

2030550

۹۴، ۱۰ → که سنگی

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

بررسی حالت‌های گذرا در سیستم‌های قدرت

تألیف

سید محمد حسن حسینی

دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب



دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

تهران، ۱۳۹۸

سرشناسه	: حسینی، سیدمحمدحسن، ۱۳۴۸ -
عنوان و پدیدآور	: بررسی حالت‌های گذرا در سیستم‌های قدرت / تألیف سیدمحمدحسن حسینی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۲ ص.: مصور.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۵۷۴۸-۲
قیمت	: ۲۸۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست‌نویسی	: قیبا
یادداشت	: Power System Transients
موضوع	: برق‌گذرا
موضوع	: Transients (Electricity)
موضوع	: برق -- سیستم‌ها -- پایداری
موضوع	: Electric Power System Stability
موضوع	: برق -- شبکه‌ها -- تجزیه و تحلیل
موضوع	: Electric Network Analysis
شناسه افیس	: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۸ ب ۴ ح ۳۲۲۶ TK
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱
شماره کتاب‌شناس ملی	: ۵۶۴۲۷۴۹



بررسی حالت‌های گذرا در سیستم‌های قدرت

تألیف سیدمحمدحسن حسینی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب

رئیس انتشارات: فرشته حاجی‌زاده

صفحه‌آرا: فائزه روشنفکر

چاپ اول: ۱۳۹۸

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ دانشگاه آزاد اسلامی

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۵۷۴۸-۲، ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۵۷۴۸-۲، ISBN: 978-964-10-5748-2

قیمت: ۲۸۰۰۰۰ ریال

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نشانی فروشگاه کتاب: خیابان انقلاب، میدان امام حسین(ع)، ابتدای خیابان دماوند، جنب بیمارستان بوعلی، مجتمع

دانشگاهی ولی عصر(عج)، تلفن: ۳۳۷۸۳۳۸۸

فهرست مطالب

پیش‌گفتار.....	۹
فصل اول: حالات گذرای الکترومغناطیسی در سیستم‌های قدرت.....	۱۱
۱-۱. مقدمه.....	۱۱
۲-۱. کلیاتی از مورد بررسی کمیت‌ها در حالت گذرای الکترومغناطیسی.....	۱۳
۲-۱. روش فیزیکی (آنالوگ).....	۱۴
۲-۲-۱. روش رقمی (۱- حیتال).....	۱۴
۳-۲-۱. روش‌های تحلیل اضافه‌ولتاژهای گذرای الکترومغناطیسی.....	۱۵
۴-۲-۱. مقایسهٔ دو روش آنالیز دیجیتال کامپیوتر.....	۱۶
۳-۱. مشخصات برنامهٔ EMTP.....	۱۷
۴-۱. حل حالات گذرای الکترومغناطیسی در روش برزرون.....	۱۹
۱-۴-۱. مدل گسستهٔ مقاومت (R).....	۲۰
۲-۴-۱. مدل گسستهٔ زمانی اندوکتانس (L).....	۲۰
۳-۴-۱. مدل گسستهٔ خازن (C).....	۲۲
۴-۴-۱. مدل ریاضی خط انتقال در حالت دائم.....	۲۴
۵-۴-۱. مدل گسستهٔ زمانی خط انتقال تک‌فاز بدون تلفات.....	۲۵
۵-۱. حل حالات گذرای الکترومغناطیسی به روش لایس (دیاگرام نردی).....	۳۳
۱-۵-۱. شرایط مرزی برای خطوط تک‌فاز بدون تلفات.....	۳۳
۲-۵-۱. دیاگرام نردهای بیولی (Bewley).....	۳۶
۳-۵-۱. چند قضیهٔ مهم در بحث دیاگرام بیولی.....	۴۳
۶-۱. اثر بار ذخیره‌شده در خط انتقال در محاسبات اضافه‌ولتاژ گذرا در عمل بسته‌شدن کلید.....	۴۹
۷-۱. مقایسهٔ اصول تئوری حل روش‌های برزرون و دیاگرام نردهای.....	۵۳
۸-۱. مثال‌های تکمیلی از روش‌های برزرون و بیولی.....	۵۴
۱-۸-۱. مثال تکمیلی روش برزرون.....	۵۴
۲-۸-۱. مثال تکمیلی روش بیولی.....	۵۷
فصل دوم: مدل‌سازی اجزای شبکه به منظور مطالعهٔ اضافه‌ولتاژهای گذرای	
الکترومغناطیسی.....	۶۴

