

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده برق و رباتیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت

عنوان

طراحی توسعه انتقال یک شبکه محلی با استفاده از
پخش بار احتمالی

تهیه کننده

فرهنگ بابایی

اساتید راهنما

دکتر مجید علومی

دکتر مهدی بانژاد

تابستان ۱۳۸۶

خلاصه

سیستم انتقال یکی از مهمترین اجزای صنعت برق می باشد و در حقیقت بستر لازم برای ارتباط میان اجزای یک سیستم قدرت را فراهم می آورد لذا همگام با رشد بارهای الکتریکی ، سیستم انتقال نیز باید در زمان لازم و به صورت مناسب توسعه یابد از طرفی پیشرفت سریع تکنولوژی و گسترش صنایع و افزایش جمعیت باعث شده که عدم قطعیت ها و ابهامات زیادی در طراحی توسعه انتقال به وجود آید. از آنجایی که هدف اصلی طراحی توسعه انتقال، در شرایط جدید، تامین بار شبکه با حفظ قابلیت اطمینان سیستم می باشد، عدم قطعیت ها می توانند پیاده کردن طرح توسعه انتقال را مختل نماید و قابلیت اطمینان سیستم را کاهش دهند. از جمله این عدم قطعیت ها می توان به عدم قطعیت در بار، عدم قطعیت در تولید، عدم قطعیت در انتقال توان نام برد.

این کار تحقیقاتی به منظور در نظر گرفتن اهداف و عدم قطعیت های موجود در طراحی توسعه انتقال

تعریف شده است.

در این کار تحقیقاتی با توجه به شناور بودن عدم قطعیت ها ، از یک روش احتمالی به نام (پخش بار احتمالی) برای تحلیل عملکرد شبکه انتقال برق غرب کشور استفاده شده است. سپس با معرفی چندین طرح کاندیدا برای توسعه شبکه در افق آینده و اجرای پخش بار احتمالی برای هر طرح توسعه، بهینه ترین طرح بر اساس معیارهای فنی و تحلیل اقتصادی انتخاب شده است.

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه

۱	انگیزه های تحقیق	۱-۱
۲	اهداف تحقیق	۲-۱
۲	مروری بر فصل بندی پروژه	۳-۱

فصل دوم روش های موجود طراحی توسعه شبکه انتقال

۴	مقدمه	۱-۲
۴	پیشینه روش های طراحی توسعه انتقال	۲-۲
۷	عدم قطعیت ها در طراحی توسعه انتقال	۳-۲
۹	روش های غیر معین طراحی توسعه انتقال	۴-۲
۱۱	معیار قابلیت اطمینان احتمالی	۱-۴-۲

۱۲	تکنیک سناریو	۲-۴-۲
۱۵	درخت تصمیم گیری	۳-۴-۲
۱۷	تصمیم گیری فازی	۴-۴-۲
۱۸	پخش بار احتمالی	۵-۴-۲
۱۹	آنالیز پخش بار احتمالی	۱-۵-۴-۲
۲۲	تعریف مسئله	۵-۲
۲۳	خلاصه	۶-۲

فصل سوم بررسی روش پخش بار احتمالی

۲۴	مقدمه	۱-۳
۲۵	کامیولنت های یک متغیر تصادفی	۲-۳
۲۸	پخش بار معمولی باروش نیوتون-رافسون	۳-۳
۲۹	پخش بار احتمالی	۴-۳
۳۵	خلاصه	۵-۳

فصل چهارم طرح توسعه انتقال برای یک شبکه محلی با پخش بار احتمالی

۳۶	مقدمه	۱-۴
۳۶	سیستم ۱۴ باسه IEEE	۲-۴
۴۴	سیستم مورد مطالعه (شبکه غرب کشور)	۳-۴
۶۰	خلاصه	۴-۴

فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهاد

۶۱

ضمایم

۶۳	ضمیمه الف) بعضی از ویژگیهای کامیولنتها
۶۴	ضمیمه ب) توابع چگالی احتمال خطوط شبکه غرب
۶۶	ضمیمه پ) توابع چگالی احتمال خطوط شبکه ۱۴ باسه IEEE

۶۹	مراجع
----	-------

فهرست شکل ها

- شکل (۱-۲) الگوریتم مونت کارلو ۲۱
- شکل (۱-۳) الگوریتم محاسبه کامیولنت های توان اکتیو و راکتیو عبوری از خط انتقال ۳۱
- شکل (۱-۳) الگوریتم محاسبه تابع چگالی احتمال توان ظاهری خط ۳۴
- شکل (۱-۴) دیاگرام تک خطی شبکه ۱۴ باسه IEEE ۳۷
- شکل (۲-۴) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۱ سیستم ۱۴ باسه IEEE ۳۹
- شکل (۳-۴) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۳ سیستم ۱۴ باسه IEEE ۳۹
- شکل (۴-۴) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۷ سیستم ۱۴ باسه IEEE ۴۰

شکل (۴-۵) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از

خط ۱۰ سیستم ۱۴ باسه IEEE ۴۰

شکل (۴-۶) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۱ بعد از

افزایش ظرفیت توان خط ۴۲

شکل (۴-۷) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۳ بعد از

افزایش ظرفیت توان خط ۴۲

شکل (۴-۸) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۷ بعد از

افزایش ظرفیت توان خط ۴۳

شکل (۴-۹) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۱۰ بعد از

افزایش ظرفیت توان خط ۴۳

شکل (۴-۱۰) دیاگرام تک خطی شبکه غرب ۴۵

شکل (۴-۱۱) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از

خط ۱ شبکه غرب ۵۷

شکل (۴-۱۲) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از

خط ۳ شبکه غرب ۵۷

شکل (۴-۱۳) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از

۵۸ خط ۵ شبکه غرب

شکل (۴-۱۴) تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از

۵۸ خط ۱۴ شبکه غرب

۶۴ شکل های (ضمیمه ب) توابع چگالی احتمال خطوط شبکه غرب

شکل های (ضمیمه پ) توابع چگالی احتمال خطوط

۶۶ شبکه ۱۴ باسه IEEE

فهرست جدول ها

۳۷	اطلاعات باسهای شبکه ۱۴ باسه IEEE	جدول (۱-۴)
۳۸	اطلاعات خطوط شبکه ۱۴ باسه IEEE	جدول (۲-۴)
	احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد مجاز در شبکه ۱۴ باسه	جدول (۳-۴)
۴۱	IEEE	
	احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد حرارتی مجاز در حالت پایه	جدول (۴-۴)
۴۴	و بعد از توسعه خطوط ۱۰ و ۷ و ۳ و ۱ در شبکه ۱۴ باسه IEEE	
۴۶	اطلاعات باسهای منطقه غرب	جدول (۵-۴)
۴۶	اطلاعات خطوط منطقه غرب	جدول (۶-۴)
۴۷	نتایج پخش بار باسهای منطقه غرب	جدول (۷-۴)
۴۸	نتایج پخش بار خطوط منطقه غرب	جدول (۸-۴)
۴۹	مقادیر گشتاورهای مختلف تولید W_g	جدول (۹-۴)
۴۹	مقادیر گشتاورهای مختلف بار W_d	جدول (۱۰-۴)

۵۰	جدول (۴-۱۱) مقادیر کامیولنت های مختلف تولید Wg
۵۰	جدول (۴-۱۲) مقادیر کامیولنت های مختلف بار Wd
۵۱	جدول (۴-۱۳) مقادیر کامیولنت های مختلف W
۵۲	جدول (۴-۱۴) مقادیر هشت کامیولنت اول ΔW
۵۲	جدول (۴-۱۵) مقادیر کامیولنت های مختلف ΔX
۵۳	جدول (۴-۱۶) مقادیر کامیولنت های مختلف X
۵۴	جدول (۴-۱۷) مقادیر کامیولنت های مختلف ΔZ
۵۵	جدول (۴-۱۸) مقادیر هشت کامیولنت اول ΔZ
۵۶	جدول (۴-۱۹) مقادیر کامیولنت های توان ظاهری خطوط
	جدول (۴-۲۰) احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد مجاز
۵۹	در شبکه غرب
	جدول (۴-۲۱) احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد مجاز حرارتی در حالت پایه
۶۰	و بعد از توسعه خطوط ۵۳ و ۱۴ در شبکه غرب

فصل اول

مقدمه

۲-۱ اهداف تحقیق

با پیشرفت تکنولوژی و گسترش روز افزون بارها و تولیدات، در سیستم های قدرت با عدم قطعیت های متفاوتی روبرو هستیم. این عدم قطعیت ها سبب بروز تردیدهای جدی در مورد چگونگی توسعه خطوط انتقال شبکه در آینده شده است. از جمله این عدم قطعیت ها می توان به عدم قطعیت در بار، عدم قطعیت در تولید، عدم قطعیت در خروج بارهای بزرگ صنعتی، متفاوت بودن نرخ خروج اضطراری ژنراتورها و خطوط انتقال و... اشاره کرد. چگونگی توسعه خطوط انتقال در آینده و انتخاب خطوط بهینه برای شبکه باید با در نظر گرفتن همه ی عدم قطعیت های تصادفی و غیر تصادفی (که به بعضی از آنها در بالا اشاره شد) صورت پذیرد.

در این پروژه تحقیقاتی با استفاده از روش پخش بار احتمالی، سعی شده است بهترین طرح توسعه انتقال با در نظر گرفتن اهداف توسعه و نیز عدم قطعیت های موجود در شبکه انتخاب گردد.

۳-۱ مروری بر فصل بندی پروژه

این پروژه تحقیقاتی به صورت زیر تنظیم شده است در فصل ۲ روش های موجود طراحی توسعه انتقال به تفکیک مورد بحث قرار گرفته و معایب و مزایای هر روش بیان شده است و مسئله توسعه انتقال تعریف شده است. در فصل ۳ ابتدا روش پخش بار عادی و سپس پخش بار احتمالی مورد بحث و آنالیز قرار گرفته

است. آنگاه چگونگی استفاده از روش پخش بار احتمالی برای محاسبه توابع چگالی احتمالی ولتاژها، زوایای ولتاژها، همچنین توان انتقالی خطوط و... بررسی شده است. در فصل ۴ از روش پخش بار احتمالی برای محاسبه ی توابع چگالی احتمال ولتاژها و زوایا و توان خطوط در سیستم ۱۴ باسه IEEE و شبکه برق غرب ایران، بهره گرفته شده و با استفاده از تکنیک شبیه سازی، خطوط کاندیدای توسعه در افق آینده مشخص شده است. و فصل ۵ نتیجه گیری پایان این پروژه تحقیقاتی می باشد.

فصل دوم

روشهای موجود طراحی توسعه
انتقال

۲ روش های موجود طراحی توسعه شبکه های انتقال

۱-۲ مقدمه

پیشرفت سریع تکنولوژی و گسترش بیش از حد صنایع و نیز رشد قابل توجه جمعیت در سال های اخیر باعث شده که ساختار سنتی صنعت برق به چالش کشیده شود. این موضوع بر روی اهداف توسعه انتقال و افزایش عدم قطعیت ها تاثیر مستقیم داشته است. مرور روش های توسعه انتقال ارائه شده و بررسی مزایا و معایب آنها به ارائه روش ها و معیار های جدید برای توسعه انتقال کمک می کند. روش های توسعه انتقالی که تاکنون ارائه شده است در این فصل بررسی می شود.

۲-۲ پیشینه روش های طراحی توسعه انتقال

روش های طراحی توسعه انتقال از دیدگاه های متفاوتی می تواند تقسیم بندی شود.

از دیدگاه عدم قطعیت، روش های طراحی توسعه انتقال به روشهای :

الف) معین^۱

ب) غیر معین

تقسیم می شوند. در روش های معین طرح توسعه فقط برای بدترین نقاط کاری سیستم طراحی می شود. بدون آنکه احتمال وقوع (درجه رخداد) این شرایط در نظر گرفته شود. در روش های غیر معین، طرح توسعه برای همه نقاط کاری سیستم که ممکن است در آینده رخ دهد با در نظر گرفتن احتمال رخداد آنها طراحی می شود از این رو روش های غیر معین قادرند که تجارب گذشته و انتظارات آینده را در نظر بگیرند. روش های غیر معین در بخش ۲-۳ به تفصیل تشریح خواهد شد.

از دیدگاه افق توسعه سیستم قدرت، روش های طراحی توسعه انتقال به روش های

الف) ایستا (استاتیکی)

ب) پویا (دینامیکی)

تقسیم می شوند. در طراحی ایستا طراحان به دنبال طرح بهینه برای یک سال مشخص در افق توسعه می باشند لذا در این روش ها طراحان فقط به سوالهای «چه» تجهیزات انتقالی باید به شبکه اضافه گردد و «کجا» این تجهیزات باید نصب گردند، پاسخ می دهند. در طراحی پویا (دینامیکی) طراحان به دنبال

استراتژی بهینه در طول افق توسعه انتقال می باشند. به عبارت دیگر در طراحی دینامیکی، طراحان علاوه بر پاسخ گویی به سوالات «چه» و «کجا» به سوال «کی» تجهیزات انتقال باید نصب شوند، نیز پاسخ می گویند. از دیدگاه ساختار سیستم قدرت، روش های طراحی توسعه انتقال را می توان به روش های طراحی توسعه انتقال برای سیستم های قدرت تحت مقررات و سیستم های قدرت مقررات زدایی شده تقسیم نمود.

هدف اصلی توسعه انتقال در سیستم های قدرت تحت مقررات، تامین بار با حفظ قابلیت اطمینان شبکه می باشد. در این سیستم ها، عدم قطعیت کم می باشد و توسعه انتقال به صورت مرکزی و هماهنگ با توسعه تولید انجام می شود. طراحان به اطلاعات لازم برای طراحی دسترسی دارند. در این سیستم ها محل بار ها و ژنراتورها، ظرفیت بار ها و واحد های تولید کننده، در دسترس بودن واحد ها، الگوی بار و الگوی تولید مشخص می باشد. لذا طراحان می توانند طرح دارای حداقل هزینه را بر اساس سطح خاصی از قابلیت اطمینان طراحی نمایند. طراحی توسعه انتقال در سیستم های تحت مقررات توسط یک بهینه سازی معین مدل می شود و در این سیستم ها، تابع هدف، هزینه توسعه انتقال و بهره برداری می باشد. قیدهای این بهینه سازی، محدودیتهای فنی و اقتصادی می باشند.

در حالت کلی، این بهینه سازی غیر خطی، عدد صحیح - آمیخته، و مقید می باشد. روشهای ریاضی و ابتکاری بسیاری برای حل این مسئله پیشنهاد شده است [۱].

در سیستم های قدرت مقررات زدائی شده، مقررات زدائی، اهداف توسعه انتقال را تغییر و عدم قطعیت را افزایش داده است. روشهای جدیدی برای توسعه انتقال در محیط های مقررات زدائی شده لازم است. در این نوع از سیستم های قدرت، هدف، توسعه شبکه انتقال در یک محیط رقابتی به همراه حفظ قابلیت اطمینان شبکه می باشد.

۳-۲ عدم قطعیت ها در طراحی توسعه انتقال

گسترش روزافزون بارها در سیستم های قدرت، باعث ایجاد عدم قطعیت های زیادی در طراحی توسعه انتقال شده است. از آنجایی که روشهای مدل سازی و تاثیر گذاری عدم قطعیت ها در شبکه های انتقال متفاوت است، باید آنها را قبل از طراحی توسعه شبکه شناسایی و دسته بندی نمود. عدم قطعیت ها در شبکه انتقال به دو دسته تصادفی و غیر تصادفی تقسیم بندی می شوند.

عدم قطعیت های تصادفی انحرافات تکرار پذیر در پارامتر بوده که دارای تابع توزیع احتمال مشخص می باشد از این رو مشخصات آماری آنها را می توان از مشاهدات قبلی بدست آورد.

از جمله عدم قطعیت های تصادفی می توان به :

* عدم قطعیت در بار [۱-۳]

* عدم قطعیت در توان انتقالی [۴]

* خروج اضطراری ژنراتورها و خطوط انتقال [۱] و [۳]

و اشاره کرد. عدم قطعیت های غیر تصادفی، تحول تکرار ناپذیر در پارامترها می باشد که دارای تابع

توزیع احتمال مشخصی نمی باشد. از جمله عدم قطعیت های غیر تصادفی می توان به :

* عدم قطعیت در توسعه تولید [۱-۳] و [۵-۷]

* عدم قطعیت در توسعه بار [۱]، [۳] و [۸]

اشاره کرد.

همانگونه که قبلاً گفته شد عدم قطعیتها باعث افزایش ریسک در ایجاد ظرفیت لازم برای توسعه انتقال

شده است [۳] و [۹]، بنابراین انگیزه های توسعه انتقال کاهش یافته و سبب تاخیر در توسعه شبکه انتقال

شده است [۱۰].

۴-۲ روشهای غیر معین توسعه انتقال

همانگونه که گفته شد استفاده از روشهای معین طراحی توسعه در سیستم های متمرکز که طراح تمام اطلاعات مورد نیاز خود را در هنگام طراحی در اختیار دارد می تواند مفید و مطلوب باشد و در روشهای غیر معین ، طرح توسعه برای همه نقاط کار سیستم که ممکن است در آینده رخ دهد با در نظر گرفتن احتمال رخداد آنها ، طراحی می شود. روشهای غیر معین قادرند که تجارب گذشته و انتظارات آینده را در نظر بگیرند.

روشهای غیر معینی که تاکنون برای طراحی توسعه انتقال مورد استفاده طراحان قرار گرفته است عبارتند

از:

* معیارهای قابلیت اطمینان احتمالی^۱ ،

* تکنیک سناریو^۲ ،

۱ – Probabilistic based reliability criteria

۲ – Senario technic

• * درخت تصمیم گیری^۱

• * تصمیم گیری فازی^۲

• * پخش بار احتمالی^۳

روشهای معیار قابلیت اطمینان احتمالی و پخش بار احتمالی بیشتر، عدم قطعیتهای تصادفی را در نظر می

گیرند و کاربردی تر می باشد. تکنیک سناریو ، عدم قطعیتهای غیر تصادفی را در نظر می گیرند. تصمیم

گیری فازی داده های مبهم را در نظر می گیرد و درخت تصمیم گیری نیز روشی مناسب برای طرحهای

پویا (دینامیکی) می باشد.

۱ – Decision tree

۲ – Fuzzy decision

۳ – Probabilistic Load Flow

۱-۴-۲ معیار قابلیت اطمینان احتمالی

معیارهای قابلیت اطمینان احتمالی، عدم قطعیت‌های تصادفی را در نظر می‌گیرند. از جمله این معیارها، می‌توان به مقدار مورد نظر انرژی تغذیه نشده^۱، تعداد مرتبه مورد انتظار کاهش بار^۲، و مدت زمان مورد انتظار کاهش بار^۳، اشاره کرد. الگوریتم طراحی توسعه انتقال با استفاده از روش معیارهای قابلیت اطمینان احتمالی به صورت زیر می‌باشد [۱۱-۱۲]:

* پیشنهاد چندین طرح توسعه با استفاده از تحلیل شبکه موجود

* اضافه نمودن هر یک از طرحهای توسعه به شبکه و محاسبه معیارهای قابلیت اطمینان برای هر یک از

طرحهای توسعه با استفاده از شبیه سازی مونت کار لو

* انتخاب طرح نهایی بر اساس معیارهای قابلیت اطمینان و تحلیل اقتصادی طرحهای توسعه

۱ - Expected energy not supplied

۲ - Expected number of load curtailment

۳ - Expected duration of load curtailment

۲-۴-۲ تکنیک سناریو

یک سناریو مجموعه ای از پیشامدها یا تحقق همه عدم قطعیت‌های غیر تصادفی می باشد تکنیک سناریو یک روش عمومی تر نسبت به روشهای دیگر طراحی توسعه انتقال می باشد و میتواند برای توسعه هر سیستمی بکار رود. الگوریتم طراحی توسعه انتقال با استفاده از تکنیک سناریو به صورت زیر می باشد

[۱۳-۱۵].

