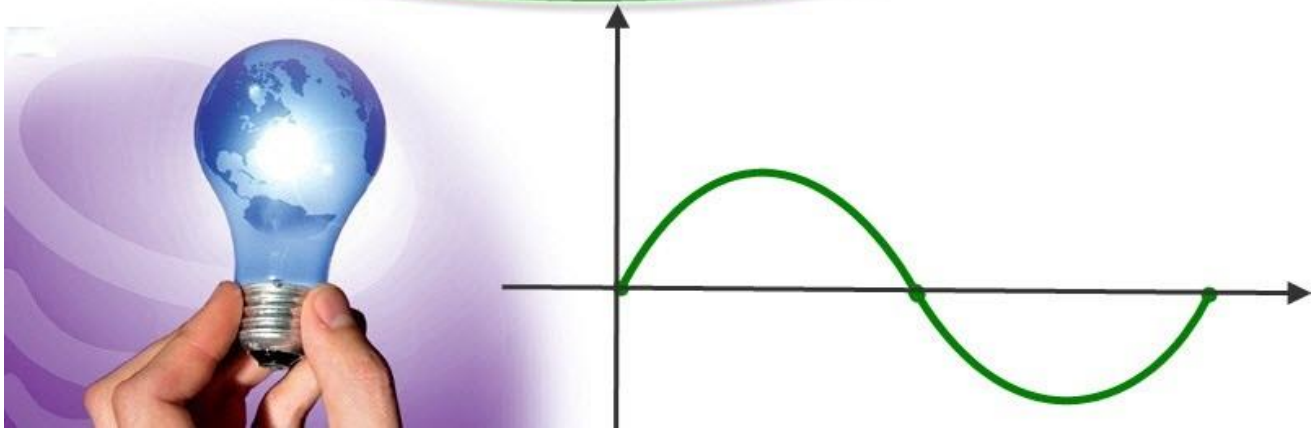
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

بهینه سازی توان راکتیو شبکه

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۳۰۱)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست مندرجات

عنوان صفحه

چکیده .....

... ۰.

۱ **فصل اول** (مقدمه).....1

۱- ۱ - ضرورت جبران ساز توان راکتیو ۲

۱- ۲ - اصول جبران ساز توسط خازن های موازی ۴

۱- ۳ جایابی و تعیین ظرفیت بهینه خازن های موازی در شبکه های توزیع ۵

۱- ۴ - جایابی بهینه خازن با نگرش به تجدید ساختار در صنعت برق ۹

۲ **فصل دوم** (پیشینه جایابی بهینه خازن در شبکه های توزیع [Literatures review]).. ۱۱

۲- ۱ - مقدمه..... ۱۲

۲- ۲ -طبقه بندی انواع روش های بهینه سازی توان راکتیو ۱۴

۲-۲-۱ - معرفی برخی از روش های غیر فشرده بهینه سازی ۱۵

۲-۲-۲ - معرفی برخی از روش های فشرده بهینه سازی ۱۵

۲- ۳ - بررسی روش های تحلیلی جایابی بهینه خازن ها ۱۷

۲-۳-۱ - روش دو مرحله ای ۱۷

۲-۳-۲ - کاربرد الگوریتم شاخه و کرانه در حل مسئله خازن گذاری بهینه ۲۳

۲-۳-۳ - کاربرد برنامه ریزی خطی عدد صحیح و بهینه سازی مخروطی ۲۵

۲-۳-۴ - محدودیت های روش های تحلیلی (ریاضی) ۲۷

۲-۴ - روش های ابتکاری جایابی بهینه خازن ها ۳۰

۲-۴-۱ - استفاده از روش های مبتنی بر حساسیت در حل مسئله خازن گذاری بهینه ۳۰

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

عنوان صفحه

۲-۴-۲ - الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان ۳۲
۲-۴-۲-۱ - مقدمه ای بر الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان ۳۲
۲-۴-۲-۲ - کاربرد الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان در حل مسئله خازن گذاری بهینه ۳۵
۲-۵ - روش های بهینه سازی با پاسخ نزدیک بهینه ۳۶
۲-۵-۱ - استفاده از شبیه سازی تبرید در حل مسئله خازن گذاری بهینه ۳۶
۲-۵-۲ - الگوریتم ژنتیک ۳۸
۲-۵-۲-۱ - معرفی الگوریتم ژنتیک ۳۸
۲-۵-۲-۲ - مراحل الگوریتم ژنتیک ۴۰
۲-۵-۲-۳ - روش های انتخاب ۴۱
۲-۵-۲-۴ - روش های تغییر ۴۱
۲-۵-۲-۵ - مزایای الگوریتم های ژنتیک ۴۳
۲-۵-۲-۶ - محدودیت های الگوریتم ژنتیک ۴۴
۲-۵-۲-۷ - مسئله خازن گذاری با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۴۴
۲-۵-۳ - الگوریتم کلونی مورچه ها ۴۶
۲-۵-۳-۱ - معرفی الگوریتم کلونی مورچه ها ۴۶
۲-۵-۳-۲ - استفاده از الگوریتم کلونی مورچه در حل مسئله خازن گذاری بهینه ۴۷
۲-۵-۴ - جستجوی ممنوع ۴۹
۲-۵-۴-۱ - معرفی جستجوی ممنوع .....
۴۹

عنوان صفحه

۲-۵-۴-۲ - استفاده از جستجوی ممنوع در حل مسئله خازن گذاری بهینه ۵۱
۲-۵-۵ - استفاده از منطق فازی در حل مسئله خازن گذاری بهینه ۵۳
۲-۵-۶ - ترکیب روش ژنتیک و فازی در حل مسئله خازن گذاری بهینه ۵۷
۲-۵-۷ - استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در کلید زنی بهینه خازن ها ۶۱
۲-۶ - نتیجه گیری ۶۴
۳ **فصل سوم** (جبران سازی توان راکتیو در شبکه های توزیع تجدید ساختار یافته) ۶۷

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۱ - مقدمه ۶۸
۳-۱-۱ - علائم و سمبل ها ۶۸
۳-۲ - حل پخش بار با روش نیوتن - رافسون ۷۱
۳-۳ - بیان روش جایابی بهینه خازن با نگرش به تجدید ساختار در صنعت برق ۷۵
۳-۳-۱ - فرمول بندی مسئله ۷۶
۳-۴ -الگوریتم بهینه سازی ۸۰
۳-۴-۱ - حل مسئله در شبکه توزیع تجدید ساختار یافته با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۸۰
۳-۴-۲ - الگوریتم حل مسئله ۸۳
۴ **فصل چهارم** (شبیه سازی و بررسی نتایج) ۸۵
۴-۱ - مقدمه ۸۶
۴-۱-۱ - فرمول بندی مسئله در فضای نرم افزار متلب ۸۶
۴-۱-۱-۱ - پرونده ورودی داده های شین ۸۶

WikiPower.ir

عنوان صفحه

۴-۱-۱-۲ - پرونده داده های خط ۸۷
۴-۲ - معرفی شبکه های آزمون ۸۹
۴-۲-۱ - معرفی سطوح بارگذاری ۹۰
۴ -۳ - شبیه سازی سیستم تست روی - بیلینتون (RBTS) ۹۱
۴-۳-۱ - اجرای برنامه با فرض بار متوسط برای کل ساعات شبانه روز یک سال ۹۱
۴-۳-۲ -اجرای برنامه با فرض بار روزانه متغیر در طول یک سال ۹۵
۴-۴ - اجرای برنامه با فرض بار متوسط برای فیدر ۲۶ پست بروجرد ۲ ..... ۱۰۲
۵ **فصل پنجم** (نتیجه گیری) ۱۰۶
۵-۱ - نتیجه گیری ۱۰۸
۵-۲ - پیشنهادات ۱۱۰
فهرست منابع ۱۱۱

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست نمودارها و شکل ها

عنوان صفحه

شکل (۱-۱) : جبران سازی توان راکتیو توسط خازن ها ۴
شکل (۱-۲) : نمودار یک فیدر با توزیع یکنواخت بار ۱۳
شکل (۲-۲) : منحنی دوره بار ۱۸
شکل (۲-۳) : تابع هزینه خازن ۱۸
شکل (۲-۴) : فلوچارت حل مسئله فرعی ۲۱
شکل (۲-۵) : گراف تصمیم گیری برای ۳ متغیر تصمیم ۲۲
شکل (۲-۶) : نمایش ماکزیمم محلی و عمومی ۲۸
شکل (۲-۷) : استفاده از الگوریتم دسته پرندگان برای یافتن ماکزیمم یک تابع ۳۴
شکل (۲-۸) : کد گذاری بردار ورودی X در الگوریتم ژنتیک ۴۰
شکل (۲-۹) : تولید فرزند با اعمال عملگرهای ترکیب ۴۲
شکل (۲-۱۰) : عملگر جهش ژنی ۴۲
شکل (۲-۱۱) : تابع عضویت پروفایل ولتاژ ۵۴
شکل (۲-۱۲) : تابع عضویت تلفات توان راکتیو ۵۵
شکل (۲-۱۳) : نمایش ورودی و خروجی های کنترل کننده عصبی ۶۳
شکل (۳-۱) : یک شین نمونه در سیستم قدرت ۶۹
شکل (۳-۲) : فلوچارت حل مسئله جایابی بهینه خازن ها با نگرش به تجدید ساختار ۸۴
شکل (۴-۱) : دیاگرام تک خطی شین ۴ سیستم تست روی - بیلینتون (RBTS) ۹۱
شکل (۴-۲) : نمودار تلفات شبکه با بار متوسط به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۹۳
شکل (۴-۳) : نمودار تلفات ترانسفورماتور ۲۳۰/۳۳ به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۹۴
شکل (۴-۴) : نمودار ظرفیت خازنی منصوبه در شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۹۴
شکل (۴-۵) : نمودار شاخص بازگشت سرمایه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۹۵
شکل (۴-۶) : دیاگرام بار ۲۴ ساعته شین ۴ سیستم تست روی- بیلینتون ۹۶
شکل (۴-۷) : نمودار تلفات شبکه به ازای مقادیر مختلف پارمتر R ۹۸
شکل (۴-۸) : نمودار تلفات ترانسفورماتور ۲۳۰/۳۳ به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۹۸

شکل (۴-۹) : نمودار ظرفیت خازنی منصوبه در شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۹۹
شکل (۴-۱۰) : نمودار شاخص بازگشت سرمایه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۹۹
شکل (۴-۱۱) : تغییر ظرفیت خازنی منصوبه در طول شبانه روز به ازای R = 0 ..... ۱۰۱
شکل (۴-۱۲) : انرژی راکتیو خریداری شده از / فروخته شده به شبکه انتقال در طول یک سال .. ۱۰۱
شکل (۴-۱۳) : نمودار تلفات شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۱۰۳
شکل (۴-۱۴) : نمودار تلفات ترانسفورماتور ۶۳/۲۰ به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۱۰۴
شکل (۴-۱۵) : نمودار ظرفیت خازنی منصوبه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۱۰۴
شکل (۴-۱۶) : نمودار شاخص بازگشت سرمایه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ۱۰۵

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول (۱-۲) : مقایسه روش های جایابی بهینه خازن در شبکه های توزیع ۶۶
جدول (۱-۴) : نتایج حاصل از اجرای برنامه با فرض بار متوسط (سیستم RBTS) ۹۲
جدول (۲-۴) : نتایج حاصل از اجرای برنامه با تغییر بار ۲۴ ساعته (سیستم RBTS) ۹۷
جدول (۳-۴) : نتایج حاصل از اجرای برنامه با فرض بار متوسط (فیدر ۲۶ پست بروجرد ۲) .....
۱۰۲

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول

مقدمه

WikiPower.ir

۱-۱) ضرورت جبران سازی توان راکتیو

به طور کلی در شبکه های قدرت با جریان متناوب ، توان ظاهری که از ژنراتورها دریافت می شود به دو بخش توان حقیقی (اکتیو) و توان موهومی (راکتیو) تقسیم بندی می گردد . نحوه این تقسیم به ضریب قدرت[1] مصرف کننده ها بستگی دارد ، یعنی هر چه قدر ضریب قدرت به ۱ نزدیک تر شود ، سهم توان حقیقی بیشتر و سهم توان موهومی کمتر خواهد شد . با توجه به این که بسیاری از مصرف کننده های موجود در شبکه نظیر الکتروموتور ها ، ترانسفورماتور ها و ... که سیم پیچ یا سلف در آن ها نقش عمده ای ایفا می کند ، مصرف کننده های اهمی – سلفی هستند و به دلیل خاصیت ذخیره سازی انرژی در سلف ها ، همواره مقداری توان بین شبکه و سلف جا به جا که قابل استفاده نیست و در مسیر عبور از سیم ها و کابل ها تلف می شود . یعنی مقداری از توان ظاهری غیر قابل استفاده می گردد که در عین حال مصرف کننده ها به توان مذکور نیاز دارند . در نتیجه ژنراتورها می بایست با توان بیش تر کار کنند و جریان خود را افزایش دهند که با افزایش جریان تولیدی ، ظرفیت خطوط انتقال نیز برای انتقال توان حقیقی کاهش می یابد . در واقع تمام توان راکتیو مورد نیاز بارها ، خطوط و ترانسفورماتور ها می بایست در سطح انتقال تولید شود ، ضمنا اتلاف توان در شبکه های توزیع به صورت حرارت ، افت ولتاژ و کاهش راندمان ظاهر می شود .

جبران سازی توان راکتیو به این معنا است که توان راکتیو مورد نیاز به جای تامین از طریق ژنراتور های نیروگاه ، در محل بار تولید شود . این جبرا ن سازی در سطح توزیع و فوق توزیع می تواند توسط خازن های موازی انجام پذیرد . اصولا هر چه خازن ها نزدیک به مراکز مصرف نصب گردند ، راندمان بالاتری در شبکه خواهد داشت . استفاده از خازن های موازی باعث می شود که بتوان از ظرفیت خطوط انتقال برای انتقال توان اکتیو بیشتری استفاده نمود . توانی را

---

1 – Power Factor

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که مشترکان برق ، مصرف می کنند متفاوت است ، در نتیجه خصوصیات ضریب قدرت آن ها نیز متفاوت است .

با تولید قدرت راکتیو توسط خازن ها ، اثر مؤلفه های راکتیو کاهش و ضریب قدرت افزایش می یابد ، که نتیجه ی آن برای مصرف کننده های برق ، ایجاد شرایط فنی مطلوب تر برای انتقال انرژی خواهد بود .

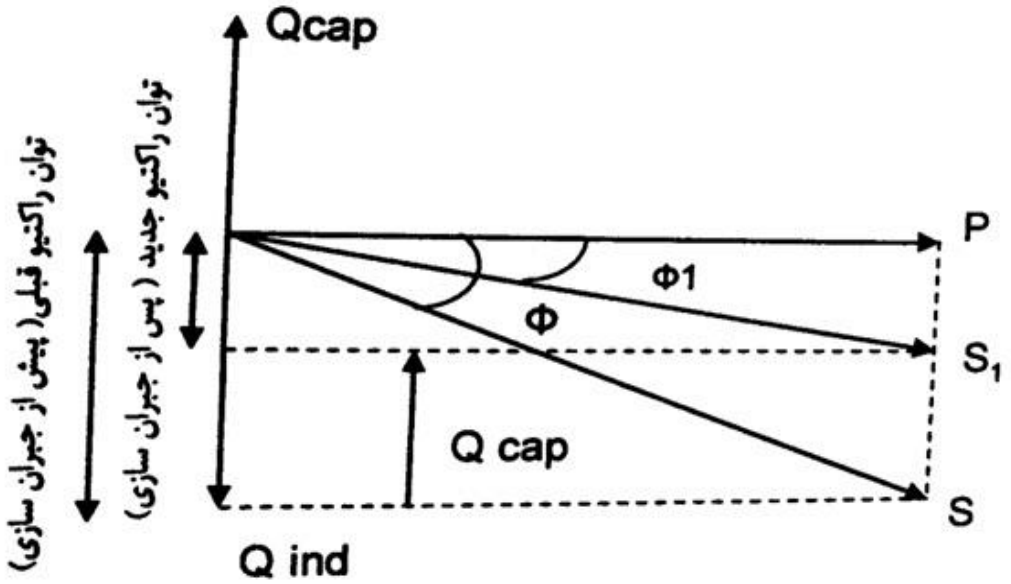
WikiPower.ir

۱-۲) اصول جبران سازی توسط خازن های موازی

همان طور که می دانیم ضریب قدرت را p.F یا $\cos\varphi$ می نامند که به صورت نسبت توان حقیقی به توان ظاهری تعریف می شود .

$$PF = \frac{\text{توان حقیقی}}{\text{توان ظاهری}} = \frac{P}{S} \qquad (1-1)$$

توان راکتیو کشیده شده از خط توسط بارهای سلفس به اندازه ۹۰ درجه از توان حقیقی پس فاز است . اگر یک خازن به سیستم متصل شود ، توان راکتیوی که از خط می کشد نسبت به توان حقیقی پیش فاز است ، مسیر توان راکتیو خازنی در خلاف جهت مسیر توان راکتیو سلفی است ، در نتیجه توان ظاهری مطابق شکل (۱-۱) از S به S1 کاهش می یابد و زاویه فاز بین توان حقیقی و توان ظاهری جدید از φ به φ_1 کاهش می یابد(شکل (۱-۱)) . بنابراین ضریب توان از $\cos\varphi$ به $\cos\varphi_1$ افزایش می یابد . شکل (۱-۱) نحوه ی این جبران سازی را نمایش می دهد .



شکل (۱ – ۱) : جبران سازی توان راکتیو توسط خازن ها

با انتخاب مناسب مقدار خازن می توان ضریب توان را تا حدود ۱ جبران سازی نمود ، اگر چه در عمل ضریب توان بین ۰/۹ تا ۰/۹۵ بهبود می یابد .

۱-۳) جا یابی و تعیین ظرفیت بهینه خازن های موازی در شبکه های توزیع

به طور کلی شعاعی بودن و بالا بودن نسبت مقاومت به راکتانس در شبکه های توزیع باعث افزایش تلفات در این شبکه ها نسبت به شبکه های انتقال می گردد .

یکی از مهمترین راه کارهای کاهش تلفات و بهینه سازی شبکه های توزیع ، خازن گذاری بهینه است و مسئله اصلی در این کار ، تعیین موقعیت و ظرفیت بهینه خازن ها با هدف کاهش تلفات و افزایش صرفه جویی اقتصادی می باشد . این موضوع سبب گردیده که جبران سازی بهینه توان راکتیو به یکی از جنبه های مهم بهینه سازی شبکه های توزیع تبدیل شود که تا به حال تحقیقات وسیعی در این زمینه انجام پذیرفته و روش های گوناگونی ارائه شده است (۱-۲۰) .

در سال ۱۹۵۶ با فرض توزیع یکنواخت بار در طول یک فیدر و با در نظر گرفتن خازن های ثابت و صرف نظر از هزینه خازن ها ، با ظرفیت از پیش تعیین شده ، موقعیت بهینه با امتحان کردن کلیه موقعیت های ممکن برای نصب یک خازن به دست آمد و بدین ترتیب نخستین گام در راستای جایابی بهینه خازن ها برداشته شد (۱-۴) . پس از آن روش های ریاضی و تحلیلی برای تعیین ظرفیت و موقعیت بهینه خازن ها مورد استفاده واقع گردید . در سال ۱۹۸۷ روش های ریاضی شامل دو دسته روش غیر فشرده (تئوری

کان تاکر ، روش هیسین ، روش گرادیان کاهش یافته و برنامه ریزی درجه دوم) و فشرده (برنامه ریزی خطی و برنامه ریزی غیر خطی) به کار گرفته شد[۳] .

در روش های ریاضی می بایست سه مشخصه ی پیوستگی ، تحدب و مشتق پذیری از ویژگی های توابع هدف باشد . همچنین در روش های فوق امکان کار با متغیر های گسسته وجود ندارد و ظرفیت های به دست آمده از این روش ها به صورت متغیر های پیوسته بوده و با واقعیت های عملی تطابق ندارد . از دیگر معایب روش های ریاضی قرار گرفتن در نقاط بهینه محلی ، نیاز به مشتق گیری فراوان ، مشکلات همگرایی و مشکل تنظیم مقادیر اولیه متغیرها به خصوص در حالتی که تعداد متغیرها زیاد است می باشد .

مسئله ی جایابی بهینه خازن در شبکه های توزیع به دلیل طبیعت گسسته ادوات جبران سازی توان راکتیو منجر به یک مسئله ی برنامه ریزی غیر خطی با متغیرهای آمیخته (پیوسته یا گسسته) می گردد . از جمله متغیرهای پیوسته می توان به مقادیر ولتاژ در شین های PV توان راکتیو در شین های PQ اشاره نمود و متغیر های گسسته موقعیت بانک های خازنی و اندازه ی آن ها می باشد .

با توجه به این که اضافه شدن بانک های خازنی در اغلب موارد به صورت گام های گسسته است (نه پیوسته) و تغییرات بار در یک دوره ی زمانی نیز به صورت گسسته است

(یعنی منحنی دوره ی بار با یک تابع تکه ای خطی تقریب زده می شود) ، جهت یافتن پاسخ بهینه مسئله ی جا به جایی بهینه خازن ها در شبکه توزیع می بایست روشی به کار گرفته شود که در آن امکان کار با متغیر های گسسته وجود داشته باشد و ظرفیت های به دست آمده از آن با واقعیت های عملی تطابق داشته باشد . در راستای برطرف نمودن محدودیت های روش روش های ریاضی ، تخصیص بهینه منابع راکتیو با جداسازی مسئله به دو مرحله ی سلسله مراتبی مورد بررسی واقع گردید[۳] .

