

تحلیل ماشین‌های سنکرون

تألیف

پروفسور توماس لیپو

ترجمه

دکتر جواد فیض

(استاد دانشگاه تهران)

دکتر سیروس همتی

(استادیار دانشگاه صنعتی کرمانشاه)



شماره مسلسل ۹۹۸۰

شماره انتشار ۴۰۶۷

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه	: لیپو، تی.ا.	LIPO,T.A
عنوان و نام پدیدآور	: تحلیل ماشین‌های سنکرون / تألیف توماس لیپو؛ ترجمه: جواد فیض، سیروس همتی.	
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۸.	
مشخصات ظاهری	: ۴۲۰ص: مصور، جدول، نمودار؛ ۲۹×۲۲ س.م.	
فروست	: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۴۰۶۷.	
شابک	: 978-964-03-7299-9	
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا	
یادداشت	: عنوان اصلی: Analysis Of Synchronous Machines,2012.	
یادداشت	: کتابنامه.	
موضوع	: ماشین‌آلات برقی سنکرون	
شناسه افزوده	: فیض، جواد، ۱۳۳۱-، مترجم	
شناسه افزوده	: همتی، سیروس، ۱۳۶۱-، مترجم	
شناسه افزوده	: دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات	
رده‌بندی کنگره	: TK۲۷۳۱ ۱۳۹۸	
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱۰۴۲	
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۶۸۰۲۰۸	

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.



عنوان: تحلیل ماشین‌های سنکرون
 تألیف: پروفیسور توماس لیپو
 ترجمه: دکتر جواد فیض - دکتر سیروس همتی
 نوبت چاپ: اول
 تاریخ انتشار: ۱۳۹۸
 شمارگان: ۲۰۰ نسخه
 ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
 چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجمان است»

بها: ۶۵۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرش فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲



فهرست مطالب

پیشگفتار نویسنده	ر
تشکرات نویسنده	ش
پیشگفتار مترجمان	ص

فصل اول - توزیع سیم پیچ در یک ماشین ایده آل

۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ تابع سیم پیچ	۱
۳-۱ محاسبه تابع سیم پیچ	۵
۴-۱ آرایش های سیم پیچ های چند قطبی	۱۵
۵-۱ اندوکتانس های یک ماشین دو استوانه ای ایده آل	۱۷
۶-۱ محاسبه اندوکتانس های سیم پیچ	۱۹
۷-۱ محاسبات اندوکتانس متقابل - یک مثال	۲۱
۸-۱ توابع سیم پیچ برای مدارهای چند گانه	۲۵
۹-۱ تحلیل یک کلاف اتصال کوتاه شده - مثال	۳۰
۱۰-۱ حالت کلی برای C مدار	۳۲
۱۱-۱ اصلاحات تابع سیم پیچ برای ماشین قطب برجسته	۳۵
۱۲-۱ اندوکتانس های ناشی در ماشین های سنکرون	۴۳
۱-۱۲-۱ استاتور ماشین سنکرون	۴۳
۲-۱۲-۱ روتور ماشین سنکرون	۴۶
۱۳-۱ طراحی عملی سیم پیچ	۴۷
۱۴-۱ نتیجه گیری	۵۰
۱۵-۱ مراجع	۵۰

فصل دوم - نظریه قاب مرجع

۱-۲ مقدمه	۵۱
۲-۲ قاب های مرجع گردان	۵۱
۳-۲ انتقال متغیرهای یک مدار سه فاز ساکن به قاب مرجع گردان	۵۳
۱-۳-۲ روش برداری برای مدارهای RL	۵۳
۲-۳-۲ معادلات انتقال	۵۶
۳-۳-۲ معادلات سیستم سه فاز در سیستم مختصات $d-q-n$	۶۱
۴-۳-۲ توان جاری شده در مدار معادل $d-q-n$	۶۳
۴-۲ مدار $r-L$ سه فاز ساکن از دید قاب مرجع $d-q-n$	۶۴
۱-۴-۲ مثال	۷۱

