

دینامیک و پایداری سیستم‌های قدرت

جلد اول

تألیف:

J. Machowski, J. Bialek, and J. R. Bumby

ترجمه:

حیدرعلی شایانفر

استاد

احد کاظمی

دانشیار

دانشکده مهندسی برق - دانشگاه علم و صنعت ایران

machowski, Jan

ماچوفسکی، جان

دینامیک و پایداری سیستم های قدرت / تألیف جان ماچوفسکی، یانوش بیالک، جیمز ریچارد بامبی - ترجمه احد کاظمی، حیدرعلی شایانفر - تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران، مرکز انتشارات، ۱۳۸۴. ج. - مصور، جدول، نمودار.

ISBN 964-454-482-x: (دوره)

ISBN 964-454-480-3: (ج. ۱) ۲۸۰۰۰ ریال

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیا.

واژه نامه.

ج. ۱. (چاپ اول: ۱۳۸۴)، ۲۸۰۰۰ ریال.

۱. برق - سیستمها - پایداری. ۲. برق - سیستمها. الف. بیالک، یانوش، Bialek, Janusz W.

ب. بامبی، جیمز ریچارد Bumby, James Richard. ج. کاظمی، احد، ۱۳۳۰ - مترجم. د. شایانفر،

حیدرعلی، ۱۳۲۹ - مترجم. ه. عنوان.

۶۲۱/۳۱۹۱

TK ۱۰۱۰/م ۲۵۹

۱۳۸۴

م ۸۴-۲۹۸۱

کتابخانه ملی ایران

مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران - تهران - نارمک صندوق پستی ۱۶۳-۱۶۷۶۵

تلفن: ۷۴۵۱۱۸۶ - دورنویس: ۷۴۵۱۱۸۶

فروشگاه شماره ۱: میدان انقلاب - خیابان شهیدمیری جارید (اردیبهشت) - پلاک ۱۸۲

تلفن: ۶۴۶۶۹۰۰

پست الکترونیک: Publication@sun.iust.ac.ir



دانشگاه علم و صنعت ایران

نام کتاب: دینامیک و پایداری سیستم های قدرت (جلد اول)

تألیف: J. Machowski, J. Bialek, and J. R. Bumby

ترجمه: احد کاظمی - حیدرعلی شایانفر

چاپ اول: ۱۳۸۴

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

قیمت: ۲۸۰۰۰ ریال

شماره: ۴۱۳

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

* حق چاپ برای دانشگاه علم و صنعت ایران محفوظ است.

ISBN volume 1: 964 - 454 - 480-3

۹۶۴-۴۵۴-۴۸۰-۳

شابک جلد اول

ISBN . set (volume 1, 2): 964-454- 482-x

۹۶۴-۴۵۴-۴۸۲-x

شابک دوره دو جلدی

فهرست

پنج.....	دیاچه
هفت.....	پیشگفتار مؤلف
یازده.....	پیشگفتار مترجمین
سیزده.....	فهرست نمادها
۱.....	فصل اول - مقدمه
۱.....	۱-۱ دسته‌بندی کلی دینامیک سیستم‌های قدرت
۴.....	۲-۱ مرور اجمالی تاریخچه
۷.....	فصل دوم - اجزای سیستم قدرت
۹.....	۱-۲ ساختار سیستم قدرت الکتریکی
۱۲.....	۲-۲ واحدهای تولید
۱۴.....	۱-۲-۲ ژنراتورهای سنکرون
۱۶.....	۲-۲-۲ تحریک‌کننده‌ها و تنظیم‌کننده‌های خودکار ولتاژ
۲۰.....	۳-۲-۲ توربین‌ها و سیستم‌های تنظیم‌کننده آنها
۳۷.....	۳-۲ پست‌ها
۳۸.....	۴-۲ شبکه انتقال و توزیع
۳۸.....	۱-۴-۲ خطوط هوایی و کابل‌های زیرزمینی
۴۰.....	۲-۴-۲ ترانسفورماتورها
۴۵.....	۳-۴-۲ عناصر موازی و سری
۴۸.....	۴-۴-۲ سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر (FACTS)
۵۷.....	۵-۲ حفاظت

