به نام خداوند

بخشنده و مهربان

۴۱۲۲۰

دانشگاه تهران
دانشکده فنی
گروه مهندسی برق و کامپیوتر

۱۳۸۱ /۵/ ۳۰

عنوان:
تحلیل باند وسیع توابع گرین محیطهای چند لایه و کاربرد آن در تحلیل سریع و دقیق پاسخ گذرای منابع زمانی

نگارش: امیر امینیان

استاد راهنما: دکتر رضا فرجی دانا

استاد مشاور: دکتر نسرین حجت

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی برق گرایش مخابرات

۲۲۷۳۰

تابستان ۱۳۸۱

دانشگاه تهران
دانشکده فنی
گروه مهندسی برق و کامپیوتر

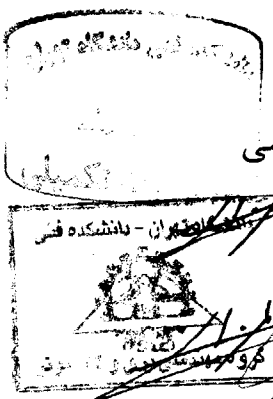
پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی برق گرایش مخابرات

عنوان:

تحلیل باند وسیع توابع گرین محیطهای چند لایه و کاربرد آن در تحلیل سریع و دقیق پاسخ گذرای منابع زمانی

توسط: امیرامینیان

از این پایان نامه در تاریخ ۱۳۸۱/۵/۷ در مقابل هیا ت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت.



سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی:	دکتر محمد علی بنی هاشمی
مدیر گروه آموزشی:	دکتر محمود کمره ای
سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه:	دکتر جواد فیض
استاد راهنما:	دکتر رضا فرجی دانا
استاد مشاور:	دکتر نسرین حجت
عضو هیا ت داوران:	دکتر محمود کمره ای
عضو هیا ت داوران:	دکتر روزبه معینی مازندران
عضو هیات داوران:	دکتر فرخ آرزم

تشکرو قدردانی:

پس از حمد و ثنای خداوند یکتا بر خود لازم می دانم که در درجه اول از صبر و شکیبایی مادر و پدر عزیزم سپاگزاری کنم. از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر فرجی دانا کمال تشکر را دارم. همچنین از سرکار خانم دکتر حجت که در طول انجام پروژه همواره مرا یاری نمودند، تقدیر و تشکر می کنم.

چکیده: محاسبه توابع گرین یک دایپل در مجاورت محیطهای چند لایه با محاسبه انتگرال زمانبر سامرفلد همراه است. برای پرهیز از انتگرالگیری مستقیم عددی روشهای مختلفی پیشنهاد شده است که از جمله پرکاربردترین آنها استفاده از روش تصاویر مختلط است. این روش با حداقل محاسبات برآورد قابل قبولی از توابع گرین محیطهای چند لایه ارایه می کند. امکان تعبیر فیزیکی این توابع به پاسخ حاصل از مجموعه ای از تصاویر دایپل اصلی با دامنه مختلط که در مختصات مختلط ولی فضای همگن قرار دارند، موجب انتخاب چنین نامی برای این روش شده است. با وجود کارآیی روش تصاویر مختلط در برآورد توابع گرین فوق الذکر، استفاده از آن در تحلیل باند وسیع این توابع چندان آسان نیست. در این روش دامنه و محل تصاویر محاسبه شده، به فرکانس تحریک دایپل بستگی دارد. بنابراین با تغییر فرکانس باید به محاسبه تصاویری جدید و در نتیجه تکرار الگوریتمهای محاسبه تصاویر پرداخت. در این پایان نامه با اصلاح روش تصاویر مختلط و معرفی روش تصاویر مختلط دو بعدی، به نمایش بسته ای از توابع گرین باند وسیع محیطهای چند لایه خواهیم رسید که وابستگی فرکانسی توابع گرین را نیز به نحو مناسبی مدل می کند. از آنجا که نمایش مذکور در حوزه وسیعی از فرکانسها معتبر است، نشان می دهیم که با معرفی زمان مختلط به موارات مکان مختلط در روش معمول تصاویر مختلط، می توان پاسخ حوزه زمان دایپل را نیز به فرم بسته ای عرضه کرد. نتایج عددی بدست آمده، نشان دهنده دقت و سرعت این فرمهای بسته در تقریب تابع گرین و پاسخ گذرای دایپل هستند.