۷۶	۵-۲ شکل ماتریسی معادلات انتقال $d-q-n$
۸۰	۱-۵-۲ مثال.....
۸۳	۶-۲ معادلات تبدیل $d-q-n$ برای یک سلف سه‌فاز استوانه‌ای ساده.....
۸۶	۷-۲ توابع سیم‌پیچ در قاب مرجع $d-q-n$
۸۹	۸-۲ محاسبه مستقیم اندوکتانس‌های $d-q-n$ برای یک القاگر استوانه‌ای سه‌فاز.....
۹۱	۹-۲ نتیجه‌گیری.....
۹۱	۱۰-۲ مراجع.....
۹۳	فصل سوم - معادلات $d-q$ برای ماشین سنکرون.....
۹۳	۱-۳ مقدمه.....
۹۳	۲-۳ تشریح ساختار فیزیکی.....
۹۳	۳-۳ معادلات ماشین سنکرون در متغیرهای فاز یا قاب مرجع as, bs, cs
۹۵	۱-۳-۳ معادلات ولتاژ.....
۹۶	۲-۳-۳ معادلات شار پیوندی.....
۹۷	۴-۳ انتقال معادلات ولتاژ استاتور به یک قاب مرجع گردان.....
۹۸	۵-۳ انتقال شارهای پیوندی استاتور به یک قاب مرجع گردان.....
۹۹	۶-۳ توابع سیم‌پیچ برای سیم‌پیچ‌های سه‌فاز استاتور در قاب مرجع $d-q-n$
۱۰۰	۷-۳ توابع سیم‌پیچ برای سیم‌پیچ‌های روتور.....
۱۰۰	۱-۷-۳ تابع سیم‌پیچ برای سیم‌پیچ میراگر محور d
۱۰۴	۲-۷-۳ تابع سیم‌پیچ برای سیم‌پیچ میراگر محور q
۱۰۸	۳-۷-۳ تابع سیم‌پیچ مدار میدان.....
۱۰۹	۸-۳ محاسبه اندوکتانس‌های مغناطیسی استاتور.....
۱۱۲	۹-۳ اندوکتانس متقابل بین مدارهای روتور و استاتور.....
۱۱۳	۱۰-۳ انتقال $d-q$ برای معادلات شارپیوندی روتور.....
۱۱۴	۱۱-۳ توان ورودی.....
۱۱۴	۱۲-۳ معادله گشتاور.....
۱۱۵	۱۳-۳ خلاصه معادلات ماشین سنکرون برحسب واحدهای فیزیکی.....
۱۱۶	۱۴-۳ تبدیل نسبت دور در معادلات شارپیوندی.....
۱۲۲	۱۵-۳ معادلات سیستم برحسب واحدهای فیزیکی با استفاده از شارهای پیوندی هیبریدی.....
۱۲۳	۱۶-۳ معادلات ماشین سنکرون به صورت پریونیت.....
۱۲۳	۱-۱۶-۳ کمیت‌های پایه.....
۱۲۴	۲-۱۶-۳ معادلات ولتاژ.....
۱۲۵	۳-۱۶-۳ معادلات شارپیوندی.....
۱۲۵	۴-۱۶-۳ معادله گشتاور الکترومغناطیسی.....
۱۲۶	۵-۱۶-۳ معادله حرکت.....
۱۲۷	۶-۱۶-۳ معادله توان.....
۱۲۷	۷-۱۶-۳ خلاصه معادلات.....