در واقع مسئله ی اصلی به دو زیر مسئله تقسیم می گردد : یک مسئله ی غیر خطی (سطح۱) و یک مسئله ی برنامه ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح (سطح ۲) . مسئله ی ۱ به روش پخش بار بهینه معمولی بوده و با روش های تکراری پخش بار معمولی ، روش های برنامه ریزی غیر خطی و یا روش های برنامه ریزی خطی متوالی حل می شود . سطح ۲ یک مسئله ی برنامه ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح می باشد که به طور خاص به پیدا کردن جواب های عدد صحیح می پردازد . این گونه مسائل ابتدایی ترین شرط موجود در مسائل برنامه ریزی خطی یعنی پیوسته بودن را در بر ندارند .

در سال ۱۹۸۹ با تقسیم مسئله به دو بخش بهینه سازی دیفرانسیلی غیر خطی و برنامه ریزی خطی عدد صحیح مسئله در دو فاز مجزا بررسی گردید . در فاز ۱ ظرفیت اختصاص داده شده به هر منبع راکتیو یک متغیر پیوسته است و در فاز ۲ با فرض این که اندازه ی خازن ها متغیرهای گسسته ای هستند ، برنامه

ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح به کار گرفته می شود [۵] . در این روش نیازی به پیوسته بودن تابع هدف – که شرط لازم حل مسئله به روش های ریاضی است – نمی باشد .

در همین راستا در سال ۲۰۰۴ یک روش دو مرحله ای دیگر با استفاده از بهینه سازی مخروطی و برنامه ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح ، با امکان استفاده از قیود مخروطی و عدم نیاز به پیوسته بودن تابع هدف به کار گرفته شد [۷] . در سال ۲۰۰۵ الگوریتم شاخه و کرانه[1] برای کاهش تعداد موقعیت های ممکن برای نصب خازن به کار گرفته شد .

---

1 – Branch and Bound

در این روش نیز از برنامه ریزی خطی عدد صحیح برای تعیین موقعیت خازن ها استفاده شده است [۶] . در تمامی روش های مذکور که تصمیم گیری گسسته انجام می گیرد و شرط پیوسته بودن تابع هدف حذف گردیده است ، لزوم تحدب و خطی سازی تابع هدف ، شرط اصلی برای حل مسئله می باشد [۳] . در واقع این روش ها قادرند پاسخ بهینه را در یک بازه خاص پیدا کنند و لذا امکان گرفتار شدن مسئله در یک نقطه ی بهینه ی محلی وجود دارد . برای یافتن جواب عمومی مسئله بهینه سازی و حذف شرط محدب بودن تابع هدف ، به موازات روش های فوق الذکر ، در سال ۱۹۹۵ از تکنیک های ابتکاری نظیر تکنیک حساسیت برای کاهش تعداد حالت های ممکن برای نصب خازن استفاده گردید [۸] .

یکی از جدیدترین روشهای ابتکاری که در سال ۲۰۰۷ مطرح گردید ، الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان است که در آن هیچ یک از شرط های تحدب ، پیوستگی و مشتق پذیری تابع هدف لازم نیست و با ماهیت تصادفی خود امکان گریز از نقطه ی بهینه محلی را دارد [۹] . بر خلاف روش های پیشین که مسئله در یک رهیافت دو مرحله ای حل می گردید – ابتدا با تعیین موقعیت شین های مناسب برای نصب خازن و سپس انتخاب اندازه ی مناسب خازن برای آن ها – موقعیت و اندازه ی خازن های ثابت ، در این روش به طور هم زمان به دست می آید و این یکی از مهم ترین مزایای این روش می باشد .

هم زمان با گسترش استفاده از روش های ابتکاری ، روش های هوشمند دیگری با عنوان روش های بهینه سازی با پاسخ نزدیک بهینه با ماهیت تصادفی و امکان گریز از نقطه ی بهینه ی محلی ، جای روش های ریاضی را گرفتند . ضمنا در این روش ها لزومی برای پیوستگی ، تحدب و خطی سازی تابع هدف و قیود وجود ندارد . برخی از این روش ها عبارتند از :

- روش شبیه سازی تبرید [۱۰ و ۱۱]
- الگوریتم ژنتیک [۱۲، ۱۳ ، ۱۴ ، ۱۵ ، ۱۶ ، ۲۷]
- الگوریتم کلونی مورچه ها [۱۷]
- جستجوی ممنوع [۱۸ و ۲۶]
- منطق فازی [۱۹]
- شبکه های عصبی مصنوعی [۲۰]

هر یک از روش های مذکور محدودیت ها و نقاط قوت خاص خود را دارند . در روش بهینه سازی تبرید به دلیل استفاده محدود از حافظه ، زمان محاسبات بالا می باشد . در الگوریتم کلونی مورچه ها کیفیت پاسخ و سرعت همگرایی به انتخاب و تنظیم مناسب پارامترهای الگوریتم بستگی دارد .

در روش جستجوی ممنوع نیز استفاده از حافظه و تنظیم صحیح طول فهرست ممنوع از الزامات حل مسئله است و پارامترهای الگوریتم - با توجه به وابستگی جواب به نحوه ی تنظیم این پارامترها - می بایست با روش سعی و خطا به درستی تنظیم شوند .

به دلیل ماهیت غیر دقیق پارامترهای سیستم توزیع واقعی ، استفاده از منطق فازی موجب عدم وابستگی پاسخ به مدل ریاضی سیستم می گردد و می توان توابع هدف را بدون تاثیر مقادیر واقعی شان مورد بررسی قرار داد . ولی تخمین قوانین مناسب فازی برای هر تابع هدف از الزامات حل مسئله می باشد . پاسخ حاصل از الگوریتم ژنتیک که به تازگی در بسیاری از مسائل بهینه سازی مورد استفاده قرار می گیرد به انتخاب درست تابع برازش و در نظر گرفتن جمعیت اولیه مناسب بستگی دارد . هم چنین می توان از حالات کنترلی قبلی خازن ها برای آموزش یک شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمود و سیستم کلید زنی خازن ها را به طور در خط[1] با یک کنترل کننده ی عصبی مصنوعی کنترل نمود .

اگر چه موفقیت روش های غیر قطعی مطرح شده در بالا ، به تنظیم پارامترهای مختلف الگوریتم بستگی دارد ، اما پاسخ منتجه از آن به پاسخ بهینه نزدیک تر است . در فصل دوم هر یک از روش های مذکور به تفصیل تشریح خواهد شد .

1 – on line

۱-۴) جایابی بهینه خازن با نگرش به تجدید ساختار در صنعت برق

با توجه به تحول و حرکت صنعت برق به سمت رقابت و ایجاد شرایط بازار ، در این پایان نامه قصد داریم جبران سازی بهینه توان راکتیو را با در نظر گرفتن تجدید ساختار در صنعت برق ، فراهم آوردن بستر مناسب جهت ارائه ی خدمات بهتر و ... ، به صورت یک مسئله ی جدید فرمول بندی کنیم .

در روش های ارائه شده تا کنون به انتخاب تعداد ، اندازه و موقعیت بانک های خازنی بر مبنای معیار حداکثر سود اقتصادی با در نظر گرفتن هزینه مربوط به نصب خازن ها و در آمد حاصل از کاهش تلفات ، پرداخته شده است [۲۰-۱] .

چنین فرمول بندی از مسئله ، اثرات سیستم انتقال توان را در نظر نمی گیرد و شبکه های توزیع نقش عمده ای در تنظیم ولتاژ HV [۱] ایفا نمی کنند . تنها هدف این است که بانک های خازنی نصب شده در طرف MV [۲] گره های HV/MV در ساعات کم باری از شین ها جدا شوند . با توجه به موارد مذکور طراحی و بهره برداری از منابع راکتیو به دلیل تجدید ساختار بازار برق و پراکنده بودن مصارف برق می بایست مورد بازنگری واقع شود [۲۳] .در زمینه بازار جدید ، میزان توان راکتیوی که سیستم انتقال از خازن ها دریافت می کند به عنوان یک سرویس تلقی شده و اپراتور شبکه ی انتقال برای تنظیم ولتاژ و ذخیره ی توان از اپراتور شبکه ی توزیع خریداری خواهد نمود . بنابراین می بایست یک مقدار اقتصادی به این سرویس اختصاص داده شود . مسئله ی طراحی سیستم جبران ساز توان راکتیو در شبکه ی توزیع از نقطه نظر اپراتور سیستم توزیع می تواند با هدف حداقل نمودن تلفات در شبکه ی توزیع و ترانسفورماتور HV/MV و با هدف تولید درآمد (و یا حداقل عدم از دست دادن سرمایه) با فروش انرژی راکتیو به اپراتور شبکه انتقال ، مجددا فرمول بندی شود . بنابراین هدف جدید تعیین آرایش جبران سازها با هدف

حداقل نمودن برگشت سرمایه و کاهش هزینه نصب خازن ها می باشد . در واقع اپراتور شبکه توزیع ، انرژی الکتریکی را در گره HV/MV خریداری نموده و با حداقل
سازی تلفات انرژی ، باعث بهبود نسبت انرژی فروخته شده به مشتری ، به انرژی خریداری شده

---

1 – High Voltage

2 – Medium Voltage

و افزایش طول عمر تجهیزات شبکه ی قدرت می گردد [۲۳] . در فصل دوم این پایان نامه به بیان پیشینه ی جایابی خازن در شبکه های توزیع و سیر تحولی روش های موجود ، مشخصات و نقاط ضعف و قوت هر یک از این روش ها از سال ۱۹۵۶ تا سال ۲۰۰۷ خواهیم پرداخت و در پایان روش های عنوان شده در این زمینه را با یک دیگر مقایسه خواهیم نمود . در فصل سوم به بیان روش جایابی بهینه ی خازن با نگرش به تجدید ساختار در صنعت برق و فرمول بندی مسئله خواهیم پرداخت و در فصل چهارم نتایج شبیه سازی و استفاده از روش مذکور و پیشنهادات ادامه ی کار عنوان خواهد گردید .

WikiPower.ir

فصل دوم

مروری بر پیشینه ی جایابی بهینه خازن در شبکه های توزیع

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۱) مقدمه

همان گونه که در فصل اول عنوان گردید ، در صورتی که توان راکتیو فقط توسط نیروگاه تولید شود، هر یک المان های سیستم های قدرت (ژنراتور ها ،ترانسفورماتور ها، خطوط انتقال و توزیع وسایر تجهیزات) باید از نظر اندازه بزرگتر شوند ، چرا که لازم است توان بیشتری از نیروگاه به بار ا نتقال یابد . با تولید این توان در محل مورد نیاز ،جریان خطوط از محل خازن ها تا نیروگاه کاهش می یابد. در نتیجه تلفات و بار سیستم در خطوط توزیع تا پست های توزیع و خطوط انتقال تا نیروگاه کاهش می یابد .

هم چنین فلوی توان اکتیو در سیستم های توزیع باعث تلفات توان شده و مهندسین سعی می کنند با نصب بانک های خازنی این تلفات را به حداقل ممکن تقلیل بدهند . برای هر رشد بار و افزایش مصرف ، مطالعه نمودار ولتاژ ، تعیین محل نصب و ظرفیت خازن و تعیین مقدار کاهش تلفات به لحاظ صرفه جویی در هزینه ها ضروری به نظر می رسد . در این محدوده (حد پایینی و حد بالایی ولتاژ) محل وظرفیت بهینه خازن بر اساس حداکثر کاهش در تلفات انرژی ، به ویژه در شرایط پیک بار شبکه تعیین می شود .

به طور کلی بهینه سازی موقعیت خازن ها در شبکه های توزیع ، حدود چند دهه است مورد بحث وبررسی قرار گرفته است ، که بیشتر روش های ارائه شده بر مبنای الگوریتم های بهینه سازی می باشند . به دلیل پیچدگی مسئله ، روشهای پیشنهادی معمولا با یک یا چند فرضیه از فرضیات ، زیر مسئله را ساده می کردند [۱] :

۱) وجود یک فیدر یکنواخت

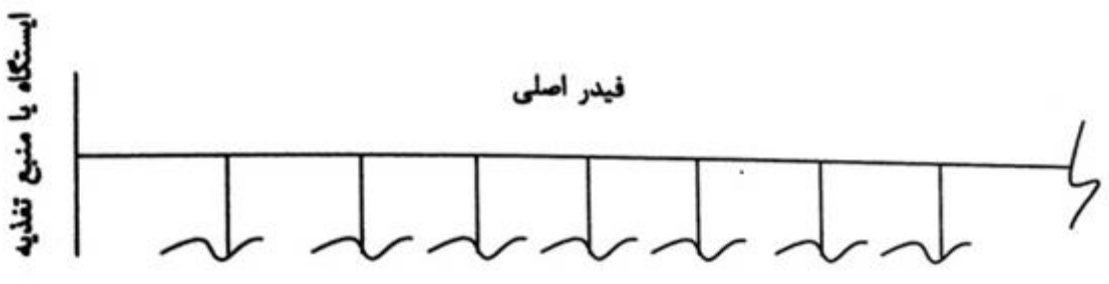
۲) پروفایل ثابت ولتاژ

۳) هزینه خطی خازن ها

۴) اندازه (ظرفیت) پیوسته برای خازن ها

۵) فیدر شعاعی

مسئله ی جایابی بهینه خازن ها در سال ۱۹۵۶ برای اولین بار توسط نیگل و سامسون[1] [۴ و ۱] با فرض توزیع یکنواخت بار در طول یک فیدر ، با هدف کاهش تلفات توان مطرح گردید ، که پاسخ بهینه با فرض خازن های ثابت وصرف با نظر از هزینه خازن ها به دست آمد . این مسئله با فرض اینکه ظرفیت یک بانک خازنی مشخص است و فقط قرار است موقعیت آن در طول یک فیدر مشخص گردد ، بررسی گردیده است .



شکل (۱ -۲) : نمونه یک فیدر با توزیع یکنواخت بار [۴]

منحنی های حاصل از این تحقیق حاکی از این بود که کاهش تلفات بصورت تابعی از اندازه خازن وفاصله خازن از ایستگاه می باشد .

WikiPower.ir

1 – Neagle , Samson

۲-۲) طبقه بندی انواع روش های بهینه سازی توان راکتیو

به طور کلی می توان روش های بهینه سازی را بصورت زیر طبقه بندی نمود [۲] :

۱) روش های تحلیلی (ریاضی)

۲) روش های ابتکاری

۳) تکنیک های بهینه سازی نزدیک بهینه

۴) برنامه ریزی دینامیک

۵) شبکه های عصبی مصنوعی

از یک نقطه نظر دیگر می توان بهینه سازی مسائل حالت مانا را به دو روش تعریف نمود [۳] :

۱) روش های غیر فشرده که کل متغیر های کنترل و حالت در فرایند بهینه سازی در نظر گرفته می شوند .

۲) روش های فشرده که یک مدل کاهش یافته برای سیستم به دست می آید و اهداف وقیود آن تنها بر مبنای متغیرهای کنترل بیان می شوند . پیچیدگی شیوه های فشرده بیشتر است اما در سیستم های بزرگ کاربرد وسیع تری دارند .

در روش های ریاضی وکلاسیک متعددی که تا کنون برای بهینه سازی توان راکتیو در شبکه های توزیع به کار گرفته شده است ، توابع هدف ، قیود ، متغیرهای کنترل و متغیرهای حالت ، انواع مختلفی به خود گرفته اند.

WikiPower.ir

۲-۲-۱) معرفی برخی از روش های غیر فشرده بهینه سازی

به دست آوردن شرایط بهینه با استفاده از تئوری کان – تاکر[۱] که در مقایسه با روش های امروزی کند است و به سختی هم گرا می شود . (شرایط لازم برای ماکزیمم یا مینیمم نسبت به قیود نا معادله ای ،به شرایط کان – تاکر معروف است)

۱) روش هیسین[۲] که قیود نامساوی را از طریق یک تابع جریمه در نظر می گیرد .

۲) روش گرادیان کاهش یافته ی تعمیم یافته[۳] که یک برنامه ریزی ریاضی عمومی با تابع هدف محدب و قیود خطی را حل می کند .

۳) برنامه ریزی درجه دوم[۴] که مسائل با تابع هدف محدب از درجه دو را حل می کند[۳] .

۲-۲-۲) معرفی برخی از روش های فشرده بهینه سازی

۱) برنامه ریزی خطی :

روش های برنامه ریزی خطی برای یافتن بهترین جواب صدق کننده در یک ماتریس (مجموعه ی محدودیت ها) براساس وجود یک تابع هدف به کار می روند . در این روش ها اساساً خطی سازی تابع هدف و معادلات شبکه لازم است . تابع هدف با یک تابع تکه ای - خطی یا خطی تقریب زده می شود ومدل تغییر یافته از طریق الگوریتم سیمپلکس دوتایی حل می شود .

روش های برنامه ریزی خطی برای بهره برداری کوتاه مدت و تغییر کوچک در متغیرهای کنترل مناسب می باشند .

---

1 – Kuhn and Tucker

2 – Hessian

3 – Generalized Reduced Gradient

4 – Quadratic Programming

WikiPower.ir

۲) برنامه ریزی غیر خطی :

روش های غیر خطی برای توابع هدف یا توابع محدودیت غیر خطی بنا شده اند و معمولاً جهت حد اقل سازی تلفات اکتیو مناسب اند . در اغلب روش های برنامه ریزی غیر خطی می بایست یک پاسخ اولیه ی منطقی را در نظر گرفت ، سپس به نحوی با ایجاد تغییر در موقعیت خازن ها به بهبود تابع هدف پرداخت. روش ایجاد تغییر می تواند با گرفتن گرادیان تابع هدف نسبت به هر متغیر تصمیم گیری به دست می آید . این تکنیک ها همگرایی خوبی دارند و در یک محدوده ی وسیع پاسخ های معتبری ارائه می دهند [۳] .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲ – ۳) بررسی روش های تحلیلی جایابی بهینه ی خازن

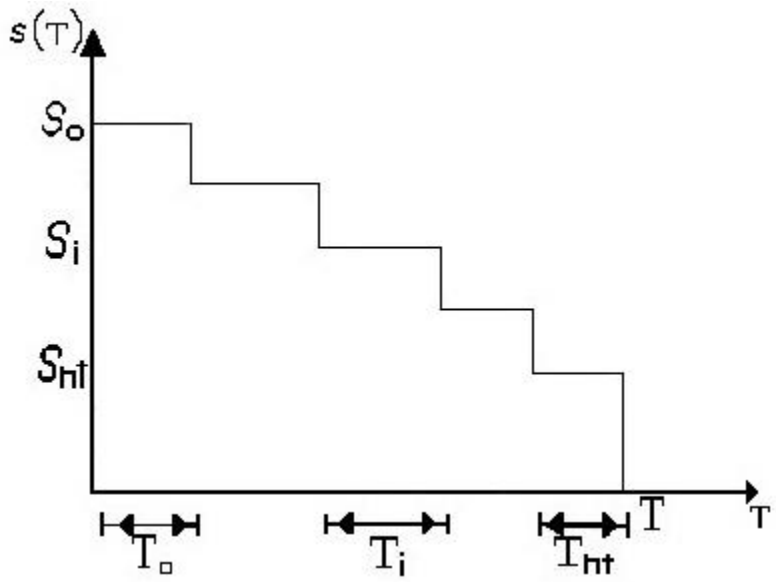
۲ – ۳ – ۱) روش دو مرحله ای (بهینه سازی دیفرانسیلی غیر خطی – برنامه ریزی عدد صحیح)[۱]

یکی از روش های تحلیلی جایابی بهینه ی خازن با هدف کاهش تلفات انرژی و توان ، با در نظر گرفتن هزینه ی خازن ها ، قیود ولتاژ و تغییرات بار ، روش دو مرحله ای می باشد . در این روش مسئله به صورت یک برنامه ریزی آمیخته با عدد صحیح فرمول بندی و پخش بار با در نظر گرفتن قیود اجرا می شود .

در واقع مسئله به یک زیر مسئله ی اصلی و یک زیر مسئله ی فرعی تجزیه می شود . مسئله ی اصلی برای تعیین موقعیت خازن ها و مسئله س فرعی برای تعیین نوع (ثابت یا قابل سوئیچ) و اندازه ی خازن های جایابی شده به کار می رود .

با فرض این که تغییرات بار در دوره ی T در گام های گسسته ای صورت می پذیرد ، برای هر سطح بار ، معادلات پخش بار ، قیود ولتاژ (حدود ولتاژ برای گره های سیستم) و قیود ظرفیت برای متغیرهای کنترل (خازن ها) را خواهیم داشت .