فصل سوم- سیستم قدرت در حالت ماندگار..... ۶۵

۱-۳ خطوط انتقال..... ۶۵

۱-۱-۳ معادلات خط و مدار معادل π ۶۷

۲-۱-۳ عملکرد خط انتقال..... ۶۹

۳-۱-۳ کابل‌های زیرزمینی..... ۷۷

۲-۳ ترانسفورماتورها..... ۷۸

۱-۲-۳ مدار معادل..... ۷۸

۲-۲-۳ نسبت تبدیل غیررسمی..... ۸۲

۳-۳ ژنراتورهای سنگرون..... ۸۴

۱-۳-۳ ماشین‌های بار تور سیلندری..... ۸۴

۲-۳-۳ ماشین‌های با قطب برجسته..... ۹۸

۳-۳-۳ در نظر گرفتن امپدانس معادل شبکه..... ۱۰۷

۴-۳-۳ ژنراتور سنگرون به عنوان یک منبع توان..... ۱۰۹

۴-۳ بارهای سیستم قدرت..... ۱۱۳

۱-۴-۳ روشنایی و گرمایش..... ۱۱۶

۲-۴-۳ موتورهای القایی..... ۱۱۶

۳-۴-۳ مشخصه‌های ایستای بار..... ۱۲۴

۴-۴-۳ مدل‌های بار..... ۱۲۶

۵-۳ معادله شبکه..... ۱۳۰

۶-۳ مسأله پخش توان..... ۱۳۷

فصل چهارم- پدیده‌های الکترومغناطیسی..... ۱۴۱

۱-۴ اصول اساسی..... ۱۴۲

۲-۴ اتصال کوتاه سه فاز در ژنراتور سنگرون..... ۱۴۵

۱-۲-۴ اتصال کوتاه سه فاز در ژنراتور بی‌بار با چشم‌پوشی از مقاومت سیم‌پیچ..... ۱۴۵

۲-۲-۴ در نظر گرفتن اثر مقاومت سیم‌پیچ..... ۱۵۱

۳-۲-۴ مسیرهای شار آرمیچر و راکتانس‌های معادل..... ۱۵۴

۱۶۲.....	۴-۲-۴ نیروهای محرکه الکتریکی و مدارهای معادل ژنراتور.....
۱۷۳.....	۵-۲-۴ جریان‌های اتصال کوتاه در ژنراتور بدون بار.....
۱۷۸.....	۶-۲-۴ جریان‌های اتصال کوتاه در ژنراتور باردار.....
۱۷۹.....	۷-۲-۴ گشتاور زیرگذرا.....
۱۸۳.....	۳-۴ اتصال کوتاه فاز به فاز.....
۱۸۴.....	۱-۳-۴ جریان و شار اتصال کوتاه با چشم پوشی از مقاومت سیم‌پیچ.....
۱۹۰.....	۲-۳-۴ برجستگی زیرگذرا.....
۱۹۵.....	۳-۳-۴ اثر مقاومت سیم‌پیچ.....
۱۹۷.....	۴-۳-۴ گشتاور زیرگذرا.....
۲۰۰.....	۴-۴ همگام‌سازی.....
۲۰۵.....	۵-۴ اتصال کوتاه در یک شبکه و برطرف شدن آن.....