۱۲۹	نتیجه‌گیری.....	۱۷-۳
۱۲۹	مراجع.....	۱۸-۳

فصل چهارم- رفتار ماشین سنکرون در حالت ماندگار..... ۱۳۱

۱۳۱	مقدمه.....	۱-۴
۱۳۱	راستای محورهای $d-q$	۲-۴
۱۳۳	شکل حالت ماندگار معادلات پارک.....	۳-۴
۱۳۶	معادله گشتاور در حالت ماندگار.....	۴-۴
۱۳۷	معادله توان در حالت ماندگار.....	۵-۴
۱۳۸	توان راکتیو در حالت ماندگار.....	۶-۴
۱۳۸	تفسیر ترسیمی معادلات حالت ماندگار.....	۷-۴
۱۴۲	نمودار برداری در حالت ماندگار.....	۸-۴
۱۴۲	تفسیر برداری توان و گشتاور.....	۹-۴
۱۴۵	شکل فازوری معادلات حالت ماندگار.....	۱۰-۴
۱۴۷	مدار معادل ماشین سنکرون.....	۱۱-۴
۱۵۰	حل معادلات فازوری.....	۱۲-۴
۱۵۱	حل معادلات حالت ماندگار ماشین سنکرون با استفاده از <i>MathCAD</i>	۱۳-۴
۱۵۳	مشخصه‌های مدار باز و اتصال کوتاه.....	۱۴-۴
۱۵۸	مدل‌سازی اشباع ماشین سنکرون تحت بار.....	۱۵-۴
۱۶۰	تشکیل نمودار فازوری برای ماشین روتور صاف اشباع شده.....	۱۶-۴
۱۶۲	یافتن نمودار فازوری ماشین سنکرون قطب برجسته اشباع شده.....	۱۷-۴
۱۶۳	مشخصه ضریب توان صفر و مثلث پویته.....	۱۸-۴
۱۶۷	روش‌های دیگر اندازه‌گیری راکتانس.....	۱۹-۴
۱۶۹	مشخصه‌های عملکردی حالت ماندگار.....	۲۰-۴
۱۷۱	محاسبه گشتاور ضربانی و گشتاور متوسط در زمان راه‌اندازی موتورهای سنکرون.....	۲۱-۴
۱۷۶	نتیجه‌گیری.....	۲۲-۴
۱۷۶	مراجع.....	۲۳-۴

فصل پنجم- تحلیل حالت گذرای ماشین سنکرون..... ۱۷۷

۱۷۷	مقدمه.....	۱-۵
۱۷۷	قضیه شارهای پیوندی ثابت.....	۲-۵
۱۷۸	رفتار شارهای پیوندی استاتور در زمان اتصال کوتاه.....	۳-۵
۱۷۸	اتصال کوتاه سه فاز با مقاومت‌های صفر و بدون مدارهای میراگر.....	۴-۵
۱۸۰	اتصال کوتاه سه فاز با چشم‌پوشی از مقاومت‌ها و سیم‌پیچ‌های میراگر.....	۵-۵
۱۸۲	اتصال کوتاه در شرایط بارداری با چشم‌پوشی از میراگرها و مقاومت استاتور.....	۶-۵
۱۸۴	اتصال کوتاه سه‌فاز با در نظر گرفتن مقاومت‌ها و چشم‌پوشی از میراگرها.....	۷-۵
۱۸۹	بسط نظریه به ماشین‌های با سیم‌پیچ میراگر.....	۸-۵

۱۹۵	۹-۵ اتصال کوتاه ژنراتور باردار شامل میراگرها
۱۹۵	۱۰-۵ نمودار برداری برای تغییرات ناگهانی ولتاژ
۱۹۸	۱۱-۵ اثر پاسخ تحریک‌کننده
۱۹۹	۱۲-۵ پاسخ‌های حالت گذرا به کمک تحلیل مدال
۲۰۶	۱۳-۵ مقایسهٔ جواب‌های تحلیل مودال با روش متداول (سنتی)
۲۱۰	۱۴-۵ اتصال کوتاه‌های نامتقارن
۲۱۰	۱۵-۵ نتیجه‌گیری
۲۱۰	۱۶-۵ مراجع

فصل ششم - پایداری گذرای سیستم قدرت

۲۱۱	۱-۶ مقدمه
۲۱۱	۲-۶ فرضیات
۲۱۳	۳-۶ منحنی‌های گشتاور-زاویه
۲۱۴	۴-۶ معادلهٔ پرینیت شتاب مکانیکی
۲۱۵	۵-۶ معیار مساحت مساوی برای پایداری گذرا
۲۱۶	۶-۶ تحلیل پایداری گذرا
۲۲۱	۷-۶ پایداری گذرای سیستم دوماشینه
۲۲۳	۸-۶ تحلیل پایداری گذرای چندماشینه
۲۲۵	۹-۶ انواع خطاها و تأثیر آن‌ها بر پایداری
۲۲۷	۱۰-۶ راه‌حل گام به گام با لحاظ کردن اشباع
۲۲۹	۱۱-۶ مدل ماشین با لحاظ کردن اشباع
۲۳۲	۱۲-۶ خلاصه روش گام به گام برای محاسبهٔ گذراهای ماشین سنکرون
۲۳۲	۱۳-۶ نتیجه‌گیری
۲۳۳	۱۴-۶ مراجع