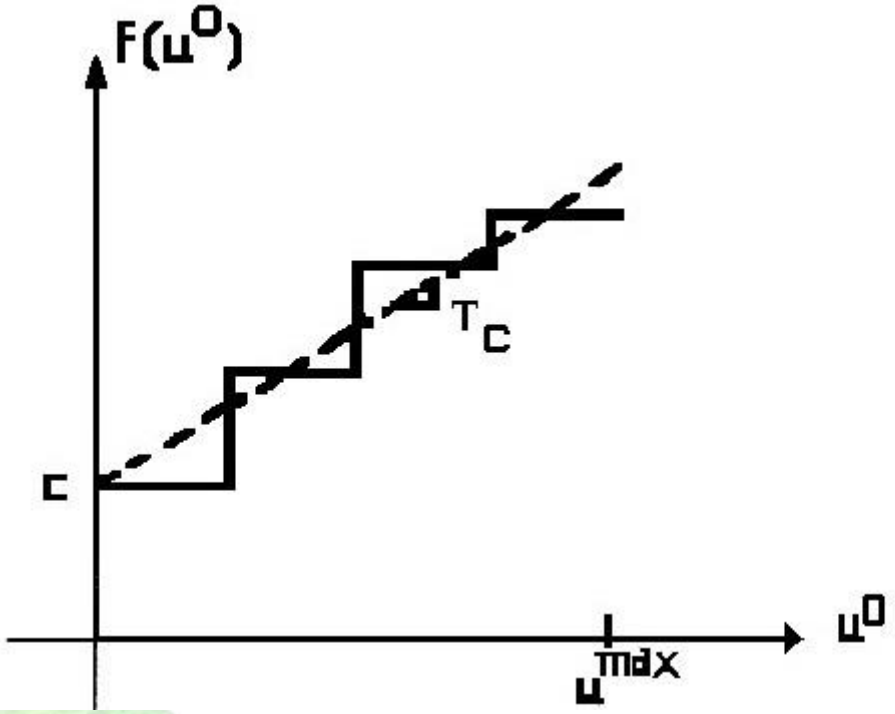
1 – Non – Linear Differentia Optimization – Integer Programming



شکل (۲ – ۲) : منحنی دوره بار [۵]

WikiPower.ir

تابع هزینه ی خازن ها معمولا به شکل پله ای می باشد . در نظر گرفتن چنین تابعی ، فرمول بندی مسئله را پیچیده خواهد نمود ، این تابع را با فرمول (۲ – ۱) تقریب می زنیم [۵] .



شکل (۲ -۳) : تابع هزینه خازن [۵]

$$f\ (u^0) = c.e + r_c . u^0 \qquad 0 \le u^0 \le u^{max} .e \qquad (۱ - ۲)$$

که e یک متغیر تصمیم گیری متعلق به مجموعه ی { 0 ، ۱ } است (e = 0 به معنای عدم قرار گیری خازن است) و r_c و u^0 هزینه ی حاشیه ای و اندازه ی خازن می باشد . مسئله ی اصلی ، برنامه ریزی عدد صحیح و مسئله ی فرعی ، بهینه سازی دیفرانسیلی غیر خطی می باشد . مسئله ی برنامه ریزی غیر خطی آمیخته با عدد صحیح به صورت زیر می باشد :

$$min_{e,u} \{ f_0 (e , u) \mid e \in E ; \quad u \in U \} \qquad (۲ - ۲)$$

که e و u به ترتیب متناظر با بردار تصمیم گیری و بردار کنترل هستند و e و u نشان دهنده ی مجموعه ی قیود این بردارها هستند .

مسئله ی فرئی – بهینه سازی دیفرانسیلی غیر خطی – با فرمول (۲ – ۳) و (۲ – ۴) فرمول بندی می شود [۵] .

Subproblems , SW_i i= 1.....nt

$$SW_i \quad f_i (u^0) = min_u \ k_e \ T_i \ P_i (x^i)$$
$$G^i (x^i , u^i) = 0 \qquad (۳ - ۲)$$
$$\text{s.t} \quad H^i (x^i) \le 0$$

$$0 \le u^i \le u^0$$

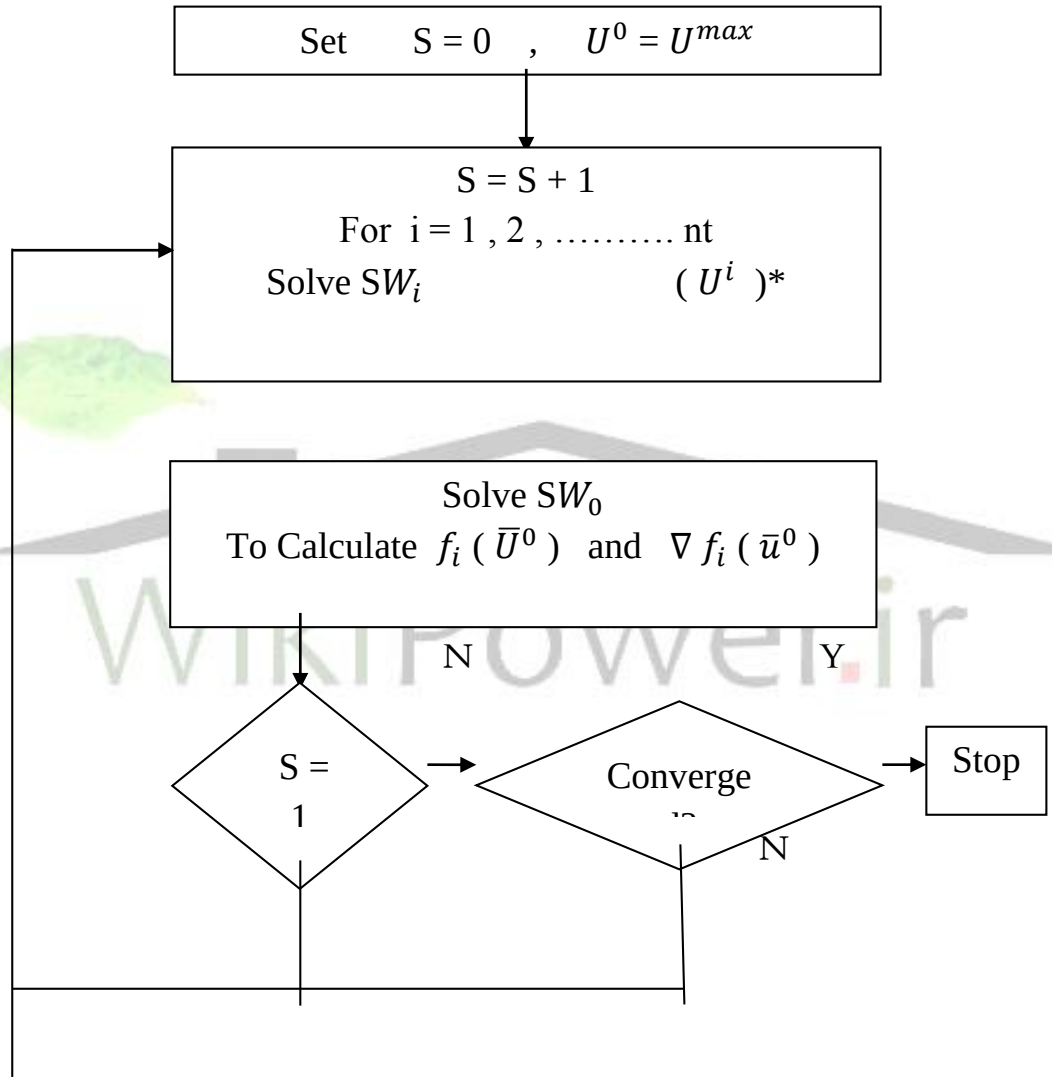
$$f_i(\overline{u}^o) \approx K_e\, T_i\, P_i(x^i \,.\, u^i) \qquad (۴-۲)$$

$$\nabla_k f_i(\overline{u}^o) \approx \begin{cases} \nabla_k f_i(\tilde{u}i) \; if & \overline{u}_k^0 \le (u_k^i)^* \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \qquad k = 1,\ldots nc$$

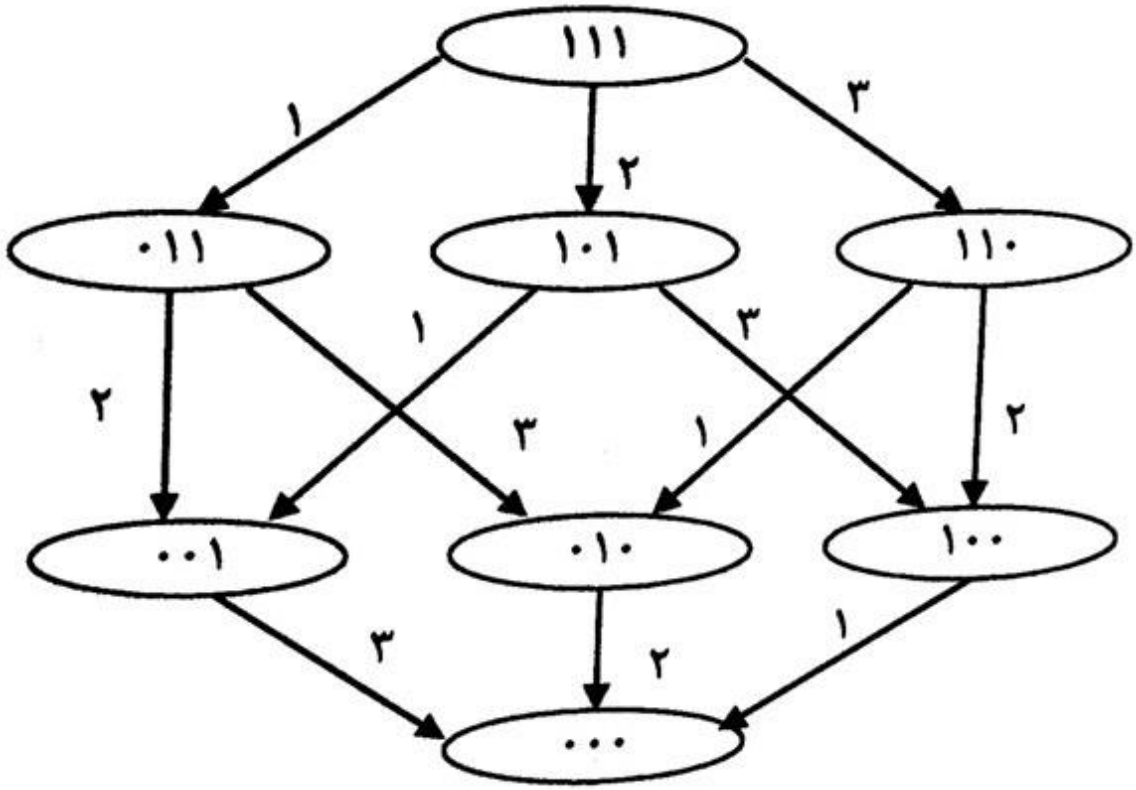
که T_i طول دوره ی سطح بار i ، P_i : تلفات سیستم ، K_e هزینه ی انرژی (پریونیت) و نقطه ی کار سیستم (شامل P , Q , V) می باشد . زیر مسئله های SW_i تنها شامل یک سطح بار هستند و پاسخ حل این زیر مسئله ها ، بردار اندازه ی خازن u^0 می باشد . مسئله ی اصلی SW_0 است ، با تغییر u^0 در SW_0 از یک تکرار تا تکرار بعد ، SW_i حل و $f_i(u^0)$ و $\nabla f_i(u^0)$ محاسبه می گردد .در شکل (۲ – ۴) فلوچارت حل مسئله ی فرئی ارائه گردیده است . برای حل مسئله ی اصلی – که یک مسئله ی برنامه ریزی عدد صحیح است – ابتدا یک گراف تصمیم گیری را ترسیم نموده و سپس یک طرح جستجوی موثر برای تعیین تعداد و موقعیت خازن ها ارائه می گردد . فرض می کنیم n_cخازن کاندیدای اولیه داده شده است ، کل تصمیم های ممکن در مورد انتخاب موقعیت خازن ها در بین موقعیت های کاندیدا می تواند به صورت گراف تصمیم گیری تنظیم گردد .

در گراف نشان داده شده در شکل (۲ – ۵) با $n_c = ۳$، هر گره به معنای یک موقعیت تصمیم گیری است ، $e = [e_1 \quad e_2 \quad e_3]^T$ که $e_i = 0$ به معنای عدم انتخاب خازن در شین i می باشد .

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲ – ۴) فلوچارت حل مسئله فرعی [۵]



شکل (۲ – ۵) : گراف تصمیم گیری برای ۳ متغیر تصمیم گیری [۵]

فرآیند حل مسئله بدین صورت است که ابتدا یک گره به همراه بردار تصمیم گیری e و پاسخ مسئله ی فرعی متناظر با آن (یعنی بردار کنترل $\hat{u}= [\ \hat{u}_1 \ \ldots\ldots\ \hat{u}_{nc}\ ]^T$ و هدف $f_0\ (\hat{u})$ را در نظر می گیریم . برای کل خازن های موجود $k = 1,\ldots.nc$ به طوری که تشکیل می دهیم :

$$\nabla_k f_i\ (\overline{u}^o\ ) \approx \begin{cases} 0 & \text{if} \quad j = k \\ \hat{u}\, j & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (۲ - ۵)$$

هدف جدید $f_k\ (u)$ را به دست می آوریم (که این نیازمند پخش بار می باشد) . تاثیر خازن k در این هدف را به دست می آوریم : $\Delta f_0^k = f_0^k - f_0$. خازن های موجود را با استفاده از

Δf_0^k ها مرتب می کنیم ، Δf_0^k ها برای حذف خازن به کار می رود . خازن با کوچک ترین Δf_0^k برای حداقل کردن هدف مناسب تر می باشند . این جستجو از مرتبه ی n_c^2 است و با منفی شدن Δf_0^k می تواند متوقف گردد [۵] .

۲ – ۳ – ۲) کاربرد الگوریتم شاخه و کرانه[1] در حل مسئله ی خزن گذاری بهینه

الگوریتم شاخه و کرانه یکی دیگر از روش های تحلیلی می باشد ، که برای کاهش موقعیت های ممکن برای نصب خازن مناسب می باشد [۶] . این روش به طور خودکار ترکیبی از بانک های خازنی را در گره های فیدر به وجود می آورد ، محاسبات پخش بار را برای تعیین تاثیر هر ترکیب انجام می دهد و پاسخ بهینه یا نزدیک بهینه را ذخیره می کند . فیدر توزیع شعاعی شامل یک شاخه ی اصلی و تعدادی شاخه ی جانبی است که از چندین بخش با طول های متفاوت و هادی های با مشخصات متفاوت تشکیل شده است . برای هر بخش ، امپدانس سری و خازن موازی خط بر حسب پریونیت برای تحلیل پخش بار لازم است . تابع هدف به صورت زیر می باشد :

Maximize :

$$J = K_p \Delta P_l + K_E \Delta E_L - C_Q \qquad (۲ - ۶)$$

WikiPower.ir

1 – Branch and Bound

با قیود مساوی

$$P_k = V_k \sum_{m=1}^{N} V_m (G_{km} \cos \delta_{km} + B_{km} \sin \delta_{km}) \qquad (۲ - ۷)$$

$$Q_k = V_k \sum_{m=1}^{N} V_m (G_{km} \sin \delta_{km} - B_{km} \cos \delta_{km})$$

و قیود نا مساوی

$$V_{k,min} < V_k < V_{k,max}$$
$$0 \leq n_k \leq n_{k,max} \qquad (۸-۲)$$

که Q_k و P_k به ترتیب توان راکتیو و اکتیو تزریق شده در گره k ، $G_{km} + j\, B_{km}$ ماتریس ادمیتانس شین ، V_k و δ_k مقدار ولتاژ و زاویه ی فاز آن در گره k ، $n_{k,max}$ حد اکثر تعداد مجاز بانک های خازنی در گره k ، ΔP_L اختلاف تلفات توان ناشی از اضافه کردن خازن ها ، K_p ضریب تبدیل کاهش تلفات به صرفه جویی بر حسب دلار ، ΔE_L اختلاف تلفات انرژی ناشی از اضافه کردن خازن ها K_E ضریب تبدیل کاهش تلفات به صرفه جویی بر حسب دلار و C_Q هزینه ی بانک های خازنی بر حسب دلار می باشد .

این الگوریتم پاسخ یک مسئله ی حداکثر سازی را از بین تعداد متفاوتی پاسخ مرتبط می یابد . برای استفاده از این الگوریتم ، ابتدا شبکه به صورت یک درخت و شاخه های آن مدل شده و گره ها به ترتیب شماره گذاری می شوند . این روابط باعث می گردد که جستجو در یک ساختار درختی انجام گردد [۶] .

الگوریتم شاخه و کرانه به طور خودکار اندازه های خازن ها را تعیین و موقعیت آن ها را در شاخه های فیدر مشخص می کند و آن را با بهترین پاسخ به دست آمده تا کنون مقایسه می کند . اگر پاسخ فعلی در طول یک شاخه ، بهتر از پاسخ قبلی باشد ،پاسخ جدید ذخیره شده و گره بعدی بررسی می گردد . اگر پس از چند پاسخ متوالی هیچ بهبودی در بهترین پاسخ حاصل نشد ، شاخه به کرانه رسیده و یک شاخه ی جدید آزمایش می شود .

پس از آزمایش کل شاخه ها ، پاسخ بهینه ی به دست می آید . می توان به جای مقایسه ی پاسخ فعلی با بهترین پاسخ به دست آمده تا کنون ، پاسخ فعلی با ۵ پاسخ ، شامل بهترین پاسخ و پاسخ های نزدیک بهینه مقایسه نمود [۶] .

اگر پاسخ به دست آمده بهتر از یک یا چند پاسخ بهینه یا نزدیک بهینه بود ، در پاسخ های بهینه قرار می گیرد و کم ترین پاسخ دور انداخته می شود . در این جا برای به دست آوردن پاسخ ، از نرم افزار کاپالوک[۱] استفاده شده است . این نرم افزار به طور اتوماتیک چندین سایز خازن تولید می کند ، آن ها را به گره های فیدر متصل می نماید و برنامه پخش بار را اجرا می کند .

در پایان با استفاده از نتایج پخش بار ، موجه بودن هر پاسخ بررسی می گردد . برای آرایش ها یی که در همه ی قیود صدق کنند ، مقدار تابع هدف محاسبه می گردد و آزمایش بهینه بودن پاسخ آغاز می شود . ۵ پاسخ بهینه و نزدیک بهینه ذخیره می گردد و پس از هم گرایی ، پاسخ بهینه و ۴ پاسخ نزدیک بهینه نمایش داده می شود . داده های ورودی این نرم افزار شامل اطلاعات مربوط به بار در هر شین ، حداکثر

تعداد مجاز و هزینه ی خازن ها می باشد . در این روش نیز به دلیل استفاده از برنامه ریزی خطی عدد صحیح برای تعیین موقعیت خازن ها ، محدب بودن تابع هدف الزامی است .

۲ – ۳ – ۳) کاربرد برنامه ریزی خطی عدد صحیح و بهینه سازی مخروطی[۲] در خازن گذاری بهینه

در سال ۲۰۰۴ ، جهت حل مسئله ی جایابی بهینه ی خازن های ثابت و قابل سوئیچ در یک شبکه ی توزیع شعاعی یک روش جدید توسط جبر[۳] ارائه گردید [۷] . هدف این کار حداقل سازی هزینه های مرتبط با بانک های خازنی ، پیک توان و تلفات انرژی با توجه به یک مجموعه قیود تکنیکی و فیزیکی می باشد . روش پیشنهادی در یک رهیافت دو مرحله ای ارائه گردیده است .

---

1 – Capallo

2 – Conic and mixed integer linear programming

3 – R . A jabr

WikiPower.ir

در مرحله ی ۱ ، مسئله به صورت یک برنامه ی مخروطی[۱] فرمول بندی شده است که در آن گره ها نماینده ای برای جای گذاری بانک های خازنی است که اندازه ی آن ها به صورت یک متغیر پیوسته فرض شده است .

پاسخ عمومی فاز ۱ با استفاده از یک روش نقطه ی داخلی بر مبنای حل کننده[۲] برنامه ریزی مخروطی به دست می آید . فاز ۲ یک راه حل عملی بهینه را با این فرض که اندازه ی بانک های خازنی متغیر های گسسته ای هستند ، جستجو می کند .

برنامه در این فاز به صورت یک برنامه ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح فرمول بندی می شود . پاسخ فاز ۲ مسئله با استفاده از یک حل کننده برنامه ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح به دست می آید [۷] .

بهینه ساز مخروطی ، توان راکتیو را به منابع با هزینه ی تمام شده ی کمتر برای سیستم اختصاص می دهد . در فاز ۱ ، توان اختصاص داده شده برای هر منبع راکتیو به صورت یک متغیر پیوسته عمل می کند .

در واقع ، پاسخ مخروطی بهینه ، پاسخ بهینه ی عمومی ای است که در آن اندازه ی خازن ها متغیر های پیوسته در نظر گرفته شده اند .

برای مسائل واقعی (که اندازه ی خازن ها به صورت عدد صحیح می باشد) نتایج حاصل از برنامه ریزی خازن به روش ترکیب برنامه ریزی خطی عدد صحیح و بهینه سازی مخروطی منجر به پاسخ با کمترین هزینه وکمترین تلفات انرژی و نزدیک به مقادیر متناظر از برنامه فاز I می گردد .

مزایای این روش به دلیل موجود بودن نرم افزار های بهینه سازی مخروطی و برنامه ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح بیشتر مشخص می گردد . اعتبار پاسخ های حاصل شده با مقایسه نتایج از پیش منتشر شده تایید می گردد .

روش پیشنهادی برخلاف بسیاری از روش های غیر قطعی ارائه شده در مقالات گذشته که نمی توان اطمینان حاصل کرد با تکرار روش پاسخ دهی به پاسخ بهینه دست یافته ایم ، قطعی است

---

1 - Conic

2 - Solver

و پاسخ های آن از روش پاسخ تکرار بدست می آیند . علاوه بر آن در مقایسه ی روش های غیر قطعی ، روش پیشنهادی به اجرای زیاد پخش بار نیاز ندارد . هم چنین پاسخ های حاصل از این روش به تنظیم پارامترهای الگوریتم بستگی ندارد . از طرفی عملکرد عددی روش پیشنهادی به صورت یک تکنولوژی پاسخ دهی می بایست بهبود یابد .