فصل پنجم - دینامیک الکترومکانیکی - اختلالات کوچک..... ۲۰۹

۲۰۹.....	۱-۵ معادله نوسان.....
۲۱۵.....	۲-۵ توان میرایی.....
۲۲۱.....	۳-۵ نقاط تعادل.....
۲۲۴.....	۴-۵ پایداری حالت ماندگار سیستم تنظیم شده.....
۲۲۵.....	۱-۴-۵ توان برون‌کش (توان شکست).....
۲۲۷.....	۲-۴-۵ مشخصه گذرای توان - زاویه.....
۲۳۸.....	۳-۴-۵ نوسانات رتور و معیار سطوح برابر.....
۲۴۱.....	۴-۴-۵ اثر سیم‌پیچ‌های میراکننده.....
۲۴۲.....	۵-۴-۵ اثر تغییرات شار پیوندی رتور.....
۲۵۰.....	۶-۴-۵ تجزیه و تحلیل نوسانات رتور در اطراف نقطه تعادل.....
۲۵۳.....	۷-۴-۵ تشابه مکانیکی سیستم ژنراتور متصل به شین بی‌نهایت.....
۲۵۵.....	۵-۵ پایداری حالت ماندگار سیستم تنظیم شده.....
۲۵۵.....	۱-۵-۵ مشخصه حالت ماندگار توان - زاویه در ژنراتور تنظیم شده.....
۲۶۲.....	۲-۵-۵ مشخصه گذرای توان - زاویه در ژنراتور تنظیم شده.....
۲۶۶.....	۳-۵-۵ اثر تغییرات شار پیوندی رتور.....

۲۷۰	۴-۵-۵ اثر عملکرد AVR برسیم پیچ‌های میراکننده
۲۷۱	۵-۵-۵ جبران‌سازی مؤلفه‌های میرایی منفی
۲۷۳	فصل ششم - دینامیک الکترومکانیکی - اختلالات بزرگ
۲۷۳	۱-۶ پایداری گذرا
۲۷۴	۱-۱-۶ رفع خطا بدون تغییر در امپدانس معادل شبکه
۲۸۲	۲-۱-۶ رفع اتصال کوتاه توسط بازبست خودکار یا بدون آن
۲۸۶	۳-۱-۶ نوسانات توان
۲۸۸	۴-۱-۶ اثر کاهش شار
۲۸۸	۵-۱-۶ AVR
۲۹۴	۲-۶ روش مستقیم ارزیابی پایداری
۲۹۵	۱-۲-۶ پیش‌زمینه ریاضی
۳۰۰	۲-۲-۶ تابع انرژی لیاپانوف
۳۰۳	۳-۲-۶ سطح پایداری گذرا
۳۰۵	۴-۲-۶ معیار سطوح برابر
۳۰۷	۳-۶ همگام‌سازی (سنکرون کردن)
۳۱۱	۴-۶ عملکرد آسنکرون و همگام‌سازی مجدد
۳۱۲	۱-۴-۶ انتقال به حالت عملکرد آسنکرون
۳۱۴	۲-۴-۶ عملکرد آسنکرون
۳۱۵	۳-۴-۶ امکان همگام‌سازی مجدد
۳۱۹	۴-۴-۶ رله گذاری خارج از گام
۳۲۶	۵-۶ نوسانات در سیستم‌های چند ماشینی
۳۲۹	۶-۶ نوسانات پیچشی در محور محرک اولیه
۳۳۱	۱-۶-۶ فرکانس‌های طبیعی پیچشی رتور توربین - ژنراتور
۳۴۰	۲-۶-۶ اثر خطاهای سیستم
۳۴۳	۳-۶-۶ تشدید زیرسنکرون
۳۴۹	مراجع
۳۶۱	واژگان و نمایه

دیباچه

پروفسور ویلیام فیرنی، F. I. E. E. F. Eng

مدیر توسعه و ساخت نیروگاه، شرکت ملی برق و استاد مدعو مهندسی در دانشگاه دورهام

برای من افتخار بزرگی است که این دیباچه را به علت همکاری ده ساله با دانشگاه دورهام و سابقه آشنایی با مؤلفین بنویسم.

