





دانشکده مهندسی برق و رباتیک

گروه قدرت

برنامه ریزی کوتاه مدت مدیریت انرژی در ریزشبکه‌ها

به منظور مشارکت در بازار انرژی

نگارش

اصغر بسطامی

استاد راهنما

دکتر محسن اصیلی

پایان نامه ارشد جهت دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی برق و رباتیک

گروه قدرت

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای اصغر بسطامی

تحت عنوان:

برنامه ریزی کوتاه مدت مدیریت انرژی در ریزشبکه ها به منظور مشارکت در بازار انرژی

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد
مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

در
پ

مادر عزیزم

تقدیم به تمامی لحظه‌هایی که.....گذشتند به امید امروز و چه خوش گفت سهراب:

نه تومی مانی نه اندوه

و نه هیچ‌یک از مردم این آبادی

به حجاب نگران لب‌یک رود قسم

و به کوتاهی آن لحظه‌ی شادی که گذشت

غصه هم خواهد رفت

آسختنی که فقط خاطره‌ای خواهد ماند...

تشکر و قدردانی

اگر می‌دانستم این آخرین دقایقی است که تو را می‌بینم، به تو می‌گفتم «دوستت دارم» و نمی‌پنداشتم تو خود این را می‌دانی. همیشه فردایی نیست تا زندگی فرصت دیگری برای جبران این غفلت‌ها به ما دهد. کسانی را که دوست داری همیشه کنار خود داشته باش و بگو چقدر به آن‌ها علاقه و نیاز داری. مراقبشان باش. به خودت این فرصت را بده تا بگویی: «مرا ببخش»، «متاسفم»، «خواهش می‌کنم»، «ممنونم» و از تمام عبارات زیبا و مهربانی که بلدی استفاده کن. هیچکس تو را به خاطر نخواهد آورد اگر افکارت را چون رازی در سینه محفوظ داری. خودت را مجبور به بیان آن‌ها کن. به دوستان و همه‌ی آنهایی که دوستشان داری بگو چقدر برایت ارزش دارند. اگر نگویی فردایت مثل امروز خواهد بود و روزی با اهمیت نخواهد گشت.^۱

با این مقدمه

از استاد راهنمای خود جناب آقای دکتر اصیلی که صورتان

و

جناب آقای دکتر مهراد ستایش نظر که بزرگ‌نشان راه‌نمایی ایشان، همواره امید بخش و روشن‌کننده‌ی مسیرم بود

و

دوست خوبم علی شاه‌محمدی که چه بسیار از ایشان آموختم و در اتمام و اکمال پایان نامه‌ی من مدیون ایشان، بسم و خدا را بخاطر وجودش سپاسگزارم، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

تعهد نامه

اینجانب دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته
دانشکده دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه
..... تحت راهنمایی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