۲-۳-۴) محدودیت های روش های تحلیلی (ریاضی)

روش های کلاسیک ریاضی دارای دو اشکال اساسی هستند . اول اینکه در این روش ها این احتمال وجود دارد که نقطه بهینه محلی[۱] به عنوان نقطه بهینه عمومی[۲] در نظر گرفته شود و نیز هر یک از روش ها تنها برای مساله خاصی کاربرد دارند .

این دو نکته را با مثال های ساده ای روشن می کنیم با توجه به شکل (۲ -۶) ملاحظه می کنیم که این منحنی دارای چند نقطه ماکزیمم می باشد ،که تنها یکی از آنها ماکزیمم عمومی است . حال از روش های

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

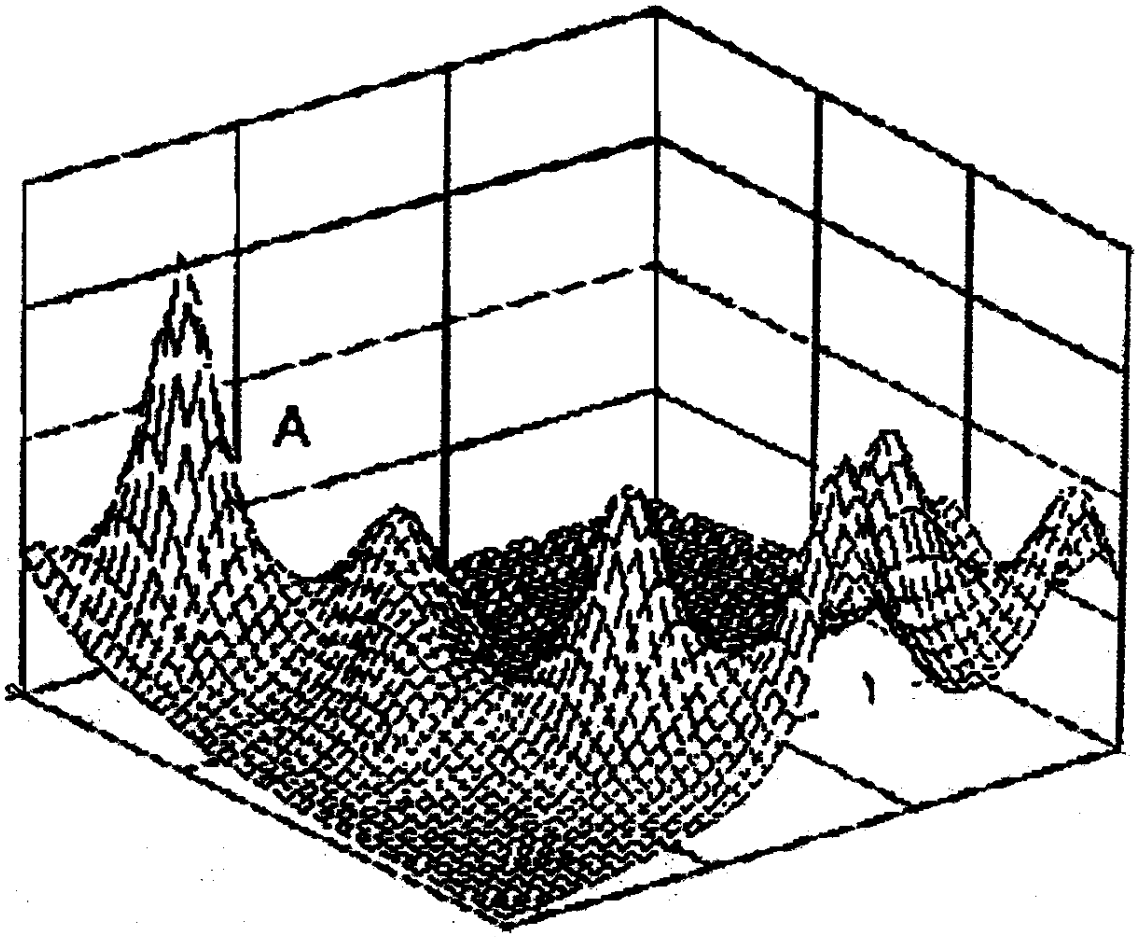
بهینه سازی ریاضی استفاده کنیم مجبوریم تا در یک بازه ی بسیار کوچک مقدار ماکزیمم تابع را بیابیم .
مثلا از نقطه ۱ شروع کنیم و تابع را ماکزیمم کنیم .

---

1 - local optimal
2 - global optimal

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



WWW.WIKIPOWER.IR

شکل (۲-۶) : نمایش ماکزیمم محلی و عمومی

بدیهی است اگر از نقطه ۱ شروع کنیم تنها به مقدار ماکزیمم محلی دست خواهیم یافت و پس از آن الگوریتم متوقف خواهد شد . اما در روش های هوشمند به دلیل ماهیت تصادفی آن ها حتی اگر از نقطه ۱ شروع کنیم باز ممکن است در میان راه ، نقطه A به صورت تصادفی انتخاب شود که در این صورت ما شانس دست یابی به نقطه ی بهینه ی عمومی را خواهیم داشت.

در مورد نکته دوم باید بگوییم که روش های ریاضی بهینه سازی اغلب منجر به یک فرمول یا دستور العمل خاص برای حل هر مسئله می شوند . در واقع این روشها محتاج به یافتن یک تابع هدف مناسب هستند (در برنامه ریزی ریاضی فرموله کردن معروف است) ، علاوه بر آن محدب بودن تابع هدف از شروط اصلی آن است که این بدان دلیل است که فرد مطمئن شود مقدار بهینه ی به دست آمده ، یک مقدار محلی نیست و در تمام بازه مورد نظر صدق می کند . در موارد که مسئله بیش از حد پیچیده است ، یا آنکه فرموله کردن آن مشکل است ، استفاده از الگوریتم های هیوریستیک[۱] (ابتکاری) بسیار کاراتر است . این

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

الگوریتم ها رویکردی را برای یافتن جواب بهینه سازی ترکیبی پدید می آورند که معمولا بر اساس روش سعی وخطا هستند . در این روش ها به جای امتحان کردن کلیه حالات ممکن برای نصب خازن ، روشی دنبال می گردد که جستجو را ساده تر نماید . روش های بر مبنای تکنیک حساسیت و الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان از جمله این روش ها می باشند .

WikiPower.ir

1-heuristic methods

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۴) روش های ابتکاری جایابی بهینه ی خازن ها

۲-۴-۱) استفاده از روش های مبتنی بر حساسیت[1] در حل مسئله خازن گذاری بهینه

یکی از روش های ابتکاری تعیین موقعت بهینه خازن ها ، روش های مبتنی بر تکنیک حساسیت می باشد [۸] . در این روش ها پاسخ بهینه با امتحان کردن ترکیبات مختلف بانک های خازنی (مطابق ظرفیت واحد تعریف شده توسط کاربر) در گره های کاندیدا در طول فیدر توزیع و محاسبه صرفه جویی حاصله به دست می آید . به منظور کاهش زمان پاسخ دهی ، گره های کاندیدا بر اساس فاکتور حساسیت شان مرتب شده و بالاترین گره در لیست ، ابتدا در فرایند بهینه سازی در نظر گرفته می شود .در گرهی که قرار گرفتن خازن در آن بیشترین صرفه جویی را موجب شود ، یک خازن ثابت قرار می گیرد . زمانی که بهبودی در تابع هدف (میزان صرفه جویی) حاصل نشود ، فرایند بهینه سازی پایان می پذیرد . در صورتی که در سطوح بار مختلف ، خازن های ثابت با ظرفیت متفاوت به دست آید ، می توان از خازن های قابل سوئیچ استفاده نمود . تابع هدف بهینه سازی با هدف حداکثر سازی کاهش تلفات انرژی و پیک توان و حداقل سازی هزینه ی سرمایه گذاری در نصب بانک های خازنی به صورت زیر می باشد [۸] :

$$J = K_p \ K_P, K_E , \ \Delta P_l + K_E \Delta E_L + K_R \Delta S - C_Q \qquad (۹-۲)$$

K_R ثابت هایی هستند که صرفه جویی در تلفات آزاد سازی ظرفیت ، تلفات انرژی و تلفات توان را به واحد پول تبدیل می کنند . $\Delta S , \Delta L_E , \Delta L_P$ صرفه جویی در تلفات توان ، تلفات انرژی و ظرفیت انرژی آزاد شده می باشد . C_Q هزینه ی خازن است که به اندازه آن بستگی دارد و شامل هزینه ی خرید و نصب خازن می باشد . برای کاهش زمان محاسبات می بایست تعداد کل حالاتی که برای قرارگیری خازن ها آزمایش می شود را کاهش داد . در این روش با محاسبه ضرایب حساسیت هر گره ، گره هایی که قرار گیری خازن در آن ها بیشترین تاثیر را در کاهش پیک توان و تلفات انرژی وجود دارد ، به دست می آیند . ضریب حساسیت به صورت زیر محاسبه می گردد [۸] :

$$\frac{\partial P_L}{\partial Q_K} = 2 \sum_m \ (\alpha_{km} Q_m - \beta_{km} P_m) \qquad (۱۰-۲)$$

1- sensitivity based methods

که α_{km} , β_{km} به ترتیب ضرایب افزایش بار راکتیو و اکتیو می باشند ، P_L تلفات توان اکتیو ، Q_K توان راکتیو تزریقی به گره k است و m شماره گره می باشد . هنگامی که تغیری در یک گره رخ می دهد (نظیر اضافه کردن خازن به یک گره) ضرایب حساسیت در آن گره محاسبه شده وگره ها بر اساس کاهش ضرایب

حساسیت مرتب می شوند . بالاترین گره در لیست ، برای نصب خازن بعدی در اولویت قرار دارد . پس از تکرارهای متوالی و مرتب سازی گره ها ، با تعیین بالاترین اولویت گره ها برالی نصب خازن ، اولویت های جدید جایگزین الویت های قبلی می گردند . این فرایند تا زمانی منطقی است که هزینه ی نصب دومین بانک خازنی در یک گره ، موجب افزایش هزینه نصب و خرید خازن ، نسبت به نصب همان خازن در گره بعدی لیست نگردد . با جای گذاری موقت خازن ها در گره هایی که در بالای لیست قرار دارند ، آزمایش منطقی بودن هر یک از آرایش ها آغاز می گردد : می بایست در هر تکرار کل صرفه جویی سالانه محاسبه و با پاسخ قبلی مقایسه گردد ، در صورتی که از مقدار قبلی بیشتر باشد ، پاسخ قبلی نگه داشته می شود . سپس خازن به گره بعدی در لیست اولویت منتقل می شود و این فرایند تکرار می گردد . در انتهای این تکرار ، خازن در گرهی قرار می گیرد که نصب خازن در آن بیشترین صرفه جویی را موجب شود . برای تکرار بعدی ، ضرایب حساسیت مجدداً محاسبه شده و گره ها به روش گفته شده در بالا مرتب می گردند . که در تکرار های قبلی برای نصب خازن انتخاب شده اند ، در بالای لیست اولویت قرار می گیرند . پس از هر بار که موقعیت خازن ها تعیین می گردد ، محاسبات پخش بار اجرا شده و مقدار ولتاژ به دست آمده با حدود مجاز بالا و پایین ولتاژ مقایسه می گردد . در صورتی که هیچ قیدی نقض نگردد ، تلفات توان ، انرژی و میزان ظرفیت آزاد شده محاسبه می گردد . استفاده از این روش برای کاهش تعداد حالات های ممکن برای نصب خازن جهت یافتن پاسخ بهینه ی مناسب می باشد [۸] .

WikiPower.ir

۲-۴-۲) الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان[1]

۲-۴-۲-۱) مقدمه ای بر الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان

الگوریتم بهینه سازی دسته ی پرندگان برای نخستین بار در سال ۱۹۹۵ به عنوان یکی از روش های ابتکاری بهینه سازی مطرح گردید . این الگوریتم یک الگوی جستجوی اجتماعی است که از روی رفتار اجتماعی دسته های پرندگان مدل شده است و اولین بار به منظور کشف الگوهای حاکم بر پرواز هم زمان پرندگان و تغییر ناگهانی مسیر آن ها و تغییر ناگهانی مسیر آن ها وتغییر شکل بهینه ی یک دسته به کار گرفته شد . در الگوریتم مذکور ، ذرات[2] در فضای جستجو جاری می شوند . تغییر مکان این ذرات در فضای جستجو تحت تاثیر تجربه ودانش خودشان وهمسایگان شان است . بنابراین موقعیت دیگر ذرات در یک دسته روی چگونگی جستجوی یک ذره اثر می گذارد . نتیجه ی مدل سازی این رفتار اجتماعی فرآیند جستجویی است که در آن ذرات به سمت نواحی موفق میل می کنند . کلیه ذرات در یک دسته از یکدیگر می آموزند و بر مبنای دانش به دست آمده به سمت بهترین همسایگان خود می روند .

رفتار کلی یک دسته به صورت غیر خطی از آمیزش رفتارهای تک تک اجتماع بدست می آید یا به عبارتی یک رابطه ی بسیار پیچیده بین رفتار جمعی و رفتار فردی یک اجتماع وجود دارد . رفتار جمعی فقط وابسته به رفتار فردی افراد اجتماع نیست ، بلکه به چگونگی تعامل میان افراد نیز واسته است . تعامل بین افراد ، تجربه افراد درباره ی محیط را افزایش می دهد و موجب پیشرفت اجتماع می شود . ساختار اجتماعی یک دسته ، بین افراد یک مجموعه کانال های ارتباطی ایجاد می کند که طی آن افراد می توانند به تبادل تجربه های شخصی بپردازند .

مدل سازی محاسباتی دسته ها ، کاربرد های موفق و بسیاری را در پی داشته است . برای حل یک مسئله با چند متغیر بهینه سازی می توان از چند دسته استفاده کرد که هر یک از دسته ها کار مخصوصی را انجام دهند . اساس کار این الگوریتم بر این اصل استوار است که در هر لحظه ، یک ذره مکان خود را در فضای جستجو با توجه به بهترین مکانی که تا کنون در آن قرار گرفته

---

1 – Particle swarm optimization

2 - Particles

است و بهترین مکانی که درکل همسایگی اش وجود دارد ، تنظیم می کند [۹] . بر این اساس یک گروه از ذرات در ابتدا به طور تصادفی ایجاد می شود . هر ذره به طور بالقوه یک پاسخ است و موقعیتی دارد که با بردار $\bar{x}$ نمایش داده می شود . یک گروه از ذرات در فضای مسئله حرکت می کنند و با بردار سرعت $\bar{v}_i$نمایش داده می شوند . در هر مرحله زمانی ، تابع F_i میزان کیفیت را با استفاده از $\bar{x}_i$ (به عنوان ورودی) محاسبه می کند . هر ذره مسیرش را در بهترین وضعیت خود حفظ می کند ، که این وضعیت با بهترین برازش از بردار $\bar{P}_i$ مرتبط می باشد . ضمناً بهترین موقعیت به دست آمده بین ذرات در جمعیت مورد نظر مسیر $\bar{P}_g$ را طی می کند [۹] .

مراحل الگوریتم :

۱) تشکیل جمعیت اولیه با تعیین موقعیت و سرعت ذرات .

۲) محاسبه برازش انفرادی هر یک از ذرات (P_{best})

۳) دنبال نمودن مسیر ذرات با بالاترین برازش (g_{best})

۴) محاسبه سرعت ها بر مبنای p_{best} و g_{best}

۵) تغیر موقعیت ذرات با توجه به شرایط جدید

۶) ارجاع به گام ۲ در صورت عدم حصول نتیجه

۷) توقف

علاوه بر این روش عمومی ، صورت دیگر این روش ، بهترین موقعیت را در بین کلیه ی مکان های مجاور یک ذره به دست می آورد . در هر گام زمانی t ، با استفاده از بهترین موقعیت انفرادی ، بهترین موقعیت عمومی $p_g(t)$ ، یک سرعت جدید برای ذره i به دست می آید [۹]:

$$v_i(t+1) = v_i(t) + c_1 \varphi_1(p_i(t) - x_i(t)) + c_2\varphi_2(p_g(t)-x_i(t)) \qquad (۲-۱۱)$$

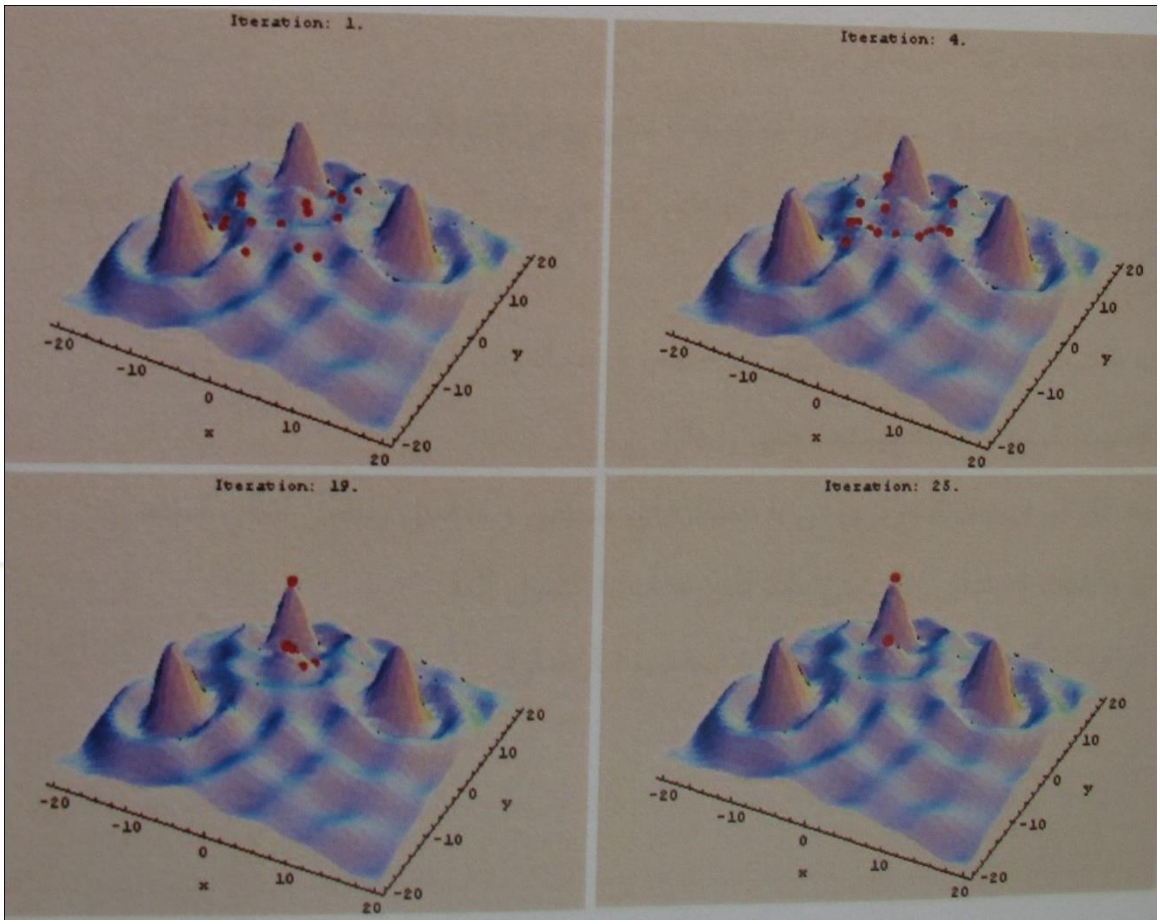
که c_1 و c_2 ثابت های مثبت هستند و φ_1 و φ_2 اعداد تصادفی توزیع شده بین [۰و۱] هستند ، v_i به مقادیر $\pm v_{max}$ محدود شده است . اندازه ی بردارهای v_i و x_i برابر تعداد متغیرهای تصمیم گیری در یک مسئله است . اگر سرعت از این حدود تجاوز کند ، در مقدار مرزی خود تنظیم می شود . تغییر سرعت در این روش می تواند ذره i ام را برای جستجوی بهترین موقعیت انفرادی اطراف خود ، $\bar{P}_i$ ، وبهترین موقعیت عمومی $\bar{P}_g$ توانا سازد . هر ذره بر مبنای سرعت جدید ، موقعیت خود را مطابق معادله (۲-۱۲) تغییر می دهد :

$$\bar{x}_i(t+1) = \bar{x}_i(t) + \bar{v}_i(t+1) \qquad (۲-۱۲)$$ مطابق با

معادلات بالا ، جمعیت ذرات ضمن حرکت تصادفی هر ذره در یک مسیر تصادفی ، به گروه (دسته) شدن

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تمایل دارند . در اینجا گروه برگزیده گان می تواند به صورت یک دسته[1] باشد و هر گزیده متناظر با یک ذره در آن است . شکل (۲-۷) کاربرد الگوریتم جهت به دست آوردن ماکزیمم یک تابع را نشان می دهد.



شکل (۲-۷) : استفاده از الگوریتم دسته پرندگان برای یافتن ماکزیمم یک تابع [۸]

1 – Swarm

۲-۴-۲-۲) کاربرد الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان در حل مسئله خازن گذاری بهینه

با توجه به ویژگی های این الگوریتم می توان از آن برای جایابی خازن های ثابت در شبکه استفاده نمود [۹] .