۶۴	۱-۲. مقدمه
۶۴	۱-۱-۲. نمایش المان‌های شبکه
۶۵	۲-۲. خطوط انتقال و کابل‌ها
۶۸	۱-۲-۲. پارامترهای وابسته به فرکانس
۶۹	۳-۲. پست‌ها
۷۰	۴-۲. ترانسفورماتورها
۷۱	۵-۲. ژنراتور
۷۲	۶-۲. بار
۷۳	۷-۲. ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری
۷۴	۸-۲. کابل‌های پیریتون
۷۵	۹-۲. کلیدها، فضا سویی
۷۵	۱۰-۲. نمایش مدل دکل و سیستم زمین
۷۶	۱۱-۲. معادل‌سازی شبکه‌ی قدرت
۷۷	فصل سوم: اضافه‌ولتاژهای گذرا، الکترومغناطیسی ناشی از کلیدزنی
۷۷	۱-۳. مقدمه
۷۸	۲-۳. حالات گذرای الکترومغناطیسی ناشی از کلیدها
۷۹	۱-۲-۳. حالت گذرای جریان در فرایند وصل کلید
۸۰	۳-۳. اثرات پارامترهای مختلف شبکه بر روی مقدار اضافه‌ولتاژ ناشی از کلیدزنی در برق‌دار کردن خط
۸۲	۱-۳-۳. تأثیر نوع منبع در اضافه‌ولتاژهای کلیدزنی
۹۶	۲-۳-۳. تأثیر طول خط بر میزان و شکل موج اضافه‌ولتاژ ناشی از کلیدزنی
۹۷	۳-۳-۳. تأثیر جبران قدرت راکتیو بر اضافه‌ولتاژهای کلیدزنی
۱۰۰	۴-۳-۳. بسته‌نشدن همزمان سه فاز
۱۰۴	۵-۳-۳. بار ذخیره‌شده در خط و شیب افت آن
۱۰۶	۶-۳-۳. همبندی مدار
۱۰۸	۷-۳-۳. کنترل اضافه‌ولتاژ ناشی از کلیدزنی به کمک دژنکتورهای مقاومت‌دار
۱۱۱	فصل چهارم: حالات گذرای الکترومغناطیسی ناشی از قطع کلیدها
۱۱۱	۱-۴. ولتاژ استقرار
۱۱۵	۲-۴. روش‌های تحلیل و محاسبه ولتاژ استقرار
۱۱۵	۱-۲-۴. روش تبدیل لاپلاس

۱۱۷.....	۲-۲-۴. روش تزریق جریان مخالف
۱۲۰.....	۳-۴. وجود دو فرکانس طبیعی
۱۲۲.....	۴-۴. قطع اتصال کوتاه
۱۲۴.....	۱-۴-۴. تأثیر محل و نوع اتصال کوتاه و چگونگی زمین شدن سیستم در محاسبات ولتاژ بازگشت
۱۲۹.....	۵-۴. قطع جریان القایی کوچک
۱۳۲.....	۱-۵-۴. بررسی مسئله از دید کلیدها
۱۳۵.....	۶-۴. قطع جریان خارجی
۱۳۷.....	۷-۴. قطع سگ یونرها
۱۴۱.....	۸-۴. نتیجه گیر
	فصل پنجم: مدل صاعقه اضافه ولتاژهای ناشی از آن و مقایسه با اضافه ولتاژ ناشی
۱۴۲.....	از کلیدزنی
۱۴۲.....	۱-۵. مقدمه
۱۴۳.....	۲-۵. فیزیک صاعقه
۱۴۳.....	۱-۲-۵. تخلیه بار الکتریکی ابر
۱۴۵.....	۲-۲-۵. جریان ناشی از اصابت صاعقه
۱۴۵.....	۳-۲-۵. اثر مناطق جغرافیایی بر جریان ناشی از صاعقه
۱۴۶.....	۴-۲-۵. مدل کردن تولید جریان صاعقه
۱۴۷.....	۳-۵. تأثیر صاعقه بر خطوط انتقال
۱۴۷.....	۱-۳-۵. نحوه تأثیر رعد و برق بر خطوط انتقال انرژی
۱۴۷.....	۲-۳-۵. برخورد صاعقه با قسمت های مختلف خطوط انتقال
۱۵۱.....	۴-۵. مقایسه اضافه ولتاژهای کلیدزنی و صاعقه
۱۵۳.....	فصل ششم: رفتار ماشین های الکتریکی در حالت گذرا
۱۵۳.....	۱-۶. نفوذ امواج سیار و رفتار سیم پیچی ترانسفورماتور در حالت های گذرای الکترومغناطیس
۱۵۳.....	۱-۱-۶. مقدمه
۱۵۳.....	۲-۱-۶. روش تحلیلی بررسی سیم پیچ همگن
۱۵۷.....	۳-۱-۶. توزیع اولیه ولتاژ روی سیم پیچ
۱۶۱.....	۴-۱-۶. مقایسه بین محافظ الکتروستاتیکی و سیم پیچی درهم در تعدیل ولتاژ ضربه
۱۶۳.....	۵-۱-۶. ظرفیت معادل اولیه سیم پیچ
۱۶۴.....	۶-۱-۶. توزیع نهایی ولتاژ روی سیم پیچ

