

۲۰۲۸۹۲۲
۹۸۰۵۱۷

تحلیل ماشین‌های سنکرون

تألف

پروفسور توماس لیو

ترجمه

دکتر جواد فیض

(استاد دانشگاه تهران)

دکتر سیروس همتی

(استادیار دانشگاه صنعتی کرمانشاه)

www.ketab.ir



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	: ۴۲۰ ص: 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	: ۶۲۰/۳۱۰/۲	
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۸۰۰۲۰۱	

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. کثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، مجله‌ها، 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 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

ر	.....	پیشگفتار نویسنده
ش	.....	تشکرات نویسنده
ص	.....	پیشگفتار مترجمان
۱	.....	فصل اول - توزیع سیم پیچ در یک ماشین ایده آل
۱	.....	۱-۱ مقدمه
۱	.....	۲-۱ تابع سیم پیچ
۵	.....	۳-۱ محاسبه تابع سیم پیچ
۱۵	.....	۴-۱ آرایش های سیم پیچ های چند قطبی
۱۷	.....	۵-۱ اندوکتانس های یک ماشین در استاتور ایده آل
۱۹	.....	۶-۱ محاسبه اندوکتانس های سیم پیچ
۲۱	.....	۷-۱ محاسبات اندوکتانس متقابل - یک مثال
۲۵	.....	۸-۱ توابع سیم پیچ برای مدارهای چندگانه
۳۰	.....	۹-۱ تحلیل یک کلاف اتصال کوتاه شده - مثال
۳۲	.....	۱۰-۱ حالت کلی برای C مدار
۳۵	.....	۱۱-۱ اصلاحات تابع سیم پیچ برای ماشین قطب برجسته
۴۳	.....	۱۲-۱ اندوکتانس های ناشی در ماشین های سنکرون
۴۳	.....	۱-۱۲-۱ استاتور ماشین سنکرون
۴۶	.....	۲-۱۲-۱ روتور ماشین سنکرون
۴۷	.....	۱۳-۱ طراحی عملی سیم پیچ
۵۰	.....	۱۴-۱ نتیجه گیری
۵۰	.....	۱۵-۱ مراجع
۵۱	.....	فصل دوم - نظریه قاب مرجع
۵۱	.....	۱-۲ مقدمه
۵۱	.....	۲-۲ قاب های مرجع گردان
۵۳	.....	۳-۲ انتقال متغیرهای یک مدار سه فاز ساکن به قاب مرجع گردان
۵۳	.....	۱-۳-۲ روش برداری برای مدارهای RL
۵۶	.....	۲-۳-۲ معادلات انتقال
۶۱	.....	۳-۳-۲ معادلات سیستم سه فاز در سیستم مختصات $d-q-n$
۶۳	.....	۴-۳-۲ توان جاری شده در مدار معادل $d-q-n$
۶۴	.....	۴-۲ مدار $r-L$ سه فاز ساکن از دید قاب مرجع $d-q-n$
۷۱	.....	۱-۴-۲ مثال

۷۶	۵-۲ شکل ماتریسی معادلات انتقال $d-q-n$
۸۰	۵-۲-۱ 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 بریدی.....
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 به‌صورت 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.....

۱۷-۳	نتیجه‌گیری	۱۲۹
۱۸-۳	مراجع	۱۲۹
فصل چهارم - رفتار ماشین سنکرون در حالت ماندگار		
۱-۴	مقدمه	۱۳۱
۲-۴	راستای محورهای $d-q$	۱۳۱
۳-۴	شکل حالت ماندگار معادلات پارک	۱۳۳
۴-۴	معادله گشتاور در حالت ماندگار	۱۳۶
۵-۴	معادله توان در حالت ماندگار	۱۳۷
۶-۴	توان راکتیو در حالت ماندگار	۱۳۸
۷-۴	تفسیر ترسیمی معادلات حالت ماندگار	۱۳۸
۸-۴	نمودار برداری در حالت ماندگار	۱۴۲
۹-۴	تفسیر برداری توان و گشتاور	۱۴۲
۱۰-۴	شکل فازوری معادلات حالت ماندگار	۱۴۵
۱۱-۴	مدار معادل ماشین سنکرون	۱۴۷
۱۲-۴	حل معادلات فازوری	۱۵۰
۱۳-۴	حل معادلات حالت ماندگار ماشین سنکرون با استفاده از <i>MathCAD</i>	۱۵۱
۱۴-۴	مشخصه‌های مدار باز و اتصال کوتاه	۱۵۳
۱۵-۴	مدل‌سازی اشباع ماشین سنکرون تحت بار	۱۵۸
۱۶-۴	تشکیل نمودار فازوری برای ماشین روتور صاف اشباع شده	۱۶۰
۱۷-۴	یافتن نمودار فازوری ماشین سنکرون قطب برجسته اشباع شده	۱۶۲
۱۸-۴	مشخصه ضریب توان صفر و مثلث پویته	۱۶۳
۱۹-۴	روش‌های دیگر اندازه‌گیری راکتانس	۱۶۷
۲۰-۴	مشخصه‌های عملکردی حالت ماندگار	۱۶۹
۲۱-۴	محاسبه گشتاور ضربانی و گشتاور متوسط در زمان راه‌اندازی موتورهای سنکرون	۱۷۱
۲۲-۴	نتیجه‌گیری	۱۷۶
۲۳-۴	مراجع	۱۷۶
فصل پنجم - تحلیل حالت گذرای ماشین سنکرون		
۱-۵	مقدمه	۱۷۷
۲-۵	قضیه شارهای پیوندی ثابت	۱۷۷
۳-۵	رفتار شارهای پیوندی استاتور در زمان اتصال کوتاه	۱۷۸
۴-۵	اتصال کوتاه سه فاز با مقاومت‌های صفر و بدون مدارهای میراگر	۱۷۸
۵-۵	اتصال کوتاه سه فاز با چشم‌پوشی از مقاومت‌ها و سیم‌پیچ‌های میراگر	۱۸۰
۶-۵	اتصال کوتاه در شرایط بارداری با چشم‌پوشی از میراگرها و مقاومت استاتور	۱۸۲
۷-۵	اتصال کوتاه سه‌فاز با در نظر گرفتن مقاومت‌ها و چشم‌پوشی از میراگرها	۱۸۴
۸-۵	بسط نظریه به ماشین‌های با سیم‌پیچ میراگر	۱۸۹