بر خلاف روش های پیشین که مسئله در یک رهیافت دو مرحله ای حل می گردید . ابتدا با تعیین موقعیت خازن ها به صورت متغیر های گسسته فرمول بندی می گردد :

$$\text{minimize} \quad p_{loss} \qquad (۲-۱۳)$$

قیود تساوی یک تابع هدف شامل معادلات پخش بار غیر خطی سیستم توزیع بوده و قیود نا مساوی مربوط به حدود ولتاژ سیستم می باشد .

مزایای الگوریتم دسته پرندگان در مقایسه با سایر روش های بهینه سازی عبارتند از :

- خاصیت انعطاف پذیری دارد به گونه ای که می توان آن را با سایر روش های بهینه سازی به صورت ترکیبی به کار گرفت .
- به ماهیت تابع هدف (پیوستگی یا تحدب) حساسیت کم تری دارد .
- قابلیت گریز از نقطه ی بهینه محلی را دارد .
- به کارگیری و برنامه ریزی آن با عملگرهای منطقی و اساسی ریاضی آسان است .
- با ماهیت تصادفی خود می تواند تابع هدف را کنترل کند .
- برای هم گرایی خود به پاسخ اولیه مناسب نیاز ندارد .

WikiPower.ir

۲-۵) روش های بهینه سازی با پاسخ نزدیک بهینه

۲-۵-۱) استفاده از شبیه سازی تبرید [۱] در حل مسئله خازن گذاری بهینه

شبیه سازی تبرید یک روش عمومی برای حل مسا ئل بهینه سازی ترکیبی ست که ر بنای مقایسه بین فرایند های بیه سازی وذوب به منظور تبلور[۲] در سیستم های فیزیکی می باشد . برای دست یابی به موقعیت و ظرفیت بهینه و یا نزدیک بهینه ی خازن ها در شبکه های توزیع می توان از روش شبیه سازی تبرید استفاده نمود [۱۰و۱۱] ، بر اساس این الگوریتم و با هدف حداقل کردن تلفات انرژی ، با در نظر گرفتن هزینه خازن ها ، موقعیت ، نوع ، اندازه و تنظیمات کنترلی خازن ها به دست می آید .

می توان تابع هزینه ی خازن ها را به صورت یک تابع پله ای در نظر گرفت [۱۰و ۱۱] . لازم به ذکر است که تابع هزینه در این حالت یک تابع غیر دیفرانسیلی است که باعث می شود بتوانیم از روش های بهینه سازی غیر خطی استفاده کنیم . دراین روش با فرض وجود n_c موقعیت ممکن برای نصب خازن ها و n_t سطح بار متفاوت ، تابع هدف به صورت زیر فرمول بندی می گردد :

$$\underset{u^0,u^i}{\text{minimize}} \sum_{k=1}^{n_c} C_k(u_k^0) + K_e \sum_{i=1}^{n_t} T_i P_{Loss,i}(x^i,u^i) \qquad (۱۴-۲)$$

که

$$u_k^0 = I_k u_s, \quad I_k \text{ is a non-negative integer}, k \in N_c \qquad (۱۵-۲)$$
$$u_k^i = \text{discrete variable}, i \in N_T, k \in N_c$$

$$F(z^i,u^i)=0, \quad i \in N_T$$
$$H(x^i) \le 0, \quad i \in N_T \qquad (۱۶-۲)$$
$$\text{For } k \in C_1 = \{\text{fixed cap.}\}, \; u_k^i = u_k^j \le u_k^0 \text{ for } i,j \in N_T$$
$$\text{For } k \in C_2 = \{\text{switchwd cap.}\}, \; 0 \le u_k^i \le u_k^0 \text{ for } i \in N_T$$

---

1 - Simulated annealing

2 – Cry systallization

C_1 نشان دهنده ی مجموعه خازن های قابل سوئیچ و c_2 نشان دهنده ی مجموعه خازن های ثابت می باشد u^0 برداری است که موقعیت نصب خازن را نمایش می دهد . اندازه عناصر این بردار مضربی از اندازه استاندارد یک بانک خازنی می باشد . u^i بردار تنظیمات کنترلی در سطح بار i است که اجزاء آن به دلیل پله های گسسته ی ظرفیت بانک های خازنی ، متغیرهای گسسته ای هستند .

طراحی الگوریتم شبیه سازی تبرید شامل ۴ مرحله مهم است :

۱) یک مجموعه از آرایش خازن ها در سیستم
۲) یک مجموعه از جا به جایی های موجه
۳) یک فرایند خنک سازی [1]
۴) یک تابع هزینه

ابتدا سیستم با یک دمای بالا شروع می کند و به آرامی سرد می شود تا زمانی که فریز شود و به روشی مشابه با ذوب و تشکیل کریستال به نقطه ی بهینه عمومی دست یابد .

در گام اول ۱ آرایش سیستم به یک آرایش جدید تغییر می کند . اگر w_b نشان دهنده مجموعه شین هایی باشد که امکان نصب خازن در آن ها وجود دارد ، $w_b=\{1,2,....n_c\}$ ، نحوه تغییر آرایش خازن های ثابت می تواند به یکی از ۳ روش زیر صورت پذیرد :

۱) جابجایی اضافه / کم : در این نوع جابه جایی یک گام واقعی اندازه خازن (مثلاً ۳۰ kvar) به ظرفیت فعلی شینی از مجموعه شین ها که با تولید یک عدد تصادفی برای نصب خازن انتخاب شده است ، اضافه یا کم می گردد .

۲) جابه جایی افزایشی : اضافه یا کم کردن یک خازن (که ظرفیت آن به صورت مضرب صحیح مثبتی از اندازه استاندارد یک خازن است) به شماره شینی از مجموعه شین ها ، که با تولید یک عدد تصادفی به دست آمده است . ظرفیت اضافه یا کم شده نیز بر اساس یک عدد تصادفی می باشد .

۳) جابه جایی انتقالی : تعویض ظرفیت دو شین متفاوت که شماره آن ها با تولید یک عدد تصادفی به دست آمده است .

WikiPower.ir

1- cooling

نحوه ی تغییر آرایش خازن های قابل سوئیچ در هر یک از سطوح بار به یکی از دو روش زیر می باشد :

۱) هم زمان : تنظیمات هر شین در هر تکرار در کلیه سطوح بار به طور هم زمان تغییر می کند.

۲) غیر هم زمان : تنظیمات هر شین در سطوح بار غیر پیک[1] به طور مستقل در هر زیر تکرار تغییر می کند .

در گام ۲ تغییر تابع هزینه ارزیابی می گردد ، $dc = \hat{c} - c$ ، که c مقدار تابع هزینه قبل از تغییر و $\hat{c}$ پس از تغییر می باشد . یک جا به جایی در صورتی مورد قبول است که مقدار تابع هزینه را کاهش دهد (یا dc

< 0) . اگر $dc > 0$ بود ابتدا فاکتور بولتزمن $e^{-\frac{dc}{KT}}$ محاسبه می شود . اگر $r \leq e^{-\frac{dc}{KT}}$ گردید ، ساختار جدید نگه داشته می شود ، در غیر این صورت نادیده گرفته می شود . این الگوریتم هنگامی که بهبود قابل ملاحظه ای در تابع هزینه ایجاد نگردد ، متوقف می شود .

مقدار اولیه ی T می بایست در یک مقدار بزرگ تنظیم شود به گونه ای که احتمال قبول یک جا به جایی در مرحله ی اول نزدیک به ۱ باشد و سپس به آهستگی کاهش یابد (مطابق با فرآیند خنک سازی) . اگر تبرید به آهستگی صورت گیرد ، احتمال آرایش سیستم به ۱ نزدیک می شود .

به دلیل قانون احتمالی انتخاب ، فرآیند بهینه سازی می تواند از یک نقطه ی مینیمم محلی خارج شود . این مشخصه باعث می شود که الگوریتم شبیه سازی تبرید از دیگر روش های جستجو متمایز گردد ، ولی به علت استفاده ی محدود این روش از حافظه ، به زمان محاسبات زیادی نیاز دارد .

۲ – ۵ – ۲) الگوریتم ژنتیک[۲]

۲ – ۵ – ۲ – ۱) معرفی الگوریتم ژنتیک

الگوریتم های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش بینی یا تطبیق الگو استفاده می کنند . مطابق نظریه ی تکامل بقای داروین ، موجودات زنده

---

1 – Off – peek

2 - Genetic Algorithm : GA

در نسل بعدی نسبت به نسل قبل بهبود می یابند . به طور کلی این الگوریتم ها از ۴ بخش تابع برازش[۱] ، نمایش ، انتخاب[۲] و تغییر تشکیل می شوند . حال ببینیم که رابطه ی تکامل طبیعی با روش های هوش مصنوعی چیست . هدف اصلی روش های هوشمند به کار گرفته شده در هوش مصنوعی ، یافتن پاسخ بهینه ی مسائل مهندسی است .

مختصرا گفته می شود که الگوریتم ژنتیک ، یک تکنیک برنامه نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان الگوی حل مسئله استفاده می کند . ورودی این برنامه ، مسئله ای است که باید حل شود و راه حل ها طبق یک الگو کد گذاری می شوند . تابع برازش ، پاسخ های کاندیدا را ارزیابی می کند .ابتدا تعداد مشخصی از ورودی ها ، X_1 , X_2 ,..... , X_n که متعلق به فضای نمونه ی X هستند را انتخاب می کنیم و آن ها را

به صورت یک بردار $X = (X_1 , X_2 , ... , X_n)$ نمایش می دهیم . اصطلاحاً به این بردار ورودی ، ارگانیسم یا کروموزوم گفته می شود . به گروه کروموزوم ها ، کلونی یا جمعیت می گوییم . در هر دوره ، کلونی رشد می کند و بر اساس قوانین مشخصی که حاکی از تکامل زیستی است ، تکامل می یابند [۲۵] . برای هر کروموزوم X_i ، یک تابع برازش $f (X_i)$ وجود دارد . عناصر قوی تر یا کروموزوم هایی که ارزش تناسب آن ها به مقدار بهینه ی کلونی نزدیک تر است شانس بیش تری برای زنده ماندن در طول دوره های دیگر و دوباره تولید شدن را دارند و ضعیف تر ها از بین می روند . به عبارت دیگر ، این الگوریتم ورودی هایی که به جواب بهینه نزدیک ترند را نگه داشته و از بقیه صرف نظر می کند [۲۵] .

یک گام مهم دیگر در الگوریتم ، تولد یا تولید فرزند است که در هر دوره ، یک بار اتفاق می افتد . محتویات دو کروموزومی که در فرآیند تولید شرکت می کنند با هم ترکیب می شوند تا ۲ کروموزوم جدید که ما آن ها را فرزند می نامیم ، ایجاد کنند . این روش به ما اجازه می دهد تا ۲عدد از بهترین والدین را برای ایجاد یک فرزند بهتر با هم ترکیب کنیم[۳] . برخی از ژن ها از پدر و برخی دیگر از مادر به فرزند انتقال می یابند ، به نقاطی که ژن ها از پدر به مادر و یا برعکس جهش می کند ، نقاط ترکیب[۴] می گویند . به علاوه در طول هر دوره ، یک سری از کروموزوم

---

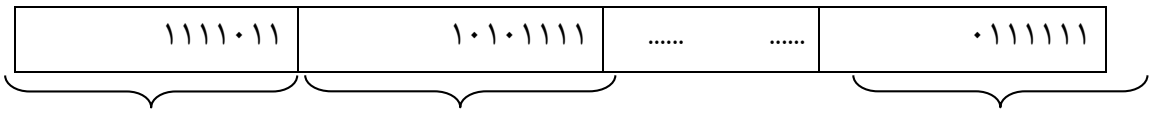
1 – Fitness

2 – Selection

3 – Evolution

4 – Cross over Points

ها ممکن است جهش ژنی[۱] پیدا کنند . یعنی ژنی که در والدین وجود ندارد ، در فرزند ایجاد شود [۲۵] . همان گونه که گفتیم هر ورودی X در یک عدد برداری $X = (X_1 , X_2 , ... , X_n)$ قرار دارد . برای اجرای الگوریتم ژنتیک باید هر ورودی را به یک کروموزوم تبدیل کنیم . می توانیم مطابق شکل (۲ – ۸) ورودی ها را با داشتن $log (n)$ بیت برای هر عنصر و تبدیل ارزش X_i به کروموزومی با بیت های صفر و یک کد گذاری کنیم .



$$(X_1 , X_2 , \ldots , X_3) = (۱۲۳ , ۸۷ , \ldots\ldots , ۶۳)$$

شکل (۲ – ۸) : کد گذاری بردار ورودی X در الگوریتم ژنتیک

می توانیم از هر روش کد کردن برای اعداد استفاده کنیم . در گام صفر ، یک دسته از ورودی های X را به صورت تصادفی انتخاب می کنیم . سپس برای هر دوره مقدار برازش را محاسبه و عملگرهای تولید ، تغییر و انتخاب را عمل می کنیم . زمانی که به برازش مورد نظر برسیم و یا جمع برازش کروموزوم ها حول یک مقدار ثابت نوسان کند – به دلیل عملگر جهش ژنی عملا مجموع برازش کروموزوم ها در یک مقدار ثابت نمی ماند – الگوریتم پایان می یابد [۲۵] .

۲ – ۵ – ۲ – ۲) مراحل الگوریتم ژنتیک

۱) جمعیت اولیه را انتخاب می کنیم .

۲) برازش انفرادی هر یک از افراد جمعیت را محاسبه می کنیم .

۳) دسته های دو تایی از جمعیت را که برازش بالاتری دارند برای تولید فرزند انتخاب می کنیم.

---

1 - Mutation

۴) عملگر های ترکیب و جهش ژنی را اعمال می کنیم .

۵) برازش فرزندان تولید شده را محاسبه می کنیم ، در صورتی که به هدف مورد نظر رسیدیم به گام بعد می رویم ، در غیر این صورت به گام ۳ بر می گردیم .

۶) پایان

۲ – ۵ – ۲ – ۳) روش های انتخاب

روش های مختلفی برای انتخاب والدین در الگوریتم های ژنتیک وجود دارند . روش های چرخه ی بخت[۱] ، مسابقه[۲] ، باقی مانده ی آماری[۳] ، انتخاب مناسب ترین عضو اجتماع[۴] ، از معمول ترین روش ها هستند [۲۵] .

۲ – ۵ – ۲ – ۴) روش های تغییر

وقتی کروموزوم ها به یکی از روش های بالا ، انتخاب شدند ، باید به طور تصادفی برای افزایش برازش خود تغییر یابند . دو راه حل اساسی برای این کار وجود دارد . اولین و ساده ترین روش ، جهش نامیده می شود . درست مثل جهش در موجودات زنده که عبارت است از تغییر یک ژن به دیگری ، به گونه ای که آن ژن در والدین وجود نداشته باشد ، جهش در الگوریتم ژنتیک سبب بروز تغییر در خصوصیات می شود [۲۵] . دومین روش ، ترکیب نام دارد و دو کروموزوم برای معاوضه بیت های خود انتخاب می شوند . اغلب روش های معمول ترکیب شامل یک نقطه ی تقاطع[5] می باشند ، که نقطه ی تعویض در جایی تصادفی بین بیت های یک کروموزوم است . بخش اول قبل از نقطه ی تقاطع ، و بخش دوم از آن ادامه پیدا می کند ، که هر قسمت برگرفته از یکی از والدین است .

---

1 – Roulette Wheel

2 – Tournament

3 – Stochastic remain

4 - Elitist

5 – Single – Point Crossover

WikiPower.ir

0	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	1	0	1

شکل (۲ – ۹) : تولید فرزندان با اعمال عملگر ترکیب [۲۵]

شکل (۲ – ۹) تاثیر عملگر ترکیب را روی کروموزوم های ۸ بیتی نشان می دهد . این شکل دو کروموزوم را نشان می دهد که نقطه ی تقاطع آن ها بین پنجمین (۵) و ششمین (۶) مکان در کروموزوم است و یک کروموزوم جدید از پیوند این دو والد به دست می آید . شکل (۲ – ۱۰) کروموزومی را نشان می دهد که دچار جهش شده و بیت صفر (0) در آن مکان ، به یک (۱) تبدیل شده است .

0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	1

شکل (۲ – ۱۰) : عملگر جهش ژنی [۲۵]

WikiPower.ir

۲ – ۵ – ۲ – ۵) مزایای الگوریتم های ژنتیک

اولین و مهم ترین نقطه ی قوت الگوریتم های ژنتیک این است که این الگوریتم ها ذاتا موازی اند . اکثر الگوریتم های دیگر موازی نیستند و فقط می توانند فضای مسئله ی مورد نظر را در یک جهت ، در یک لحظه جستجو کنند و اگر راه حل پیدا شده یک جواب بهینه ی محلی باشد و یا زیر مجموعه ای از جواب اصلی باشد ، باید تمام کارهایی که تا به حال انجام شده را کنار گذاشت و دوباره از اول شروع کرد . از آن جایی که الگوریتم ژنتیک چندین نقطه ی شروع دارد ، در یک لحظه می تواند فضای مسئله را از چند جهت مختلف جستجو کند . اگر یکی به نتیجه نرسید سایر راه ها ادامه می یابند .

به دلیل موازی بودن جستجو و این که چندین رشته در یک لحظه مورد ارزیابی قرار می گیرند ، این الگوریتم ها برای مسائلی که فضای راه حل بزرگی دارند بسیار مفید است . اکثر مسائلی که این گونه اند به عنوان " غیر خطی " شناخته شده اند . در یک مسئله ی خطی ، برازش هر عنصر مستقل است ، پس هر تغییری در یک قسمت بر تغییر و پیشرفت کل سیستم تاثیر مستقیم دارد . می دانیم که تعداد کمی از

مسائل دنیای واقعی به صورت خطی اند . در مسائل غیر خطی تغییر در یک قسمت ممکن است تاثیری ناهماهنگ بر کل سیستم و یا تغییر در چند عنصر ، تاثیر فراوانی بر سیستم بگذارد .

یکی از نقاط قوت الگوریتم های ژنتیک که در ابتدا یک کمبود به نظر می رسد این است که این الگوریتم ها هیچ چیزی در مورد مسائلی که حل می کنند نمی دانند[1] . آن ها در راه حل های کاندیدایشان تغییراتی تصادفی ایجاد می کنند و سپس از تابع برازش برای سنجش این که آیا آن تغییرات پیشرفتی ایجاد کرده اند یا نه ، استفاده می کنند . مزیت این تکنیک این است که به الگوریتم اجازه می دهد تا با ذهنی باز شروع به حل کند . از آن جایی که تصمیمات اتخاذ شده اساساً تصادفی است ، همه ی راه حل های ممکن به روی مسئله باز است ، ولی مسائلی که محدود به اطلاعات هستند ، باید از راه مقایسه تصمیم بگیرند و در این صورت بسیاری از راه حل های نو و جدید را از دست می دهند .

یکی دیگر از مزایای الگوریتم ژنتیک این است که می تواند چندین پارامتر را همزمان تغییر دهد.

---

1 – Blind Watchmakers

WikiPower.ir

۲ – ۵ – ۲ – ۶) محدودیت های الگوریتم های ژنتیک

یک مشکل الگوریتم های ژنتیک چگونگی نوشتن عملگر برازش است که منجر به بهترین راه حل برای مسئله می شود . اگر تابع برازش به خوبی انتخاب نشود ، ممکن است باعث شود که راه حلی برای مسئله پیدا نکنیم یا مسئله را به اشتباه حل کنیم . به علاوه برای انتخاب مناسب تابع برازش ، پارامترهای دیگری مثل اندازه ی جمعیت ، نرخ جهش و ترکیب ، قدرت و نوع انتخاب هم باید مورد توجه قرار گیرند . مشکل دیگر ، که آن را نارس می نامیم ، این است که وجود یک کروموزوم که خیلی بهتر از سایر کروموزوم های هم نسل خود باشد و خیلی زود دیده شود ، ممکن است محدودیت ایجاد کند و راه حل را به سوی جواب بهینه محلی سوق دهد . این اتفاق معمولاً در جمعیت های کم اتفاق می افتد که با انتخاب تعدا جمعیت اولیه مناسب ، این مشکل برطرف می شود [۲۵] .

۲ – ۵ – ۲ – ۷) مسئله خازن گذاری بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک

استفاده از الگوریتم ژنتیک و یا ترکیبی از روش ژنتیک و سایر روش ها برای جایابی بهینه ی خازن ها در تحقیقات اخیر مورد توجه بسیاری قرار گرفته است [۱۲ و ۱۳ و ۱۴ و ۱۵ و ۱۶ و ۲۷] .

با توجه به ویژگی های الگوریتم ژنتیک ، می توان از آن برای تعیین محل و مقدار ظرفیت خازن در شبکه های توزیع – با هدف حداقل سازی تلفات توان و حداکثر سازی سود خالص حاصل از سرمایه گذاری خازن ها – استفاده نمود [۱۵ و ۱۶] .

دلفانتی[1] و همکارانش در سال ۲۰۰۰ برای حل مسئله ی جایابی بهینه ی خازن ، در هر فرایند تکرار از ۳ روش استفاده و نتایج حاصل از این ۳ روش را با هم مقایسه نموده اند [۱۲] . این ۳ روش عبارتند از :

---

1 – Delfanti

۱) تکنیک شاخه و کرانه

۲) الگوریتم ژنتیک

۳) ترکیبی از این دو روش (در این روش الگوریتم ژنتیک در موارد خطای[1] ناشی از مسائل عددی جانشین تکنیک شاخه و کرانه می شود) .