این اثر نمایش هنرمندانه‌ای را از رفتار دینامیکی و پایداری سیستم‌های قدرت که از پیچیده‌ترین سیستم‌های دینامیکی هستند ارائه کرده است. در حال حاضر برای حل معادلات سیستم‌های قدرت از رایانه‌های قدرتمند استفاده می‌شود، در حالی که این کار در دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰، که این مسایل برای اولین بار مطرح می‌شد، امکان پذیر نبود. این تقدیری است از پیشگامان آن روزها که ابتدا معادلات پیچیده را به دست آوردند، آن معادلات را با کاغذ، قلم و محاسبه‌گرهای مکانیکی حل کرده و مسایل اصلی مربوط به مطالعات دینامیکی سیستم قدرت را درک کردند. برای عملی کردن محاسبات باید مدل‌ها ساده می‌بودند و حاشیه پایداری محافظه کارانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گرفت.

هنگامی که در سال ۱۹۶۵ به صنعت تولید الکتریسیته پیوستم و به مسایل دینامیکی سیستم‌های قدرت علاقمند شدم، پایداری شبکه CEGB فقط توسط رایانه قدرتمند نصب شده در خیابان پارک لندن قابل انجام بود. زمینه مورد علاقه من بکارگیری تریستور تازه اختراع شده برای تحریک ژنراتور و توانایی آن برای جستجوی گستره وسیعی از تنظیم‌های کنترلی بود. هزینه بالا و ناتوانی برنامه‌های مبتنی بر تکرار و تغذیه اطلاعات توسط کارت‌های سوراخ

شده جستجوی راه حل‌های دیگر را ضروری نمود. از آنجایی که نیاز اصلی اختراع است، توانستم از طریق ماهواره در حین کار از رایانه بزرگ و قدرتمندی که در آن روزها در کشور آمریکا معرفی شده بود بهره‌مند شوم. از آن زمان توان محاسباتی به صورت قارچ گونه‌ای بالا رفته و اندازه رایانه‌ها کوچک شده است تا جایی که امروزه یک مهندس قدرت می‌تواند از اتاق کارش عملکرد یک شبکه قدرت بزرگ را در زمان واقعی بهینه‌سازی کند.

بیشتر این کارهای توسعه‌ای در کشور انگلستان و در دانشگاه دورهام انجام شده و توسط شرکت‌های برق از طریق قراردادهای تحقیقاتی شبیه‌سازی شده است. خصوصی‌سازی در صنعت تولید الکتریسیته باعث شده است که تعداد زیادی ژنراتور و شرکت‌های توزیع از طریق استخر الکتریسیته با توجه به نیاز به صورت تجاری هماهنگ شوند. شرکت شبکه ملی (NGC) وظیفه هماهنگی عملکرد فنی شبکه را عهده‌دار بوده و اطمینان می‌دهد که نیازهای فنی به صورت قراردادهای تجاری برای توزیع الکتریسیته انعکاس داده شوند.

این کتاب در سال‌های آینده برای کسانی که در زمینه مسایل دینامیکی سیستم‌های قدرت فعالیت دارند مرجع اصلی خواهد شد. پوشش گسترده تمامی موضوعات مربوط و بررسی مرحله‌ای مسایل از مطالب ساده به مفاهیم پیچیده، این کتاب را برای مطالعه در این موضوع جالب بی‌نظیر جلوه می‌دهد.

پیشگفتار مؤلف

روزگار استفاده از سیستم‌های قدرت به صورت شرکت‌های برق مجتمع عمودی و بهره‌برداری با حاشیه‌های پایداری زیاد به سر آمده است. با حضور وضعیت مقررات زدایی (دگرنظمی)^۱ و خصوصی‌سازی، شرکت‌های برق اغلب به تولید، انتقال و توزیع تقسیم شده‌اند تا به بهبود بازده اقتصادی کمک نموده و باعث تشویق رقابت شوند. همراه با مشکل کسب مجوز توسعه سیستم انتقال، این توسعه خود به ایجاد سیستم‌های قدرتی منجر می‌شود که باید با حدهای پایداری نزدیک‌تری نسبت به گذشته مورد بهره‌برداری قرار گیرند. این حدها با کارایی دینامیکی این سیستم‌ها تعیین می‌شوند که موضوع اصلی این کتاب است.