امروزه با رشد روز افزون مصرف انرژی، مسائل زیست محیطی و کمبود منابع متداول انرژی و با ازدیاد استفاده از منابع تولید پراکنده انرژی در قالب واحدهای تولید پراکنده، ذخیره سازی پراکنده و ترکیبی از این دو، مفهوم ریزشبکه بیش از پیش نمایان شده است و روش‌های مدیریت انرژی این منابع و مدیریت تقاضا بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. نفوذ گسترده منابع تولید پراکنده انرژی و بکارگیری روش‌های مدیریت انرژی و پاسخ تقاضا بویژه در ریز شبکه‌ها و شبکه‌های توزیع سبب شده است تا بسیاری از مسائل سیستم قدرت نظیر کنترل و بهره‌برداری از این شبکه‌ها تحت تاثیر قرار گیرد. بنابراین با توجه به نقش فعال و موثر شرکت‌های توزیع در محیط تجدیدساختار یافته و برای بهره‌برداری بهینه از ریزشبکه‌ها، برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه انرژی در فضای جدید حاکم بر سیستم توزیع، نیازمند تحقیق و تحلیل گسترده‌ای می‌باشد. در این راستا، این پایان نامه به ارائه‌ی یک چارچوب جامع جهت مدیریت بهینه انرژی و برنامه‌ریزی روزانه ریزشبکه (سیستم توزیع) در حضور نفوذ گسترده منابع پراکنده انرژی و برنامه‌های پاسخ تقاضا می‌پردازد. در مدل پیشنهادی شرکت توزیع به عنوان مالک ریزشبکه سعی می‌کند با برنامه‌ریزی بهینه منابع پراکنده انرژی در یک افق زمانی ۲۴ ساعته، سود خود را حاصل از مشارکت در بازارهای انرژی و رزرو و فروش انرژی به مشترکینش بیشینه نماید. مدل ارائه شده علاوه بر در نظر گرفتن پارامترهای فنی و اقتصادی منابع پراکنده انرژی، قیود امنیتی شبکه توزیع و عدم قطعیت تولید منابع تجدیدپذیر و تقاضای مصرف‌کنندگان را نیز شامل می‌شود. مدل پیشنهادی یک مسئله بهینه‌سازی غیرخطی عدد صحیح مختلط (MINLP) می‌باشد که با روش‌هایی مساله خطی سازی شده و بدین ترتیب جواب‌ها بهینه عمومی‌اند و احتمال اجرایی شدن و سرعت حل مساله در مقایسه با مدل غیرخطی بسیار بالاتر خواهد بود.

سپس یک طرح قیمت‌گذاری بهینه انرژی برای مشترکین متصل به شبکه‌ی توزیع، با هدف افزایش سود شرکت توزیع و با در نظر داشتن منافع مشترکین در محیط شبکه هوشمند پیشنهاد می‌شود. شرکت توزیع با استفاده از مدل پیشنهادی، قیمت‌های لحظه‌ای بهینه را برای مشترکین با در نظر گرفتن میزان مصرفی و منافع آن‌ها، تعیین می‌کند. در نتیجه این طرح قیمت‌گذاری می‌تواند به عنوان ابزاری مناسب برای کنترل مصرف انرژی مشترکین و هزینه‌های بهره‌برداری از شبکه توزیع استفاده شود. در انتها یک مدل جامع جهت مدیریت انرژی و برنامه‌ریزی روزانه یک شبکه توزیع فعال در حضور منابع پراکنده انرژی و طرح قیمت‌گذاری پیشنهادی به منظور مشارکت شرکت توزیع (ریزشبکه) در بازار انرژی و رزرو ارائه می‌شود.

واژه های کلیدی:

بازار انرژی؛ بازار رزرو؛ شرکت توزیع؛ منابع پراکنده انرژی؛ برنامه قیمت‌گذاری RTP

مقالات استخراج شده از پایان نامه

- ۱- بسطامی.ا. ، اصیلی.م " برنامه ریزی کوتاه مدت مدیریت انرژی در ریزشبهکها به منظور مشارکت در بازار انرژی " ارائه در کنفرانس بین المللی سیستم های قدرت PSC، آبان ۱۳۹۲-تهران
- ۲- بسطامی.ا. ، اصیلی.م " بیشینه سازی سود شرکت توزیع از طریق اجرای همزمان برنامه های پاسخ تقاضا و مشارکت در بازار انرژی " ارائه در کنفرانس شبکه های هوشمند (SGC ۲۰۱۳)، آذر ۱۳۹۲-تهران
- ۳- بسطامی.ا. ، اصیلی.م "مدل خطی شده برنامه ریزی روزانه شرکت توزیع به منظور مشارکت در بازار انرژی و رزرو" ارائه در کنفرانس منطقه ای سیرد CIRED، دی ماه ۱۳۹۲-تهران
- ۴- بسطامی.ا. ، اصیلی.م " بیشینه سازی سود شرکت توزیع از طریق اجرای همزمان برنامه های پاسخ تقاضا و مشارکت در بازار انرژی " ارائه در کنفرانس منطقه ای سیرد CIRED، دی ماه ۱۳۹۲-تهران