در این مسئله متغیرهای پیوسته ی مقادیر ولتاژ در شین های PV ، نسبت تپ ترانسفورماتور و تولید توان راکتیو در شین های PQ و متغیرهای گسسته ی موقعیت بانک های خازنی و اندازه ی آن ها می باشند .

الگوریتم حل مسئله :

۱) به هنگام کردن مقادیر متغیرهای کنترل [X , q_G , v , r , q_C] : که X متغیر مرتبط به نصب خازن ها (x_i =1 نصب خازن و x_i = 0 عدم نصب خازن) ، q_{ci} : اندازه ی بانک های خازنی که می توانند یک متغیر پیوسته یا گسسته باشند ، q_{Gi} : تولید توان راکتیو در شین های PQ ، v_i : مقدار ولتاژ شین های نوع PV و r_i : نسبت تپ ترانسفورماتورها می باشند .]

۲) انجام محاسبات پخش بار متناظر با نقطه ی کار فعلی

$$Q_{Gi} \le Q_{Gi}\,(q_C\ ,\ q_G\ ,\ \mathrm{v}\ ,\ \mathrm{r}\ ) \le \overline{Q}_{Gi}$$

$$V_i \le V_i\ \ (q_C\ ,\ q_G\ ,\ \mathrm{v}\ ,\ \mathrm{r}\ ) \le \overline{V}_i \qquad (۲-۱۷)$$

۳) محاسبات اولیه ی پخش بار ؛ تنظیم مقدار بهینه ی تابع هدف F_{best} در یک مقدار بزرگ اختیاری

۴) خطی سازی مسئله و قیود ؛ حل مسئله برنامه ریزی خطی آمیخته با عدد صحیح حاصله

۵) بررسی قیود غیر خطی زیر ، در صورتی که از حد مجاز تجاوز کرده بود ، بازگشت به گام b ، در غیر این صورت حرکت به گام f

۶) ذخیره کردن نقاط کار فعلی و مقدار متناظر F تابع هدف [۱۲] .

---

2 - Failure

۷) بررسی شرایط موجود ، مقایسه F و F_{best} : در صورتی که کاهش قابل ملاحظه ای در مقدار تابع هدف ملاحظه گردید ، $F_{best} = F$ و بازگشت به گام b ، در غیر این صورت الگوریتم پایان پذیرفته است .

هم چنین برای استفاده از مزایای الگوریتم ژنتیک و محاسبات قطعی روش شاخه و کرانه از یک روش ترکیبی نیز استفاده شده است . در این روش پاسخ غیر کامل (نقطه ی بهینه ی محلی) روش شاخه و کرانه به عنوان جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک به کار گرفته شده است . نتایج حاصل از به کار گیری این ۳ روش ، برای چندین شبکه آزمون نشان می دهند که : برای سیستم های کوچک ، الگوریتم شاخه و کرانه موثر تر از الگوریتم ژنتیک است .

ضمناً این الگوریتم برای کاهش تعداد محاسبات برنامه ریزی خطی مورد نیاز برای درخت پاسخ های ممکن طراحی شده است . الگوریتم ژنتیک نیز با تعداد بیشتری تکرار سیمپلکس و زمان محاسبات طولانی تر به همان پاسخ دست می یابد .

برای شبکه های پیچیده و بزرگ روش شاخه و کرانه تنها به یک پاسخ بهینه ی محلی دست می یابد ، در صورتی که الگوریتم ژنتیک با وجود زمان محاسباتی طولانی تر به پاسخ بهینه می رسد . در روش ترکیبی با زمان محاسبه ی کمتر و هزینه ی پایین تر نصب خازن ها ، به پاسخ بهینه ی عمومی خواهیم رسید [۱۲] .

۲ – ۵ – ۳) الگوریتم کلونی مورچه ها[1]

۱ – ۵ – ۳ – ۱) معرفی الگوریتم کلونی مورچه ها

مورچه ها در مسیرهای عبوری خود ماده ای شیمیایی از خود به جا می گذارند که هنگام پیدا کردن مواد غذایی ، به وسیله ی این ماده ، دیگر هم نوعان خود را با خبر می سازند . در واقع مورچه ها بر خلاف رفتار ساده شان ، در جهان واقعی برای به دست آوردن غذای خود از یک مسیر بهینه تبعیت می کنند . مورچه هایی که مسیر منتهی به ماده ی غذایی را طی می کنند

---

1 – Ant colony algorithm

نیز ، از خود یک ماده ی شیمیایی به جا می گذارند . به این ترتیب هر مورچه ای مسیری را دنبال می کند که مورچه های بیشتری از آن جا عبور کرده باشند و این یعنی کوتاه ترین مسیر تا غذا . در دنیای الگوریتم ها برای مسئله ی کوتاه ترین مسیر ، راه حل های زیادی ارائه شده که یکی از این راه حل های به نسبت جدید ، الگوریتم کلونی مورچه ها می باشد . ماده ی شیمیایی فرومون[1] به جا مانده از حرکت مورچه ها پس از مدتی تبخیر می شود ، ولی در کوتاه مدت به عنوان رد مورچه بر سطح زمین باقی می ماند .

یک رفتار پایه ای ساده در مورچه ها وجود دارد : آن ها هنگام انتخاب بین دو مسیر به صورت احتمالی[2] مسیری را انتخاب می کنند که فرومون بیشتری داشته باشد ، یا به عبارت دیگر مورچه های بیشتری قبلاً از آن عبور کرده باشند . همین یک تمهید ساده منجر به پیدا کردن کوتاه ترین مسیر خواهد شد .

الگوریتم کلونی مورچه از جدول فرومون برای ثبت بهینه بودن یک پاسخ استفاده می کند [۱۷] . به عنوان مثال اگر هدف حل مسئله یافتن پاسخ با کمترین هزینه باشد ، ورودی های جدول فرومون بر اساس هزینه ی هر پاسخ به طور دوره ای به هنگام می شوند . زمانی که هزینه ی یک پاسخ پایین باشد ، ورودی متناظر با آن در جدول فرومون به مقدار بزرگ تری افزایش می یابد . در هر تکرار الگوریتم به مناطق بهتری از فضای پاسخ که در جدول فرومون مقدار بالاتری دارند حرکت می کند .

زمانی که فرومون ها در بهترین بخش یک مسیر تجمع می کنند ، این الگوریتم تا وقتی که روند کاهش به یک مقدار محدود گردد ، پاسخ هایی با هزینه ی کاهشی به دست می آورند . پاسخ با کم ترین هزینه کنار گذاشته می شود و در انتها پاسخ خروجی الگوریتم را تشکیل می دهد . اضافه کردن اختلالات کوچک تصادفی و تغییر در جدول های فرومون ، مانع از افتادن فرآیند جستجو در نقاط بهینه ی محلی می گردد [۱۷] .

۲-۵-۳-۲) استفاده از الگوریتم کلونی مورچه در حل مسئله خازن گذاری بهینه

این روش نیز از جمله روش های بهینه سازی با پاسخ نزدیک بهینه است که جهت جایابی خازن

1 – Pher omone

2 – Statistical

ها استفاده می گردد [۱۷] . در این روش با جای گذاری خازن در تعداد کمی از شین ها پاسخ بهینه به دست می آید .

بر خلاف مسائل بهینه سازی ترکیبی استاندارد ، در این روش جایابی خازن ها در یک فرآیند تصمیم گیری دو مرحله ای صورت می پذیرد . اول این که شرکت های تولید کننده به دلیل مسائل مختلف مرتبط با نصب و نگه داری خازن ها ، ترجیح می دهند که خازن ها در تعداد شین های اندکی قرار گیرند . از این رو می بایست یک مجموعه از شین های مناسب و بهینه جهت نصب خازن در یک فیدر مشخص شوند . دوم این که برای تعیین ظرفیت خازن ها بر حسب KVA ، می بایست کل هزینه حد اقل گردد . با توجه به این که خازن های موجود در بازار ، اندازه های مشخصی دارند (معمولاً KVA ۲۰۰ و ۳۰۰ و ۶۰۰ و ۹۰۰ و ۱۲۰۰) یک تصمیم گیری گسسته لازم است .

به منظور شبیه سازی این فرآیند می بایست از دو جدول فرومون استفاده گردد . ابتدا مقادیر اولیه هر دو جدول فرومون در یک مقدار ثابت (مثلاً ۴) تنظیم می گردند و پس از انتخاب هر شین برای نصب خازن ، این مقادیر به هنگام می شوند . در روش چند سطحی فوق ، نخستین جدول فرومون T_1 یک جدول اعداد مثبت $n \times 1$ است . n تعداد شین هایی است که امکان نصب خازن در آن ها وجود دارد . با استفاده از این جدول سطح بالاتر و m (تعداد خازن هایی که می بایست در شبکه قرار گیرند) ، موقعیت آن ها به روشی تصادفی به دست می آید . احتمال قرار گیری خازن در هر گام در شین j ، $P_1(j)$ با معادله (۱۸-۲) داده می شود [۱۷] :

$$P_1(j)=\frac{T1(j)}{\sum_{k=1}^{n} T1(k)} \qquad (۱۸-۲)$$

برای محاسبه احتمال قرارگیری خازن در هر گام در شین j ، $P_1(j)$ ، جمع مقادیر فرومون در جدول T_1 برای n شینی که امکان نصب در آن ها وجود دارد ، به دست می آید ، بنابراین احتمال اینکه خازن در موقعیت j قرار گیرد ، متناسب با میزان فرومون در ورودی متناظر با جدول فرومون سطح بالاتر می باشد . روش استاندارد چرخه بخت برای انتخاب و شبیه سازی فرآیند تصادفی استفاده می گردد . موقعیت شین ها با $j_1, j_2, \ldots j_m$ مشخص می گردد . گام بعدی انتخاب ظرفیت هر خازن بر حسب kvar در موقعیت

های $j_1,j_2,\ldots j_m$ می باشد . این انتخاب با استفاده از یک جدول فرومون دیگر مشخص می گردد . جدول فرومون T_2 یک ماتریس $r\times n$ بوده که r مقادیر مجزای (گسسته) ظرفیت خازنی می باشد [۱۷] .

$$P_2(r, j_k) = \frac{T2(r,jk)}{\sum_{r=1}^{R} T2(r,jk)} \qquad (۲-۱۹)$$

به منظور تعیین ظرفیت خازن از این احتمال ها ، یک انتخاب چرخه بخت دیگر اجرا می گردد .با این روش دو مرحله ای تعیین آرایش و ظرفیت خازن ها ، یک جستجوی محلی برای بهبود موقعیت خازن ها اجرا می گردد . برای هر شین j_k که خازن در آن قرار می گیرد ، اگر ظرفیت متناظر با سطر r جدول T_2 باشد ، ظرفیت متناظر با ستون های همسایه $r-1$ و $r+1$ امتحان می شود و هزینه کل هر سه حالت با استفاده از پخش بار عددی محاسبه می گردد . نهایتاً ظرفیتی که حداقل هزینه را نتیجه دهد ، به دست می آید . برای کاهش زمان محاسبات تنها یک بار عبور از هر موقعیت مجاز می باشد .

الگوریتم بهترین پاسخ تکرار اول را ذخیره می کند . این پاسخ برای انتخاب بهترین پاسخ نهایی نیز در نظر گرفته می شود . هزینه موقعت نهایی در انتهای هر تکرار با بهترین پاسخ مقایسه می گردد و در صورتی که از آن کمتر باشد ، مقدار بهینه عمومی به هنگام می گردد . زمانی که بهترین پاسخ پس از یک دوره زمانی تغییر نکرد [۱۷] ، جدول های فرومون به هم ریخته می شوند تا جستجو توسط اپراتوری به نام جهش ژنی ادامه یابد . اپراتور جهش زنی یک مقدار تصادفی را به هر ورودی جدول اضافه می کند . جداول فرومون در هر دو سطح به همین صورت به هم ریخته می شوند . اگرچه روش کلونی مورچه روشی موفق و موثر است . اما کیفیت پاسخ و سرعت گرایی آن به انتخاب بسیار دقیق و تنظیم مناسب مجموعه پارامتر های الگوریتم (T,Q , ...) بستگی دارد. در واقع مقادیر تنظیمی پس از بارها سعی و خطا به دست می آیند [۱۷].

۲-۵-۴) جستجوی ممنوع [1]

۲-۵-۴-۱) معرفی جستجوی ممنوع

این روش ، یک روش جستجوی اکتشافی بر مبنای جستجوی محلی است که جابجایی غیر

1 – Tabu search

بهینه[1] را نیز مجاز می داند . جستجوی ممنوع از یک ساختار حافظه استفاده می کند که ویژگی ها و خواص پاسخ های بررسی های قبلی را به یاد می آورد . پاسخ ها یا برخی از ویژگی های آن ها برای مدتی ممنوع یا غیر مجاز در نظر گرفته می شوند تا وارد حلقه تکرار نشود وبه بهینه محلی قبلی بر نگردد . از مزایای جستجوی ممنوع ، امکان کار با متغیر های گسسته و قرار نگرفتن در نقاط بهینه ی محلی می باشد . یک مشخصه ی متمایز جستجوی ممنوع نسبت به سایر روش های بهینه سازی ، بهره گیری آن از شکل های انعطاف پذیر حافظه است [۲۶] .

از آن جایی که ممکن است بعد از چند تکرار متوالی ، جواب به دست آمده یکی از پاسخ های مراحل قبل باشد ، جواب های چند مرحله آخر در حافظه کوتاه مدت قرار می گیرند که فهرست ممنوع نامیده می شود . بهترین جوابی که از هر مرحله به دست می آید در این فهرست قرار گرفته و قدیمی ترین جواب از فهرست خاج می شود . در روند حل مسئله اگر بهترین جواب در بین همسایگی ها به عنوان بهترین جواب انتخاب می شود و با این کار از بازگشت به مسیرهای قبلی جلوگیری شده و با طی مسیر های جدید فضای بیشتری مورد جستجو قرار می گیرد .

حافظه میان مدت ، توانایی تمیز و تشخیص شایستگی جواب هایی را که در طول عملیات جستجو با آنها مواجه می شویم ، دارد . پیدا کردن همسایگی جدید برای حرکت از یک نقطه به نقطه دیگر باید با استراتژی خاصی انجام می شود ، زیرا حرکت تصادفی از یک نقطه به نقطه دیگر ممکن است مسیر حرکت را از رسیدن به یک جواب خوب که در ادامه مسیر قبلی قرار دارد منحرف کند . برای جلوگیری از این امر باید به طریقی شانس انتخاب نقاط خوبی که در ادامه ی مسیر قبل قرار دارند را به عنوان نقطه بعدی ، افزایش داد . برای این منظور حافظه ای در نظر گرفته می شود که در آن نشانه های مشترک جواب های خوب قبلی قرار داشته و در هر مرحله از راه حل تجدید می شود . با استفاده از این حافظه همسایگی های یک نقطه به نحوی انتخاب می شوند که بیشترین شباهت با جواب های خوب مراحل قبل را داشته باشند [۲۶].

در حافظه بلند مدت اطلاعاتی ذخیره می شود که با استفاده از آن ، قوانین انتخاب همسایگی در جهت گسترش عملیات جستجو به فضاهایی که تا کنون به آنها برخورد نشده است . تغییر می کنند . پس از آن که حرکت در مسیر انجام شد ، الگوریتم به جایی خواهد رسید که حرکت

---

1 – non improving move

های بعدی تغییر چندانی در اندازه ی تابع هدف ایجاد نمی کند و نشان دهنده ی این است که حل مسئله به یک نقطه ی بهینه محلی منجر شده است برای خاج شدن از این نقطه وگسترش فضای جستجو به کل فضای مجموعه جواب های امکان پذیر ، پس از رسیدن به چنین نقطه ای باید پرشی در فضای مجموعه جواب انجام داد و عملیات جستجو را از نقطه ی جدیدی ، متفاوت با نقطه شروع اولیه آغاز نمود به نحوی که نقاط شروع قبلی باز نگردد و کل فضای مجموعه جواب پوشش دهد [۲۶] .

برای این منظور از حافظه ای استفاده می شود که در آن نشانه های پرش قبلی و یا نقاط شروع در هر مرحله ذخیره می شود و با استفاده از آن شانس انتخاب این نقاط کار به عنوان نقطه ی شروع در هر مرحله بعد کاهش داده می شود و با این کار جستجو در کل فضای مجموعه جواب های امکان پذیر ، ممکن می شود . برای پیاده سازی این روش ابتدا از یک جواب ممکن (که همه قیود تساوی و نا مساوی را برقرار می کند) شروع می کنیم . مجموعه M ، مجموعه همسایگی های جواب به دست آمده در هر مرحله است . در قدم بعد برای همه اعضای مجموعه M پخش بار انجام شده و عضو متناظر با کمترین تلفات با کمترین تلفات به عنوان جواب مسئله در مرحله فعلی انتخاب می شود . در ادامه ، همسایگی های این جواب تعیین و از آنها بهترین جواب برای مرحله ی بعد انتخاب می شود . این فرآیند تا رسیدن به یک جواب بهینه ی محلی ادامه می یابد [۲۶].

WikiPower.ir

۲-۴-۵-۲) استفاده از جستجوی ممنوع در حل مسئله خازن گذاری بهینه

می توان از ترکیب روش جستجوی ممنوع و یکی از روش های ابتکاری (تحلیل حساسیت) برای مسئله خازن گذاری بهینه استفاده نمود [۱۸] . روش جستجوی ممنوع به صورت زیر فرمول بندی می گردد :

$$\min \quad f(x) \quad \text{s.t.} \quad x \in X_0 \qquad (۲۰-۲)$$

در این روش هیچ فرضی برای محدب بودن $f(x)$ و x و دیفرانسیلی بودن $f(x)$ نداریم . این الگوریتم برای شروع جستجو به یک مجموعه از آرایش های خازن در شبکه نیاز دارد . برای هر آرایش کاندیدا ، یک همسایگی نیز تعریف می شود که الگوریتم به سمت بهترین آرایش مربوط به این همسایگی حرکت می کند . بر خلاف الگوریتم های نوع گرادیانی ، که به جستجو ی محلی می پردازد ، همسایگی در جستجوی ممنوع به طور دینامیکی به هنگام می گردد . تفاوت دیگر این روش با روش های گرادیانی این است که افزایش هزینه نیز مجاز می باشد . (این باعث می گردد که خروج از نقاط بهینه محلی ممکن باشد) .

مکانیزم دیگر جستجوی تابو تقویت و تنوع بخشی می باشد : با استفاده از مکانیزم تقویت ، جستجوی وسیعی در مناطق جاذب انجام می گردد که ممکن است به یک نقطه بهینه محلی منجر شود ، با استفاده از مکانیزم تنوع بخشی ، جستجو به مناطق بررسی نشده انتقال می یابد که این فرآیند برای به دام نیفتادن در یک منطقه ی بهینه محلی بسیار اهمیت دارد .

این مکانیزم در پیدا کردن همسایگی های جدید تاثیر دارد . برای این کار ، یک بردار با طول برابر با تعداد شین های سیستم و با مقدار ۱ در نظر می گیریم . در هر مرحله از جواب ، هر درایه از بردار جواب که تغییر نماید . یک واحد به درایه متناظر با آن در بردار ۱ اضافه می شود و در غیر این صورت ثابت می ماند . این بردار نشان می دهد که در شین i ام بهترین جواب در مراحل مختلف i بار تغییر کرده و با استفاده از این بردار ، همسایگی های یک جواب به نحوی تعیین می شود که احتمال تغییر توان منصوبه در شین هایی که هنوز به بهترین مقدار نرسیده و تغیرات بیش تری داشته اند ، زیادتر باشد . به این ترتیب حرکت در فضای جستجو به گونه ای انجام می شود که مسیر جستجو به سمت بهترین جواب هدایت شود . می توان از روش حساسیت که قسمت های قبل مورد بررسی قرار گرفت ، برای تعیین آرایش های مجاز نصب خازن استفاده نمود [۱۸] .

اگرچه الگوریتم مذکور به جواب های بهتری نسبت به روش های تحلیلی یا روش های ابتکاری احتمالاتی منجر می شود ، قبل از بکار گیری آن لازم است پارامترهای مربوط به الگوریتم ، هم چون طول فهرست ممنوع ، تعداد همسایگی های در هر مرحله حل و حداکثر تعداد مورد نیاز برای هر مسئله خاص ، با توجه به ابعاد مسئله تعیین شود . لذا نیاز به تعیین این پارامترها برای هر مسئله خاص ، بستگی جواب به دست آمده به پارامترهای الگوریتم و نحوه پیاده سازی جنبه مختلف آن از محدودیت های این روش به شمار می روند .

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۵-۵) استفاده از منطق فازی [۱] در حل مسئله خازن گذاری بهینه

استفاده از منطق فازی برای بهینه سازی توان راکتیو در شبکه های توزیع قدرت به دلیل طبیعت غیر دقیق (تقریبی) پارامترها یا پاسخ ها در سیستم های توزیع واقعی بسیار کار ساز خواهد بود .

شی[۲] و همکارانش در سال ۲۰۰۵ با تعریف دو تابع هدف کاهش تلفات توان راکتیو و بهبود پروفایل ولتاژ ، توابع هدف را به وسیله تابع عضویت شان ارزیابی نموده اند به گونه ای که بتوان آن ها را با یک مقیاس با هم مقایسه نمود [۱۹] .