فصل هفتم - سیستم‌های تحریک و پایداری دینامیکی

۲۳۵	۱-۷ مقدمه
۲۳۵	۲-۷ پاسخ ژنراتور به اغتشاشات سیستم
۲۳۷	۳-۷ منابع میراکنندهٔ سیستم
۲۳۷	۴-۷ پیاده‌سازی سخت‌افزاری سیستم تحریک
۲۳۷	۱-۴-۷ سیستم تحریک پایه
۲۳۸	۲-۴-۷ تحریک‌کنندهٔ DC پایه
۲۴۱	۳-۴-۷ مدل‌سازی اشباع
۲۴۴	۴-۴-۷ سیستم تحریک AC
۲۴۵	۵-۴-۷ سیستم‌های تحریک استاتیک
۲۴۶	۵-۷ سیستم‌های تحریک نوع اول IEEE
۲۴۹	۶-۷ اصول طراحی تحریک

۲۵۳	۷-۷ تأثیر سیستم تحریک بر پایداری دینامیکی
۲۵۳	۱-۱-۷ عملکرد ژنراتور با شار پیوندی ثابت میدان
۲۵۷	۲-۷-۷ ژنراتور با شار پیوندی متغیر میدان
۲۶۲	۳-۷-۷ نمایش حلقه بسته
۲۶۵	۴-۷-۷ کنترل دیگر کمیت‌های پایانه با تحریک
۲۶۶	۸-۷ نتیجه‌گیری
۲۶۶	۹-۷ مراجع

فصل هشتم - محرکه‌های موتور سنکرون با کموتاسیون ذاتی ۲۶۹

۲۶۹	۱-۸ مقدمه
۲۶۹	۲-۸ محرکه‌های موتور سنکرون با استفاده از اینورتر با کموتاسیون بار
۲۷۰	۳-۸ اصول کار اینورتر
۲۷۱	۴-۸ نمایش براساس مؤلفه‌های پایه
۲۷۱	۱-۴-۸ نمودار فازوری
۲۷۳	۲-۴-۸ کار اینورتر
۲۷۶	۳-۴-۸ عبارتهای توان و گشتاور
۲۷۶	۵-۸ ملاحظات مربوط به کنترل
۲۷۶	۱-۵-۸ کنترل کننده زاویه آتش
۲۷۷	۶-۸ ملاحظات راه‌اندازی
۲۷۸	۷-۸ تحلیل حالت ماندگار با جزئیات کامل
۲۷۹	۱-۷-۸ حالت‌های کاری مبدل
۲۸۰	۲-۷-۸ معادلات حالت
۲۸۱	۳-۷-۸ معادلات حالت هدایت ۱
۲۸۴	۴-۷-۸ معادلات حالت کموتاسیون (حالت ۲)
۲۸۶	۵-۷-۸ محاسبه شرایط اولیه
۲۸۸	۸-۸ حل گام‌به‌گام زمانی
۲۸۹	۹-۸ نمونه محاسبات
۲۹۱	۱۰-۸ منحنی‌های قابلیت گشتاور
۲۹۴	۱۱-۸ سرعت ثابت
۲۹۵	۱۲-۸ مقایسه جواب‌های فضای حالت و دیاگرام فازوری
۲۹۸	۱۳-۸ نتیجه‌گیری
۲۹۸	۱۴-۸ مراجع

فصل نهم - بسط نظریه $d-q$ به کار نامتعادل ۲۹۹

۲۹۹	۱-۹ مقدمه
۲۹۹	۲-۹ شکل ولتاژ منبع
۳۰۱	۳-۹ معادلات سیستم

۳۰۳	۴-۹	شکل معادلات سیستم با ولتاژ غیر سینوسی استاتور
۳۰۶	۵-۹	پاسخ‌های جریان
۳۰۸	۶-۹	پاسخ گشتاور الکترومغناطیسی
۳۱۵	۷-۹	پاسخ‌های نمونه
۳۱۷	۸-۹	نتیجه‌گیری