فهرست مطالب

صفحه

فصل اول: مقدمه.....۵

۱-۱:مقدمه

۱-۲: تعریف مساله

۱-۳: مروری بر روشهای موجود در برآورد توابع گرین محیطهای چند لایه

۱-۴:ساختار پایان نامه

فصل دوم:مروری بر روش تصاویر مختلط.....۱۴

۲-۱:مقدمه

۲-۲: توابع گرین حوزه طیف

۲-۳:روش تصاویرمختلط

۲-۴:مزایا و محدودیتهای کاربرد روش تصاویر مختلط

فصل سوم: نمایش باند وسیع تابع گرین محیطهای چند لایه.....۲۳

۳-۱:مقدمه

۳-۲:استفاده از توابع نمایی دو بعدی در تقریب تابع طیفی

۳-۳: نمایش بسته باند وسیع تابع گرین با استفاده از تصاویر دو بعدی

۳-۴:مزایا و محدودیتهای روش جدید تصاویر مختلط دو بعدی

فصل چهارم:نمایش بسته پاسخ زمانی یک دایپل.....۲۹
در مجاورت محیطهای چند لایه

۴-۱:مقدمه

۴-۲: معرفی زمان مختلط

۴-۳:نمایش بسته حوزه زمان با استفاده از تصاویر مختلط دوبعدی

۴-۴: بررسی سرعت تحلیل با نمایش بسته حوزه زمان

فصل پنجم:نتایج عددی نمایش باند وسیع تابع گرین.....۳۶
۵-۱:مقدمه
۵-۲:محاسبه تصاویردوبعدی یک دایپل در بالای ساختارمایکروستریپ
۵-۲-۱:پنانسیل برداری
۵-۲-۲:پنانسیل اسکالر
۵-۳:مقایسه نتایج در حوزه مکان
۵-۳-۱:پتانسیل برداری
۵-۳-۲:پتانسیل اسکالر
۵-۴:مقایسه نتایج در حوزه فرکانس
۵-۴-۱:پتانسیل برداری
۵-۴-۲:پتانسیل اسکالر

فصل ششم:نتایج عددی نمایش بسته حوزه زمان ۵۴
۶-۱:مقدمه
۶-۲:گسترش سیگنال ورودی پالس به زمانهای مختلط
۶-۳:مقایسه نتایج
۶-۳-۱:پتانسیل برداری
۶-۳-۲:پتانسیل اسکالر

فصل هفتم:نتیجه گیری و پیشنهاداتی برای پژوهشهای آتی.....۶۲
۷-۱: نتیجه گیری و پیشنهاداتی برای پژوهشهای آتی

منابع و مآخذ.....۶۵

فهرست شکل ها:

شکل۱-۱:ساختمان یک محیط چند لایه همراه با چهار نوع منبع ممکن ۷

شکل۲-۱:یک منبع نوعی در مجاورت محیط دو لایه عایقی ۱۷

شکل۲-۲:بار استاتیک در محیط چند لایه عایقی ۲۰

شکل۲-۳:یک دایپل در بالای زمین با تلف ۲۱

شکل۲-۴:جایگذاری زمین با تلف با تصاویری مختلط از دایپل ۲۱

شکل۳-۱:مسیر انتگرالگیری در صفحه k_{z0} ۲۶

شکل ۵-۱:دایپل افقی بالای یک محیط یک لایه ۳۷

شکل ۵-۲: R_{TE} دقیق محاسبه شده از رابطه (۵-۲) ۴۱

شکل ۵-۳: R_{TE} تقریب زده شده با جملات نمایی دو بعدی سری (۵-۴) ۴۱

شکل ۵-۴: R_q دقیق محاسبه شده از رابطه (۵-۱۱) ۴۴

شکل ۵-۵: R_q تقریب زده شده با جملات نمایی دو بعدی ۴۴

شکل۵-۶: پتانسیل برداری مغناطیسی G_A^{xx} بر حسب فواصل افقی ۴۶

شکل۵-۷:پتانسیل برداری مغناطیسی G_A^{xx} برحسب فواصل عمودی ۴۷

شکل۵-۸:پتانسیل اسکالر G_q برحسب فواصل افقی ۴۸

شکل۵-۹:پتانسیل اسکالر G_q برحسب فواصل عمودی ۴۹

شکل۵-۱۰:پتانسیل برداری مغناطیسی G_A^{xx} برحسب فرکانس بازای چند فاصله افقی ۵۱

شکل۵-۱۱:پتانسیل برداری مغناطیسی G_A^{xx}برحسب فرکانس بازای چندفاصله عمودی ۵۱

شکل ۵-۱۲:پتانسیل اسکالر G_q برحسب فرکانس بازای چند فاصله افقی ۵۲

شکل۵-۱۳:پتانسیل اسکالر G_q برحسب فرکانس بازای چند فاصله عمودی ۵۳

شکل ۶-۱: $f(t)$ سیگنال جریان ورودی دایپل ۵۶

شکل۶-۲: قسمت حقیقی سیگنال گسترش یافته $f_{ext}^{r}(t)$ ۵۶

شکل۶-۳: قسمت موهومی سیگنال گسترش یافته $f_{ext}^{i}(t)$ ۵۷

شکل۶-۴: سیگنال ورودی و پاسخ گذرای پتانسیل برداری ۵۸

شکل۶-۵: سیگنال ورودی و پاسخ گذرای پتانسیل برداری ۵۹

شکل۶-۶: سیگنال ورودی و پاسخ گذرای پتانسیل برداری ۵۹

شکل۶-۷: سیگنال ورودی و پاسخ گذرای پتانسیل اسکالر ۶۰

شکل۶-۸: سیگنال ورودی و پاسخ گذرای پتانسیل اسکالر ۶۱

فهرست جداول:

جدول ۱-۱:پتانسیلهای منابع مختلف الکتریکی-مغناطیسی، عمودی-افقی ۸
جدول ۵-۱:ضرایب بهینه جملات نمایی دو بعدی برای تقریب تابع R_{TE} ۴۰
جدول۵-۲: :ضرایب بهینه جملات نمایی دو بعدی برای تقریب تابع R_q ۴۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

تابع گرین یک دایپل در مجاورت زمین نامحدود اولین بار در سال ۱۹۰۹ توسط آرنولد سامرفلد محاسبه شد [۱]. نتایج سامرفلد به شکل انتگرالی فرمولبندی شده بود که بعدها بنام انتگرال سامرفلد شهرت یافت. انتگرال پیشنهادی سامرفلد بدلیل استفاده از تابع بسل و خاصیت نوسانی این تابع دارای همگرایی ضعیفی است . این خاصیت موجب می شود که محاسبه عددی این انتگرال با مشکلات زیادی همراه باشد. به این دلیل تلاش برای برآورد تقریبی این انتگرال بدون محاسبه مستقیم عددی ، موضوع بسیاری از مقالات بوده است[۲۱-۲].

یکی از مهمترین این روشها استفاده از تصاویر مختلط است. ایده استفاده از تصویر برای حل مسائل الکترومغناطیس ابتدا در الکترواستاتیک مطرح شد. در الکترواستاتیک مساله قرار گرفتن یک بار در بالای صفحه رسانا را میتوان با جایگزینی صفحه رسانا با تصویر آینه ای بار مفروض حل کرد. این سابقه انگیزه ای بود که مساله یک دایپل در بالای محیط عایقی چند لایه را به روشی مشابه یعنی جایگزینی لایه های عایقی با تصاویر مناسب از دایپل حل کرد . استفاده از تصویر در مسایل غیر الکترواستاتیک دارای دو تفاوت اصلی با مسایل الکترواستاتیک است. اولاً تصاویر تنها جواب تقریبی مساله را ارایه می دهند. ثانیاً تصاویر محاسبه شده ممکن است دارای دامنه مختلط باشند و در فضای غیر حقیقی (مختلط) قرار گیرند[۱۰-۷].

در روشهای پیشین استفاده از تصاویر مختلط[۱] برای برآورد تابع گرین دامنه و مکان تصاویر مناسب به فرکانس تحریک دایپل بستگی دارد. بنابراین لازم است برای هر فرکانس جدید تصاویر متناظر با آن فرکانس مجددا محاسبه گردد. نیاز به محاسبه مجدد تصاویر تحلیل زمانی یک منبع باند وسیع را که دارای مؤ لفه های فرکانسی متفاوتی است با دشواری روبرو می کند[۲۱].