* تعیین مجموعه سناریوهای موثر ممکن و احتمال وقوع آنها

* تعیین مجموعه راه حل‌های (طرح‌های توسعه) ممکن

* انتخاب یک تابع هزینه برای اندازه گیری برازندگی طرح‌های توسعه

* انتخاب طرح نهایی با استفاده از یکی از معیارهای :

الف) معیار هزینه مورد انتظار :

این معیار طرحی را انتخاب می نماید که دارای حداقل هزینه مورد انتظار روی سناریوهای مختلف می

باشد [۱۳-۱۵].

ب) معیار لاپلاس :

بر طبق این معیار طرحی که مجموع هزینه ها در سناریوهای مختلف را حداقل می نماید به عنوان طرح

نهایی انتخاب می شود [۱۳].

ج) معیار حداقل حداکثر پشیمانی (تحلیل ریسک) :

در تحلیل ریسک، راه حل بهینه با حداقل کردن پشیمانی تعیین می گردد [۱۳-۱۵].

در این روش طرحی که حداکثر پشیمانی موزون را روی همه سناریوهای آینده، حداقل می نماید به عنوان طرح نهایی انتخاب می شود.

د) معیار فن نویمن مرگن اشترن :

این معیار به شدت بدبین بوده و فرض می نماید که نامطلوب ترین سناریو، برای هر طرح اتفاق می افتد

[۱۳].

و) معیار هورویکس :

طرحی که ترکیب محدب راه حل‌های به شدت بدبین و به شدت خوشبین را حداقل می نماید ، به عنوان

طرح نهایی انتخاب می شود [۱۳].

ن) معیار بهینه پرتو :

طرحی بهینه ی پرتو می باشد که توسط هیچ طرح دیگری مغلوب نشود . طرح X توسط طرح Y مغلوب

می شود ، هرگاه هزینه های طرح X در تمام سناریوها بیشتر از هزینه های طرح Y باشد [۵]. این

معیار برای حذف بدترین گزینه ها مناسب می باشد .

ه) معیار مقاوم بودن :

هنگامی یگ طرح در یک سناریو مقاوم نامیده می شود که پشیمانی آن در آن سناریو صفر باشد. برطبق

این معیار، طرحی قابل قبول است که حداقل در 77 درصد سناریوها مقاوم باشد [۵]، [۱۴] و [۱۵].

ی) معیار مقاومت بتا :

برطبق این معیار، طرحی قابل قبول است که اضافه هزینه آن، نسبت به طرح بهینه مربوطه در هر سناریو

از β درصد تجاوز نکند [۱۵].

هر یک از معیار های تکنیک سناریو دارای معایبی می باشد. معیار های هزینه ی مورد انتظار و لاپلاس

برای ارزیابی ریسک عدم قطعیت های غیر تصادفی معتبر نمی باشند، چون سناریو ها تکرار پذیر

نیستند. معیار های حداقل حداکثر پشیمانی و مقاومت بتا برای تصمیم های بسیار مهم استفاده می

شوند، هنگامی که ادامه حیات تحت سناریوهای بعید الوقوع، اما فاجعه بر انگیز و ضروری باشد. بعلاوه این

معیارها، نسبی می باشند. معیارهای فن نویمن مرگن - اشترن وهوریکس بسیار خوشبینانه یا بسیار بد

بینانه می باشند. معیار مقاومت بسیار حساس و خشن^۱، بوده و از این رو تصمیماتش همیشه معقول

نمی باشد. معیارهای حداقل حداکثر پشیمانی، مقاومت و هزینه مورد انتظار، مهمترین معیارها بوده و بیشتر از معیارهای دیگر برای انتخاب گزینه نهایی مورد استفاده قرار می گیرند.

۲-۴-۲ درخت تصمیم گیری

در روش درخت تصمیم گیری، طراحان توسعه شبکه انتقال به دنبال قابل انعطاف پذیر ترین طرح برای طراحی پویا می باشند. قابل انعطاف، توانایی تطبیق طرح توسعه طراحی شده به تغییرات ممکن آینده با هزینه قابل قبول و در اسرع وقت تعریف می شود [۷]، [۱۳] و [۱۶]. در روش درخت تصمیم گیری، طرح های توسعه مختلف در بازه های متفاوت افق توسعه، توسط درخت تصمیم - پیشامد بیان می شود [۱۳] و [۱۷]. درخت تصمیم - پیشامد^۱، از یک گره تصمیم شروع می شود. تصمیم های مختلف ممکن در گره های تصمیم، اتخاذ می شود. شاخه هایی که از یک تصمیم منشعب می شوند مبین تصمیم های ممکن که می توانند در این گره اتخاذ شوند، می باشند هر یک از این شاخه ها با هزینه تصمیم مربوط متحد شده و به یک گره پیشامد منتهی می شود. شاخه هایی که از یک گره پیشامد منشعب

می شوند. مبین پیشامد هایی است که ممکن است در زمان مربوطه رخ دهد. این شاخه ها با احتمال

رخداد پیشامد مربوطه متحد می باشند.

در واقع یک سناریو یک مسیر کامل بین گره و ریشه و یک گره نهایی می باشد. فرآیند تعیین تصمیم

بهینه در افق توسعه یک برنامه ریزی کلاسیک پویای احتمالی^۱ می باشد. برای تعیین اولین تصمیم

بهینه، هزینه مورد انتظار بین هر گره نهایی و گره ماقبل آخر انتخاب می شود. این روند ادامه می یابد تا

هنگامی که به اولین گره برسیم. اولین تصمیم بهینه، استراتژی کمترین هزینه در اولین گره می باشد.

درخت تصمیم گیری به قابل انعطاف ترین طرح به پیشامد های آینده منجر می شود.

۴-۴-۲ تصمیم گیری فازی

از تصمیم گیری فازی برای مدل نمودن ابهامات^۱، داده ها، استفاده می شود. داده های مبهم، داده های هستند که آنها را نمی توان به صورت واضح و دقیق بیان نمود درجه اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم گیریهای چند منظوره از این دسته می باشند.

الگوریتم روش تصمیم گیری فازی در طراحی توسعه شبکه انتقال به شرح زیر است [۱۸]:

* بیان مسئله تصمیم گیری

* شناسایی مجموعه گزینه های تصمیم گیری

* شناسایی مجموعه معیارهای تصمیم گیری

* ارزیابی فازی گزینه های تصمیم گیری (شامل انتخاب متغیرهای زبانی برای بیان درجه اهمیت

معیارهای تصمیم گیری و درجه شایستگی آنها، تعیین درجه اهمیت معیارهای تصمیم گیری و درجه

شایستگی آنها، محاسبه شاخص شایستگی فازی)

* انتخاب گزینه بهینه (رتبه بندی گزینه های تصمیم گیری بر اساس شاخص شایستگی فازی انتخاب

گزینه برتر)

۲-۴-۵ پخش بار احتمالی

الگوریتم طراحی توسعه انتقال با استفاده از پخش بار احتمالی به صورت زیر است:

الف) اجرای پخش بار احتمالی برای شبکه موجود و توابع چگالی بار داده شده برای افق توسعه و محاسبه

معیارهای فنی نظیر احتمال نقض حد توان خطوط و حد ولتاژ بالهای شبکه.

ب) پیشنهاد چندین طرح توسعه بر اساس معیارهای فنی محاسبه شده.

ج) افزودن هر یک از طرح های توسعه به شبکه، اجرای پخش بار احتمالی و محاسبه معیارهای فنی برای

هر طرح توسعه.

د) انتخاب طرح نهایی بر اساس معیارهای فنی و تحلیل اقتصادی طرحهای توسعه.

۲-۴-۵-۱ آنالیز پخش بار احتمالی

پخش بار احتمالی مشابه پخش بار معمولی می باشد با این تفاوت که پخش بار احتمالی، توابع چگالی احتمال بار را به عنوان ورودی دریافت می کند و توابع چگالی احتمال متغیرهای خروجی را محاسبه میکند. روش های پخش بار را می توان در ۳ تکنیک مختلف به شرح ذیل ارائه کرد:

الف) مونت کارلو

ب) کانلوشن

ج) گشتاورهای آماری

در روش پخش بار احتمالی با استفاده از تکنیک مونت کارلو، برای آنالیز پخش بار احتمالی از حلقه های تکرار استفاده می شود. در نتیجه توزیع قابلیت اطمینان شین های سیستم قدرت، تعیین می گردد. تکنیک مونت کارلو اغلب به زمان زیادی برای محاسبه نیاز دارد. این روش قابلیت مدل کردن پدیده های اتفاقی را در رنج وسیعی از تغییرات دارد.

در روش پخش بار احتمالی با استفاده از تکنیک کانلوشن، چگونگی محاسبه تابع چگالی احتمال متغیرهای ورودی باس ها را از معادلات پخش بار و توابع چگالی انشعابات پخش بار ارائه می شود. در این

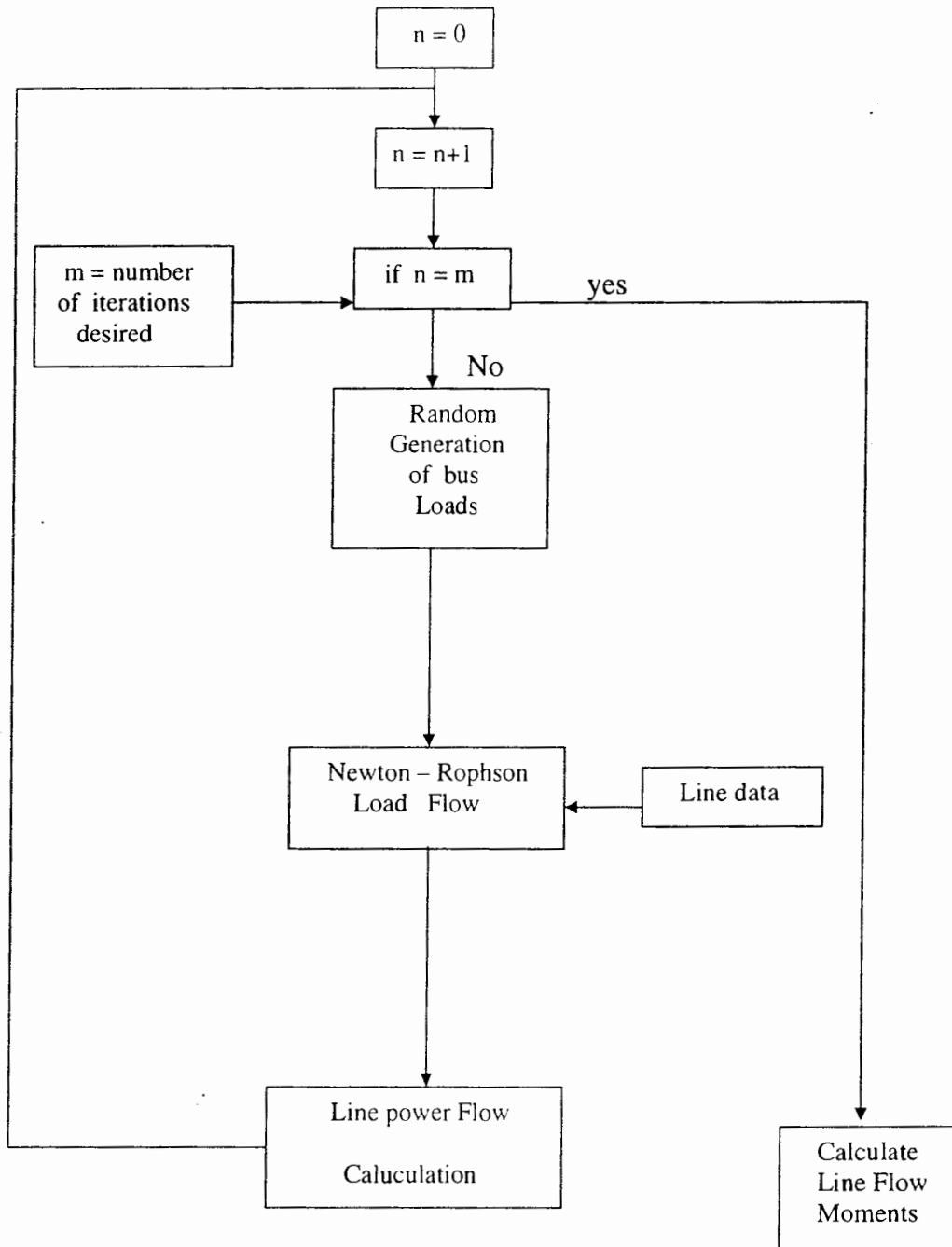
تکنیک، فرآیندهای تصادفی وابسته به متغیرهای باس های ورودی ، مستقل از هم فرض می شوند و بواسطه آنالیز پخش بار خطی، یک توزیع آماری عمومی به آنها نسبت داده میشود.

با استفاده از روش گشتاورهای آماری، گشتاورهای آماری پخش بار سیستم مشخص می شوند اما بدست آوردن گشتاورهای آماری از راه تحلیلی بسیار مشکل است.

در مجموع می توان گفت که تکنیک شبیه سازی پخش بار مونت کارلوبه کمک پخش بار خطی نیوتون-رافسون می تواند راه حل خوبی برای آنالیز باشد.

در پخش بار احتمالی با تکنیک مونت کارلو، بواسطه تکرار تعداد زیادی از داده ها از پخش بار نیوتن -رافسون حول نقطه کار استفاده می شود.

الگوریتم مونت کارلودر پخش بار احتمالی در شکل صفحه بعد نشان داده شده است .



شکل (۱-۲) الگوریتم مونت کارلو

فصل سوم

بررسی روش پخش بار احتمالی

۵-۲ تعریف مسئله

در سیستم های قدرتی که ساختار، تولید و مصرف مشخصی دارند و الگوی انتقال از الگوی تولید پیروی می کند، برای مشخص شدن سطح ولتاژ و همچنین زاویه باس ها، از روش پخش بار معمولی و معین استفاده می شود. اما با افزایش روزافزون عدم قطعیت ها (که بعضی از آنها در بالا ذکر شد)، پخش بار معین برای چنین ساختاری مناسب به نظر نمی رسد. بنابراین از پخش بار احتمالی برای مشخص کردن تابع چگالی احتمال ولتاژ باس ها، زاویه باس ها، توان عبوری از خطوط و... استفاده می شود در این پروژه تحقیقاتی فرض می شود که توابع چگالی احتمالی همه متغیرهای ورودی که عدم قطعیت دارند، برای حداکثر بار روزانه فصل تابستان در سال آخر افق توسعه مورد بحث در این پروژه (سال هفتم)، داده شده است. این توابع چگالی احتمال عبارتند از:

* تابع چگالی احتمال بار هر یک از مصرف کنندگان

* تابع چگالی احتمال حداکثر توان قابل دسترسی هر یک از تولید کنندگان

* تابع چگالی احتمال توان هر یک از خطوط انتقال

توابع چگالی احتمال ورودی را می توان بر اساس پیش بینی و تحلیل عدم قطعیت برآورد کرد و سپس با استفاده از معادلات پخش بار و توان و تکنیک های ریاضی مانند کانولوشن، توابع چگالی احتمال متغیرهای خروجی را محاسبه نمود.

۶-۲ خلاصه

در این فصل با بررسی روشهای موجود در طراحی توسعه انتقال، به مزایای هر کدام از این روشها نیز اشاره شد. در پایان فصل نیز ضمن بررسی اجمالی روش پخش بار احتمالی، بعضی از تکنیکهای مورد استفاده در این روش بیان شده است.

۳ بررسی روش پخش بار احتمالی

۱-۳ مقدمه:

همه ساله با افزایش جمعیت و توسعه ی صنایع به میزان مصرف انرژی در جوامع افزوده می شود. انرژی الکتریکی یکی از مهمترین صورتهای انرژی است که با توسعه ی جوامع همه ساله به میزان مصرف آن افزوده می شود. افزایش تقاضا برای مصرف انرژی الکتریکی، دارای عدم قطعیت^۱ هایی می باشد که باعث می شود برنامه ریزی توسعه تولید و انتقال به مسئله ای احتمالی^۲ مبدل شود. اطلاعات اساسی که از مطالعه پخش بار معمولی به دست می آید عبارتند از دامنه ولتاژ در هر شینه و توان حقیقی و مجازی که از خط عبور می کند. در مسائل احتمالی برخلاف مسائل معین^۳ با تابع چگالی احتمالی پارامترها روبرو هستیم بنابراین اطلاعات اساسی به دست آمده از پخش بار احتمالی عبارتند از:

۱- دامنه ی ولتاژ

۲- زاویه فاز ولتاژ

^۱ - uncertainty
^۲ - probabilistic
^۳ - deterministic

۳- توان حقیقی عبوری از خط انتقال

۴- توان مجازی عبوری از خط انتقال.

از پخش بار احتمالی می توان برای پیش بینی میزان پرشدگی خطوط در زمان معینی استفاده کرد. بدین ترتیب که بعد از محاسبه ی تابع چگالی احتمال توان اکتیو و راکتیو عبوری از خط انتقال، تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط محاسبه می شود. بدین ترتیب احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خط انتقال از حد مجاز خود قابل محاسبه است. اگر این احتمال از مقدار قابل قبولی بیشتر باشد احداث خط جدید به موازات خط پر شده از اولویت های توسعه انتقال به شمار می آید. در پخش بار احتمالی با مفاهیمی چون کامیولنتهای یک متغیر تصادفی، چند جمله ای های هرمیتین، سری Gram-charlier و ... روبرو می شویم که ابتدا به معرفی آنها می پردازیم.

۳-۲ کامیولنتهای یک متغیر تصادفی:

در تئوری آمار و احتمال، متغیر تصادفی X دارای امید ریاضی $\mu = E(X)$ و واریانس $\sigma^2 = E((X - \mu)^2)$

این دو به ترتیب کامیولنتهای اول و دوم متغیر تصادفی می باشد. کامیولنتهای مرتبه n توسط

تابع مولد کامیولنت^۴ تعیین می شود [۱۹]:

$$g(t) = \log(E(\exp(t.x))) = \sum_{n=1}^{\infty} K_n \cdot \frac{t^n}{n!} = \mu.t + \sigma^2 \cdot \frac{t^2}{2} + \dots \quad (1-3)$$

مشتق تابع مولد کامیولنت عبارت است از:

^۴ - Cumulent

$$g'(t) = \sum_{n=0}^{\infty} K_{n+1} \frac{t^n}{n!} = \mu + \sigma^2 t + \dots \quad (۲-۳)$$

حال کامیونتهای متغیر تصادفی X به صورت زیر بدست می آید :

$$K_1 = \mu = g'(0)$$

$$K_2 = \sigma^2 = g''(0) \quad (۳-۳)$$

$$K_n = g^{(n)}(0)$$

کامیونتهای مختلف متغیر تصادفی X را می توان از رابطه بازگشتی زیر نیز محاسبه کرد [۲۱]:

$$K_1 = \alpha_1$$

$$K_\gamma(X) = \alpha_\gamma - \sum_{i=1}^{\gamma-1} \binom{\gamma-1}{i} K_{\gamma-1} \alpha_i \quad (۴-۳)$$

که در آن α_γ ، گشتاور مرتبه ی n متغیر تصادفی X بوده و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\alpha_\gamma = \sum_{i=1}^{i=n} P_i X_i^\gamma \quad (۵-۳)$$

بعضی از ویژگی های کامیولنت ها در پیوست (الف) آورده شده است.