فصل دهم - خطی‌سازی معادلات ماشین سنکرون

۳۱۹	۱-۱۰	مقدمه
۳۱۹	۲-۱۰	معادلات پارک برحسب واحدهای فیزیکی
۳۲۱	۳-۱۰	فرآیند خطی‌سازی
۳۲۴	۴-۱۰	توابع انتقال یک ماشین سنکرون
۳۲۵	۱-۴-۱۰	ورودی‌های تابع انتقال
۳۲۵	۲-۴-۱۰	خروجی‌های تابع انتقال
۳۲۷	۵-۱۰	حل معادلات اندازه‌گیری و فضای حالت
۳۳۲	۶-۱۰	طراحی کنترل‌کننده ولتاژ پایانه
۳۳۷	۷-۱۰	طراحی یک تنظیم‌کننده کلاسیک
۳۴۰	۸-۱۰	نتیجه‌گیری
۳۴۰	۹-۱۰	مراجع

فصل یازدهم - شبیه‌سازی کامپیوتری ماشین سنکرون

۳۴۱	۱-۱۱	مقدمه
۳۴۱	۲-۱۱	معادلات شبیه‌سازی
۳۴۳	۳-۱۱	شبیه‌سازی معادلات پارک با <i>MATLAB</i>
۳۴۷	۴-۱۱	بررسی شبیه‌سازی حالت ماندگار
۳۵۰	۵-۱۱	شبیه‌سازی معادلات انتقال
۳۵۷	۶-۱۱	مطالعات شبیه‌سازی
۳۵۹	۷-۱۱	اثرات اشباع
۳۵۹	۸-۱۱	اشباع فاصله هوایی
۳۶۶	۹-۱۱	اشباع میدان
۳۶۸	۱۰-۱۱	مدل‌های تقریبی ماشین سنکرون
۳۷۹	۱۱-۱۱	نتیجه‌گیری

پیوست ۱

پیوست ۲

۳۸۲	حل معادلات حالت در حوزه زمان
۳۸۲	پ ۱-۲ کاهش به شکل ساده
۳۸۴	پ ۲-۲ مقادیر ویژه مختلط

۳۸۴	پ ۲-۳ مراجع
۳۸۵	پیوست ۳
۳۸۵	برنامه خطای سه فاز
۳۹۰	پیوست ۴
۳۹۰	برنامه <i>TrafunSM</i>
۳۹۶	پیوست ۵
۳۹۶	برنامه <i>SMHB</i>

پیشگفتار نویسنده

مطالب این کتاب از درسی تحت عنوان «تحلیل ماشین‌های سنکرون» بر آمده است که سال‌ها در دانشگاه ویسکانسین آمریکا به دانشجویان کارشناسی ارشد تدریس شده‌اند. اساساً جوهرهٔ مطالب درس مزبور که از سال ۱۹۸۰ شروع شده تغییر نیافته است. با این وصف، با تکامل تدریجی ابزارهای محاسباتی، وسایل تدریس این درس به صورت برجسته‌ای تغییر پیدا کرده‌اند. طی سال‌ها دسترسی به *MATLAB* و *MATHCAD*، بسیاری از روش‌های حل سنتی مسئله، مثل شبیه‌سازی قیاسی، برنامه‌نویسی *FORTRAN*، نمودارهای فازوری و غیره را تسلیم خود کرده است و آن روش‌ها بیشتر شبیه قصه‌های قدیمی شده‌اند. در طول این سال‌ها و در نتیجه وجود این ابزارهای قدرتمند، مطالب بسیاری به درس افزوده شده به گونه‌ای که دانشجویان به چالش کشیده شده و درک عمیق‌تر نظریه موضوع حاصل آمده است. به‌ویژه، محتوای فصل‌های ۸-۱۱ به‌ندرت در یک درس مقدماتی گنجانده می‌شود و در صورت لزوم در یک درس سه‌واحدی می‌توان آن‌ها را حذف کرد. به‌طور نمونه، در جلسات پایانی نیم سال، این فصل‌ها به‌عنوان زمینه‌ای بر "تمرین‌های طولانی کلاسی" توسط نویسنده ارائه می‌شوند تا برای پوشش تجربهٔ یادگیری دانشجویان به کار روند. می‌توان افزود که با رغبتی که در به‌کارگیری این ابزار محاسباتی وجود دارد، حتی لذت یادگیری موضوعات جدید چالشی ارتقا می‌یابد.