فهرست مطالب

فصل ۱ - مقدمه.....	۱
۱-۱- انگیزه تحقیق و اهمیت مساله.....	۲
۲-۱- اهداف تحقیق.....	۶
۳-۱- پیشینه ی تحقیق.....	۶
۱-۳-۱- بهره برداری از شبکه در حضور منابع تولید پراکنده.....	۶
۲-۳-۱- برنامه های پاسخ تقاضا.....	۹
۴-۱- ساختار پایان نامه.....	۱۱
فصل ۲- بهره برداری شبکه توزیع در حضور منابع پراکنده انرژی جهت مشارکت در بازار انرژی و رزرو.....	۱۳
۱-۲- مقدمه.....	۱۴
۲-۲- مدیریت فعال شبکه های توزیع در حضور منابع پراکنده انرژی.....	۱۴
۳-۲- مشارکت شرکت توزیع در بازار انرژی و رزرو.....	۱۶
۱-۳-۲- استراتژی های پیشنهاددهی نیروگاه های سنتی.....	۱۸
۲-۳-۲- مدل پیشنهادی برای مشارکت شرکت توزیع فعال در بازار روزانه انرژی و رزرو.....	۱۹
۴-۲- وظایف و اطلاعات مورد نیاز جهت برنامه ریزی روزانه شرکت توزیع.....	۲۲
۱-۴-۲- فرضیات مربوط به اطلاعات و هزینه های بهره برداری.....	۲۲
۲-۴-۲- مشخصات منابع تولید پراکنده شامل هزینه های بهره برداری و قیود فنی آنها.....	۲۳
۳-۴-۲- عدم قطعیت در پیش بینی تولید واحدهای پراکنده تصادفی و بار روزانه.....	۲۴
۵-۲- مدل سازی تعامل شرکت توزیع با بازارهای انرژی و رزرو.....	۲۷

۲۷	.....تابع هدف	۱-۵-۲
۲۸	.....قیود	۲-۵-۲
۳۲	.....روش حل	۶-۲
۳۳	.....خطی سازی مسئله بهینه سازی توام با اعداد صحیح	۱-۶-۲
۳۹	.....مطالعات عددی و تحلیل نتایج بدست آمده از مدل پیشنهادی	۷-۲
۳۹	.....شبکه مورد مطالعه و اطلاعات ورودی	۱-۷-۲
۴۲	.....مشارکت شرکت توزیع در بازار انرژی	۲-۷-۲
۴۸	.....مشارکت شرکت توزیع در بازار انرژی و رزرو	۳-۷-۲
۵۲	.....مدل غیر خطی	۴-۷-۲
۵۴	.....جمع بندی	۸-۲
۵۷	.....فصل ۳-روش پیشنهادی قیمت گذاری برق مشترکین توزیع	۳-۲
۵۸	.....مقدمه	۱-۳
۵۸	.....مدیریت سمت تقاضا و برنامه های پاسخ تقاضا	۲-۳
۶۸	.....شبکه توزیع هوشمند و تاثیر آن بر تسهیل پاسخ تقاضا	۳-۳
۷۱	.....مدلسازی سیستم	۴-۳
۷۱	.....سیستم توزیع	۱-۴-۳
۷۳	.....مدل سازی RTP	۲-۴-۳
۷۷	.....عدم قطعیت در پیش بینی بار روزانه و پاسخ مصرف کنندگان	۳-۴-۳
۷۸	.....مدل پیشنهادی	۵-۳
۷۸	.....فرمولاسیون مسئله	۱-۵-۳