چند جمله ای های H (موسوم به چند جمله ای های هرمیتین) از رابطه (۶-۳) بدست می آیند:

$$H_n(x) = (-1)^n e^{\frac{x^2}{2}} \frac{d^n}{dx^n} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (۶-۳)$$

هشت جمله اول چند جمله ای های هرمیتین در رابطه (۷-۳) آورده شده است.

$$H_0(x) = 1$$

$$H_1(x) = x$$

$$H_2(x) = x^2 - 1$$

$$H_3(x) = x^3 - 3x$$

$$H_4(x) = x^4 - 6x^2 + 3 \quad (۷-۳)$$

$$H_5(x) = x^5 - 10x^3 + 15x$$

$$H_6(x) = x^6 - 15x^4 + 45x^2 - 15$$

$$H_7(x) = x^7 - 21x^5 + 105x^3 - 105x$$

$$H_8(x) = x^8 - 28x^6 + 210x^4 - 420x^2 + 105$$

روشهای مختلفی برای به دست آوردن تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی X وجود دارد استفاده از سری Gram-charlier یا سری Egewarth از جمله این روشهاست.

تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی X با استفاده از سری گرام چارلییر از رابطه (۴) بدست می آید [۱۹]:

$$f(x) = N(\bar{x}) \left(1 + \frac{g_3}{3!} H_3(\bar{x}) + \frac{g_4}{4!} H_4(\bar{x}) + \frac{g_5}{5!} H_5(\bar{x}) + \frac{g_6 + 10g_3^2}{6!} H_6(\bar{x}) + \frac{g_7 + 35g_3g_4}{7!} H_7(\bar{x}) + \frac{g_8 + 56g_3g_5 + 35g_4^2}{8!} H_8(\bar{x}) + \dots \right) \quad (۸-۳)$$

\bar{X} : متغیر تصادفی X که توسط $\bar{X} = \frac{X - \mu}{\delta}$ نرمالیزه شده است.

$N(\bar{x})$: تابع توزیع نرمال متغیر تصادفی نرمالیزه شده X

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_p}{\partial \delta} & \frac{\partial f_p}{\partial V} \\ \frac{\partial f_q}{\partial \delta} & \frac{\partial f_q}{\partial V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} \longrightarrow \Delta \omega = J_0 \Delta X \quad (12-3)$$

$$\Delta X = J_0^{-1} \Delta \omega = S_0 \Delta \omega \quad (13-3)$$

معادلات توان اکتیو و راکتیو عبوری از خط عبارت اند از:

$$P_{ij} = f_{p_{ij}}(V, \delta) = V_i V_j Y_{ij} \cos(\delta_j - \delta_i + \gamma_{ij}) - G_{ij} V_i^2 \quad (14-3)$$

$$Q_{ij} = f_{q_{ij}}(V, \delta) = -V_i V_j Y_{ij} \sin(\delta_j - \delta_i + \gamma_{ij}) + (B_{ij} - B_{p_{ij}}) V_i^2$$

که خطی سازی این معادلات حول نقطه ی تخمین اولیه توسط بسط تیلور روابط زیر را نتیجه می

دهد:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_{ij} \\ \Delta Q_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_{p_{ij}}}{\partial \delta} & \frac{\partial f_{p_{ij}}}{\partial V} \\ \frac{\partial f_{q_{ij}}}{\partial \delta} & \frac{\partial f_{q_{ij}}}{\partial V} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix} \longrightarrow \Delta Z = G_0 \Delta X \quad (15-3)$$

$$\Delta Z = G_0 S_0 \Delta \omega = T_0 \Delta \omega \quad (16-3)$$

۳-۴ پخش بار احتمالی:

طبق خواص کامیولنتها که در پیوست الف آورده شده است کامیولنت های ΔX با داشتن

کامیولنت های ΔW و کامیولنتهای J_0 قابل محاسبه است.

در رابطه ی (۱۳-۳) ، ΔW عبارت است از :

$$\Delta W = W - W_0 \quad (۱۷-۳)$$

طبق خواص کامیولنت ها، کامیولنتهای مرتبه ی مختلف ΔW به صورت زیر محاسبه می شود:

$$K_1(\Delta \omega) = K_1(W) + (-1)^1 K_1(W_0) = K_1(W) - W_0 \quad (۱۸-۳)$$

$$K_\gamma(\Delta W) = K_\gamma(W) \quad \text{for } n \geq 2$$

کامیولنت های مرتبه ی مختلف ماتریس T_0 و S_0 به صورت زیر تعریف می شود:

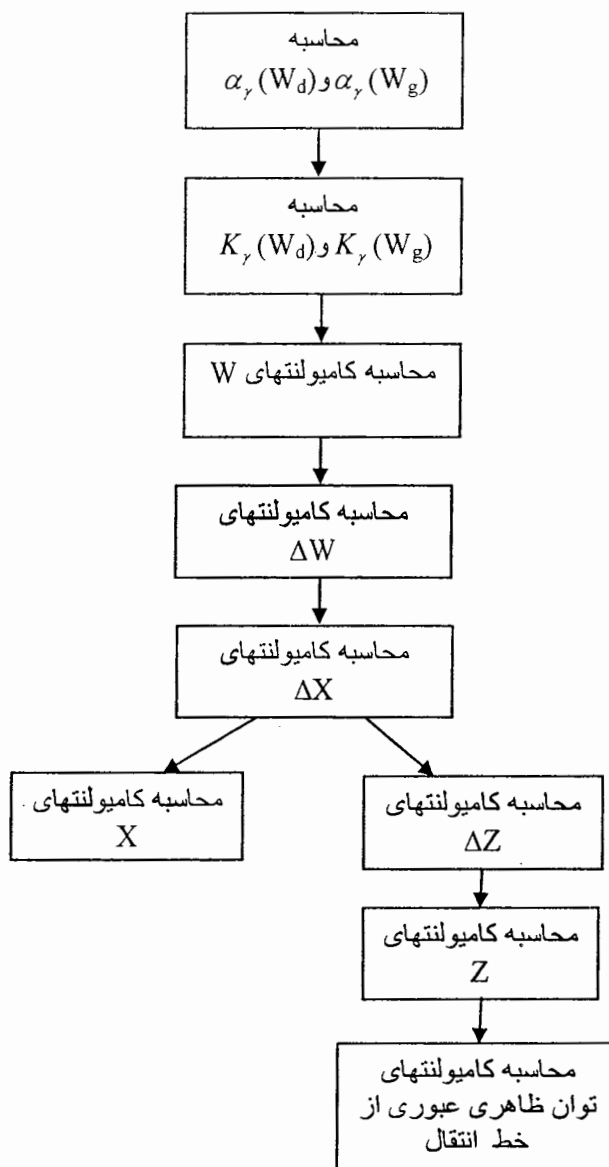
$$S_0^{(\gamma)}(i, j) = [S_0(i, j)]^\gamma \quad \text{و} \quad T_0^{(\gamma)}(i, j) = [T_0(i, j)]^\gamma \quad (۱۹-۳)$$

یعنی برای بدست آوردن کامیولنت های مرتبه ی مختلف ماتریس T_0 و S_0 ، باید هر کدام از درایه

های این ماتریسها به توان γ برسد.

روند محاسبه ی کامیولنت های توان اکتیو و راکتیو عبوری از خط در الگوریتم (۱-۳) آورده شده

است.



شکل (۱-۳): محاسبه کامیولنتهای توان اکتیو و راکتیو عبوری از خط انتقال

۱- محاسبه گشتاورهای مرتبه γ تولید و بار $(\alpha_\gamma(W_d)$ و $\alpha_\gamma(W_g))$:

گشتاورهای مرتبه γ متغیرهای تصادفی W_d و W_g از رابطه (۵-۳) محاسبه می شود.

۲- محاسبه کامیولنت های مرتبه γ تولید و بار $(K_\gamma(W_d)$ و $K_\gamma(W_g))$:

با توجه به گشتاورهای محاسبه شده در مرحله ی یک و رابطه ی (۳-۴) می توان کامیولنتهای مختلف W_d و W_g را بدست آورد.

۳- محاسبه کامیولنت های مرتبه γ توان تزریقی $(K_\gamma(W))$:

برای محاسبه کامیولنتهای W ابتدا باید کامیولنتهای W_d و W_g را محاسبه نمود. اکنون

کامیولنتهای W از رابطه $K_\gamma(W) = K_\gamma(W_g) + (-1)^\gamma \times K_\gamma(W_d)$ قابل محاسبه می باشند.

۴- محاسبه کامیولنت های مرتبه γ تغییرات توان تزریقی $(K_\gamma(\Delta W))$:

کامیولنتهای ΔW تنها در کامیولنت اول با کامیولنتهای W متفاوت است. کامیولنت اول ΔW به

صورت زیر محاسبه می شود:

$$K_1(\Delta W) = K_1(W) - W_0 \quad (۳-۲۰)$$

۵- محاسبه کامیولنتهای مرتبه γ تغییرات اندازه و زاویه ولتاژ $(K_\gamma(\Delta X))$:

برای محاسبه کامیولنتهای ΔX می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$K_\gamma(\Delta X) = (S_0)^\gamma \times K_\gamma(\Delta W) \quad (۳-۲۱)$$

که $K_\gamma(\Delta W)$ در مرحله ۴ محاسبه شده و ماتریس S_0 از پخش بار معمولی حول نقطه متوسط

بدست آمده است.

۶- محاسبه کامیولنتهای مرتبه γ اندازه و زاویه ولتاژ $(K_\gamma(X))$

کامیولنتهای ΔX تنها در کامیولنت اول با کامیولنتهای X متفاوت است. کامیولنت اول X به صورت زیر محاسبه می شود:

$$K_1(X) = K_1(\Delta X) + X_0 \quad (22-3)$$

۷- محاسبه کامیولنتهای ΔZ :

برای محاسبه کامیولنتهای ΔZ می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$K_\gamma(\Delta Z) = (T_0)^\gamma \times K_\gamma(\Delta W) \quad (23-3)$$

که $K_\gamma(\Delta W)$ در مرحله ۴ محاسبه شده است.

۸- محاسبه کامیولنتهای Z :

کامیولنتهای ΔZ تنها در کامیولنت اول با کامیولنتهای Z متفاوت است. کامیولنت اول ΔZ به صورت زیر محاسبه می شود:

$$K_1(Z) = K_1(\Delta X) + Z_0 \quad (24-3)$$

۹- محاسبه کامیولنتهای توان ظاهری عبوری از خط انتقال:

برای محاسبه کامیولنتهای توان ظاهری عبوری از خط انتقال، ابتدا رابطه ی غیر خطی

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

را با استفاده از بسط تیلور، حول نقطه ی کار (p_0, q_0) خطی می کنیم:

$$S = a_0 + a_1 P + a_2 Q \quad (25-3)$$

که در آن:

$$a_0 = \sqrt{p_0^2 + q_0^2} - \frac{p_0^2 + q_0^2}{\sqrt{p_0^2 + q_0^2}}$$

$$a_1 = \frac{p_0}{\sqrt{p_0^2 + q_0^2}} \quad (26-3)$$

$$a_2 = \frac{q_0}{\sqrt{p_0^2 + q_0^2}}$$

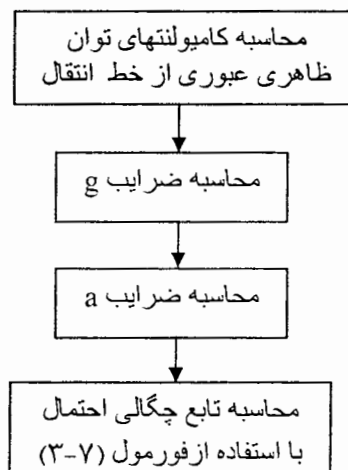
برای محاسبه کامیولنتهای توان ظاهری خط از رابطه ی خطی (۲۵-۳) و خواص ذکر شده در

پیوست (الف) استفاده می شود:

$$K_1(S_{ij}) = a_{0ij} + a_{1ij} K_1(P_{ij}) + a_{2ij} K_1(Q_{ij}) \quad (27-3)$$

$$K_\gamma(S_{ij}) = a_{1ij}' K_\gamma(P_{ij}) + a_{2ij}' K_\gamma(Q_{ij}) \quad \text{for } \gamma \geq 2$$

حال می توان تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی S را با استفاده از الگوریتم (۲-۳) بدست آورد.



شکل (۲-۳): محاسبه تابع چگالی احتمال توان ظاهری خط

فصل چهارم

طراحی توسعه انتقال برای یک
شبکه محلی با روش پخش بار
احتمالی

۳-۵ خلاصه

در این فصل برای توسعه انتقال توان از پخش بار احتمالی استفاده شد. بدین ترتیب که چگونگی محاسبه تابع چگالی احتمال توان ظاهری خطوط از روی کامیولنتهای توان ظاهری و با استفاده از سری گرام چارلیر توضیح داده شد. بعد از محاسبه ی تابع چگالی احتمال توان ظاهری هر خط، می توان احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خط از حد مجاز خود را محاسبه نمود. اگر این احتمال بیشتر از حد معینی باشد توسعه انتقال توان در این خط از اولویت بیشتری نسبت به سایر خطوط برخوردار است.

۴ طرح توسعه انتقال برای یک شبکه محلی با استفاده از

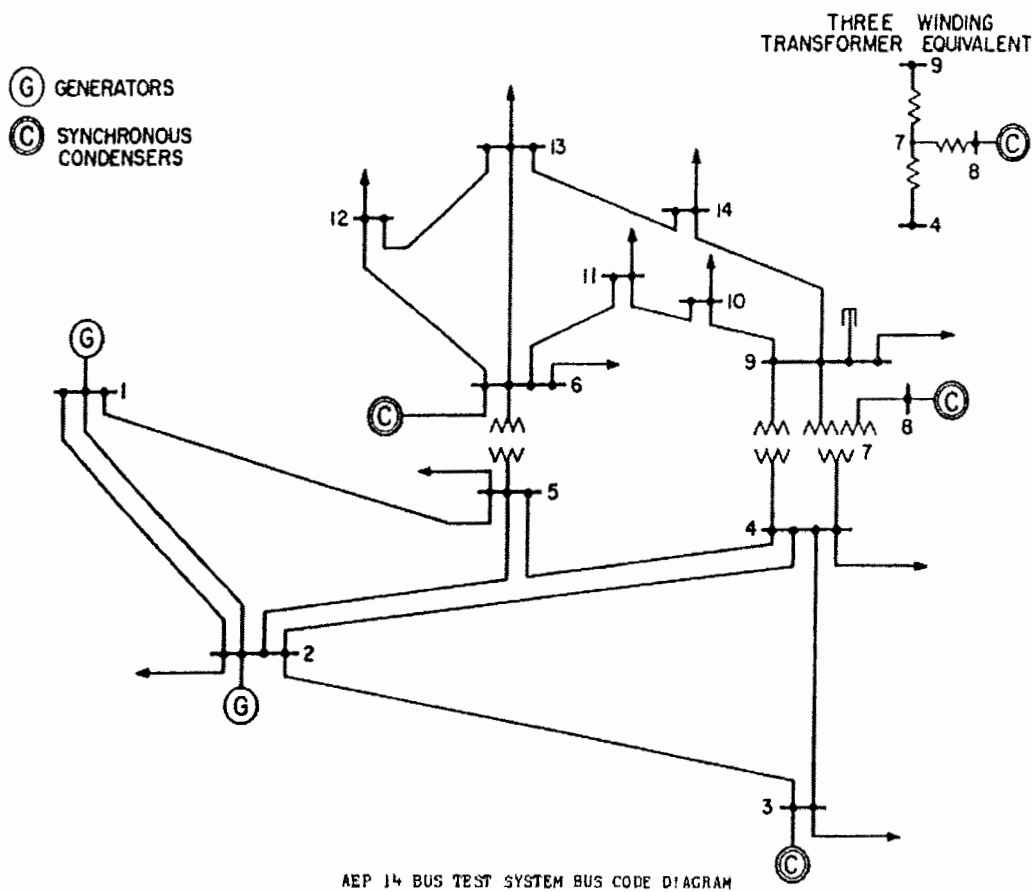
پخش بار احتمالی

۴-۱ مقدمه

در این فصل از پایان نامه، توسعه انتقال توان ابتدا برای شبکه ۱۴ باسه IEEE سپس برای سیستم غرب کشور مورد بررسی قرار می گیرد. در مطالعه این دو سیستم فرض می شود که سیستم در شرایط متقارن کار می کند بنابراین از مدل تک فاز سیستم استفاده می شود.

۴-۲ شبکه ۱۴ باسه IEEE:

دیاگرام تک خطی شبکه ۱۴ باسه IEEE در شکل (۴-۵) صفحه بعد نشان داده شده است.



شکل (۱-۴): دیاگرام تک خطی شبکه ۱۴ باسه IEEE

اطلاعات باسها و خطوط شبکه ۱۴ باسه به صورت زیر می باشد:

اطلاعات باسها:

جدول (۱-۴): اطلاعات باسهای شبکه ۱۴ باسه IEEE

Bus NO	BUS CODE	V	Angle deg	Load MW	Load Mvar	Gen MW	Gen Var	Gen	Qmin	Gen	Qmax	Injected Mvar
1	1	1.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1.04	0	0	0	18.3	0	0	0	0	0	0
3	2	1.01	0	0	0	-94.2	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	47.8	-3.9	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	7.6	1.6	0	0	0	0	0	0	0
6	2	1.07	0	0	0	-11.2	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2	1.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	29.5	16.6	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	0	9	5.8	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	0	3.5	1.8	0	0	0	0	0	0	0
12	0	1	0	6.1	1.6	0	0	0	0	0	0	0
13	0	1	0	13.5	5.8	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1	0	14.9	5	0	0	0	0	0	0	0

اطلاعات خطوط:

جدول (۲-۴): اطلاعات خطوط شبکه ۱۴ باسه IEEE

UNE NUM	Sending_bus	recieving_bus	R(PU)	X(PU)	1/2B	Tap
1	1	2	0.01938	0.05917	0.0132	1
2	1	5	0.05403	0.22304	0.0132	1
3	2	3	0.04699	0.19797	0.01095	1
4	2	4	0.05811	0.17632	0.00935	1
5	2	5	0.05695	0.17388	0.0085	1
6	3	4	0.06701	0.17103	0.00865	1
7	4	5	0.01335	0.04211	0.0032	1
8	4	7	0	0.20912	0	0.978
9	4	9	0	0.55618	0	0.969
10	5	6	0	0.25202	0	0.932
11	6	11	0.09498	0.1989	0	1
12	6	12	0.12241	0.25581	0	1
13	6	13	0.06615	0.13027	0	1
14	7	8	0	0.17615	0	1
15	7	9	0	0.11001	0	1
16	9	10	0.03181	0.0845	0	1
17	9	14	0.12711	0.27038	0	1
18	10	11	0.08205	0.19207	0	1
19	12	13	0.22092	0.19988	0	1
20	13	14	0.17093	0.34802	0	1

در نتیجه این پخش بار اندازه و زاویه ی ولتاژ باسها، توان اکتیو و راکتیو خطوط و نیز تلفات اکتیو و

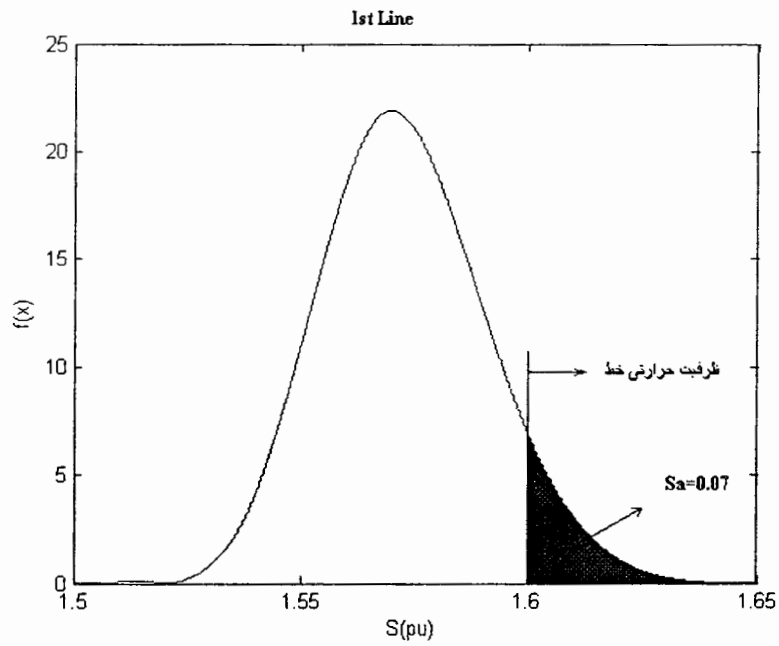
راکتیو مشخص می شود. بعد از انجام پخش بار می توان بقیه مراحل الگوریتم (۳-۱) را اجرا کرد.

