید پراکنده
۲۷۶	۱.۵.۹ سطوح اتصال کوتاه
۲۷۶	۲.۵.۹ سنکرون سازی
۲۷۷	۳.۵.۹ حفاظت در مقابل اضافه جریان
۲۷۷	۴.۵.۹ حفاظت تطبیقی
۲۷۸	تمرین‌های پیشنهادی

## ۱۰ ارتباطات در شبکه‌های هوشمند

۲۸۱	۱.۱.۰ مدل ISO OSI
۲۸۲	۲.۱.۰ راه کارهای ارتباطی برای سیستم قدرت
۲۸۳	۱.۲.۱.۰ راه کارهای ارتباطی در AMI
۲۸۵	۲.۲.۱.۰ ارتباطات در شبکه توزیع
۲۸۵	۳.۱.۰ واسط‌های ارتباطی
۲۸۷	۱.۳.۱.۰ واسط‌های الکتریکی و سیمی
۲۸۷	۲.۳.۱.۰ واسط‌های بی سیم
۲۸۸	۳.۳.۱.۰ واسط‌های نوری
۲۸۹	۴.۱.۰ امنیت اطلاعات، یک فاکتور مهم در شبکه‌های هوشمند
۲۸۹	۵.۱.۰ مروری بر IEC 61850
۲۹۰	۱.۵.۱.۰ اسناد و ویژگی‌های استاندارد IEC 61850
۲۹۲	

۳۰۱	.....	۲.۵.۱۰ زبان پیکربندی سیستم
۳۰۳	.....	۳.۵.۱۰ پیکربندی و بررسی پیام‌های GOOSE
۳۰۶	.....	۴.۵.۱۰ پیکربندی سیستم
۳۰۷	.....	۵.۵.۱۰ تست تأییدیه سیستم
۳۰۸	.....	۶.۵.۱۰ شبکه IT بر روی پست
۳۰۸	.....	۷.۵.۱۰ باس پروسه

## ۱۱ مفاهیم مشارکت در سیستم‌های برق قدرت

۳۱۱	.....	۱.۱۱ المان‌های مورد نیاز برای مشارکت
۳۱۴	.....	۲.۱۱ پروسه‌های تبادل اطلاعات
۳۱۵	.....	۳.۱۱ مدل‌های داده و استانداردهای بین‌المللی
۳۱۸	.....	۴.۱۱ پیاده‌سازی مدل‌های اطلاعات در سیستم‌های قدرت (PES)

## ۱۲ مدل‌های تکامل

۳۲۴	.....	۱.۱۲ تعریف مدل تکامل شبکه هوشمند
۳۲۴	.....	۲.۱۲ مزایای استفاده از مدل تکامل شبکه‌های هوشمند
۳۲۵	.....	۳.۱۲ منشاء و اجزای SGMM
۳۲۶	.....	۴.۱۲ پروسه توسعه یک SGMM
۳۲۷	.....	۵.۱۲ سطوح و حوزه‌های یک SGMM
۳۲۷	.....	۱.۵.۱۲ سطوح تکامل SGMM
۳۲۸	.....	۲.۵.۱۲ حوزه‌های SGMM
۳۳۱	.....	۶.۱۲ نتایج و تحلیل با استفاده از SGMM
۳۳۲	.....	۷.۱۲ مورد نمونه

## ۳۳۹ فهرست مراجع

## پیشگفتار

شبکه هوشمند انرژی یک مفهوم نسبتاً جدید در هر سه حوزه تولید، انتقال و توزیع نیروی برق است که به دنبال دستیابی به برق مطمئن‌تر با استفاده از بهبود کارایی تأسیسات، امنیت بالاتر، تعامل دوطرفه بین شرکت‌های توزیع برق و مشترکین، و توسعه استفاده از منابع انرژی سبز (تجدیدپذیر) می‌باشد. در راستای دستیابی به اهداف شبکه‌های هوشمند، اساسی‌ترین وظیفه شرکت‌های توزیع علاوه بر تامین به موقع برق متقاضیان، تداوم برق با کیفیت مناسب است. در شبکه‌های توزیع سنتی بدون پیاده‌سازی اتوماسیون، مدت زمان زیادی برای پیدا کردن محل عیب و ایزوله کردن محل از بقیه شبکه صرف می‌شود، این در حالی است که در صنایع پیشرفته امروزی قطع برق حتی برای چند ثانیه، ممکن است صدمات جبران‌ناپذیری به اقتصاد وارد نماید. لذا می‌بایست قابلیت اطمینان شبکه از طریق بهبود قابلیت مانور، افزایش یابد. این مهم با اجرای اتوماسیون توزیع امکان‌پذیر است. لذا در درجه اول می‌بایست شناخت کامل در خصوص اتوماسیون توزیع و پیش نیازهای آن حاصل گردد. ارتقای سطح علمی کارشناسان مرتبط با صنعت توزیع نیروی برق و فرهنگ‌سازی در این زمینه از طریق ترجمه، گردآوری و چاپ مقالات و کتب از جمله رویکردهای این شرکت در راستای دستیابی به چشم‌اندازهای توسعه صنعت برق کشور می‌باشد.

کتاب حاضر به تجزیه و تحلیل سیستم‌های توزیع با استفاده از مجموعه‌ای از تکنیک‌هایی می‌پردازد که به مهندسان اجازه می‌دهد تا شبیه‌سازی و بهینه‌سازی شبکه توزیع را همراه با اتوماسیون به پیش ببرند. این تکنیک‌ها به هوشمند شدن شبکه می‌انجامد. چنین شبکه‌ای با مجهز شدن به سیستم‌های دیجیتال، می‌تواند نظارت و پاسخ به رفتار تمام اجزا را در زمان واقعی، پایه‌ریزی کند. این کتاب مفاهیم نظری در این زمینه را با برنامه‌های کاربردی در دنیای واقعی ترکیب می‌کند.

ترجمه این کتاب با همکاری مشترک بخش صنعت و دانشگاه صورت گرفته و انتظار می‌رود به عنوان یک راهنمای کاربردی برای کارشناسان صنعت، دانشجویان و پژوهشگران جهت آشنایی با ساختار شبکه‌های توزیع برق نوین و الزامات و پیش نیازهای اتوماسیون قابل استفاده باشد. ضمن سپاس و قدردانی از کلیه عزیزانی که در ترجمه و انتشار این کتاب قبول زحمت نموده‌اند شمارا به مطالعه آن دعوت می‌نمایم.

حسین صبوری

مدیرعامل شرکت توزیع برق تهران بزرگ