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 مقایسه 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 گشتاو و زاویه
۲۱۴	۴-۶ معادله پریونیت 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 محاسبه 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 میراکننده سیستم
۲۳۷	۴-۷ پیاده‌سازی سخت‌افزاری سیستم تحریک
۲۳۷	۱-۴-۷ سیستم تحریک پایه
۲۳۸	۲-۴-۷ تحریک‌کننده 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	۷-۱-۱ عملکرد ژنراتور با شار پیوندی ثابت میدان
۲۵۷	۷-۷-۲ ژنراتور با شار پیوندی متغیر میدان
۲۶۲	۷-۷-۳ نمایش حلقه بسته
۲۶۵	۷-۷-۴ کنترل دیگر کمیت‌های پایانه با تحریک
۲۶۶	۷-۸ نتیجه‌گیری
۲۶۶	۷-۹ مراجع
۲۶۹	فصل هشتم - محرکه‌های موتور سنکرون با کموتاسیون ذاتی
۲۶۹	۸-۱ مقدمه
۲۶۹	۸-۲ محرکه‌های موتور سنکرون با استفاده از اینورتر با کموتاسیون بار
۲۷۰	۸-۳ اصول کار اینورتر
۲۷۱	۸-۴ نمایش براساس مؤلفه‌های پایه
۲۷۱	۸-۴-۱ نمودار فازوری
۲۷۳	۸-۴-۲ کار اینورتر
۲۷۶	۸-۴-۳ عبارت‌های توان و گشتاور
۲۷۶	۸-۵ ملاحظات مربوط به کنترل
۲۷۶	۸-۵-۱ کنترل‌کننده زاویه آتش
۲۷۷	۸-۶ ملاحظات راه‌اندازی
۲۷۸	۸-۷ تحلیل حالت ماندگار با جزئیات کامل
۲۷۹	۸-۷-۱ حالت‌های کاری مبدل
۲۸۰	۸-۷-۲ معادلات حالت
۲۸۱	۸-۷-۳ معادلات حالت هدایت ۱
۲۸۴	۸-۷-۴ معادلات حالت کموتاسیون (حالت ۲)
۲۸۶	۸-۷-۵ محاسبه شرایط اولیه
۲۸۸	۸-۸ حل گام‌به‌گام زمانی
۲۸۹	۸-۹ نمونه محاسبات
۲۹۱	۸-۱۰ منحنی‌های قابلیت گشتاور
۲۹۴	۸-۱۱ سرعت ثابت
۲۹۵	۸-۱۲ مقایسه جواب‌های فضای حالت و دیاگرام فازوری
۲۹۸	۸-۱۳ نتیجه‌گیری
۲۹۸	۸-۱۴ مراجع
۲۹۹	فصل نهم - بسط نظریه $d-q$ به کار نامتعادل
۲۹۹	۹-۱ مقدمه
۲۹۹	۹-۲ شکل ولتاژ منبع
۳۰۱	۹-۳ 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

۳۱۹	۱-۱۰ مقدمه
۳۱۹	۲-۱۰ معادلات پارک بر حسب 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 یانه
۳۳۷	۷-۱۰ طراحی یک تنظیم‌کننده کرب
۳۴۰	۸-۱۰ نتیجه‌گیری
۳۴۰	۹-۱۰ مراجع

فصل یازدهم - شبیه‌سازی کامپیوتری ماشین سنکرون ۳۴۱

۳۴۱	۱-۱۱ مقدمه
۳۴۱	۲-۱۱ معادلات شبیه‌سازی
۳۴۳	۳-۱۱ شبیه‌سازی معادلات پارک با MATLAB
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 ۱ ۳۸۱

پیوست ۲ ۳۸۲

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

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