بعد از انجام مراحل این الگوریتم تابع چگالی احتمال توان ظاهری خطوط مشخص می شود. به

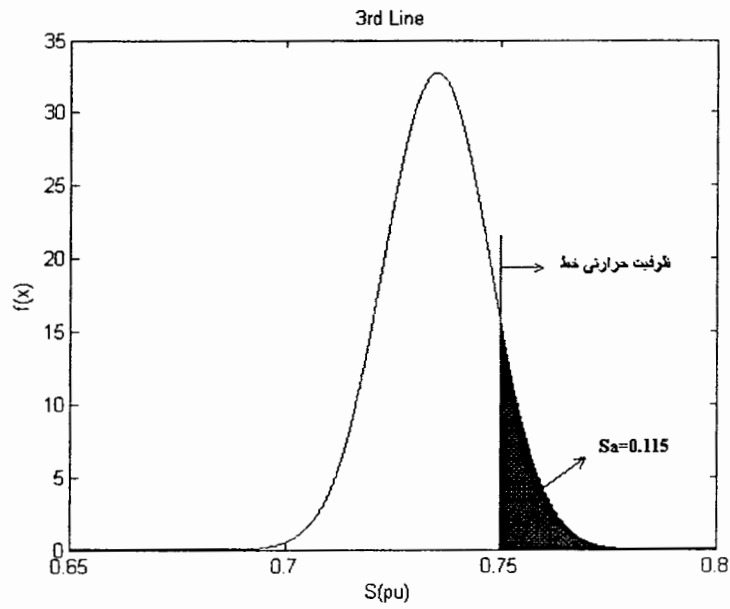
عنوان نمونه تابع چگالی احتمالی توان خطوط ۱ و ۳ و ۷ و ۱۰ در شکل‌های (۲-۴) و (۳-۴) و (۴-۴) و (۴-۴)

(۵) آورده شده است. تابع چگالی احتمال توان ظاهری بقیه خطوط، در ضمیمه (پ) آورده شده

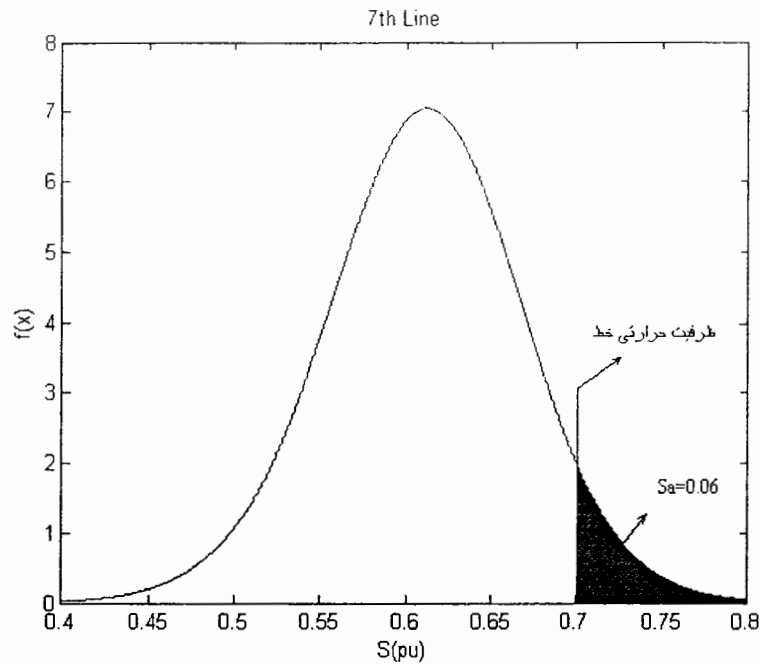
است.



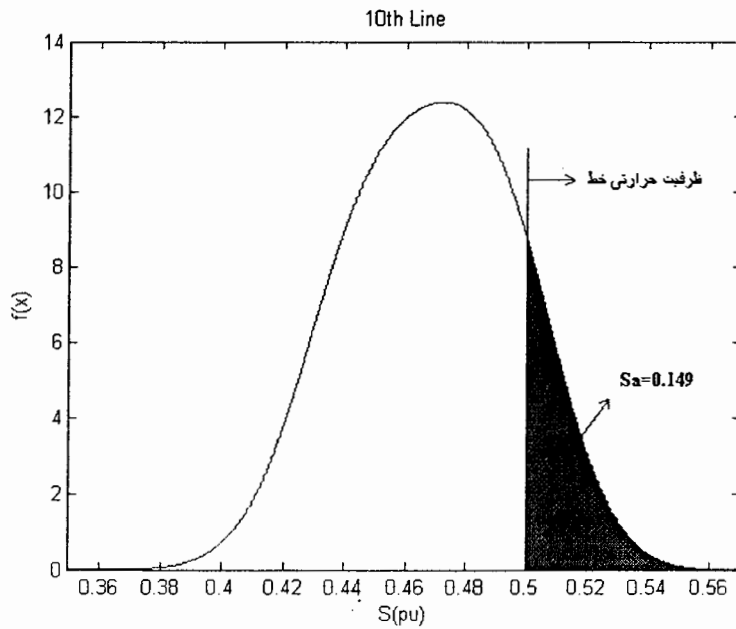
شکل (۴-۲): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۱



شکل (۴-۳): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۳



شکل (۴-۴): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۷



شکل (۴-۵): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۱۰

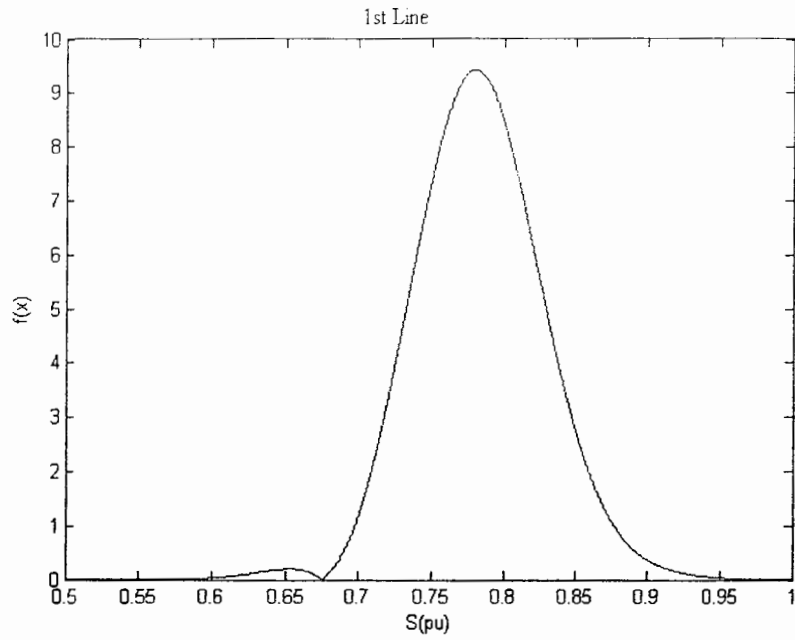
احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خط از حد مجاز خود به همراه حد حرارتی خط در جدول ۳-۴

آورده شده است.

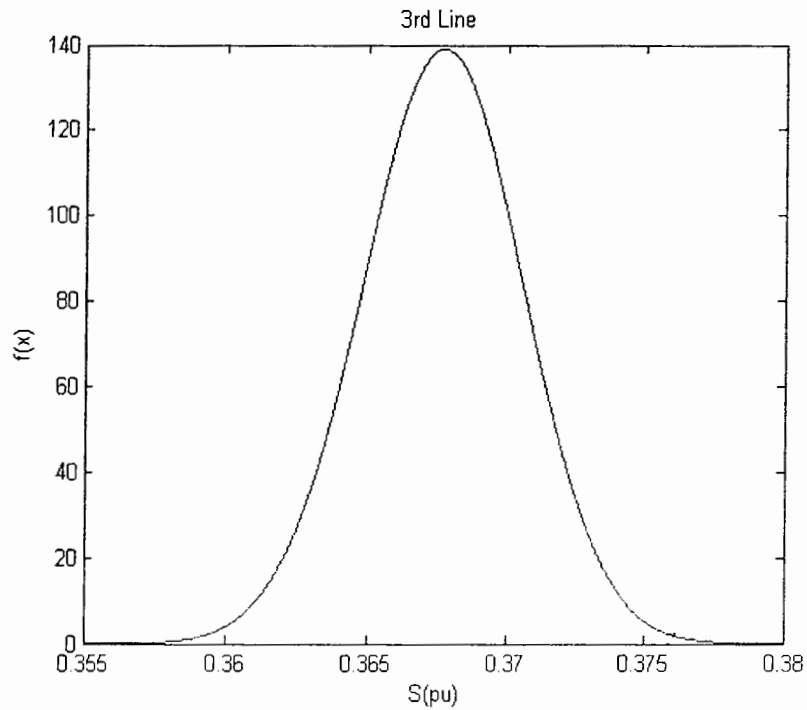
جدول ۴-۳: احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد مجاز

شماره خط	$P(X \geq S_{\max})$	حد حرارتی خط (MVA)
۱	0.07709424948597	160
۲	0	100
۳	0.11514034827094	75
۴	0	70
۵	0	70
۶	0	70
۷	0.0606139	70
۸	0	50
۹	0	50
۱۰	0.14918767088118	50
۱۱	0	50
۱۲	0	50
۱۳	0	50
۱۴	0	50
۱۵	0.00317380939659	50
۱۶	0	50
۱۷	0	50
۱۸	0	50
۱۹	0	50
۲۰	0	50

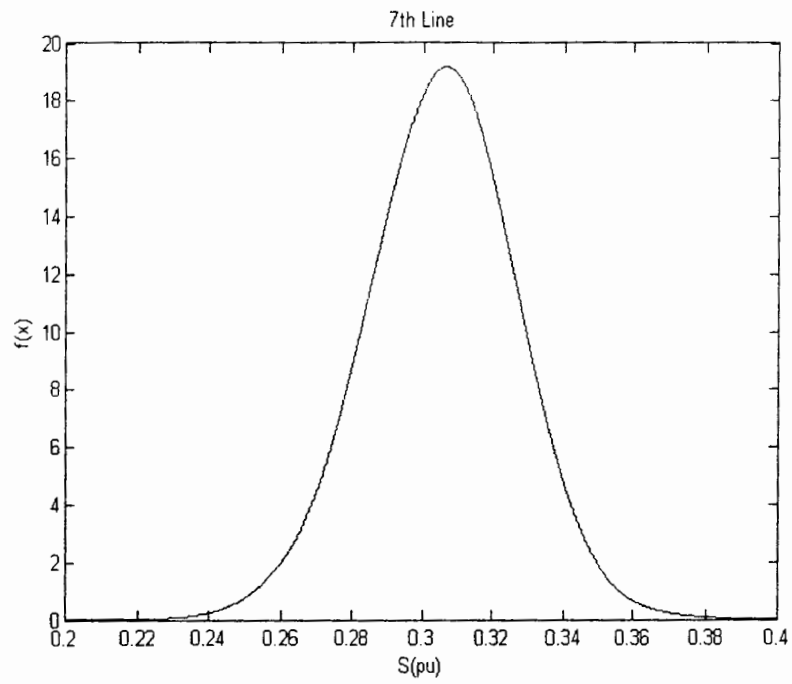
با بررسی اعداد این جدول متوجه می شویم که توان ظاهری عبوری از خطوط ۱ و ۳ و ۷ و ۱۰ بترتیب با احتمالهای ۷,۷ و ۱۱,۵۱ و ۶,۰۶ و ۱۴,۹ در صد بیشتر از حد مجاز خود خواهند بود بنابراین توسعه انتقال در این خطوط نسبت به خطوط دیگر از اولویت برخوردار است. اگر به موازات خطوط ۱ و ۳ و ۷ و ۱۰ خطوطی با مشخصات خطوط قبلی افزوده شود، ظرفیت انتقال توان خطوط فوق افزایش خواهد یافت و احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد حرارتیشان بطور چشمگیری کاهش می یابد. تابع چگالی احتمالی توان خطوط ۱ و ۳ و ۷ و ۱۰ بعد از افزایش ظرفیت خطوط در شکل‌های (۴-۶) و (۴-۷) و (۴-۸) و (۴-۹) آورده شده است.



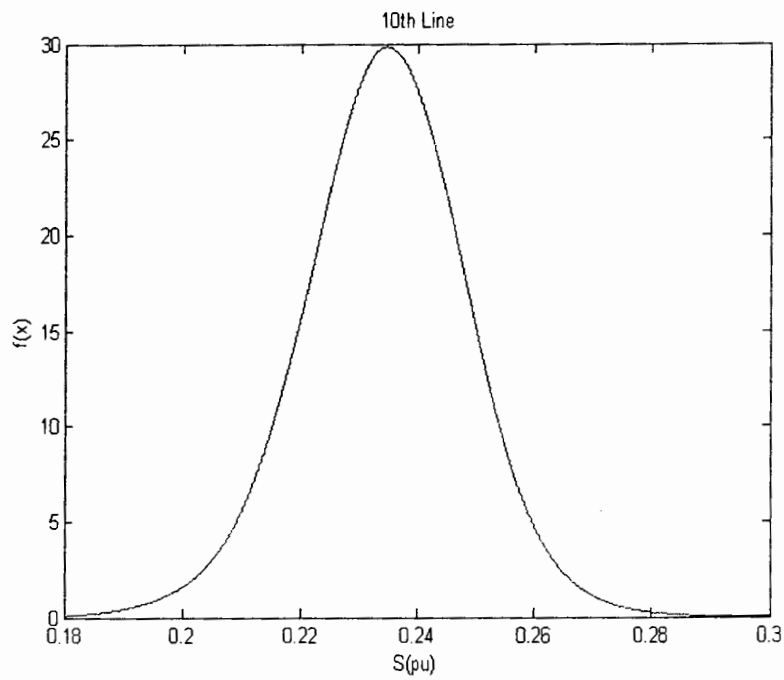
شکل (۴-۶): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۱ بعد از افزایش ظرفیت توان خط



شکل (۴-۷): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۳ بعد از افزایش ظرفیت توان خط



شکل (۴-۸): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۷ بعد از افزایش ظرفیت توان خط



شکل (۴-۹): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۱۰ بعد از افزایش ظرفیت توان خط

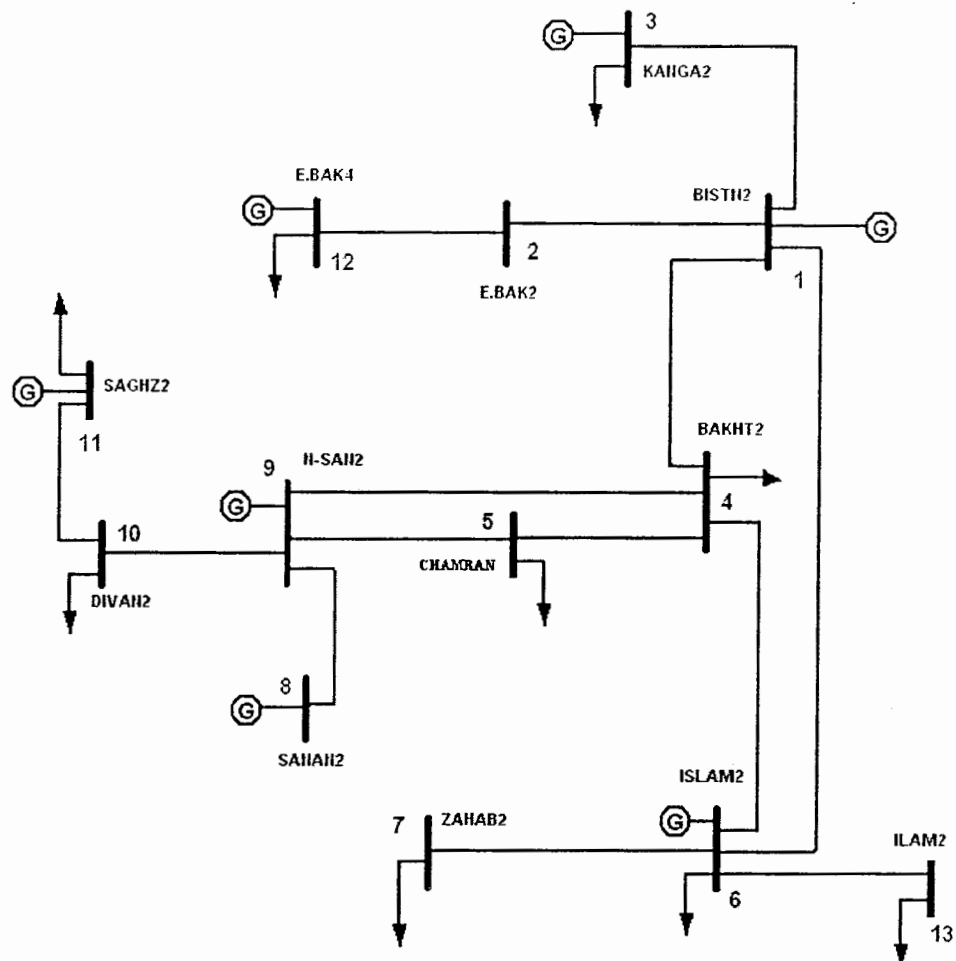
احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد حرارتیشان در حالت پایه و بعد از افزایش ظرفیت خطوط ۱ و ۳ و ۷ و ۱۰ در جدول ۴-۴ آورده شده است.