توماس لیپو

مدیسون، ویسکانسین آمریکا

فوریهٔ ۲۰۱۲

تشکرات نویسنده

نویسنده مرهون تعداد زیادی از دانشجویان فارغ‌التحصیل خود است که برخی از آنان در تألیف این کتاب از طریق پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری سهیم‌اند. به‌علاوه، تعداد متعددی از دانشجویان فارغ‌التحصیل نیز از طریق شراکت فنی و اصلاح متن کمک کرده‌اند. نویسنده هم‌چنین دوست دارد از بنیاد دیوید گرینجر برای حمایت مالی و تسهیلات فراهم ساخته در دانشگاه ویسکانسین تشکر کند. وی هم‌چنین مرهون تسهیلات فراهم‌آمده مرکز سیستم‌های قدرت کاربردی دانشگاه ایالتی فلوریدا طی بازنویسی نهایی این کتاب است. سرانجام این کتاب را به همسر دوست‌داشتنی و فوق‌العاده‌ام کریستین لیپو که در ۱۸ اوت ۲۰۰۴ درگذشت اهدا می‌کنم.

پیشگفتار مترجمان

تولید انرژی الکتریکی به‌ویژه در مقیاس کلان (مگاوات) توسط ژنراتورهای سنکرون صورت می‌گیرد. از این رو برای بهره‌برداری کارآمد از ژنراتورهای سنکرون تحلیل آن‌ها ضروری است. این کتاب را پروفیسور توماس لیپو، استاد برجسته دانشگاه ویسکانسین ایالات متحده آمریکا براساس تجربیات تدریس و تحقیق درازمدت خود نگاشته است. در این کتاب تلاش شده با استفاده از نرم‌افزارهای موجود به‌ویژه در مهندسی برق تحلیل ماشین سنکرون به‌صورت دقیق‌تر و سریع‌تر انجام پذیرد. کتاب مشتمل بر یازده فصل است. فصل اول توزیع سیم‌پیچ ماشین ایده‌آل رامطرح می‌کند تا به محاسبه اندوکتانس‌های مختلف سیم‌پیچ بپردازد. فصل دوم نظریه قاب مرجع را ارائه می‌دهد تا به کمک آن عملکرد دینامیک و ماندگار ماشین سنکرون مطالعه شود. معادلات عملکردی مختلف ماشین سنکرون براساس محورهای متعامد (dq) در فصل سوم مطرح شده‌اند. با توجه به سادگی مطالعه حالت ماندگار ماشین سنکرون فصل چهارم رفتار حالت ماندگار ماشین را بررسی می‌کند. حالت پیچیده‌تر گذرای ماشین در فصل پنجم مطالعه شده و به‌ویژه اتصال کوتاه‌های ماشین در شرایط مختلف بررسی شده است. با توجه به اهمیت ماشین سنکرون در پایداری سیستم قدرت، مسئله پایداری گذرای آن در فصل ششم تحلیل و تأثیر انواع خطاها بر پایداری سیستم قدرت بررسی شده است. با عنایت به تأثیر زیاد تحریک ژنراتور سنکرون بر روی پایداری دینامیک ماشین، مدل‌سازی و طراحی سیستم تحریک ماشین در فصل هفتم مطالعه شده است. از آنجا که به‌کارگیری موتورهای سنکرون در سال‌های اخیر گسترش زیادی یافته است، در فصل هشتم محرکه‌های نوع سنکرون با اینورتر آن‌ها تشریح شده‌اند. سیستم دومحوری در حالت معمول در سیستم‌های متعادل به‌کار می‌رود و فصل نهم تلاش کرده است که نظریه مزبور به کار نامتعادل ماشین سنکرون توسعه داده شود. در فصل دهم معادلات دیفرانسیل غیرخطی ماشین سنکرون خطی‌سازی می‌شوند تا بتوان به ازای تغییرات کم سرعت ماشین را به‌آسانی تحلیل کرد. سرانجام در فصل پایانی نحوه شبیه‌سازی کامپیوتری ماشین سنکرون در حالت ماندگار به کمک نرم‌افزارهایی مثل *MATLAB* ارائه می‌شود که در آن‌ها اثرات اشباع مغناطیسی هم ملحوظ شده است.

جواد فیض - دانشگاه تهران

سیروس همتی - دانشگاه صنعتی کرمانشاه

فروردین‌ماه ۱۳۹۷