با توجه به این که تلفات توان راکتیو و پروفایل ولتاژ به مقدار بارها (که در طول ساعات یک روز متغیر می باشند) بستگی دارد ، برای ساده نمودن فرآیند حل مسئله ، یک هدف توافقی با روش مجموع وزن دار شده [۳] تشکیل می گردد . وزن ها براساس برتری و اهمیت توابع هدف تنظیم می گردند . در اینجا قیود پروفایل ولتاژ نیز به توابع هدف تبدیل شده اند .توابع عضویت ، هدف ها را بصورت مقادیر بین [۱ و ۰] تبدیل نموده به گونه ای که بتوان بدون تاثیر مقادیر واقعی شان آن ها را با هم مقایسه نمود . روش مجموع وزن دار برای ترکیب هدف ها به کار رفته است . پس از ترکیب ، یک مسئله بهینه سازی چند هدفه به یک مسئله بهینه سازی تک هدفه تبدیل می شود . برای ارزیابی پروفایل ولتاژ یک تا بع عضویت [۴] ذوزنقه ای به صورت زیر در نظر گرفته شده است [۱۹] :

WikiPower.ir

---

1 – Fuzzy logic

2 - shi

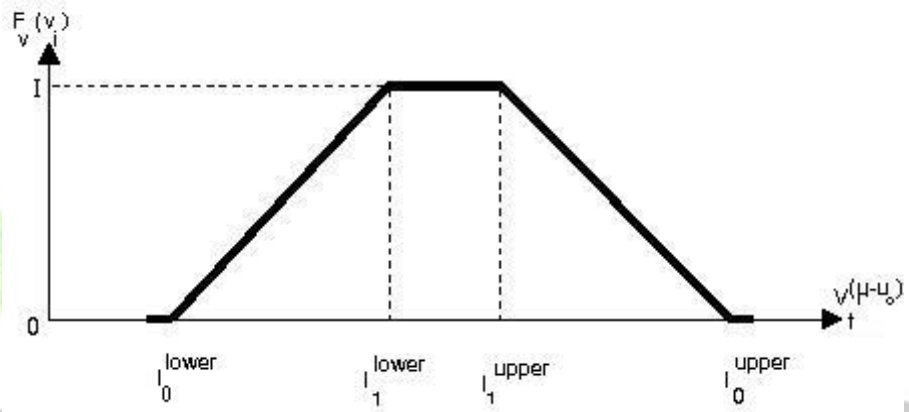
3 – weighted sum

4 – membership function

$$\frac{L_0^{upper}-V_i}{L_0^{upper}-L_1^{upper}} \quad (L_1^{upper} < V_i < L_0^{upper}) \qquad (۲-۲۱)$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$F_v(V_i) = \begin{cases} \frac{V_i - L_0^{lower}}{L_1^{lower} - L_0^{lower}} & (L_1^{upper} < V_i < L_0^{upper}) \\ 1 & (L_1^{lower} < V_i < L_1^{upper}) \\ 0 & (\text{Others}) \end{cases}$$

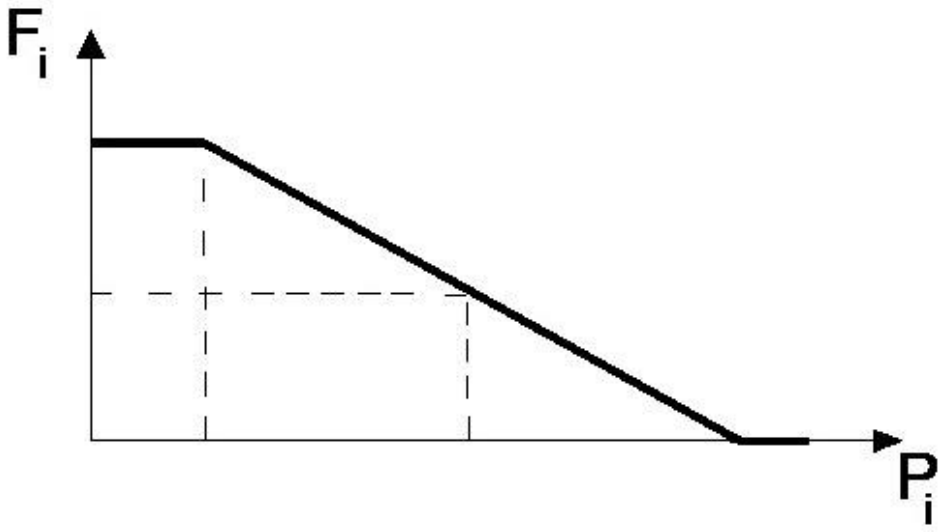


شکل (۲-۱۱) : تابع عضویت پروفایل ولتاژ[۱۹]

WikiPower.ir

که L_0 نشان دهنده حدود ولتاژ غیر قابل قبول و L_1 نشان دهنده حدود مجاز ولتاژ می باشد . برای مقایسه با سایر اهداف ، تابع عضویت تلفات توان اکتیو نیز می بایست به دست آید .

$$F_{loss}(P_i) = \begin{cases} 0 & P_l > (2P_{l\text{-}ori} - P_{l\text{-}min}) \\ 0.5 \times \frac{P_i - P_{l-ori}}{P_{l-min} - P_{l-ori}} + 0.5 & P_{l\text{-}min} \le P_l \le (2P_{l\text{-}ori} - P_{l\text{-}min}) \\ 1 & P_l < P_{l\text{-}min} \end{cases} \quad (۲۲\text{-}۲)$$



شکل (۲-۱۲) : تابع عضویت توان اکتیو [۱۹]

که P_{l-ori} تلفات توان حقیقی اصلی و P_{l-min} حداقل تلفات توان حقیقی می باشد . تابع هدف اصلی به صورت ذیل تعریف می شود [۱۹] .

$$\begin{aligned} &\text{Max} \quad F_{loss} \\ &\text{Max} \quad F_{voltage} \\ &\text{S.t.} \quad T_{k\,min} \le T_k \le T_{k\,max} \\ &\qquad 0 \le Q_{cj} \le Q_{cj\,max} \end{aligned} \qquad (۲۳-۲)$$

T_k نسبت تپ ترانسفورماتور K و Q_{cj} توان راکتیو در گره jام می باشد .

$$F_{obj-m} = (\alpha F_{loss} + \beta F_{voltage})_m$$

که F_{obi-m} تابع هدف کلی ، m تعداد شرایط بهره برداری و βوα ضرایب وزنی دو تابع هدف می باشند .

$$\begin{aligned} &\text{Max} \quad F_{obj} = \sum_{m=1}^{M} (F_{obj-m}) \\ &\text{S . t .} \quad T_{k\,min} \le T_k \le T_{k\,max} \\ &\qquad 0 \le Q_{cj} \le Q_{cj\,max} \end{aligned} \qquad (۲۵-۲)$$

در اینجا الگوریتم جستجوی ممنوع برای بدست آوردن پاسخ های بهینه عمومی به کار گرفته شده است . در روش جستجوی ممنوع معمولا تعداد عناصر لیست ممنوع به طور تجربی به دست می آید . می توان از مکانیزم فیدبک برای تعیین طول لیست ممنوع استفاده نمود .

فرایند کار به صورت زیر می باشد [۱۹]:

۱) اطلاعات اولیه شامل امپدانس فیدر ، بارها ؛ متغیر های تنظیم و شرایط و قیود نامساوی را وارد می کنیم.

۲) پاسخ اولیه ای را در نظر می گیریم ، متغیرهای تنظیم را به طور تصادفی (به گونه ای که قیود مسئله وقیود پخش بار رعایت گردند) تغییر می دهیم . مقدار تابع هدف را محاسبه می کنیم $f(X)$ ، و بردار بهترین پاسخ X_{opt} را تنظیم می کنیم .

۳) یک گروه از پاسخ ها را از X (شامل $X_1,X_2,.....X_k$) جدا می کنیم . معقول بودن این پاسخ ها را بررسی می کنیم وپاسخ های غیر معقول را دور می اندازیم .

۴) مقادیر متناظر با جستجو را از جدولی که کل حالات بررسی شده در آن ذخیره گردیده به دست می آوریم . اگر پاسخ به دست آمده ، درجدول موجود نبود ، تابع هدف $f(x_1),f(x_2),....f(x_k)$ را محاسبه نموده وآن را در جدول وارد می کنیم .

۵) بهترین پاسخ های به دست آمده(X^*) را انتخاب نموده ودر صورتی که X^* در لیست ممنوع نباشد ، مقدار X را به X^* تغییر می دهیم ، در صورتی که مقدار X تغییر نکند پاسخ بعدی را در نظر می گیریم .

۶) لیست ممنوع را به هنگام می کنیم .

۷) در صورتی که $f(X^*)$ از $f(X_{opt})$ بهتر باشد ، X_{opt} را به X^* تغییر می دهیم .

۸) طول لیست ممنوع را به هنگام می کنیم . در صورتی که بیشتر پاسخ ها از جدول گرفته شده باشند ، جهت خروج از یک نقطه بهینه محلی ، طول لیست ممنوع تا آنجا که حد بالای لیست فرا رسد ، افزایش می دهیم . اگر پاسخ های کم تری از جدول در لیست باشد ، طول لیست ممنوع کاهش می یابد تا آن قیود آن کمتر گردد .

۹) شرایط توقف : در صورتی که $f(X_{opt})$ برای چندین تکرار متوالی تغییر نکرد ، یا حداکثر تعداد مجاز تکرار حاصل شد ، فرایند جستجو خاتمه می یابد . در صورتی که شرایط توقف حاصل نگردید ، به گام ۳ می رویم .

با توجه به ماهیت غیر دقیق پارامتر های سیستم توزیع واقعی استفاده از منطق فازی با ماهیت تقریبی مناسب بوده و با عث می گردد که اثر مقادیر واقعی توابع هدف در محاسبات نادیده گرفته شود . از طرفی تخمین قوانین مناسب فازی برای هر مسئله ، پیچیدگی های خاص خود را دارد [۱۹].

۲-۵-۶) ترکیب روش ژنتیک وفازی [1] در حل مسئله خازن گذاری بهینه

به دلیل مشخصه های بارز هر یک از روش های ژنتیک و فازی می توان ترکیبی از روش های فازی و ژنتیک را برای حل مسئله جایابی بهینه خازن ها به کار گرفت [۱۴]. تابع هدف در این روش حداقل سازی تلفات انرژی ، هزینه خازن های نصب شده ، کاهش تغییرات ولتاژ و بهبود حاشیه بارگذاری فیدرها می باشد . این فرمول بندی یک شیوه بهینه سازی غیر دیفرانسیلی و چند هدفه است که بر مبنای الگوریتم ژنتیک پاسخ بهینه را بدست می آورد . فرمول بندی مسئله با هدف کاهش هزینه کل مرتبط با تلفات انرژی خازن ها به صورت ذیل می باشد :

1 – Combination fuzzy – GA method

WikiPower.ir

$$\text{Min} \quad f_1(\bar{X}) = \frac{1}{Y}\left(\sum_{i=1}^{N_b} N_i\right)\times C_p + \sum_{j=1}^{N_t} K_j T_j P_{loss,j}(\bar{X}) \qquad (۲۶-۲)$$

$\bar{X}$: بردار تصمیم گیری که موقعیت ،اندازه و تنظیمات کنترلی خازن های نصب شده مدل می کند .

Y : طول عمر خازن (سال)

N_i : تعداد واحد های خازن های نصب شده در شین i

N_b : تعداد کل شین های سیستم توزیع مفروض

C_p : هزینه خرید و نصب خازن به ازای یک واحد خازنی

N_t : تعداد سطوح بار

K_j : هزینه انرژی (پریونیت) برای سطوح بار j

T_j : دوره زمانی برای سطح بار j در یک سال

P_{lossj} : کل تلفات توان برای سیستم در سطح بار j

ولتاژ شین یک شاخص مهم کیفیت توان است . لذا یک تابع دیگر با هدف حداقل کردن انحراف ولتاژ شین به صورت فرمول (۲-۲۷) تعریف می شود [۱۴] :

$$\text{Min} \quad f_2(\bar{X}) = \max|V_i - 1|, \qquad I = 1,2,\ldots,N_b \qquad (۲۷-۲)$$

V_i ولتاژ شین i برحسب پریونیت است و $f_2(\bar{X})$ حداکثر انحراف ولتاژ شین های سیستم را نمایش می دهد . هرچه $f_2(\bar{X})$ کمتر باشد ، نشان دهنده کیفیت ولتاژ بالاتری است . به طور کلی برای قیود یک سیستم قدرت تا حدودی درجه تلورانس مجاز می باشد . لذا توابع هدف در این مسئله را می توان به صورت یک مجموعه فازی با تابع عضویت $\mu_{fi}(\bar{X})$ بیان نمود :

$$\mu_{fi}(\bar{X}) = \begin{cases} 1 \quad \text{or} \quad 1 & \text{If} \quad f_i(\bar{X}) < f_i^{min} \\ h_i(f_i(\bar{X})) & \text{if} \quad f_i^{min} \le f_i(\bar{X}) \le f_i^{max} \\ 0 \quad \text{or} \quad 0 & \text{if} \quad f_i^{max} < f_i(\bar{X}) \end{cases} \qquad (۲۸-۲)$$

یک مسئله چند هدفه به صورت زیر در نظر می گیریم :

$$\min \quad f_i(\bar{X}), \quad i = 1,2,\ldots,N_s \qquad g_j(\bar{X}) = 0 \quad j = 1,2,\ldots,N_s \qquad (۲۹-۲)$$

$f_i(\bar{X})$ ، N_s تابع هدف مجزای بردار تصمیم گیری x است و $g_i(x)$ ، N_c قید متفاوت است . برای بدست آوردن یک کاندیدای مناسب برای حل مسئله ، باید مقدار مورد انتظار توابع عضویت ، یک عدد حقیقی بین ۰ و ۱ باشد که نشان دهنده اهمیت هر تابع می باشد . برای توابع عضویت مورد انتظار μ_{fi} ، مسئله حداقل / حداکثر سازی (۲-۳۰) برای تولید پاسخ بهینه حل می شود .

$$\text{Min}\,(\,\text{Max}\,[\,\overline{\mu_{fi}} - \mu_{fi}(\bar{X})\,]\,) \qquad (۳۰-۲)$$

که Ω نشان دهنده ی بردار فضای $\bar{X}$ و N_c تعداد توابع هدف است .

حال الگوریتم ژنتیک را به مسئله جایابی خازن اعمال می کنیم . مهمترین عملگرهای الگوریتم ژنتیک ، جهش ژنی و ترکیب می باشند که با تغییر موقعیت رشته ها و همین طور تغییر برخی از بیت های یک

رشته ، رشته ها را کپی می کنند (تولید مثل می کنند) در نهایت ، رشته با بیش ترین مقدار برازش انتخاب شده و نقطه بهینه کلی از این طریق به دست می آید . تعداد کروموزوم های تولید مجدد از فرمول (۲- ۳۱) به دست می آید [۱۴].

$$F_i = \frac{1}{1+\max[\overline{\mu_{fi}}-\mu_{fi}(\bar{X})]} \qquad (۲-۳۱)$$

$$N_i = G\left[N_p \times \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{N} F_i}\right] \qquad (۲-۳۲)$$

که N_p اندازه جمعیت ، F_i مقدار برازش کروموزوم i بوده و $G[x]$ اجزای x را به مقادیر صحیح گرد می کند . اگر الگوی بهینه X پس از چند تکرار متوالی بدون تغییر باقی بماند ، پاسخ بهینه به دست آمده است . برای خازن های ثابت $\Omega=[x_1 \ x_2 \ \dots \ x_{nb}]$ ، که x_i ها تعیین کننده اندازه خازن در شین i می باشند . برای خازن های قابل سوئیچ $\Omega=[x_1 \ x_2 \dots x_{nb}]$ و $x_i=[x_i^1 \ x_i^2 \ \dots \ x^{Nt}{}_i]$ که x_i^j نشان دهنده اندازه خازن در شین i در سطح باز j است .

نوع خازن ها با رابطه زیر تعیین می گردد : اگر $[x_i^1 = x_i^2 = \dots = x^{Nt}{}_i]$ آنگاه نوع خازن در شین i ثابت است ، در غیر این صورت باید خازن نوع قابل سوئیچ نصب گردد [۱۴] .

الگوریتم حل مسئله :

۱) اطلاعات و پارامترهای مسئله را وارد کنید .

۲) توابع عضویت هر هدف را تعیین کنید: $\mu_{fi}(X)$.

۳) شمارنده $p=0$ را تنظیم کنید .

۴) مقدار اولیه تابع عضویت مورد انتظار را برای هر تابع هدف مشخص کنید .

$$\mu_{fi}^{(0)} \qquad i = 1,2,\dots,N_s$$

۵) معادلات پخش بار اجرا کنید و از الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله min/max استفاده نمایید.

۶) قیود توقف را بررسی نمایید ، اگر X ، $f_i(X)$ ، $\mu_{fi}(X)$ قانع کننده اند به گام بعدی بروید ، در غیر این صورت $P=P+1$ و $\mu_{fi}^{(P)}$ جدیدی انتخاب کنید و به گام ۵ بروید .

۷) تنظیمات بهینه ، اندازه و موقعیت خازن ها را با توجه به پاسخ X به دست آورید.

به طور کلی به دلیل طبیعت غیر دقیق (تقریبی) پارمترها یا پاسخ ها در سیستم های توزیع واقعی ، استفاده از منطق فازی بسیار کار ساز خواهد بود . ولی وابستگی پاسخ به نحوه انتخاب پارمترها وفاکتور های مسئله را می توان از معایب این روش عنوان نمود [۱۴].

می توان از یک کنترل کننده شبکه عصبی برای حداقل کردن تلفات I^2R و حفظ ولتاژ در محدوده مجاز (کنترل موقعیت تپ رگولاتورهای فیدر) استفاده نمود، تا ولتاژ شین ها در محدوده مجاز(مثلا ٪۵± مقدار نامی) باقی می بماند [۲۰].

۲-۵-۷) استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی[1] در کلید زنی بهینه خازن ها

می توان از دونمونه ورودی های مختلف استفاده نمود : یک نمونه ورودی که از حالات کنترلی قبلی خازن ها و تنظیمات قبلی ولتاژ اندازه گیری شده استفاده می کند که معادل با داشتن فیدبک است و دیگری که جریان و ولتاژ را اندازه گرفته و تنظیمات کنترلی پیشین را در نظر نمی گیرد .

در اینجا برای طراحی کنترل کننده عصبی فرضیاتی برای ساده کردن مسئله در نظر گرفته شده است : اول این که موقعیت و اندازه خازن ها برای سیستمی که قرار است کنترل شود از پیش تعیین شده است : اول اینکه موقعیت و اندازه خازن ها برای سیستمی که قرار است کنترل شود از پیش تعیین شده است . دوم اینکه کلیه ابزار ها و وسایل ارتباطی برای اندازه گیری زمان – واقعی جریان خط و ولتاژ شین در نقاط مختلف سیستم توزیع قرار گرفته اند و سوم اینکه مکانیزم کلید زنی خازن ها هیچ محدودیت فیزیکی نداشته باشد . تابع هدف به صورت زیر تعریف می شود [۲۰] .

$$\text{Min} \quad [\ \sum_{i=1}^{M} |I_i \quad (T)|^2 R_i\ ]_{(P(t),\, Q(t))} \qquad (۳۳-۲)$$

$$\text{S.t.} \quad V_j \in (V_{j\text{-min}}, V_{j\text{-max}}),\ j = 1,\ldots N$$

که M تعداد کل خطوط و N تعداد کل شین ها می باشد . Tتعداد موقعیت های تپ برای Lعدد رگولاتور ولتاژ و بانک خازنی است . برای یک مجموعه از بار ها در زمان t در هر شین ، هدف پیدا نمودن بردار موقعیت بهینه تپ T، به گونه ای است که تلفات حداقل گردد . این یک مسئله بهینه سازی غیر خطی ترکیبی است . در اینجا از یک شبکه عصبی سه لایه پیش خورد با روش آموزش تصحیح خطا (به دلیل سادگی ، کاربرد وسیع در موارد مختلف و تعمیم پذیری) برای بهینه سازی مسئله در کاربرد زمان – واقعی استفاده شده است .