جدول ۴-۴: احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد حرارتیشان در حالت پایه و بعد از افزایش ظرفیت خطوط ۱ و ۳ و ۷ و ۱۰

شماره خط انتقال	$P(X \geq S_{max})$ در حالت پایه	$P(X \geq S_{max})$ بعد از توسعه خطوط ۱ و ۳ و ۷ و ۱۰
۱	0.0770942494	۰
۳	0.11514034827	۰
۷	0.0606139	۰
۱۰	0.1491876708	۰

۴-۳ شبکه برق غرب کشور

سیستم غرب شامل ۱۳ باس و ۱۴ خط می باشد. خطوط بین منطقه ای به صورت بار (در صورت مثبت بودن توان خروجی از منطقه) و یا به صورت ژنراتور (در صورت منفی بودن توان خروجی از منطقه) در نظر گرفته شده اند. بدین ترتیب و با توجه به اطلاعات موجود از شبکه ی غرب می توان گفت که در این شبکه، ۶ باس PV و ۶ باس PQ وجود دارد. نمودار تک خطی این سیستم در شکل (۴-۱) آورده شده است.



شکل (۴-۱۰): نمودار تک خطی سیستم غرب

توان اکتیو و راکتیو بارها و ژنراتورهای شبکه در هر ساعت از ۲۴ ساعت شبانه روز برای سه ماه تیر، مرداد و شهریورماه سال ۱۳۸۵ وجود دارد. برای در نظر گرفتن اثر همزمانی بارها، ۵ ساعت اوج مصرف از این ۲۴ ساعت مورد استفاده قرار گرفته است. طبق الگوریتم (۳-۱)، ابتدا پخش بار معمولی حول نقطه ی کار انجام می گیرد تا ماتریس $S_0 = J_0^{-1}$ بدست آید. اطلاعات ورودی برنامه پخش بار اطلاعات ورودی برنامه پخش بار معمولی (به روش نیوتون-رافسون) برای شبکه غرب عبارتند از:

اطلاعات باسها:

جدول (۴-۵): اطلاعات باسهای منطقه غرب

Bus no	Bus code	Voltage mag	Voltage ang	Load MW	Load Mvar	GEN MW	GEN Mvar	GEN Qmin	GEN Qmax	Injected Mvar
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	1	0	92.43	0	36.015	0	0	0	0
4	0	1	0	149.89	60.345	0	0	0	0	0
5	0	1	0	102.31	36.018	0	0	0	0	0
6	2	1	0	92.18	0	54.61	0	0	0	0
7	0	1	0	186.02	100.16	0	0	0	0	0
8	2	1	0	0	0	122.13	0	0	0	0
9	2	1	0	0	0	-169	0	0	0	0
10	0	1	0	54.05	7.226	0	0	0	0	0
11	2	1	0	63.47	0	46.062	0	0	0	0
12	2	1	0	3.166	0	38.17125	0	0	0	0
13	0	1	0	85.39	25.69	0	0	0	0	0

اطلاعات خطوط:

جدول (۴-۶): اطلاعات خطوط منطقه غرب

LINE NUM	Bus nl	Bus nr	R(pu)	X(pu)	0.5B	Line code
1	1	2	0.0001	0.0009	0.0008	1
2	1	3	0.0117	0.0689	0.0622	1
3	1	4	0.00135	0.01125	0.01985	1
4	1	6	0.0117	0.0689	0.0622	1
5	4	5	0.0033	0.0194	0.01825	1
6	4	6	0.0062	0.0364	0.0329	1
7	4	9	0.01608	0.0918	0.08892	1
8	5	9	0.0134	0.0765	0.0741	1
9	6	7	0.0052	0.03025	0.02825	1
10	6	13	0.0049	0.0264	0.02465	1
11	8	9	0.00067	0.003825	0.003705	1
12	9	10	0.00469	0.026775	0.025935	1
13	10	11	0.0107	0.0634	0.05725	1
14	12	2	0.00125	0.02525	0	1

در نتیجه این پخش بار اندازه و زاویه ی ولتاژ باسها، توان اکتیو و راکتیو خطوط و نیز تلفات اکتیو و

راکتیو مشخص می شود که نتایج عبارتند از:

جدول (۷-۴): نتایج بخش بار باسهای منطقه غرب

Power Flow Solution by Newton-Raphson Method

Maximum Power Mismatch = 0.000629468

No. of Iterations = 3

Bus No.	Voltage		-----Load-----		---Generation---		Injected Mvar
	Mag.	Angle Degree	MW	Mvar	MW	Mvar	
1	1.000	0.000	0.000	0.000	716.000	-17.754	0.000
2	1.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1.000	-2.300	92.428	0.000	36.015	4.528	0.000
4	0.992	-3.412	149.887	60.345	0.000	0.000	0.000
5	0.986	-5.116	102.306	36.018	0.000	0.000	0.000
6	1.000	-6.719	92.178	0.000	54.607	211.636	0.000
7	0.958	-9.783	186.023	100.160	0.000	0.000	0.000
8	1.000	-7.170	0.000	0.000	122.128	-21.460	0.000
9	1.000	-7.446	0.000	0.000	-169.783	48.167	0.000
10	0.998	-8.562	54.047	7.226	0.000	0.000	0.000
11	1.000	-9.232	63.467	0.000	46.062	0.095	0.000
12	1.000	0.526	3.166	0.000	38.171	-1.649	0.000
13	0.989	-7.958	85.388	25.687	0.000	0.000	0.000
Total			828.890	229.436	843.201	223.564	0.000

جدول (۸-۴): نتایج پخش بار خطوط منتقه غرب

Line Flow and Losses						
--Line--	Power at bus & line flow			--Line loss--		Transformer
from to	MW	Mvar	MVA	MW	Mvar	tap
1	716.000	-17.754	716.220			
2	-34.989	1.810	35.036	0.001	-0.149	
3	56.799	-14.696	58.669	0.386	-10.168	
4	527.545	19.736	527.914	3.763	27.423	
6	166.688	-24.558	168.488	3.290	6.936	
2	0.000	0.000	0.000			
1	34.990	-1.959	35.045	0.001	-0.149	
12	-34.990	1.959	35.045	0.015	0.310	
3	-56.413	4.528	56.595			
1	-56.413	4.529	56.595	0.386	-10.168	
4	-149.887	-60.345	161.579			
1	-523.781	7.687	523.837	3.763	27.423	
5	151.105	4.762	151.180	0.767	0.936	
6	150.007	-45.531	156.765	1.530	2.453	
9	72.782	-27.263	77.720	0.921	-12.387	
5	-102.306	-36.018	108.461			
4	-150.338	-3.826	150.387	0.767	0.936	
9	48.032	-32.192	57.822	0.404	-12.314	
6	-37.571	211.636	214.945			
1	-163.398	31.494	166.405	3.290	6.936	
4	-148.477	47.984	156.038	1.530	2.453	
7	188.525	109.298	217.917	2.502	9.139	
13	85.780	22.922	88.789	0.392	-2.765	
7	-186.023	-100.160	211.274			
6	-186.023	-100.160	211.274	2.502	9.139	
8	122.128	-21.460	123.999			
9	122.128	-21.460	123.999	0.103	-0.153	
9	-169.783	48.167	176.483			
4	-71.861	14.876	73.384	0.921	-12.387	
5	-47.628	19.878	51.610	0.404	-12.314	
8	-122.025	21.307	123.871	0.103	-0.153	
10	71.731	-7.878	72.162	0.243	-3.793	
10	-54.047	-7.226	54.528			
9	-71.488	4.086	71.605	0.243	-3.793	
11	17.441	-11.311	20.788	0.036	-11.216	
11	-17.405	0.095	17.405			
10	-17.405	0.095	17.405	0.036	-11.216	
12	35.005	-1.649	35.044			
2	35.006	-1.649	35.044	0.015	0.310	
13	-85.388	-25.687	89.168			
6	-85.387	-25.687	89.168	0.392	-2.765	
Total loss				14.353	-5.749	

حال می توان بقیه مراحل الگوریتم (۳-۱) را اجرا کرد. نتایج عددی هر مرحله در ادامه آمده است.

۱- محاسبه $\alpha_\gamma(W_g)$ و $\alpha_\gamma(W_d)$:

گشاورهای مرتبه ی n متغیرهای تصادفی W_g و W_d از رابطه (۳-۵) محاسبه می شود:

گشاورهای مختلف W_g (α_{w_g}):

جدول (۴-۹): مقادیر گشاورهای مختلف تولید (W_g)

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS3	0.360146	0.264545	0.187686	0.158715	0.136106	0.125867	0.118406	0.115901
BUS4	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS5	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS6	0.546075	0.461788	0.440469	0.456492	0.496586	0.558966	0.644929	0.75864
BUS7	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS8	1.221278	2.209258	4.472818	10.00868	23.62754	58.13668	147.3836	382.8221
BUS9	-1.69783	4.538464	-12.9951	38.72426	-118.166	365.8865	-1143.66	3597.964
BUS10	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS11	0.46062	0.789157	0.736038	1.403958	1.701007	3.39127	4.96063	10.05048
BUS12	0.381713	1.750599	2.266872	8.86856	19.44094	70.14203	197.213	695.6591
BUS13	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS4	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS5	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS7	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS10	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS13	0	0	0	0	0	0	0	0

گشاورهای مختلف W_d (α_{w_d}):

جدول (۴-۱۰): مقادیر گشاورهای مختلف بار (W_d)

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS3	0.924278	0.916559	0.96008	1.049113	1.184978	1.374364	1.628954	1.96593
BUS4	1.498871	2.298869	3.606144	5.781004	9.460766	15.78527	26.81397	46.30295
BUS5	1.023064	1.073639	1.151902	1.259954	1.401602	1.582374	1.8097	2.093245
BUS6	0.92178	0.871589	0.844633	0.837962	0.850042	0.880508	0.930028	1.000278
BUS7	1.860233	3.501838	6.642514	12.67354	24.29666	46.77152	90.36259	175.1478
BUS8	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS9	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS10	0.540473	0.305261	0.17969	0.109948	0.069777	0.045863	0.031197	0.021958
BUS11	0.634669	0.421825	0.290997	0.206913	0.150864	0.112374	0.08529	0.065838
BUS12	0.031657	3.216279	-0.57631	26.61188	-22.1998	316.6568	-525.414	4695.712
BUS13	0.853875	0.770888	0.742674	0.775942	0.898298	1.173597	1.734844	2.851507
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS4	0.60345	0.434339	0.363366	0.345479	0.365764	0.423826	0.530182	0.708244
BUS5	0.36018	0.152284	0.072056	0.037796	0.022007	0.014265	0.010276	0.008142
BUS7	1.001599	1.058611	1.137949	1.237397	1.357655	1.50104	1.670947	1.871801
BUS10	0.072259	0.006325	0.000618	6.54E-05	7.35E-06	8.68E-07	1.07E-07	1.36E-08
BUS13	0.256871	0.072331	0.022353	0.007622	0.002879	0.001203	0.000552	0.000274

۲- محاسبه $K_g(W_d)$ و $K_g(W_g)$:

با توجه به گشتاورهای محاسبه شده در مرحله ی یک و رابطه ی (۳-۴) می توان کامیولنتهای

مختلف W_d و W_g را بدست آورد. کامیولنتهای مختلف W_g (K_{w_g}):

جدول (۴-۱۱): مقادیر کامیولنتهای مختلف تولید (W_g)

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS3	0.360146	0.134839	-0.00471	-0.0108	0.000754	0.005902	-0.00102	-0.00724	
BUS4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS6	0.546075	0.16359	0.009634	-0.02645	-0.00983	0.02097	0.018735	-0.03485	
BUS7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS8	1.221278	0.717739	0.021583	-0.28997	-0.30669	0.676261	2.538904	-3.46416	
BUS9	-1.69783	1.655846	0.333104	-4.18753	-3.85692	45.24838	93.21663	-1041.48	
BUS10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS11	0.46062	0.576986	-0.15901	-0.08135	0.25835	-0.22525	-0.37974	2.047759	
BUS12	0.381713	1.604894	0.37343	-0.85294	-1.11671	0.153356	1.200678	24.4365	
BUS13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS13	0	0	0	0	0	0	0	0	0

کامیولنتهای مختلف W_d (K_{w_d}):

جدول (۴-۱۲): مقادیر کامیولنتهای مختلف بار (W_d)

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS3	0.924278	0.06227	-0.00218	-0.00343	0.000873	0.000869	-0.00062	-0.00045	
BUS4	1.498871	0.052254	0.003791	-0.00156	-0.00087	0.000153	0.000366	5.73E-05	
BUS5	1.023064	0.026979	-0.0017	-0.00019	1.57E-05	3.4E-05	1.35E-07	-1.4E-05	
BUS6	0.92178	0.02191	0.000827	-0.00018	-5.7E-05	6.24E-06	6.71E-06	-2E-07	
BUS7	1.860233	0.041373	-0.02565	0.025401	-0.02851	0.031586	-0.02887	0.005923	
BUS8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS10	0.540473	0.01315	0.000491	-8.1E-06	2.01E-05	9.96E-06	-4.4E-07	-1.8E-06	
BUS11	0.634669	0.019021	-0.00087	-0.00019	8.9E-05	6.71E-06	-1.6E-05	1.79E-06	
BUS12	0.031657	3.215277	-0.8817	-4.30981	1.930283	22.76547	97.66586	-331.779	
BUS13	0.853875	0.041786	0.013072	0.011669	0.01129	0.009206	0.004331	-0.00501	
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS4	0.60345	0.070187	0.016556	0.004779	0.000591	-0.00083	-0.00097	-0.00071	
BUS5	0.36018	0.022554	0.000959	0.000503	0.000292	9.47E-05	2.02E-05	-9.7E-06	
BUS7	1.001599	0.05541	-0.03335	0.02187	-0.00972	-0.00494	0.021415	-0.03365	
BUS10	0.072259	0.001104	1.53E-06	-5.8E-07	2.71E-09	1.64E-09	-6.2E-11	-1.2E-11	
BUS13	0.256871	0.006348	0.000512	0.000108	2.02E-05	3.12E-06	-4E-07	-7.3E-07	

۳- محاسبه کامیولنتهای W :

برای محاسبه کامیولنتهای W ابتدا باید کامیولنتهای W_g و W_d را محاسبه نمود. سپس طبق

رابطه $K_\gamma(W) = K_\gamma(W_g) + (-1)^\gamma \times K_\gamma(W_d)$ کامیولنتهای W را محاسبه نمود.

کامیولنتهای مختلف W (K_w):

جدول (۴-۱۳): مقادیر کامیولنتهای مختلف W

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS3	-0.56413	0.197109	-0.00253	-0.01423	-0.00012	0.006771	-0.00041	-0.00769
BUS4	-1.49887	0.052254	-0.00379	-0.00156	0.000868	0.000153	-0.00037	5.73E-05
BUS5	-1.02306	0.026979	0.001702	-0.00019	-1.6E-05	3.4E-05	-1.4E-07	-1.4E-05
BUS6	-0.37571	0.1855	0.008807	-0.02663	-0.00978	0.020977	0.018728	-0.03485
BUS7	-1.86023	0.041373	0.025647	0.025401	0.028507	0.031586	0.028873	0.005923
BUS8	1.221278	0.717739	0.021583	-0.28997	-0.30669	0.676261	2.538904	-3.46416
BUS9	-1.69783	1.655846	0.333104	-4.18753	-3.85692	45.24838	93.21663	-1041.48
BUS10	-0.54047	0.01315	-0.00049	-8.1E-06	-2E-05	9.96E-06	4.39E-07	-1.8E-06
BUS11	-0.17405	0.596007	-0.15814	-0.08154	0.258261	-0.22525	-0.37973	2.047761
BUS12	0.350055	4.820171	1.255135	-5.16275	-3.04699	22.91882	-96.4652	-307.343
BUS13	-0.85388	0.041786	-0.01307	0.011669	-0.01129	0.009206	-0.00433	-0.00501
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS4	-0.60345	0.070187	-0.01656	0.004779	-0.00059	-0.00083	0.000967	-0.00071
BUS5	-0.36018	0.022554	-0.00096	0.000503	-0.00029	9.47E-05	-2E-05	-9.7E-06
BUS7	-1.0016	0.05541	0.033352	0.02187	0.009716	-0.00494	-0.02142	-0.03365
BUS10	-0.07226	0.001104	-1.5E-06	-5.8E-07	-2.7E-09	1.64E-09	6.24E-11	-1.2E-11
BUS13	-0.25687	0.006348	-0.00051	0.000108	-2E-05	3.12E-06	4.01E-07	-7.3E-07

۴- محاسبه کامیولنتهای ΔW :

کامیولنتهای ΔW تنها در کامیولنت اول با کامیولنتهای W متفاوت است. کامیولنت اول ΔW از

رابطه (۳-۲۰) محاسبه می شود.

جدول (۴-۱۴): مقادیر ۸ کامیولنت اول ΔW

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BUS3	-3E-15	0.197109	-0.00253	-0.01423	-0.00012	0.006771	-0.00041	-0.00769	
BUS4	0	0.052254	-0.00379	-0.00156	0.000868	0.000153	-0.00037	5.73E-05	
BUS5	-4E-15	0.026979	0.001702	-0.00019	-1.6E-05	3.4E-05	-1.4E-07	-1.4E-05	
BUS6	-2E-15	0.1855	0.008807	-0.02663	-0.00978	0.020977	0.018728	-0.03485	
BUS7	-1E-15	0.041373	0.025647	0.025401	0.028507	0.031586	0.028873	0.005923	
BUS8	0	0.717739	0.021583	-0.28997	-0.30669	0.676261	2.538904	-3.46416	
BUS9	0	1.655846	0.333104	-4.18753	-3.85692	45.24838	93.21663	-1041.48	
BUS10	-1E-15	0.01315	-0.00049	-8.1E-06	-2E-05	9.96E-06	4.39E-07	-1.8E-06	
BUS11	-1E-15	0.596007	-0.15814	-0.08154	0.258261	-0.22525	-0.37973	2.047761	
BUS12	1E-15	4.820171	1.255135	-5.16275	-3.04699	22.91882	-96.4652	-307.343	
BUS13	-2E-15	0.041786	-0.01307	0.011669	-0.01129	0.009206	-0.00433	-0.00501	
BUS2	0	0	0	0	0	0	0	0	
BUS4	-1E-15	0.070187	-0.01656	0.004779	-0.00059	-0.00083	0.000967	-0.00071	
BUS5	0	0.022554	-0.00096	0.000503	-0.00029	9.47E-05	-2E-05	-9.7E-06	
BUS7	1E-15	0.05541	0.033352	0.02187	0.009716	-0.00494	-0.02142	-0.03365	
BUS10	0	0.001104	-1.5E-06	-5.8E-07	-2.7E-09	1.64E-09	6.24E-11	-1.2E-11	
BUS13	-1E-15	0.006348	-0.00051	0.000108	-2E-05	3.12E-06	4.01E-07	-7.3E-07	

۵- کامیولنتهای مختلف ΔX ($K_{\Delta X}$):

برای محاسبه کامیولنتهای ΔX می توان از رابطه (۳-۲۱) استفاده کرد.