۸۲	..... روش حل ۲-۵-۳
۸۲	..... مطالعات عددی و تحلیل نتایج بدست آمده از مدل پیشنهادی ۶-۳
۸۴	..... سناریوی اول ۱-۶-۳
۸۶	..... سناریوی دوم ۲-۶-۳
۸۸	..... جمع بندی ۷-۳
۹۱	..... فصل ۴- بهره برداری شبکه توزیع با در نظر گرفتن منابع پراکنده انرژی و طرح قیمت گذاری RTP..... ۹۱
۹۲	..... مقدمه ۱-۴
۹۲	..... سیستم مدیریت انرژی در یک شبکه توزیع هوشمند ۲-۴
۹۵	..... مدل سازی برنامه ریزی روزانه شرکت توزیع در حضور منابع پراکنده انرژی و طرح قیمت گذاری.. ۳-۴
۹۷	..... تابع هدف ۱-۳-۴
۹۸	..... قیود ۲-۳-۴
۱۰۴	..... روش حل ۳-۳-۴
۱۰۴	..... مطالعات عددی و تحلیل نتایج بدست آمده از مدل پیشنهادی ۴-۴
۱۰۵	..... مشارکت شرکت توزیع در بازار انرژی ۱-۴-۴
۱۱۰	..... مشارکت شرکت توزیع در بازار انرژی و رزرو ۲-۴-۴
۱۱۵	..... جمع بندی ۵-۴
۱۱۷	..... فصل ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۱۱۷
۱۱۸	..... نتیجه گیری ۱-۵
۱۲۱	..... پیشنهادات ۲-۵

۱۲۲ پیوست

۱۲۴ منابع

فهرست جدول ها

- جدول ۱-۲: پیش بینی میزان تولید بادی..... ۴۲
- جدول ۲-۲: مقایسه نتایج سناریو ۱ و ۲..... ۴۸
- جدول ۳-۲: مقایسه نتایج اقتصادی در حالت های ۱ و ۲..... ۵۲
- جدول ۴-۲: مقایسه نتایج مدل خطی و غیرخطی..... ۵۳
- جدول ۱-۳: الاستیسیته خودی و متقابل..... ۸۳
- جدول ۲-۳: مقایسه بین نتایج بدست آمده براساس معیارهای فتی..... ۸۵
- جدول ۳-۳: مقایسه بین نتایج بدست آمده براساس معیارهای اقتصادی..... ۸۶
- جدول ۱-۴: مقایسه بین نتایج بدست آمده در حالت بدون RTP و با RTP..... ۱۱۰
- جدول ۲-۴: مقایسه نتایج حاصله..... ۱۱۵

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲: چهارچوب کلی مدل ارائه شده ۲۱
- شکل ۲-۲: سطح اطمینان احتمالی برای تابع توزیع نرمال برای $\lambda = 2$ ۲۶
- شکل ۳-۲: تقریب تابع درجه دوم به صورت یک تابع تکه ای خطی ۳۴
- شکل ۴-۲: شبکه توزیع ۳۲ باسه شعاعی نمونه ۴۱
- شکل ۵-۲: پیش بینی منحنی بار روزانه سیستم مورد مطالعه ۴۱
- شکل ۶-۲: قیمت انرژی در بازار عمده فروشی (Day-ahead) و بازار رزرو ۴۱
- شکل ۷-۲: پیشنهاد خرید توان از بازار انرژی روز قبل ۴۴
- شکل ۸-۲: توان تولیدی DG های قابل برنامه ریزی ۴۵
- شکل ۹-۲: میزان انرژی ذخیره شده در EES ها ۴۵
- شکل ۱۰-۲: میزان انرژی دشارژ شده در EES ها ۴۶
- شکل ۱۱-۲: میزان توان برنامه ریزی شده جهت کاهش بار IL ها ۴۶
- شکل ۱۲-۲: مقایسه پیشنهاد خرید توان از بازار انرژی روز قبل در حالت ۱ و ۲ ۴۷
- شکل ۱۳-۲: توان تولیدی DG های قابل برنامه ریزی در حالت ۲ ۴۷
- شکل ۱۴-۲: پیشنهاد خرید توان از بازار انرژی روز قبل ۴۹