این کتاب برای تلاش در زمینه بعضی از مسایل مورد توجه ما و پاسخگویی به آنها در مورد آموزش مهندسين سیستم قدرت نوشته شده است. با دسترسی گسترده به رایانه‌های قوی و امکان اجرای بسته‌های نرم‌افزاری پیچیده شبیه‌سازی، تمایل زیادی برای جایگزینی شبیه‌سازی با فهم موضوع وجود دارد. این تمایل، بخصوص برای دانشجویان و محققین جوان که فکر می‌کنند شبیه‌سازی همیشه و در همه موارد چاره‌ساز بوده و پاسخ صحیح می‌دهد، خطرناک است. آنچه که این گونه افراد به آن توجه نمی‌کنند این است که بدون فهم فیزیکی اصول اساسی، آنها نمی‌توانند در مورد درک یا اعتبار نتایج شبیه‌سازی اطمینان حاصل نمایند. این روش که نتایج اولیه هر نرم‌افزار رایانه‌ای را با جایگزین مشکوک آن مربوط کنیم به هیچ وجه روش درستی نیست. فهم دینامیک سیستم قدرت آسان نیست. چندین کتاب درسی خوب

^۱-Deregulation

وجود دارد که این موضوع را مورد بحث قرار داده است. بعضی از این موارد نیز در فصل ۱ مرور خواهد شد. از آنجایی که ماشین سنکرون نقش سرنوشت‌سازی را در تعیین پاسخ دینامیکی سیستم ایفا می‌کند، بسیاری از این کتاب‌ها بحث خود را از جزییات رفتار ریاضی ژنراتور سنکرون شروع کرده‌اند تا بتوانند معادلات پارک^۱ را معرفی کرده و مدل ریاضی ژنراتور را ارائه دهند. بهر حال براساس تجربه، شروع یک مبحث با جزییات رفتار ریاضی ممکن است بسیاری از دانشجویان را بی‌علاقه کند زیرا ارتباط کاربردی ریاضیات برای آنها اغلب مشکل است. این موضوع می‌تواند برای خوانندگانی که به مباحث کاربردی بیشتری علاقمند هستند و همین طور آنهایی که می‌خواهند از آنچه که در سیستم می‌گذرد بدون مراجعه مکرر به مدل ریاضی ژنراتور درک کافی داشته باشند یک مانع محسوب شود.

روش ما متفاوت است. ابتدا سعی می‌کنیم شرح کیفی از پدیده‌های فیزیکی دینامیک سیستم قدرت را با استفاده از مدل ساده ژنراتور، همراه با قوانین اساسی فیزیکی مهندسی برق، ارائه دهیم. سپس، با داشتن فهم فیزیکی دینامیک سیستم قدرت، می‌توان مدل کامل ریاضی ژنراتور، و به دنبال آن مباحث پیشرفته‌تر نظیر کاهش دادن سیستم، شبیه‌سازی دینامیکی و تجزیه و تحلیل مقادیر ویژه^۲ را معرفی نمود. بدین ترتیب می‌توان امید داشت که مطالب لازم برای خوانندگانی که می‌خواهند از عملکرد سیستم، بدون استفاده از معادلات پارک، درک کافی داشته باشند فراهم شده است.