جدول (۴-۱۵): مقادیر کامیولنتهای مختلف ΔX

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	
BUS2	0	3.95E-06	9.31E-10	-3.5E-12	-2E-15	0	0	0	
BUS3	0	0.001006	-9.2E-07	-3.7E-07	-2.2E-10	8.99E-10	-3.9E-12	-5.2E-12	
BUS4	0	0.000365	2.39E-07	-6E-08	-5.5E-10	6.87E-11	1.54E-12	-1.8E-13	
BUS5	0	0.001341	1.77E-06	-8.6E-07	-1.5E-08	3.74E-09	1.63E-10	-3.7E-11	
BUS6	0	0.000395	6.63E-07	-1.5E-09	1.63E-10	5.15E-11	1.06E-12	-2.7E-14	
BUS7	0	0.000518	6.17E-06	3.62E-07	2.63E-08	1.89E-09	1.06E-10	1.33E-12	
BUS8	0	0.011304	4.3E-05	-6.2E-05	-3.2E-06	2.23E-06	2.84E-07	-1.9E-07	
BUS9	0	0.010952	4.2E-05	-6.1E-05	-3.1E-06	2.22E-06	2.8E-07	-1.8E-07	
BUS10	0	0.013483	-3.3E-05	-6.5E-05	-1.9E-06	2.12E-06	2.64E-07	-1.8E-07	
BUS11	0	0.02299	-0.0005	-0.00011	1.93E-05	-8.2E-07	-5.1E-07	4.76E-07	
BUS12	0	0.003311	2.26E-05	-2.4E-06	-3.8E-08	7.43E-09	-8.2E-10	-6.8E-11	
BUS13	0	0.000492	-1.4E-06	1.1E-07	-6.2E-09	3.53E-10	-7.1E-12	-5.6E-13	
BUS2	0	9.98E-09	1.18E-13	0	0	0	0	0	
BUS4	0	5.91E-06	-6.9E-09	1.44E-11	-1.6E-14	0	0	0	
BUS5	0	1.58E-05	-1.2E-08	9.25E-11	-1.1E-12	7E-15	0	0	
BUS7	0	6.21E-05	1.19E-06	2.56E-08	3.73E-10	-6.2E-12	-8.9E-13	-4.6E-14	
BUS10	0	8.94E-07	-9.7E-11	-9.9E-14	0	0	0	0	
BUS13	0	5.91E-06	-1.2E-08	6.82E-11	-3.5E-13	1E-15	0	0	

۶- محاسبه $K_r(X)$ و $K_r(\Delta Z)$:

کامیولنت اول X از رابطه (۳-۲۲) محاسبه می شود.

کامیولنتهای مختلف X $K_r(X)$:

جدول (۴-۱۶): مقادیر کامیولنتهای مختلف X

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th
BUS2	0.01815	3.95E-06	9.31E-10	-3.5E-12	-2E-15	0	0	0
BUS3	-2.29968	0.001006	-9.2E-07	-3.7E-07	-2.2E-10	8.99E-10	-3.9E-12	-5.2E-12
BUS4	-3.41227	0.000365	2.39E-07	-6E-08	-5.5E-10	6.87E-11	1.54E-12	-1.8E-13
BUS5	-5.11613	0.001341	1.77E-06	-8.6E-07	-1.5E-08	3.74E-09	1.63E-10	-3.7E-11
BUS6	-6.71864	0.000395	6.63E-07	-1.5E-09	1.63E-10	5.15E-11	1.06E-12	-2.7E-14
BUS7	-9.78328	0.000518	6.17E-06	3.62E-07	2.63E-08	1.89E-09	1.06E-10	1.33E-12
BUS8	-7.16999	0.011304	4.3E-05	-6.2E-05	-3.2E-06	2.23E-06	2.84E-07	-1.9E-07
BUS9	-7.44574	0.010952	4.2E-05	-6.1E-05	-3.1E-06	2.22E-06	2.8E-07	-1.8E-07
BUS10	-8.56239	0.013483	-3.3E-05	-6.5E-05	-1.9E-06	2.12E-06	2.64E-07	-1.8E-07
BUS11	-9.23151	0.02299	-0.0005	-0.00011	1.93E-05	-8.2E-07	-5.1E-07	4.76E-07
BUS12	0.52576	0.003311	2.26E-05	-2.4E-06	-3.8E-08	7.43E-09	-8.2E-10	-6.8E-11
BUS13	-7.9582	0.000492	-1.4E-06	1.1E-07	-6.2E-09	3.53E-10	-7.1E-12	-5.6E-13
BUS2	1.000018	9.98E-09	1.18E-13	0	0	0	0	0
BUS4	0.992194	5.91E-06	-6.9E-09	1.44E-11	-1.6E-14	0	0	0
BUS5	0.986322	1.58E-05	-1.2E-08	9.25E-11	-1.1E-12	7E-15	0	0
BUS7	0.957649	6.21E-05	1.19E-06	2.56E-08	3.73E-10	-6.2E-12	-8.9E-13	-4.6E-14
BUS10	0.99824	8.94E-07	-9.7E-11	-9.9E-14	0	0	0	0
BUS13	0.989326	5.91E-06	-1.2E-08	6.82E-11	-3.5E-13	1E-15	0	0

کامیولنتهای مختلف ΔZ $K_r(\Delta Z)$:

برای محاسبه کامیولنتهای ΔZ می توان از رابطه (۳-۲۳) استفاده کرد، که کامیولنتهای مختلف

ΔZ به صورت زیر به دست می آید.

جدول (۴-۱۷): مقادیر کامیولنتهای مختلف ΔZ

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th
Pline1	-1E-15	4.799085	-1.24691	-5.11768	3.013776	22.61936	94.99629	-302
Pline2	-2E-15	0.058227	-0.00041	-0.00124	-5.6E-06	0.000175	-5.7E-06	-5.9E-05
Pline3	-9E-15	2.688139	0.151464	-3.24751	-2.54289	27.45774	52.63074	-528.885
Pline4	3E-15	0.075143	-0.00174	-5.5E-05	-8.2E-05	0.000356	-0.0001	-3.5E-05
Pline5	-2E-15	0.111163	-0.01116	0.003971	-0.00202	0.000649	-6.5E-05	-0.0003
Pline6	-3E-15	0.127956	0.005066	0.001534	0.0009	0.003545	0.001539	-0.00066
Pline7	-1E-15	0.470174	0.011868	-0.11243	-0.03798	0.17679	0.146177	-0.6336
Pline8	-1E-15	0.260176	0.00474	-0.03357	-0.00839	0.028855	0.017637	-0.05652
Pline9	-1E-15	0.045108	0.028071	0.028502	0.032905	0.037519	0.035294	0.007452
Pline10	0	0.009632	-7.1E-05	0.000189	1.4E-05	9.71E-06	1.34E-06	-8.6E-07
Pline11	0	0.730824	0.022176	-0.30063	-0.32086	0.713925	2.704628	-3.72377
Pline12	1E-15	0.201404	0.030331	-0.009	-0.01643	-0.00826	0.008023	0.024938
Pline13	1E-15	0.4652	0.109028	-0.04967	-0.13896	-0.10707	0.159454	0.759644
Pline14	1E-15	3.891126	0.910353	-3.3644	-1.78403	12.05677	-45.5948	-130.519
Qline1	0	0.029763	0.000609	-0.0002	-9.1E-06	5.4E-06	-1.8E-06	-4.5E-07
Qline2	3E-15	0.147692	0.00164	-0.00799	5.76E-05	0.002848	0.000149	-0.00242
Qline3	-3E-15	0.156071	-0.00305	-0.0056	-0.00114	0.002364	0.00102	-0.00209
Qline4	1E-15	0.005633	-3.6E-05	-3.1E-07	-1.3E-07	1.5E-07	-1.2E-08	-1.1E-09
Qline5	3E-15	0.655749	-0.02322	-0.1807	0.069118	0.363275	-0.33869	-1.65568
Qline6	-1E-15	0.037878	-0.00352	0.000589	-5.1E-05	-3.4E-05	2.47E-05	-1.1E-05
Qline7	-1E-15	0.405077	0.009125	-0.0815	-0.02541	0.109138	0.083269	-0.33305
Qline8	0	0.458806	-0.0113	-0.10146	0.033413	0.151735	-0.1223	-0.51678
Qline9	1E-15	0.062899	0.040334	0.028178	0.013338	-0.00722	-0.03337	-0.05587
Qline10	3E-15	0.039506	0.01168	0.010018	0.009329	0.007322	0.003316	-0.00369
Qline11	0	0.007709	2.4E-05	-3.3E-05	-3.7E-06	8.38E-07	3.26E-07	-4.6E-08
Qline12	2E-15	0.431472	0.094226	-0.04069	-0.10829	-0.07938	0.11248	0.509799
Qline13	0	0.136062	0.017223	-0.00424	-0.00641	-0.00267	0.002151	0.005539
Qline14	0	0.937722	0.107698	-0.19539	-0.05086	0.168743	-0.31326	-0.44022

۷- کامیولنتهای مختلف $Z (K_z)$:

کامیولنتهای ΔZ تنها در کامیولنت اول با کامیولنتهای Z متفاوت است. کامیولنت اول ΔZ از

رابطه (۳-۲۴) محاسبه می شود.

جدول (۴-۱۸): مقادیر ۸ کامیولنت اول ΔZ

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th
Pline1	-0.39989	4.799085	-1.24691	-5.11768	3.013776	22.61936	94.99629	-302
Pline2	0.56799	0.058227	-0.00041	-0.00124	-5.6E-06	0.000175	-5.7E-06	-5.9E-05
Pline3	5.27545	2.688139	0.151464	-3.24751	-2.54289	27.45774	52.63074	-528.885
Pline4	1.66688	0.075143	-0.00174	-5.5E-05	-8.2E-05	0.000356	-0.0001	-3.5E-05
Pline5	1.51105	0.111163	-0.01116	0.003971	-0.00202	0.000649	-6.5E-05	-0.0003
Pline6	1.5001	0.127956	0.005066	0.001534	0.0009	0.003545	0.001539	-0.00066
Pline7	0.72782	0.470174	0.011868	-0.11243	-0.03798	0.17679	0.146177	-0.6336
Pline8	0.48032	0.260176	0.00474	-0.03357	-0.00839	0.028855	0.017637	-0.05652
Pline9	1.88525	0.045108	0.028071	0.028502	0.032905	0.037519	0.035294	0.007452
Pline10	0.8578	0.009632	-7.1E-05	0.000189	1.4E-05	9.71E-06	1.34E-06	-8.6E-07
Pline11	1.22128	0.730824	0.022176	-0.30063	-0.32086	0.713925	2.704628	-3.72377
Pline12	0.71732	0.201404	0.030331	-0.009	-0.01643	-0.00826	0.008023	0.024938
Pline13	0.17441	0.4652	0.109028	-0.04967	-0.13896	-0.10707	0.159454	0.759644
Pline14	0.35	3.891126	0.910353	-3.3644	-1.78403	12.05677	-45.5948	-130.519
Qline1	0.018	0.029763	0.000609	-0.0002	-9.1E-06	5.4E-06	-1.8E-06	-4.5E-07
Qline2	-0.14696	0.147692	0.00164	-0.00799	5.76E-05	0.002848	0.000149	-0.00242
Qline3	0.19736	0.156071	-0.00305	-0.0056	-0.00114	0.002364	0.00102	-0.00209
Qline4	-0.24558	0.005633	-3.6E-05	-3.1E-07	-1.3E-07	1.5E-07	-1.2E-08	-1.1E-09
Qline5	0.04762	0.655749	-0.02322	-0.1807	0.069118	0.363275	-0.33869	-1.65568
Qline6	-0.45531	0.037878	-0.00352	0.000589	-5.1E-05	-3.4E-05	2.47E-05	-1.1E-05
Qline7	-0.27263	0.405077	0.009125	-0.0815	-0.02541	0.109138	0.083269	-0.33305
Qline8	-0.32192	0.458806	-0.0113	-0.10146	0.033413	0.151735	-0.1223	-0.51678
Qline9	1.09298	0.062899	0.040334	0.028178	0.013338	-0.00722	-0.03337	-0.05587
Qline10	0.22922	0.039506	0.01168	0.010018	0.009329	0.007322	0.003316	-0.00369
Qline11	-0.2146	0.007709	2.4E-05	-3.3E-05	-3.7E-06	8.38E-07	3.26E-07	-4.6E-08
Qline12	-0.07878	0.431472	0.094226	-0.04069	-0.10829	-0.07938	0.11248	0.509799
Qline13	-0.11311	0.136062	0.017223	-0.00424	-0.00641	-0.00267	0.002151	0.005539
Qline14	-0.0165	0.937722	0.107698	-0.19539	-0.05086	0.168743	-0.31326	-0.44022

۸- کامیولنتهای مختلف توان ظاهری عبوری از خط انتقال (K_s):

برای محاسبه کامیولنتهای توان ظاهری خط از رابطه (۳-۲۷) استفاده می شود.

جدول (۴-۱۹): مقادیر کامیولنتهای توان ظاهری خطوط

	first	second	3rd	4th	5th	6th	7th	8th
Sline1	0.400295	4.789441	1.243128	-5.09701	-2.99856	22.48243	-94.3257	-299.565
Sline2	0.586694	0.063841	-0.00039	-0.00112	-4.8E-06	0.000144	-4.6E-06	-4.5E-05
Sline3	5.27914	2.6846	0.151146	-3.23844	-2.53401	27.34277	52.37373	-525.934
Sline4	1.684873	0.073666	-0.00169	-5.2E-05	-7.7E-05	0.000334	-9.3E-05	-3.2E-05
Sline5	1.5118	0.111703	-0.01114	0.003963	-0.00202	0.000647	-6.5E-05	-0.0003
Sline6	1.567676	0.120358	0.004525	0.00129	0.000722	0.002722	0.00113	-0.00047
Sline7	0.777206	0.462164	0.009352	-0.08769	-0.02722	0.119433	0.092265	-0.37481
Sline8	0.578221	0.321743	0.004667	-0.02573	-0.0051	0.013999	0.006842	-0.01758
Sline9	2.179168	0.049583	0.023264	0.017749	0.01637	0.015615	0.012535	0.002114
Sline10	0.887898	0.011623	0.000137	0.00021	2.25E-05	1.01E-05	1.31E-06	-7.3E-07
Sline11	1.239991	0.709166	0.021187	-0.2829	-0.29737	0.651677	2.431555	-3.29728
Sline12	0.721633	0.204146	0.029668	-0.00879	-0.01594	-0.00797	0.007694	0.023771
Sline13	0.207877	0.367753	0.061618	-0.02498	-0.05747	-0.03742	0.046635	0.186567
Sline14	0.350389	3.884577	0.907315	-3.34949	-1.77416	11.97674	-45.2419	-129.365

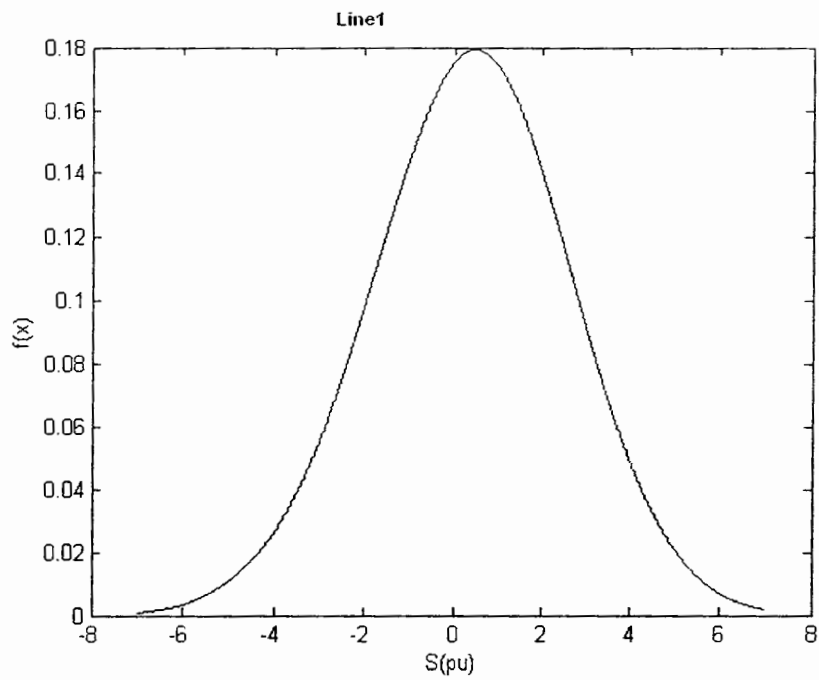
بعد از مشخص شدن کامیولنت های توان ظاهری عبوری از خط می توان با استفاده از الگوریتم (۳)-

(۲) تابع چگالی احتمال توان ظاهری هر یک از ۱۴ خط شبکه غرب را محاسبه و رسم کرد. به عنوان

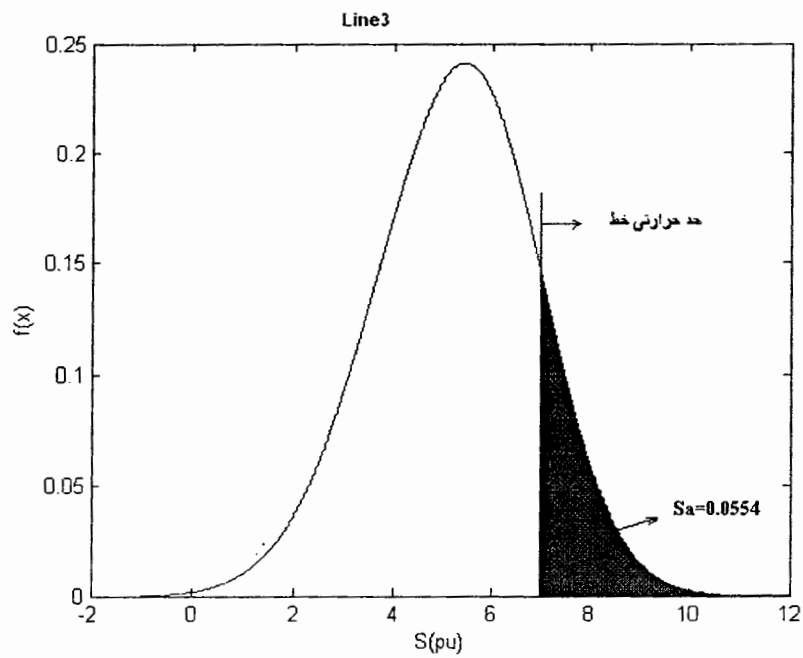
نمونه تابع چگالی احتمال خطوط ۱ و ۳ و ۵ و ۱۴ به ترتیب در شکل‌های (۴-۱۱) و (۴-۱۲) و (۴-۱۳) و (۴-۱۴)

(۱۴) رسم شده است. سطح S_a نشانگر احتمال تجاوز توان خط از مقدار مجاز خود می باشد. تابع

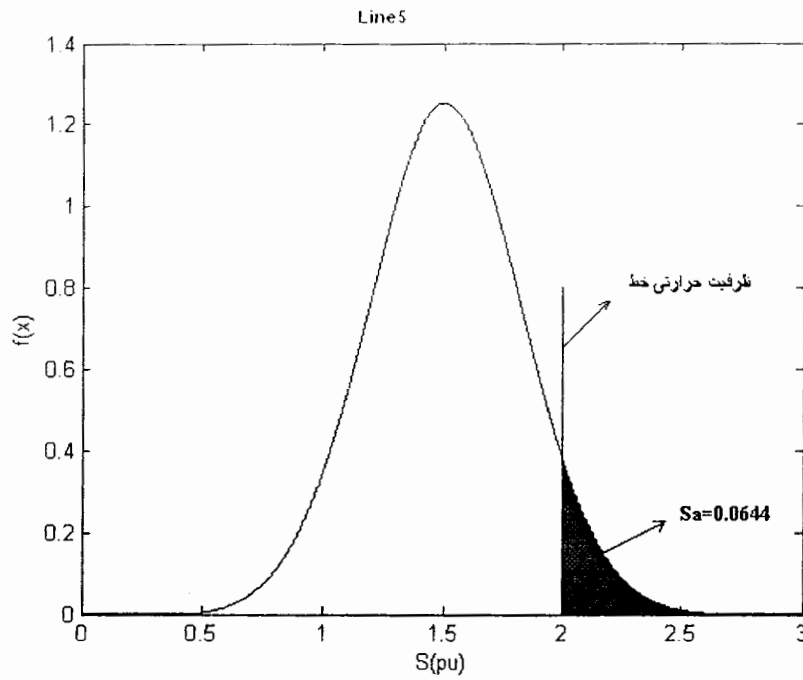
چگالی احتمال بقیه خطوط در پیوست (ب) آورده شده است.