- شکل ۲-۱۵: توان تولیدی DG های قابل برنامه ریزی ۵۰
- شکل ۲-۱۶: میزان رزرو چرخان فراهم شده توسط DG ها ۵۰
- شکل ۲-۱۷: میزان توان برنامه ریزی شده جهت کاهش بار IL ها ۵۱
- شکل ۲-۱۸: میزان رزرو چرخان فراهم شده توسط IL ها ۵۱
- شکل ۳-۱: قیمت گذاری بر مبنای زمان ۶۲
- شکل ۳-۲: طریقه ی قیمت گذاری در برنامه های CPP ۶۳
- شکل ۳-۳: طریقه ی قیمت گذاری در برنامه های RTP ۶۳
- شکل ۳-۴: کلاسه بندی برنامه های پاسخ تقاضا ۶۵
- شکل ۳-۵: قیمت گذاری RTP دو قسمتی ۶۷
- شکل ۳-۶: شبکه توزیع هوشمند ۷۳
- شکل ۳-۷: چارچوب قیمت گذاری DA ارائه شده ۸۳
- شکل ۳-۸: قیمت های لحظه ای بهینه پیشنهادی برای مصرف کنندگان ۸۴
- شکل ۳-۹: منحنی تقاضای روزانه مصرف کنندگان ۸۵
- شکل ۳-۱۰: منحنی بار روزانه ۸۷
- شکل ۳-۱۱: قیمت های لحظه ای بهینه پیشنهادی برای مصرف کنندگان ۸۷

- شکل ۳-۱۲: تاثیر تغییر K بر سود شرکت توزیع ۸۷
- شکل ۴-۱: چهارچوب کلی مدل ارائه شده ۹۶
- شکل ۴-۲: قیمت های لحظه ای پیشنهادی برای مصرف کنندگان ۱۰۷
- شکل ۴-۳: منحنی تقاضای روزانه مصرف کنندگان ۱۰۷
- شکل ۴-۴: پیشنهاد خرید توان از بازار انرژی روز قبل ۱۰۷
- شکل ۴-۵: توان تولیدی DG های قابل برنامه ریزی ۱۰۸
- شکل ۴-۶: میزان انرژی ذخیره شده در EES ها ۱۰۹
- شکل ۴-۷: میزان توان برنامه ریزی شده جهت کاهش بار IL ها ۱۰۹
- شکل ۴-۸: پیشنهاد خرید توان از بازار انرژی روز قبل ۱۱۱
- شکل ۴-۹: توان تولیدی DG های قابل برنامه ریزی ۱۱۲
- شکل ۴-۱۰: میزان رزرو چرخان فراهم شده توسط DG های قابل برنامه ریزی ۱۱۳
- شکل ۴-۱۱: میزان توان برنامه ریزی شده جهت کاهش بار IL ها ۱۱۴
- شکل ۴-۱۲: میزان رزرو چرخان فراهم شده توسط IL ها ۱۱۴

فهرست علائم و نشانه ها

متغیرها

توان پیشنهادی DISCO به بازار انرژی از طریق پست i در ساعت t	$P_{sub,t,i}$
توان برنامه ریزی شده جهت کاهش بار IL ها در باس i و در ساعت t	$P_{IL,t,i}$
توان تولیدی توسط DG های قابل برنامه ریزی در باس i و در ساعت t	$P_{DG,t,i}$
میزان رزرو چرخان پیشنهادی توسط DISCO به بازار رزرو در ساعت t	R_t
میزان رزرو چرخان فراهم شده توسط DG های قابل برنامه ریزی	$R_{DG,t,i}$
میزان رزرو چرخان فراهم شده توسط IL ها	$R_{IL,t,i}$
متغیرهای باینری که به ترتیب نشان دهنده ی وضعیت روشن و خاموش بودن، هزینه ی راه اندازی و خاموش سازی DG های قابل برنامه ریزی	$L_{t,i}, M_{t,i}, N_{t,i}$
متغیر باینری نشان دهنده ی تصمیم گیری در مورد IL	$F_{t,i}$
توان شارژ شده EES در باس i ام و در ساعت t	$P_{sch,t,i}$
توان دشارژ شده EES در باس i ام و در ساعت t	$P_{SDch,t,i}$
سطح توان EES در باس i ام و در ساعت t	$P_{Str,t,i}$
قیمت لحظه ای پیشنهادی برای مشترک c در ساعات t	$\rho_c(t)$
تقاضای مشترک c در ساعت t در پاسخ به قیمت لحظه ای پیشنهادی	$d_c(t)$
توان ظاهری عبوری از خط ij در ساعت t	$Flow_{ij,t}$