در این کتاب، اطلاعات لازم از بسیاری از کتب قدیمی و معروف، بخصوص کتبی که توسط Kimbark و نویسندگان روسی Venikov و Zhdanov نوشته شده‌اند، استخراج گردیده است. کتاب‌های اخیر بخصوص در اروپای شرقی معروف هستند، اما ممکن است مهندسين در غرب با آنها آشنایی کمتری داشته باشند. در زمانی که این کتاب‌ها نوشته می‌شد رایانه وجود نداشت و محققین ناچار بودند روش‌های دیگری را برای درک مطالب به کار ببرند. در حال حاضر تمسخرآمیز است که در کنفرانس‌ها صحبت از نتایجی شود که با استفاده از بسته‌های شبیه‌سازی به دست آمده‌اند که در ۳۰ الی ۴۰ سال گذشته شناخته شده بوده و فقط به منظور استفاده از قلم و کاغذ تهیه شده بودند. آنچه که برای ما جذاب است تطبیق روش‌های سنتی با روش‌های پیشرفته رایانه‌ای است. گرچه روش ما ممکن است به عنوان بازگشت به اساس تلقی شود، اما قصد ما زندگی در گذشته نیست. آنچه که ما سعی در رسیدن به آن داریم، فهم اساسی پدیده‌های فیزیکی دینامیک سیستم قدرت بدون نیاز به بسیاری از جنبه‌های

^۱ - Park's equations

^۲ - Eigen- values

پیشرفته‌تری نظیر شبیه‌سازی، تجزیه و تحلیل مقادیر ویژه، یا استفاده از ادوات FACTS برای افزایش پایداری سیستم قدرت می‌باشد.

گرچه این کتاب به طور طبیعی بسیاری از مطالب و مواد شناخته شده کتب دیگر را پوشش می‌دهد، با این حال مطالب مهم و اساسی زیادی را مطرح کرده است. این موضوع بخصوص در فصول ۵ و ۶ که در آن اثر تغییرات شار پیوندی رتور بر پایداری حالت ماندگار بیان می‌شود، در فصل ۷ جایی که پایداری ولتاژ از یک روش غیر متداول شرح داده می‌شود، در فصل ۸ جایی که چهار مرحله دینامیک سیستم ناشی از نامتعادلی توان حقیقی مطرح می‌شود، و در فصل ۹ جایی که کنترل متغیر حالت عناصر موازی و سری مبتنی بر اندازه‌گیری‌های محلی معرفی می‌شود محسوس است. همچنین مطالب کتب دیگر مورد مطالعه مجدد قرار گرفته و اغلب با دریافت‌های جدید تطبیق داده شده‌اند.

مطالب این کتاب به راحتی به سه دسته اصلی تقسیم شده است. بخش اول (فصول ۱ و ۲ و ۳) پیش‌نیازهای لازم برای مطالعه دینامیک سیستم قدرت را مرور می‌کند که ممکن است بسیاری از دانشجویان که دروس قبلی مهندسی قدرت را گذرانده‌اند، با این مطالب آشنایی داشته باشند. بخش دوم (فصول ۴ تا ۹) پدیده‌های اساسی دینامیک سیستم قدرت را با استفاده از مدل کلاسیک سیستم ژنراتور متصل به شین بی‌نهایت توضیح داده است. بخش سوم (فصول ۱۰ تا ۱۳) مطالب پیشرفته‌تر مربوط به مدل‌سازی و شبیه‌سازی دینامیکی سیستم‌های قدرت بزرگ را مورد مطالعه قرار داده است.