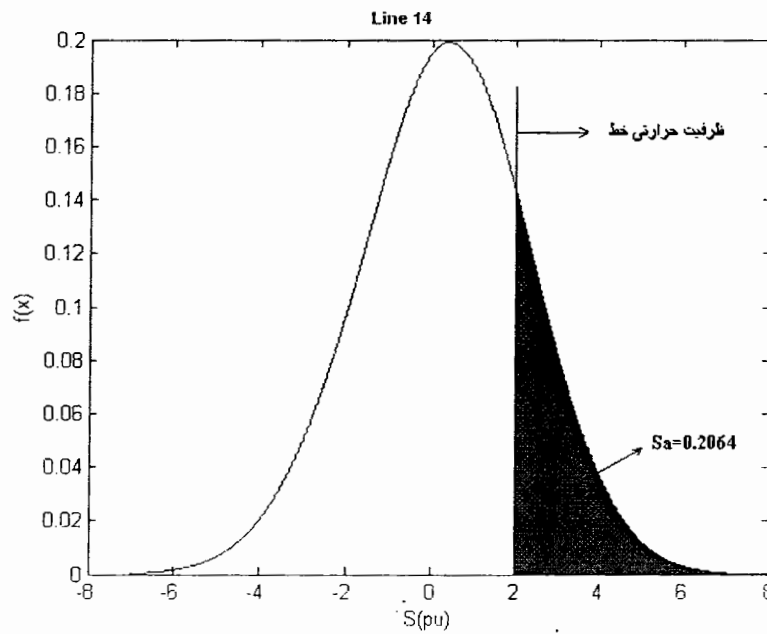
شکل (۴-۱۱): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۱



شکل (۴-۱۲): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۲



شکل (۴-۱۳): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۵



شکل (۴-۱۴): تابع چگالی احتمال توان ظاهری عبوری از خط ۱۴

برای تعیین ضرورت احداث خط جدید به موزات خط پر شده باید احتمال بیشتر شدن توان ظاهری

خط از حد حرارتی خود را محاسبه نمود اگر این احتمال بیشتر از حد معینی باشد احداث خط

جدید به موازات خط پر شده از اولویت های توسعه ی انتقال خواهد بود. با توجه به معلوم بودن تابع

چگالی احتمال توان ظاهری خطوط این احتمال از رابطه ی (۴-۱) محاسبه می شود:

$$P(X \geq S_{\max}) = \int_{x=S_{\max}}^{\infty} f(x) dx \quad (1-4)$$

احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خط از حد مجاز خود به همراه حد حرارتی خط در جدول ۴-۲۰

آورده شده است. با بررسی اعداد این جدول متوجه می شویم که با فرض افزایش ۳۵ درصدی بار و

تولید در ۴ سال آینده، توان ظاهری عبوری از خطوط ۱۴ و ۳۵ و بترتیب با احتمالهای ۲۰/۶۴

و ۵/۵۶/۴ درصد بیشتر از حد مجاز خود خواهند بود؛ بنابراین توسعه انتقال در این خطوط نسبت به

خطوط دیگر از اولویت برخوردار است.

جدول ۴-۲۰: احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد مجاز

شماره خط	$P(X \geq S_{\max})$	حد حرارتی خط (MVA)
۱	0	784
۲	0	397
۳	0.05542341	784
۴	0	397
۵	0.06446492	200
۶	0	397
۷	0	396
۸	0	396
۹	0	397
۱۰	0	319
۱۱	0	396
۱۲	0	396
۱۳	0.000144131	200
۱۴	0.2064331	200

اگر به موازات خطوط ۱۴ و ۳ و ۱۴ خطوطی با مشخصات خطوط قبلی افزوده شود، ظرفیت انتقال توان خطوط فوق افزایش خواهد یافت و احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد حرارتیشان بطور چشمگیری کاهش می یابد. نتایج عددی این کاهش در جدول ۴-۲۱ آورده شده است.

جدول ۴-۲۱: احتمال بیشتر شدن توان ظاهری خطوط از حد حرارتیشان در حالت پایه و بعد از توسعه خطوط ۳ و ۱۴

شماره خط انتقال	$P(X \geq S_{max})$ در حالت پایه	$P(X \geq S_{max})$ بعد از توسعه خطوط ۳ و ۱۴
۱۴	0.2064331	۰/۰۴۶
۵	0.06446492	۰
۳	0.05542341	۰

۴-۴ خلاصه

در این فصل توسعه انتقال توان در سیستم غرب کشور و شبکه ۱۴ باسه IEEE با استفاده از پخش بار احتمالی مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده شد که از میان ۱۴ خط در سیستم غرب کشور، خطوط بیستون ۲ به باختر ۲، باختر ۲ به چمران، باختر شرقی ۴ به باختر شرقی ۲ در سال ۱۳۹۲ با مشکل اضافه بار مواجه خواهند شد. از میان ۲۰ خط در شبکه ۱۴ باسه IEEE نیز خطوط ۱ و ۳ و ۷ و ۱۰ با مشکل اضافه بار مواجه خواهند شد. با افزایش ظرفیت، مشکل اضافه بار خطوط مذکور حل گردید.

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۵ نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف اصلی این پروژه تحقیقاتی ارائه یک روش ایستا برای طراحی توسعه انتقال در سیستم های قدرت می باشد. از آنجایی که هدف اصلی طراحی توسعه انتقال در شرایط جدید، تامین بار شبکه با حفظ حداکثر قابلیت اطمینان شبکه می باشد. بروز عدم قطعیت ها و همچنین تراکم خطوط انتقال در اثر بار مازاد شبکه، می تواند قابلیت اطمینان شبکه را کاهش دهد. همانطور که مشاهده شد، در این طرح تحقیقاتی، از یک روش احتمالی با نام پخش بار احتمالی برای در نظر گرفتن و نیز حل مشکل تراکم توان انتقالی، بهره گرفته شده است.

در پایان فصل دوم این پایان نامه، به آنالیز روش پخش بار احتمالی و تکنیک های موجود در این روش پرداخته شده است. تکنیک های مونت کارلو، کاندولوشن و گشتاورهای آماری، هر کدام با لحاظ کردن شرایط انجام کار مورد استفاده قرار می گیرند. برای نمونه، تکنیک مونت کارلو، قابلیت مدل کردن پدیده های اتفاقی را در رنج وسیعی از تغییرات دارد و نسبت به دو تکنیک دیگر، کارایی بهتری دارد. عیب بزرگ تکنیک مونت کارلو، نیاز به زمان زیاد برای محاسبه است.

در فصل سوم، ویژگی ها، روابط و الگوریتم های روش پخش بار معمولی و احتمالی و همچنین روش نیوتون-رافسون مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در فصل چهارم، ابتدا طرح توسعه با استفاده از روش پخش بار احتمالی بر روی سیستم ۱۴ باسه IEEE پیاده سازی و شبیه سازی شده است. از میان ۲۰ خط شبکه ۱۴ باسه IEEE، چهار خط با مشکل تراکم خط اضافه بار در سال افق توسعه

ضمائم

(سال هفتم) مواجه هستند و باید ظرفیت توان این خطوط افزایش یابد. آنگاه در بخش دوم، طرح توسعه با استفاده از روش پخش بار احتمالی بر روی سیستم شبکه غرب کشور، پیاده سازی و شبیه سازی شده است. در این شبیه سازی خطوطی (شامل ۳ خط) که در سال افق توسعه (سال ۱۳۹۲ هجری شمسی) با مشکل تراکم خط اضافه بار مواجه خواهند شد و پیشنهاد افزایش ظرفیت توان انتقالی در این خطوط (به صورت توسعه خطوط موازی) برای رفع مشکل، داده شده است. در آخر نتیجه گیری از این پروژه تحقیقاتی و پیشنهادات ارائه شده را می توان به موارد زیر خلاصه کرد:

۵-۱) نتیجه گیری

- * در این پروژه، پخش بار احتمالی شبکه غرب کشور و سیستم IEEE انجام شد.
- * در شبکه غرب، مشاهده شد که برای افق ۷ سال آینده، خطوط ۳، ۵، ۱۳ و ۱۴ کاندیداهای مناسبی برای توسعه می باشند.
- * احتمال نقض حد توان در خطوط شماره ۳، ۵ و ۱۴ بعد از توسعه خط به صفر می رسد.

۵-۲) پیشنهادات

- * طراحی شبکه با در نظر گرفتن توسعه توان راکتیو همراه شود.
- * در طرح توسعه شبکه، هزینه های انتقال نیز لحاظ گردد.
- * تحلیل ریسک روی کاندیداهای مختلف طرح توسعه، بررسی شود.
- * تحلیل حساسیت، روی کاندیداهای مختلف طرح توسعه، انجام شود.

ضمیمه الف) بعضی از ویژگی های کامیولنت ها

۱- خاصیت همگنی :

n امین کامیولنت X با درجه n همگن است یعنی :

$$K_n(cX) = c^n K_n(X). \quad (\text{الف-۱})$$

۲- جمع پذیری :

اگر X و Y دو متغیر تصادفی مستقل باشند داریم:

$$K_n(X+Y) = K_n(X) + K_n(Y). \quad (\text{الف-۲})$$

۳- اگر C عدد ثابتی باشد روابط زیر را برای کامیولنتهای متغیر X خواهیم داشت :

$$K_1(X+c) = K_1(X) + c \quad (\text{الف-۳})$$

$$K_n(X+c) = K_n(X) \quad \text{for } n \geq 2 \quad (\text{الف-۴})$$

یعنی شیفت به اندازه C فقط در کامیولنت اول ظاهر می شود و بقیه کامیولنتها را تغییر نمی دهد.

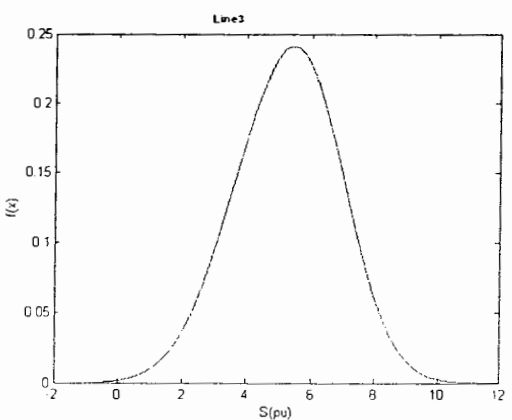
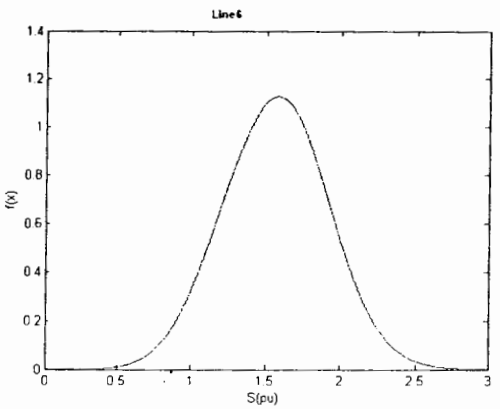
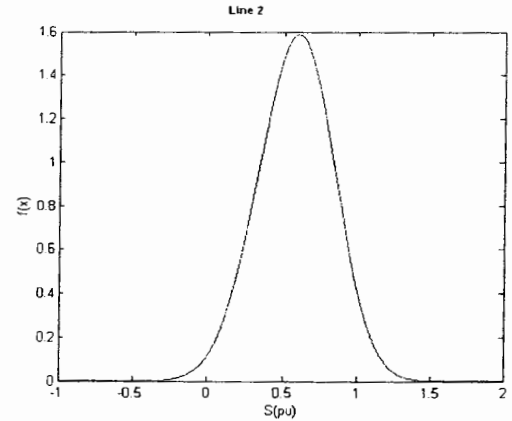
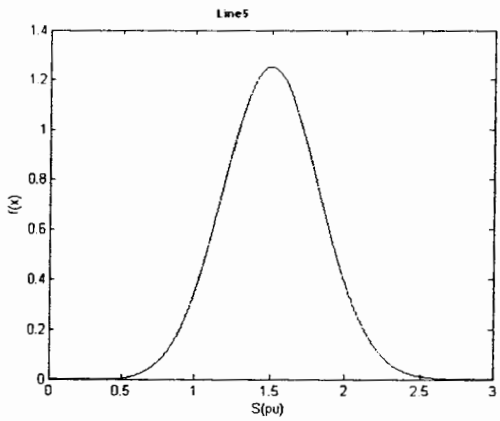
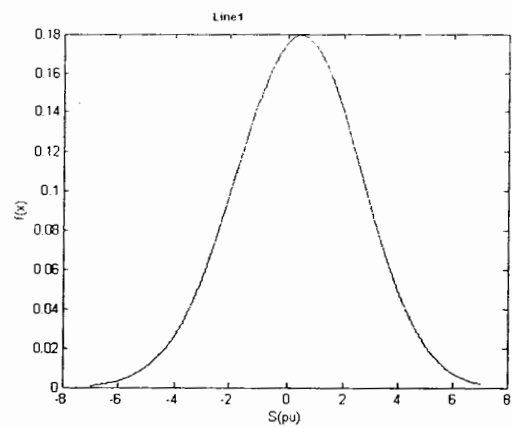
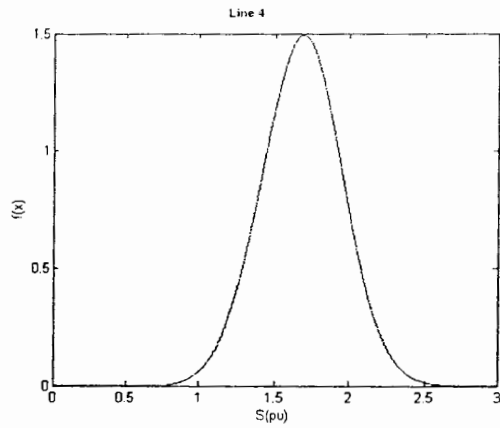
۴- کامیولنت های مرتبه γ مختلف ماتریس X_0 به صورت زیر تعریف می شود:

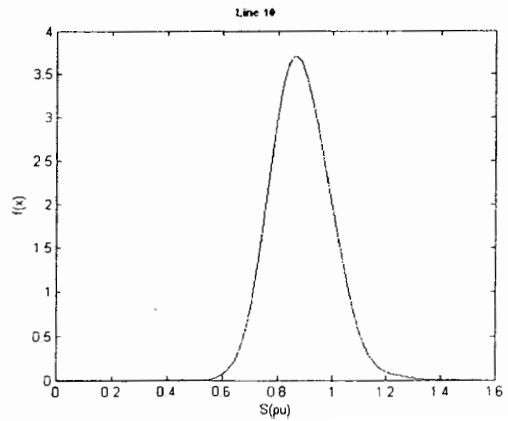
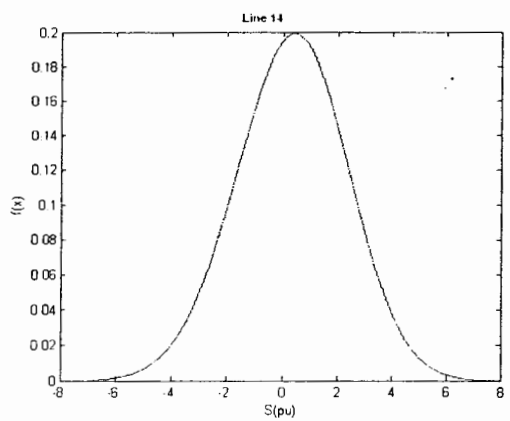
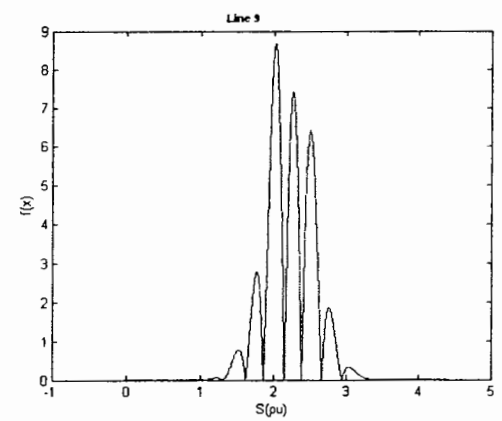
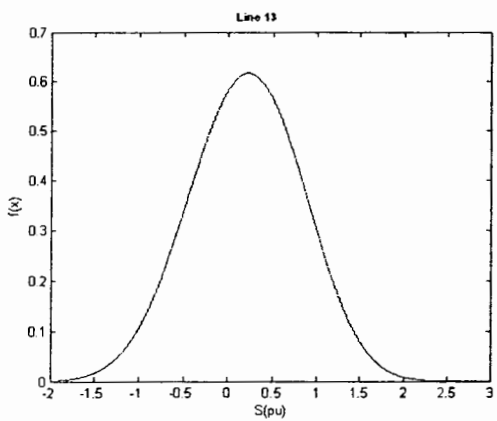
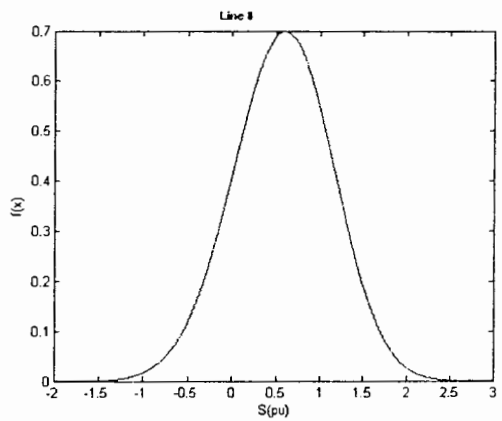
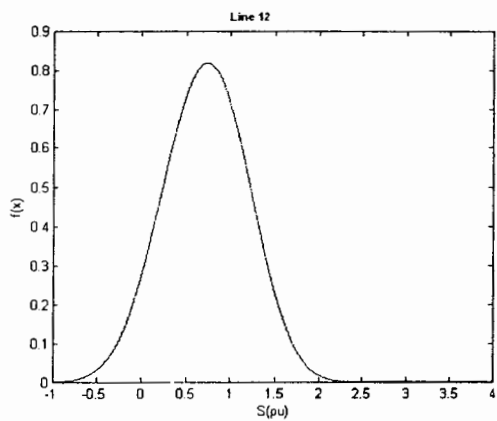
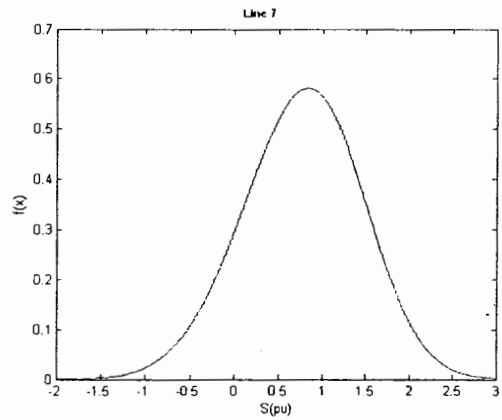
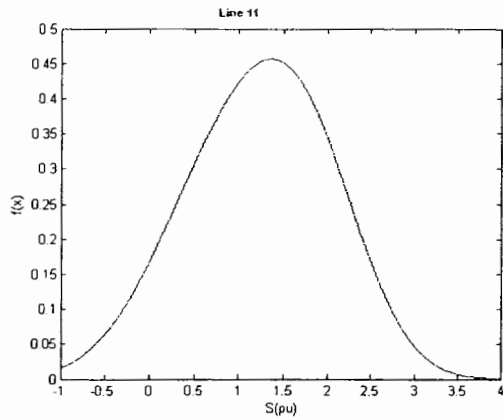
$$X_0^{(\gamma)}(i, j) = [X_0(i, j)]^\gamma \quad (\text{الف-۵})$$

یعنی برای بدست آوردن کامیولنت های مرتبه γ مختلف ماتریس X_0 ، باید هر کدام از درایه های این ماتریس به توان γ برسد.