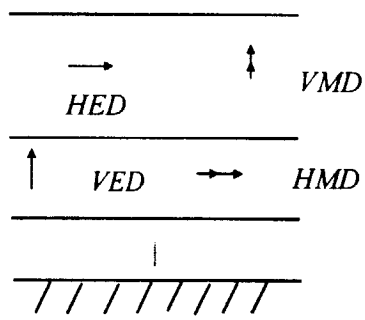
---

۱. Complex images

در این پایان نامه سعی شده است با تغییر فرایند تقریب توابع گرین حوزه طیف از حالت یک بعدی (برحسب توابعی از فرکانس مکانی) به حالت دو بعدی (بر حسب توابعی از فرکانس مکان و زمان) بستگی فرکانسی تابع گرین نیز به فرم بسته ای مدل گردد . نتیجه این تغییر رسیدن به تصاویری است که قادرند نمایش بسته ای را ارایه دهند که برای محدوده وسیعی از فرکانسها به تقریب قابل قبولی از انتگرال سامرفلد و تابع گرین می انجامد. این خاصیت بخصوص در تحلیل حوزه زمان ساختارهای عایقی چند لایه بسیار پرکاربرد است. .

۱-۲-تعریف مساله

نمای مساله مورد بررسی در شکل (۱-۱) ملاحظه می گردد. هدف اصلی این تحقیق، یافتن نمایشی بسته برای توابع گرین انواع منابع الکتریکی و مغناطیسی است که در دامنه وسیعی از فرکانسها معتبر باشد. تحلیل پاسخ حوزه زمان این منابع بعنوان هدفی دیگر انتخاب شده است.



شکل(۱-۱):ساختمان یک محیط چند لایه همراه با چهار نوع منبع ممکن

توابع گرین انواع پتانسیلهای پیشنهادی سامرفلد برای منابع الکتریکی و مغناطیسی در جدول (۱-۱) ارایه شده است.

VED	A_{zz}	$\phi^q_{e,z}$	———	———
VMD	———	———	F_{zz}	$\phi^q_{m,z}$
HED	A_{xx}, A_{zx}	$\phi^q_{e,x}$	———	———
HMD	———	———	F_{xx}, F_{zx}	$\phi^q_{m,x}$

جدول (۱-۱):پتانسیلهای منابع مختلف الکتریکی-مغناطیسی، عمودی-افقی

در این جدول F, A بترتیب معرف پتانسیلهای برداری مغناطیسی و الکتریکی و ϕ^q_e, ϕ^q_m پتانسیلهای اسکالر مغناطیسی و الکتریکی مورد نیاز برای نمایش میدانهای منابع مختلف هستند.

با حل معادلات ماکسول در حوزه طیف و رسیدن به معادلاتی شبیه به معادلات خط انتقال، این پتانسیلها به نحو مناسبی در حوزه طیف فرمولبندی شده اند[۲۰]. اکنون نکته اصلی در رسیدن به توابع گرین حوزه مکان، محاسبه تبدیل معکوس و برگرداندن توابع طیفی به توابع حوزه مکان است. خاصیت نوسانی تابع بسل موجود در انتگرال تبدیل معکوس و وجود چندین قطب در تابع طیفی، انتگرالگیری مستقیم عددی را با مشکلات بسیاری روبرو می کند. این مشکل زمانی نمایان تر می گردد که ناگزیر از تکرار انتگرال مزبور باشیم که در تحلیل بسیاری از مسایل عملی پیش می آید. از این روست که راه حلهای بسیاری برای برآورد سریع این انتگرال و برگرداندن توابع طیفی به حوزه مکان پیشنهاد شده است که از روشهایی غیر از انتگرالگیری مستقیم عددی استفاده می کنند[۲۱-۲]. موضوع این پایان نامه بهبود یکی از پربازده ترین این روشها یعنی روش تصاویر مختلط بنحوی است که تغییرات فرکانسی توابع گرین به فرم بسته ای عرضه گردد.

۱-۳- مروری بر روشهای موجود در برآورد توابع گرین محیطهای چند لایه

تحلیل تابع گرین محیطهای چند لایه در دهه های اخیر اهمیت ویژه ای یافتـه اسـت. در این بخش تنها مروری مختصر بر روی روشهای مختلف و مزایا ومعایب آنهـا در محاسـبه تابع گرین محیط های چند لایه انجام خواهد شد.

ساده ترین روش استفاده از انتگرالگیری مستقیم عددی است. محاسبه مستقیم انتگـرال سامرفلد هر چند از دقت بالایی بهره مند است و اصولا برای مقادیر دلخـواه پارامترهـای ساختار مورد مطالعه و فاصله نقاط منبع و میدان قابل کاربرد است دارای حجم محاسبات زیاد و زمانبر است. همچنـین خاصـیت نوسـانی تـابع بسـل موجـود در انتگـرال و وجـود قطبهای تابع زیر انتگرال در مجاورت مسیر انتگرالگیری حاکی از دشواری انتخاب مسیر و نقاط انتگرالگیری مناسب برای رسیدن به جوابی صحیح می باشد[۷].