برای بیان مطالب فصول این کتاب با جزئیات بیشتر، در فصل ۱ دینامیک سیستم قدرت طبقه‌بندی شده و مرور تاریخی مختصری ارائه شده است. فصل ۲ شامل شرح مختصری از عناصر اصلی سیستم قدرت، شامل ادوات پیشرفته FACTS می‌باشد. فصل ۳ مدل‌های حالت ماندگار، کاربرد آنها و تجزیه و تحلیل عملکرد سیستم قدرت را معرفی کرده است. در فصل ۴ دینامیک سیستم ناشی از اختلال در ژنراتور سنکرون ارایه گردیده است. فصل ۵ دینامیک سیستم قدرت ناشی از یک اختلال کوچک (پایداری حالت ماندگار) را بیان می‌کند، در حالی که در فصل ۶ دینامیک سیستم ناشی از یک اختلال بزرگ (پایداری گذرا) مورد مطالعه قرار گرفته است. در فصل ۷ پایداری ولتاژ همراه با بعضی از روش‌های مورد استفاده در ارزیابی آن توضیح داده شده است. در فصل ۸ دینامیک کوتاه مدت و بلند مدت که بر اثر نامتعادلی توان اکتیو سیستم به وجود می‌آید تجزیه و تحلیل شده است. فصل ۹ روش‌های اصلی ارزیابی پایداری را مرور کرده است. فصل ۱۰ مدل‌های پیشرفته عناصر مختلف سیستم قدرت را، که بعداً در فصل ۱۳ برای شبیه‌سازی دینامیکی سیستم قدرت مورد استفاده قرار گرفته‌اند، معرفی

نموده است. فصل ۱۱ چگونگی کاهش اندازه مسأله شبیه‌سازی را با استفاده از معادل‌سازی‌ها توضیح می‌دهد، در حالی که فصل ۱۲ پایداری حالت ماندگار سیستم‌های قدرت چند ماشینی را با استفاده از روش تجزیه و تحلیل مقادیر ویژه مورد مطالعه قرار می‌دهد. در پیوست نیز سیستم نسبت به واحد (pu) مورد بحث قرار گرفته است.

این کتاب می‌تواند به عنوان کتاب درسی برای دانشجویان سال آخر دوره کارشناسی، دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی، دروس مهندسی قدرت، و همچنین به عنوان یک کتاب مرجع برای مهندسين بهره‌برداری برق مفید واقع شود. بخش زیادی از مطالب این کتاب سال‌ها در تدریس دروس سال آخر مهندسی قدرت دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی ورشو مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر آن، بعضی از مواد آن نیز در تدریس سال آخر قدرت در بخش مهندسی دانشگاه دورهام انگلستان استفاده شده است.

بیشتر مطالب این کتاب براساس یک کتاب درسی لهستانی (تألیف Bernas و Machowski در سال ۱۹۸۹) بنا شده است. بخصوص فصول ۴، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۳ روایت‌های اصلاح شده و توسعه داده شده فصول آن کتاب هستند. از ناشر لهستانی کتاب ذکر شده در بالا، Wydawnictwa Naukowo-Techniczne، به خاطر اجازه استفاده از بسیاری از نمودارهای آن کتاب تشکر می‌کنیم.

نویسندگان، خود را به سازمان‌ها و اشخاصی که برای نوشتن این کتاب کمک کرده‌اند مدیون می‌دانند. در مرحله نخست از پشتیبانی Commission of European Communities که بدون آن همکاری بین نویسندگان مشترک لهستانی و انگلیسی غیر ممکن بود تقدیر می‌کنیم. همچنین از کالج دانشگاه دورهام، به خاطر اجازه پیوستن پروفیسور Machowski به دیگر نویسندگان در حین مرحله نهایی نوشتن کتاب، و از بخش مهندسی دانشگاه دورهام به خاطر تهیه امکانات نوشتن کتاب تشکر می‌کنیم. در نهایت، اما نه کمتر از دیگران، از صبر و تحمل همسران و خانواده‌های خود در حین نوشتن این کتاب قدردانی می‌نماییم.

ج. ماچوسکی، ج. بیالک، و ج. آر. بومبی

ورشو و دورهام، آگوست ۱۹۹۶

پیشگفتار مترجمین

در دوران نزدیک به بحران انرژی و کمبود منابع، عملکرد مطمئن و بهینه سیستم‌های قدرت از اهمیت زیادی برخوردار است. پدیده‌های دینامیکی سیستم قدرت دارای جایگاه ویژه‌ای برای حفظ همبستگی آن پس از رخداد اختلالات عمده است. پایداری سیستم مشخصه مهمی است که بر امنیت دینامیکی آن تأثیر گذاشته و حاشیه عملکرد آن را مشخص می‌نماید. کاربرد پایدارسازهای سیستم‌های قدرت، کنترل‌های گسسته برای پایداری گذرا و کاربرد سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر AC (FACTS) حاشیه‌های پایداری را بویژه در شرایط وقوع خطا افزایش می‌دهند.