ضمیمه ب)

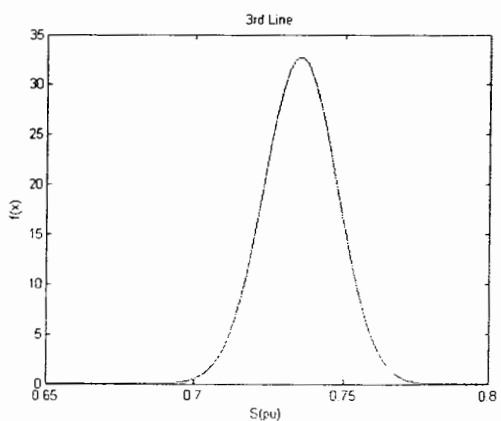
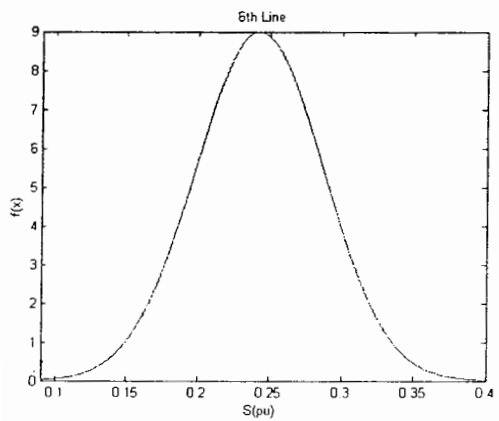
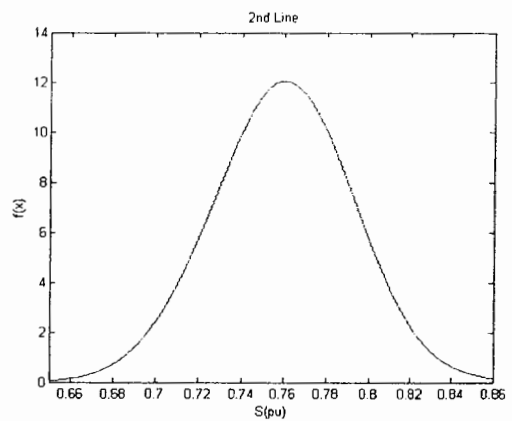
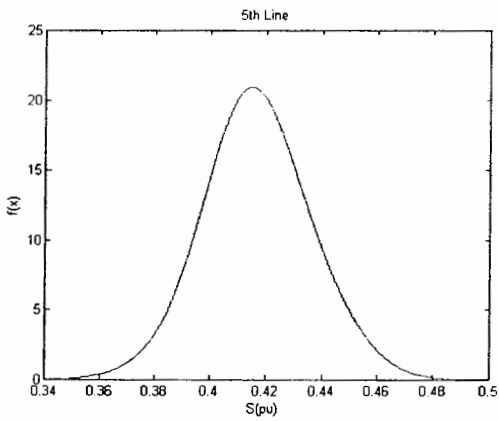
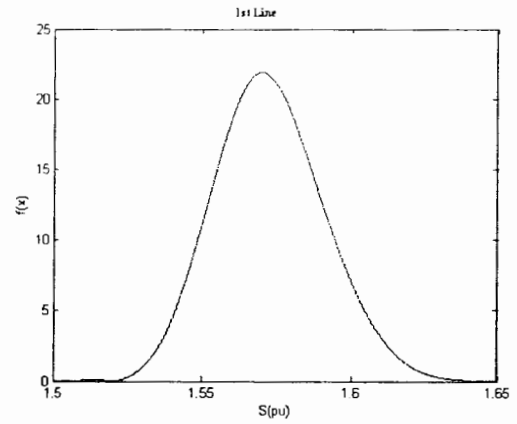
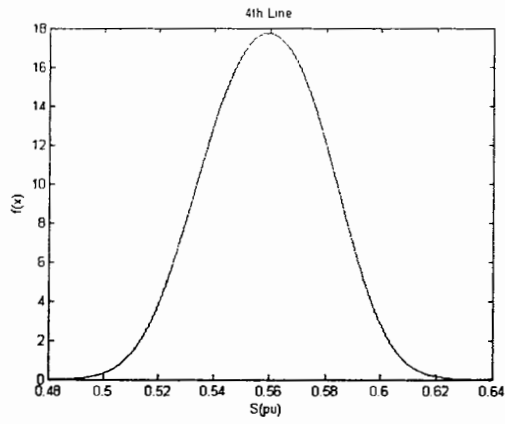
توابع چگالی احتمال خطوط شبکه غرب:

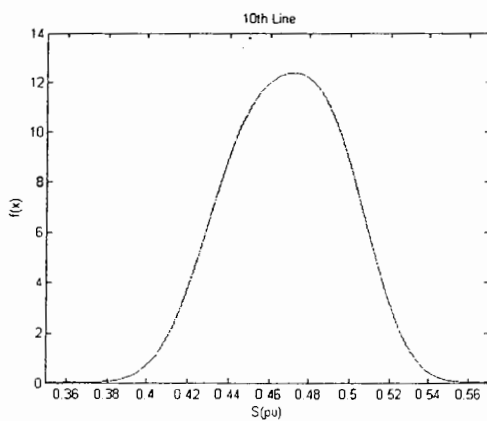
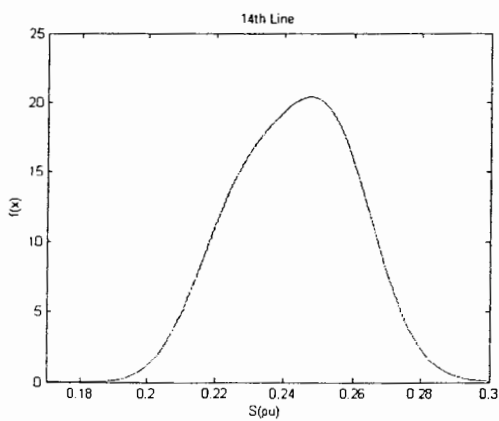
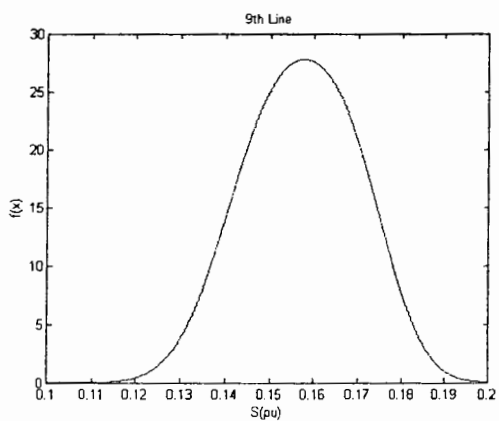
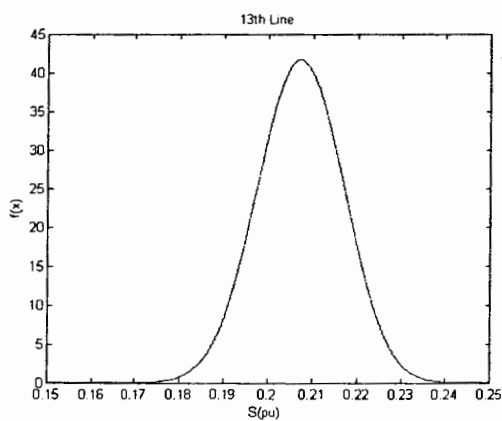
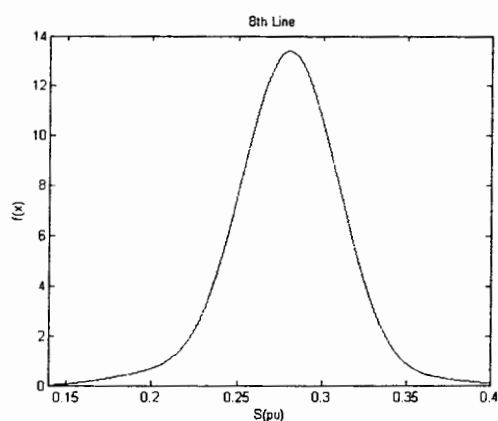
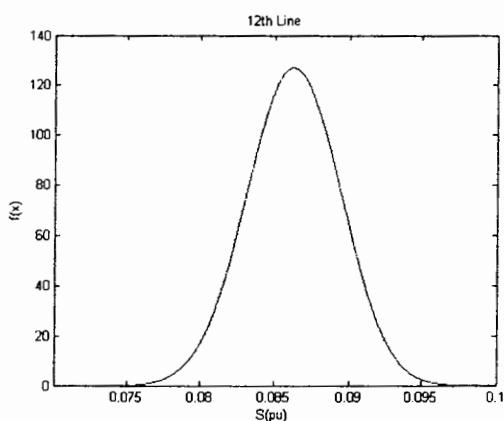
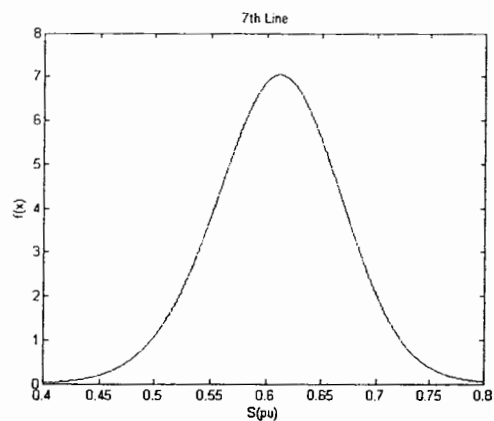
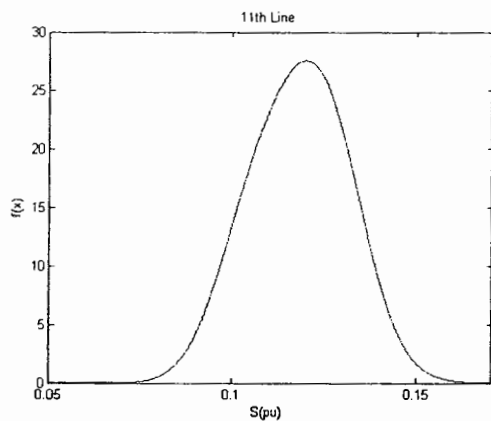


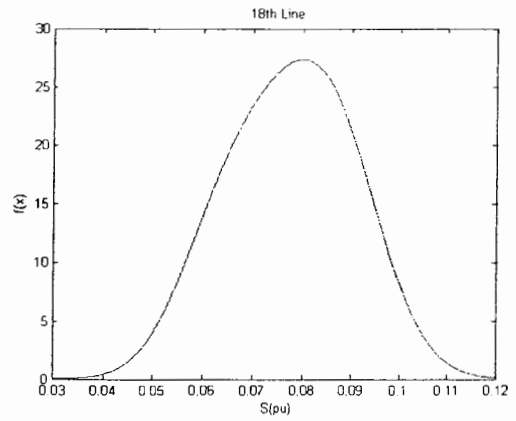
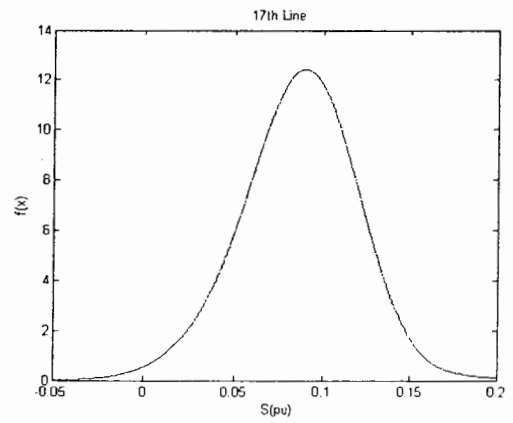
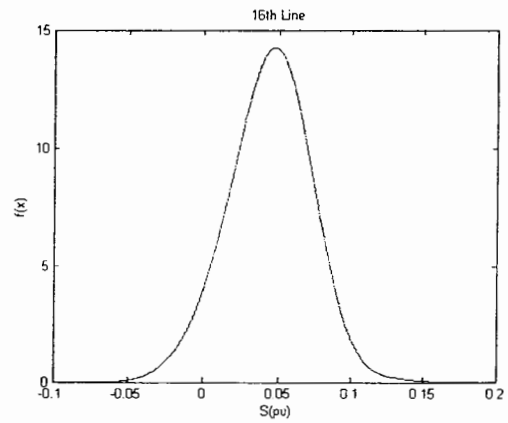
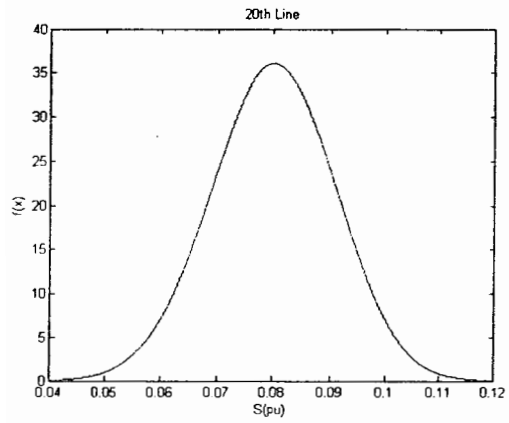
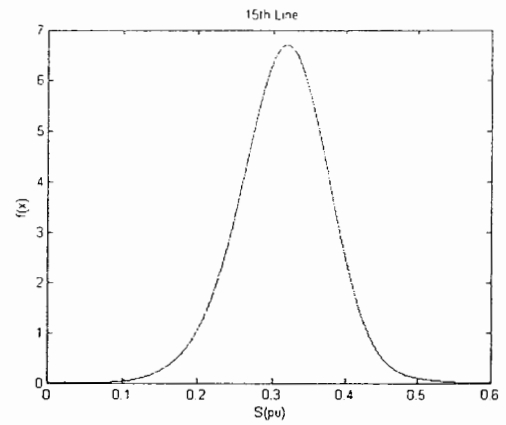
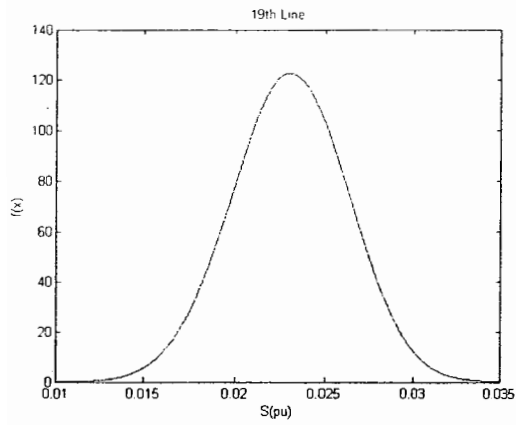


ضمیمه پ)

توابع چگالی احتمال خطوط شبکه ١٤ باسه IEEE







مراجع

مراجع

- [1] L.philipson & H.L. willis, Understanding Electric Utilities & Deregulation, USA, Marsel Dekker Inc .,1999.
- [2] T.De la TORRE & others “Deregulation , privatization ,and competition:transmission planning under uncertainty”IEEE Trans.pp460 465,May1999
- [3] C. Ray , C.Wark , K.Bell , A.May & P.Roddy, “ Transmission capacity planning in a deregulated energy market”in proc.CEPSI 2000, available : www.energythai.net/cepsi 2000/D 1024.pdf
- [4] T.Tachikawa &H.Kita and others “ A study of transmission planning under a deregulated environment in power system”IEEE 2000,pp649 654
- [5] CIGRE TF 38.05.08, “Techniques for power system planning under uncertainties”Technical Brochure, Ref.154 Apr2000
- [6] R.D. Cruz-Rodriguez & G.Latorre-Bayona, “HIPER: interactive tool for mid-term transmission expansion planning in a deregulated environment “IEEE Trans.VOL.20, NO.11, pp 61-62, NOV 200
- [7] R.D. Cruz-Rodriguez & G.Latorre-Bayona, “A new model for transmission expansion planning in a deregulated environment” presented at V seminario internacional sobre analisis Y mercados, Colombia Aug 2001
- [8] R.Baldick, and E. Kahn, “Transmission planning issues in a competitive economic environment,” IEEE Trans.Vol.8,No.4,pp.1497-1503,Nov 1993.

- [9] C.Ward ,K. Bell , A.May & P.Roddy, "Transmission capacity planning in an open energy market" CIGRE 2000, NO. 37-109
- [10] A.K.David & F.Wen "transmission planning and investment under competitive electricity market environment"IEEE2001 ,VOB , pp 1725-1730
- [11] W.Li, Y.Mansour, J.K.Korczynski, & B.J.Mills, "Application of transmission reliability assessment in probabilistic planning of BC Hydro Vancouver south metro system" IEEE Trans.PWRS,VOL.10,NO.2 pp964 -970 May1995
- [12] M. J. Beshir, "Probabilistic based transmission planning & operation criteria development for the western systems coordinating council," in proc. 1999 IEEE ,Vol 1, pp. 134 139
- [13] CIGRE WG 37.10 "Methods for planning under uncertainty:toward flexibility in power system development"no.161 pp143 163 Aug 1995
- [14] V.Miranda & L.M.Proenca, " probabilistic chice vs.risk analysis – conflicts and synthesis in power system planning"IEEE Trans.PWRS,VOL.13,NO 3.pp 1038-1043 Aug1998
- [15] V.Miranda & L.M.Proenca, " Why risk analysis outperforms probabilistic chice as the effective decision support paradigm for power system planning"IEEE Trans.PWRS,VOL.13,NO 2.,pp 643 648 May 1998.
- [16] CIGRE WG 37.10 "Dealing with uncertainty in system planning"Electra, NO.151 pp 53-67, Dec1993
- [17] S.Dekrajangprth, & G.B. Sheble, " Application of auction results to power system expansion," IEEE 2000. on Electric Utility Deregulation and Restructuring, pp 142 146

[18] J.H.Moon & C.S.Kang “Application of fuzzy decision making method to the evaluation of spent fuel storage options” korea 2000, www.plaza.snu.ac.kr/bk21_1.htm

[19] “ Modern Power System Planing:”
X.wang-J.R.McDonald

[20] “ Security Assessment for Bus Voltages Using Probabilistic Load Flow “
Tae-Kyun Kim, Jin-Bu Choo, Seung-Hyuk Lee, Jin-O Kim, Kyu-Ho, Kim

[21] http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page