۱۶۵.....	۷-۱. حل معادله دیفرانسیل اصلی سیم‌پیچ (P.D.E.)
۱۶۸.....	۸-۱. توجیه سیار بودن جواب
۱۶۹.....	۹-۱. محاسبه گرادیان ولتاژ
۱۷۲.....	۱۰-۱. بررسی اثر هسته در حالت‌های گذرا
۱۷۶.....	۱۱-۱. بررسی ولتاژ انتقالی در سیم‌پیچ‌ها
۱۷۷.....	۱۲-۱. مکانیزم الکترواستاتیکی انتقال موج ضربه به ثانویه
۱۷۸.....	۱۳-۱. مکانیزم الکترومغناطیسی انتقال منبع ولتاژ ضربه به ثانویه
۱۷۹.....	۱۴-۱. بررسی تأثیر قراردادن برقگیر در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور
۱۸۰.....	۲-۱. مدل‌سازی سیم‌پیچ ترانسفورماتور برای مطالعات حالت‌های گذرای الکترومغناطیسی
۱۸۱.....	۱-۲. مدل‌سازی سیم‌پیچ ترانسفورماتور
۱۸۱.....	۲-۲. مدل‌سازی سیم‌پیچ ترانسفورماتور
۱۸۵.....	۳-۲. مدل مشبک دایره‌ای R, L, C
۱۹۷.....	۴-۲. مدل خط انتقال چندبهره‌ای
۲۰۹.....	۵-۲. استفاده از روش تحلیلی برای محاسبه پارامترهای مدل مشروح
۲۰۹.....	۱-۵. محاسبه ظرفیت
۲۰۹.....	۲-۵. محاسبه اندوکتانس
۲۱۰.....	۳-۵. محاسبه مقاومت سری
۲۱۱.....	۴-۵. هدایت موازی
۲۱۱.....	۶-۲. تخمین پارامترهای مدل مشروح با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی
۲۱۳.....	۷-۲. نتیجه‌گیری
۲۱۵.....	مراجع

پیش‌گفتار

یکی از مباحث بسیار مهم در سیستم قدرت مطالعات حالات گذرای سریع و خیلی سریع می‌باشد که ناشی از تغییرات ناگهانی و جابجایی در انرژی‌های ذخیره شده در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی است. از ویژگی‌های مهم این دوره، زمان بسیار کوتاه (میکروثانیه و نانوثانیه)، فرکانس بالا و طیف فرکانسی گسترده (کیلوهرتز و مگاهرتز) این شکل موج‌های گذراست که در شرایط پیش آمده بر ولتاژ سیستم برآورد است. از مباحث کلیدی دیگر نحوه مدلسازی المان‌های سیستم قدرت در حالات گذراست که بدلیل وقوع آن در بازه مدل فرکانس بالا جهت تجهیزات سیستم قدرت می‌باشیم به نحوی که در حوزه فرکانس مورد نظر دارای اعتبار فرکانسی مناسب بوده و بتوان نتایج بدست آمده را صحت‌گذاری کرد.

در صورت عدم کنترل حالات گذرا در سیستم قدرت شرایط بحرانی منجر به بروز اضافه ولتاژها، اضافه جریان‌ها و یا اغوجاج در شکل موج‌ها خواهد شد که نتیجه آن ایراد خسارت به تجهیزات سیستم قدرت و یا اختلال در عملکرد آنها است. نکته حائز اهمیت این است که بدلیل زمان بسیار کوتاه این پدیده‌ها (میکروثانیه و نانوثانیه)، سیستم‌های حفاظت کلاسیک در کنترل این حالات گذرا عملایی تأثیرند. بنابراین جهت به حداقل رساندن این ریسک‌ها در مراحل طراحی، اجرا و بهره‌برداری تمهیدات لازم اندیشده شود.

مباحث این کتاب شامل بررسی و مطالعه اضافه ولتاژهای گذرای کلیدی (Switching) در دو بخش وصل کلید (Closing) و قطع کلید (Opening)، اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه (Lightning)، مطالعات حالات گذرای ماشین‌های الکتریکی از جمله ترانسفورماتورهای قدرت و راتورها جهت حالات گذرای سریع و خیلی سریع می‌باشد که بسیار مناسب برای دانشجویان ارشد و دکتری مهندسی برق است.