موضوع پایداری سیستم قدرت برای مدت‌های طولانی ادامه داشته و کتاب‌های کلاسیک چاپ شده توسط Kimbark و Crary مبانی اولیه آن را در دهه پنجاه میلادی به تصویر کشیده‌اند. در این قبیل کتاب‌ها کاربرد گسترده مدل کلاسیک ماشین سنکرون و استفاده از تحلیل گر شبکه AC برای شبیه‌سازی سیستم ارایه شده است. همچنین کاربرد کنترل‌کننده‌های پس‌خور خودکار نیز بکار گرفته شده‌اند.

معرفی رایانه‌های دیجیتال برای تجزیه و تحلیل سیستم، مطالعه سیستم‌های بزرگ را میسر نمود و امکان بکارگیری مدل‌های دقیق‌تر و پیچیده‌تر ماشین‌های سنکرون و کنترل‌کننده‌ها را فراهم کرد. در دهه شصت میلادی، توسعه تحریک‌کننده‌های استاتیکی با تنظیم‌کننده‌های الکترونیکی باعث ظهور مشکل ناپایداری نوسانی در فرکانس‌های پایین گردید. برای حل این مشکل، پایدارسازهای سیستم قدرت توسعه یافتند. در دهه هفتاد میلادی، مشکل

تشدید زیر سنکرون (SSR) در سیستم جبران سازی شده سری ایجاد گردید و باعث شد تا مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای برای حل آن انجام شود. در دهه هشتاد میلادی، مشکل ناپایداری ولتاژ و سقوط ولتاژ سبب شد تا مطالعات عمیق تری برای تجزیه و تحلیل پدیده‌های دینامیکی در سیستم قدرت انجام گردد.

در گذشته تاکید زیادی بر تجزیه و تحلیل استاتیکی بر اساس حل معادلات پخش بار شده است. نیاز مبرمی برای مطالعه موضوعات پیشرفته در پدیده‌های دینامیکی سیستم قدرت (پایداری و کنترل) احساس شد. این کتاب تا حد زیادی خلاء موجود در کتاب‌های کلاسیک و مفاهیم پیشرفته در این زمینه را مرتفع نموده و به همین دلیل مترجمین را مصمم نمود تا با وجود مشکلات فراوان نسبت به ترجمه آن اقدام نمایند. امید است این خدمت ناچیز نه تنها برای دانشجویان علاقمند در زمینه دینامیک و کنترل سیستم‌های قدرت، بلکه برای مهندسين و محققين صنعت برق کشور نیز موثر واقع شود.

از همکاران ارجمند، دانشجویان گرامی، مهندسين و دست‌اندرکاران عزیز صنعت برق تقاضا می‌شود تا در صورت مشاهده هر گونه اشکالی با نشانی تهران- نارمک- دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی برق- نمابر ۷۴۵۴۰۵۵ یا هر یک از پست‌های الکترونیکی زیر مترجمین را آگاه سازند تا در چاپ‌های بعدی نسبت به رفع آن اقدام شود.

در پایان لازم است از مدیریت محترم عامل شرکت برق منطقه‌ای فارس که از ترجمه این کتاب حمایت لازم را به عمل آورده است صمیمانه تشکر و قدردانی شود.

حیدرعلی شایانفر

استاد دانشکده برق

دانشگاه علم و صنعت ایران

hashayanfar@yahoo.com

احد کاظمی

دانشیار دانشکده برق

دانشگاه علم و صنعت ایران

kazemi@iust.ac.ir