برای پرهیز از انتگرالگیری مستقیم روشهای متعددی پیشـنهاد شـده اسـت. ایـن روشـها دارای درجه دقت و سادگی متفاوتی هستند و هر یک بسته به پارامترهای سـاختار مـورد مطالعه و فاصله نقاط منبع و میدان مورد استفاده قرار می گیرد.

تغییر مسیر انتگرالگیری به مسیری با بیشترین شیب اساس روشی است کـه میتوانـد بـه پاسخهای تحلیلی و پرهیز از انتگرالگیری عددی بینجامد[۲]. این روش که بـرای فواصـل دور نقطه مشاهده، نمایش بسته ای از تـابع گـرین ارایـه مـی دهـد بنـام روش مسـیر بـا بیشترین شیب[۱] شهرت دارد. تغییر مسیردر صفحه مختلط از محور حقیقی به مسیری بـا بیشترین شیب باید با در نظر گرفتن موقعیت قطبها و اضافه کردن مانده آنهـا در صـورت در بر گرفته شدن در مسیر جدید صورت گیرد. این خاصیت به پیچیدگی کاربرد و روابـط حاصل از این روش بخصوص برای نقاط مشاهده نزدیک به زاویه افق می افزایـد. بهرحـال این روش می تواند پاسخ تحلیلی مناسبی برای محاسبه تابع گرین در فواصـل دور فـراهم کند و کاربرد آن در این نواحی حایز اهمیت است.

---

۱. Steepest descent method

استفاده از تصاویر در رسیدن به جوابهای تقریبی و پرهیز از حل مستقیم انتگرال سامرفلد اساس بسیاری از روشهای موجود در برآورد تابع گرین است. از جمله اولین پیشنهادهای استفاده از تصویر در برآورد انتگرال سامرفلد توسط سامرفلد در مرجع [۱] اشاره شده است. در این مرجع میدانهای انعکاسی از صفحه زمین برای ثابت دی الکتریکهای خیلی بزرگ با یک تصویر خطی از دایپل مدل شده اند. برای محاسبه میدانهای یک دایپل مغناطیسی بالای صفحه زمین نامحدود یک حل تقریبی با پیشنهاد تصویری از دایپل در عمق مختلط در مراجع [۱۲-۱۱] ارایه شده است. این حل نیز تنها برای فرکانسهای پایین و ثابت دی الکتریک بالا معتبر است. همچنین استفاده از تصاویر چند قطبی نیز مورد مطالعه قرار گرفته است [۱۴-۱۳]. همه این تصاویر پیشنهادی در مراجع کلاسیک تنها برای مسایلی با پارامترهای خاص معتبرند و تشخیص دامنه اعتبار آنها نیز در بسیاری از موارد کار آسانی نیست[۱۵].

تبدیل سریع فوریه[۱] از جمله روشهای دیگری است که برای محاسبه انتگرال سامرفلد بکار گرفته شده است. نتیجه این بکارگیری به نمایش بسته ای از پا سخ مساله و بنابراین رهایی از انتگرال سامرفلد می انجامد [۵]. از مزایای آن قابلیت کاربرد برای محاسبه میدانهای دور و نزدیک و همچنین زوایای مشاهده نزدیک به افق است. این در حالیست که دقت این روش متناسب با تعداد جملات بکارگرفته شده در تبدیل فوریه گسسته است که می تواند به تعداد زیادی برای رسیدن به دقت قابل قبول بینجامد.

تئوری تصاویر دقیق[۲] از جمله معدود روشهایی با اساس استفاده از تصویر است که حل دقیقی را ارایه می کند[۴]. در این روش از تصاویری پیوسته با محل مکانی مختلط برای حل مساله سامرفلد استفاده می شود. برای رسیدن به این تصویر مناسب ابتدا باید تبدیل لاپلاس ضریب انعکاس از سطح دی الکتریک را مشخص کرد. از آنجا که چنین تبدیلی همواره بصورت تحلیلی موجود نیست محاسبه آن را می توان از مشکلات این روش دانست.

---

۱. Fast Fourier Transform

۲. Exact image theory