ثابت ها

بهای خرده فروشی انرژی توسط DISCO	$\rho_{L,t}$
قیمت انرژی در بازار عمده فروشی در ساعت t	$\rho_{E,t}$
قیمت رزرو چرخان در بازار خدمات جانبی در ساعت t	$\rho_{R,t}$
قیمت قراردادی برای کاهش بار IL در باس i و در ساعت t	$C_{IL,t,i}$
هزینه ی بهره برداری از ذخیره ساز در باس i و در ساعت t	$C_{EES,t,i} (P_{EES,t,i})$
تابع هزینه ی تولید DG در باس i و در ساعت t	$C_{DG,t,i} (P_{DG,t,i}, R_{DG,t,i})$
هزینه ی راه اندازی و توقف DG های قابل برنامه ریزی	$SDC_{DG,i}$ و $STC_{DG,i}$
احتمال بکارگیری رزرو در ساعت t	r_t
توان اکتیو مورد نیاز در باس i و در ساعت t	$P_{d,t,i}$
توان تولیدی DG های با تولید تصادفی	$P_{SDG,t,i}$
حداکثر تبادل توان با بازار انرژی از طریق پست توزیع	$P_{sub,i}^{Max}$
حداکثر و حداقل توان تولیدی DG ها	$P_{IL,t,i}^{Max}, P_{IL,t,i}^{Min}$
شیب فرآهم سازی رزرو چرخان برای DG در باس i (MW/Min)	$RR_{DG,i}$
حداقل زمان های فعالیت و توقف DG های قابل برنامه ریزی	$MUT_{DG,i}, MDT_{DG,i}$
حداکثر توان شارژ و دشارژ شده EES در باس i و در ساعت t	$P_{Sch,t,i}^{Max}, P_{SDch,t,i}^{Max}$
نرخ شارژ و دشارژ EES در باس i و در ساعت t	$P_{ch,i}^{Lim}, P_{Dch,i}^{Lim}$
حداقل و حداکثر سطح انرژی موجود در EES در باس i و در ساعت t	$P_{Str,t,i}^{Max}, P_{Str,t,i}^{Min}$

حداقل و حداکثر تقاضای مشترک C در ساعت t در پاسخ به قیمت های لحظه ای
پیشنهادی $d_c^{Max}(t), d_c^{Min}(t)$

حداقل انرژی مورد نیاز روزانه برای مشترک C E_c^{day}

حداکثر قیمت لحظه ای پیشنهادی برای مشترک C در ساعات t $\rho_c^{Max}(t)$

قیمت اولیه انرژی برای مشترک C در ساعات t $\rho_{oc}(t)$

تقاضای اولیه برای مشترک C در ساعات t $d_{oc}(t)$

کشش خودی و متقابل قیمتی تقاضای مشترک C $E_c(t, h)$ و $E_c(t)$

ظرفیت خط ij $Flow_{ij,t}^{Max}$

زاویه باس i θ_i

راکتانس خط ij X_{ij}

مجموعه ها و اندیس ها

اندیس باس ها i, j

اندیس ساعت t, h

مجموعه باس ها S_N

مجموعه DG های قابل برنامه ریزی S_{DG}

مجموعه بارهای قابل قطع S_{IL}

مجموعه خطوط شبکه توزیع S_b

مجموعه ساعاتی که شرکت می تواند IL ها را در صورت نیاز قطع کند. $S_{t,IL}$