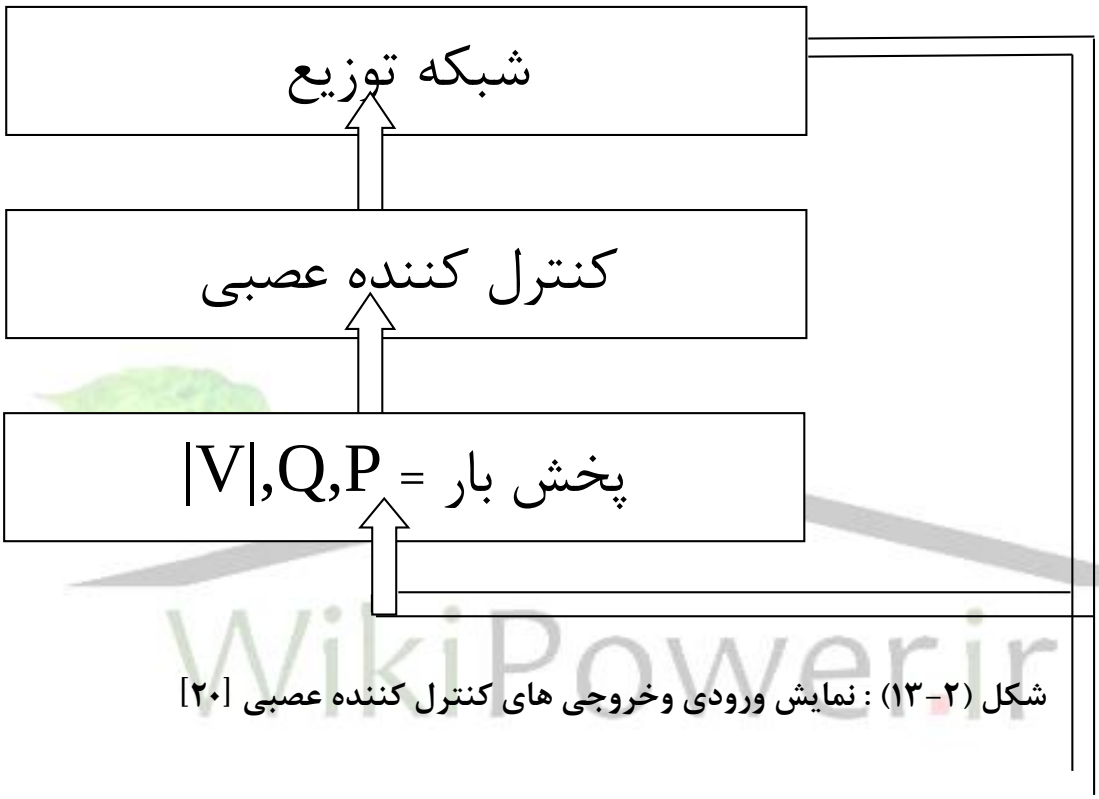
ورودی های شبکه عصبی ، p، Q و مقدار ولتاژ در نقاط انتخابی شبکه می باشد . تعداد خروجی های شبکه برابر با تعداد ادوات کنترل شده و حالات آنها است . می توان برای کاهش تعداد خروجی ها ، تنها تعدتد ادوات کنترل شده را در نظر گرفت . به دلیل این که تابع تبدیل

---

1 - Artifical neural networks

لایه خروجی ، یک تابع تانژانت هیپربولیک است ، خروجی تابع فعال سازی نرون مقداری پیوسته است. بنابراین هریک از تجهیزات قابل کنترل با حالت دوتایی (یا چند تایی) به یک بردار کوانتشگر q پس از خروجی شبکه عصبی نیاز دارند . فرایند آموزش ، به صورت خارج از خط[1] انجام می شود. یک مجموعه از داده های ورودی و خروجی که در تابع هدف صدق می کنند ، برای آموزش کنترل کننده به کار می رود . ورودی ها ، Q، P و یا Vاندازه گیری شده در نقاط معین هستند و خروجی حالت بهینه کلید زنی بانک های خازنی و موقعیت تپ رگولاتور های ولتاژ متناظر با الگوهای بار داده شده در سیستم توزیع می باشد . شکل (۲-۱۳) ورودی و خروجی های یک کنترل کننده عصبی را نمایش می دهد .

WikiPower.ir



شکل (۲-۱۳) : نمایش ورودی وخروجی های کنترل کننده عصبی [۲۰]

1 – off – line

به دلیل خاصیت تعمیم پذیری و درون یابی روش شبکه های عصبی برای یک مجموعه داده آموزش ، عملکرد شبکه عصبی تا حد زیادی به انتخاب داده های آموزش بستگی دارد . بنابرین داده های آموزش می بایست کل فضای ورودی در شرایط بهره برداری را تحت پوشش قرار دهند . همچنین انتخاب دقیق ضریب یادگیری وضریب جنبش لحظه ای در روش یادگیری تصحیح خطا،در دقت پاسخ تاثیر دارد .

اگر چه در روش نزولی ترین این مکان وجود دارد که در یک نقطه بهینه محلی گرفتار شده و رسیدن به نقطه بهینه عمومی مشکل گردد . این مسئله با تنظیم مقادیر اولیه وزن ها و بایاس ها رابطه نزدیک دارد که معمولا به مهارت و تجربه طراح بستگی دارد [۲۰] .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۶-۲) نتیجه گیری

به طور کلی مسئله جایابی بهینه خازن ها که در آن ابعاد خازن و موقعیت آن ها می تواند مقادیر مجزایی به خود بگیرد ، یک چند جمله ای غیر قطعی [۱] کامل است .

برطبق بسیاری از مطالعات ، مسئله ای که یک چند جمله ای غیر قطعی کامل است ، نیازی به صرف زمان وتلاش برای حل و به دست آوردن پاسخ بهینه عمومی ندارد ، یعنی تقریبا مطمئن هستیم که حل بهینه سازی عمومی نمی تواند به طور موثر در یک کامپیوتر انجام شود . در این فصل برخی از روش های تحلیلی ، ابتکاری و روش های ارائه شده در این فصل صورت پذیرفته است . با نگاهی به جدول در می یابیم که اصولا در اکثر روش های تحلیلی می بایست سه مشخصه پیوستگی ، تحدب و مشتق گیری از ویژگی های توابع هدف باشد .

با اینکه اضافه شدن بانک خازنی در اغلب موارد به صورت گام های گسسته است و تغییرات بار در یک دوره زمانی نیز گسسته صورت می پذیرد ، در این روش ها امکان کار با متغیر های گسسته وجود ندارد . در نتیجه ظرفیت های بدست آمده از این روش ها به صورت متغیر های پیوسته بوده و با واقعیت های عملی تطابق ندارد .

از دیگر معایب روش های تحلیلی احتمال گرفتار شدن در نقاط بهینه محلی ، تعداد زیاد مشتق گیری ، مشکلات همگرایی و تعیین مقادیر اولیه متغیرها (خصوصا در حالتی که تعداد متغیر ها زیاد است) می باشد .

با توجه به مزایا و محدودیت های هر یک از الگوریتم های ذکر شده در جدول (۲-۱) ، با توجه به توضیحاتی که در این فصل ارائه گردید ، می توان دریافت که در صورت استفاده از روش های بهینه سازی با پاسخ نزدیک بهینه و یا روش های ابتکاری – برای کاهش تعداد حالات ممکن برای نصب خازن ها – و یا روش های ترکیبی (ترکیب یک یا چند روش بهینه سازی) از مزایای هر کدام از آن ها بهره برد و نهایتا به پاسخ مطلوب تری دست یافت .

در اینجا پیشنهاد می گردد که جهت دست یابی به یک طرح کنترلی جامع مکان یابی و تعیین ظرفیت بهینه خازن ها در شبکه های توزیع ، یکی از روش های جستجو با پاسخ بهینه – نظیر شبیه سازی ذوب و انجماد تدریجی (تبرید) ، الگوریتم ژنتیک ، جستجوی ممنوع ، الگوریتم

---

1 - Non-deterministic polynomial

کلونی مورچه ، ترکیب الگوریتم ژنتیک با سایر روش های نظیر منطق فازی ، روش شاخه کرانه ،تکنیک حساسیت ، بهینه سازی دسته پرندگان و .... (که از پاسخ این روش ها به عنوان جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک استفاده می شود) – برای تعیین موقعیت بهینه خازن ها به کار گرفته شود.

اگرچه روش های غیر قطعی ذکر شده در بالا بر سیستم های تست نمونه اعتبار دارند و موفقیت آن ها به تنظیم پارامترهای مختلف الگوریتم بستگی دارد ، اما پاسخ منتجه از آن ها به پاسخ منتجه از آن ها به پاسخ بهینه نزدیک تر است . در کل این پارامترها اغلب به سیستم وابسته اند و در نتیجه تنظیم بهینه آن ها تا حدی به کاربر بستگی دارد . با توجه به اهمیت مسئله ، یک الگوریتم جستجو که پاسخ بهینه مسئله جایابی خازن ها را نتیجه دهد ، تاکنون و در آینده نیز مورد جستجو و بررسی قرار می گیرد .

WikiPower.ir

جدول (۱-۲) : مقایسه روش های جایابی بهینه خازن در شبکه های توزیع

شرح روش بهینه سازی	نقاط قوت	محدودیتها
روش دو مرحله ای (بهینه سازی دیفرانسیلی غیر خطی – برنامه ریزی عدد صحیح)	عدم نیاز به پیوسته بودن تابع هدف (پیدا کردن جواب های عدد صحیح)	احتمال گرفتار شدن در نقطه بهینه محلی ، لزوم محدب بودن تابع هدف ، لزوم خطی سازی تابع هدف ، معادلات شبکه و تابع هزینه خازن ها لزوم برسی گراف کلیه حالات ممکنبرای نصب خازن در گره های کاندید
الگوریتم شاخه و کرانه	عدم نیاز به پیوسته بودن تابع هدف	لزوم محدب بودن تابع هدف (به دلیل استفاده از برنامه ریزی خطی عدد صحیح)، گرفتار شدن در نقطه بهینه محلی برای شبکه های بزرگ
ترکیب برنامه ریزی خطی عدد صحیح و بهینه سازی مخروطی	عدم نیاز به اجرای زیاد برنامه پخش بار پارامترهای الگوریتم ، پیوسته بودن تابع هدف، استفاده از قیود مخروطی	لزوم محدب بودن تابع هدف ، لزوم خطی سازی تابع هدف
روش های مبتنی برحساسیت	کاهش تعداد حالت های ممکن برای نصب خازن (شناسایی گره هایی که قرار گیری خازن در آنها بیش ترین کاهش را در تلفات به همراه دارد)،عدم نیاز به محدب بودن تابع هدف	عدم قطعیت پاسخ برای شبکه های بزرگ
الگوریتم بهینه سازی دسته پرندگان	حساسیت کمتر به ماهیت تابع هدف (پیوستگی یا تحدب)،ماهیت تصادفی (قابلیت گریز از نقطه بهینه محلی) ،عدم نیاز به پاسخ اولیه مناسب برای همگرایی	لزوم انتخاب درست تابع برازش و پارامترهای الگوریتم و تاثیر گذاری آن در روند رسیدن به پاسخ ، سرعت هم گرایی پایین یا امکان هم گرایی زود هنگام
شبیه سازی تبرید	عدم نیاز به خطی سازی تابع هدف و هزینه خازن ها،قانون احتمالی انتخاب (امکان گریز از نقطه بهینه محلی)،عدم نیاز به محدب بودن یا پیوسته بودن تابع هدف	زمان محاسبات بالا به دلیل استفاده محدود از حافظه

الگوریتم ژنتیک	عدم نیاز به خطی سازی تابع هدف و هزینه خازن ها، robust بودن الگوریتم ،قابلیت تغییر هم زمان چندین پارامتر، ماهیت تصادفی ، عدم نیاز به محدب بودن یا پیوسته بودن تابع هدف	لزوم در نظر گرفتن جمعیت اولیه مناسب و انتخاب درست تابع برازش
الگوریتم کلونی مورچه ها	ماهیت تصادفی (ممانعت از افتادن فرایند جستجو در نقاط بهینه محلی)، عدم نیاز به محدب بودن یا پیوسته بودن تابع هدف	وابستگی کیفیت پاسخ و سرعت همگرایی الگوریتم به انتخاب دقیق و تنظیم مناسب مجموعه پارامترهای الگوریتم $(T,Q,\ldots.)$
جستجوی ممنوع	مجاز دانستن جابجایی غیر بهینه و جستجوی دیانامیکی (احتمال خروج از بهینه محلی)، عدم وابستگی به محدب بودن تابع هدف	استفاده از حافظه ، تعیین صحیح پارامترهای طول فهرست ممنوع ، تعداد همسایگی های در نظر گرفته شده برای حل مسئله خاص و وابستگی جواب به این پارامتر ها
منطق فازی	مقایسه توابع عضویت و هدف ها بدون تاثیر مقادیر واقعی شان ، موثر بودن منطق فازی به دلیل ماهیت غیر دقیق پارامترهای سیستم توزیع واقعی ، عدم وابستگی به مدل ریاضی سیستم	پیچدگی تخمین قوانین مناسب فازی ، وابسته بودن پاسخ به نحوه انتخاب پارامترها و فاکتور های مسئله

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم

جبران سازی بهینه توان راکتیو

در شبکه توزیع

تجدید ساختار یافته

WikiPower.ir

۳-۱) مقدمه

در فصل قبل برخی از روش های تعیین موقعیت و ظرفیت بهینه بانک های خازنی در شبکه های توزیع مورد بررسی واقع گردید .

در این فصل به بیان روش جبران سازی بهینه توان راکتیو با نگرش به تجدید ساختار در صنعت برق می پردازیم و درفصل چهارم نحوه پیاده نمودن آن را در دو نمونه از شبکه های توزیع شعاعی و شعاعی – حلقوی یا در نظر گرفتن شرایط بهره برداری سیستم در حالت متقارن مورد مطالعه قرار خواهیم داد در ابتدای فصل به توضیح روش پخش بار نیوتن رافسون و محاسبه تلفات شبکه توزیع می پردازیم . سپس به تفصیل به بیان الگوریتم به کار گرفته شده و معادلات شبکه خواهیم پرداخت .

۳ -۱ -۱) علائم و سمبل ها

r_{ij} مقامت اهمی بین شین i , j

x_{ij} راکتانس بین شین i , j

Z_{ij} امپدانس ما بین شین i , j

Y_{ij} ادمیتانس مابین شین i, j

$|V|$ ولتاژ در گره i ام

δ زاویه فاز

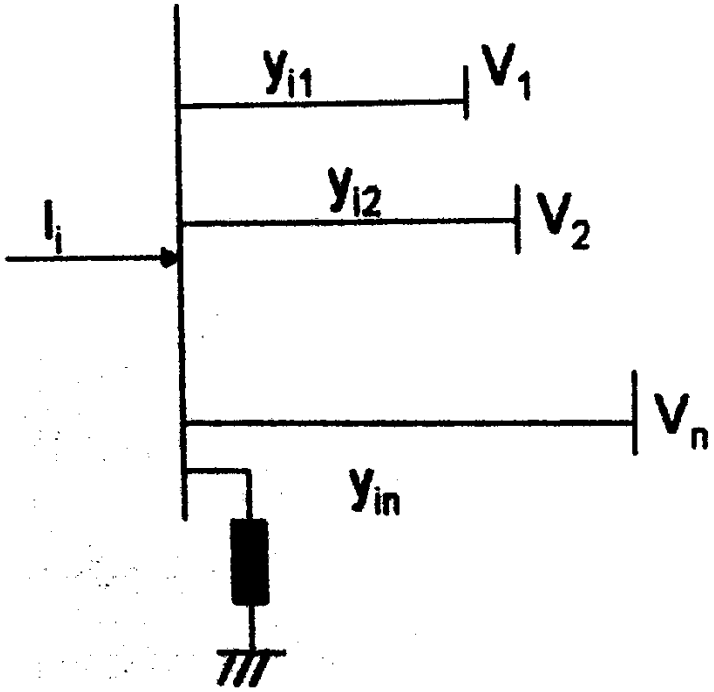
P توان اکتیو

Q توان راکتیو

روش های گوس – سایدل و نیتون رافسون از متداول ترین روش های تکراری برای حل معادلات جبری غیر خطی می باشند [۲۴] . روش نیوتن رافسون به خاطر همگرایی درجه دوم آن ، نسبت به روش گوس-سایدل برتری دارد و احتمال واگرایی آن در مسائل به ساختار کمتر است .

مطالعات پخش توان که معمولا پخش بار نامیده می شود ، بخش مهمی از تجزیه و تحلیل سیستم قدرت را تشکیل می دهند . روش نیوتن- رافسون ، یک روش تقریب متوالی[۱] است که براساس تخمین اولیه مقادیر مجهول و استفاده از سری تیلور بنا شده است [۲۴] .در حل مسائل فرض بر این است که سیستم در شرایط متقارن کار می کند ، بنابراین از مدل تکفاز استفاده می شود . یک شین نمونه ، مطابق شکل

(۳-۱) را در نظر می گیریم ، ابتدا امپدانس خطوط به ادمیتانس بر حسب pu در مبنای مشترک MVA تبدیل می شود .



شکل (۱-۳) : یک نمونه در سیستم قدرت [۲۴]

WikiPower.ir

1 – Successive approximation

با اعمال KCL به این شین داریم :

(۳-۱)

$$I_i = y_{i0}V_i + y_{i1}(V_i - V_1) + y_{i2}(V_i - V_2) + \dots + y_{in}(V_i - V_m)$$

$$= (y_{i0} + y_{i1} + \dots + y_{in})V_i - y_{i1}V_1 - y_{i2}V_2 \dots\dots\dots\dots\dots - y_{in}V_{12}$$

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^{n} y_{ij} - V_i \sum_{j=0}^{n} y_{ij}\, V_j \qquad j \neq i$$

توان های اکتیو و راکتیو در این شین عبارتند از [۲۴] :

$$P_i + jQ_i = V_i\ I_i^* \qquad \text{یا} \qquad I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_{i^*}} \qquad (۲-۳)$$

با جایگزینی i داریم :

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_{i^*}} = V_i \sum_{j=0}^{n} \gamma_{ij} - \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij}\, V_j \qquad j \neq I \qquad (۳-۳)$$

مساله ی پخش بار منجر به یک سیستم معادلات جبری غیر خطی می شود که می بایست از روش های تکراری حل شود .

$$I_i = \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij}\, V_j \qquad (۴-۳)$$

رابطه ی (۳ – ۴) همان رابطه ی (۳ – ۳) است که در آن γ_{ij} ماتریس ادمیتانس شین می باشد .

در معادلات بالا j شامل شین i نیز می باشد ، با بیان معادله به صورت قطبی داریم :

$$I_i = \sum_{j=1}^{n} |\gamma_{ij}|\,|V_j| \angle(\theta_{ij} + \delta_j) \qquad (۵-۳)$$

توان مختلط در شین i برابر است با :

$$P_i - jQ_i = V_i^*\, I_i \qquad (۶-۳)$$

با جایگزینی I_i داریم :

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^{n} |\gamma_{ij}|\,|V_j| \angle(\theta_{ij} + \delta_j) \qquad (۷-۳)$$

با جداسازی قسمت های حقیقی و موهومی این معادله می توان نوشت [۲۴] :

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} |\gamma_{ij}|\,|V_j|\,|V_i| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \qquad (۸-۳)$$

$$Q_i = -\sum_{j=1}^{n} |\gamma_{ij}|\,|V_j|\,|V_i| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \qquad (۹-۳)$$

این معادلات شامل مجموعه ای از معادلات جبری غیر خطی بر حسب متغیرهای مستقل هستند (اندازه ی ولتاژها بر حسب U . P و زاویه های فاز بر حسب رادیان) . برای هر شین بار[۱] ، دو معادله (۳ – ۸) و (۳ – ۹) برقرار است . برای هر شین با ولتاژ کنترل شده نیز یک معادله وجود دارد که با رابطه ی (۳ –

۸) مشخص می گردد . با بسط این دو معادله به صورت سری های تیلور در نزدیکی تخمین اولیه و با چشم پوشی از جملات با درجات بالاتر ، مجموعه معادلات خطی زیر به دست می آید [۲۴] .

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & & & & & \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial P_n^{(K)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_2^{k}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & & & & & \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta |V_2^{(K)}| \\ \vdots \\ \Delta |V_n^{(k)}| \end{bmatrix}$$

WikiPower.ir

1 – PQ

در معادلات بالا شین ۱ به عنوان شین مرجع در نظر گرفته شده است . عناصر قطری و غیر قطری ماتریس ژاکوبین به ترتیب عبارتند از :

$$\begin{cases} \frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i|\,|V_j|\,|V_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \\ j \neq i \\ \frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|V_i|\,|V_j|\,|V_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2\,|V_i|\,|\gamma_{ii}| \cos\theta_{ii} + \sum_{j \neq i} |V_j|\,|\gamma_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \end{cases}$$

j

$\neq$ i

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = |V_i| \, |\gamma_{ii}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i| \, |V_j| \, |V_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \\ \text{j} \qquad\qquad \neq \\ ) \end{array} \right\} \qquad \text{i}$$

(۱۱ – ۳

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|V_i| \, |V_j| \, |V_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

$$\left\{ \frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -2 |V_i| \, |\gamma_{ii}| \sin\theta_{ii} - \sum_{j \neq i} |V_j| \, |\gamma_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \right.$$

$$\left\{ \frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = -|V_i| \, / \gamma_{ij} \, / \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \, . \ldots\ldots\ldots\ldots \quad j \neq i \right.$$

نکات زیر در خصوص پخش بار می بایست مد نظر قرار گیرند [۲۴] :

۱) برای شین های بار ، P_i^{sch} و Q_i^{sch} مشخص است . ولتاژ و زاویه ی فاز آن ها را ۱ و 0 در نظر می گیریم .

در شین با ولتاژ کنترل شده[۱] ، $|V_i| = 1$ و P_i^{sch} معلوم است ، زاویه ی فاز را مساوی زاویه ی شین مرجع یا صفر در نظر می گیریم .

۲) برای شین های بار ، $P_i^{(k)}$ و $Q_i^{(k)}$ از معادلات (۳ – ۸) و (۳ – ۹) به دست می آید و $\Delta P_i^{(k)}$ و $\Delta Q_i^{(k)}$ به صورت زیر محاسبه می گردند :

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{sch} - P_i^{(k)} \qquad (۱۲ - ۳)$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{sch} - Q_i^{(k)} \qquad (۱۳ - ۳)$$

تخمین جدید ولتاژها عبارتند از :

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^k + \Delta\delta_i^k \qquad (۳ - ۱۴)$$

$$|V_i^{(k+1)}| = |V_i^k| + \Delta |V_i^k|$$

۳) برای شین های با ولتاژ کنترل شده ، $P_i^{(k)}$ و $\Delta P_i^{(k)}$ از فرمول (۳ – ۸) و (۳ – ۱۲) به دست می آید .

این فرایند آن قدر ادامه می یابد که :

---

1 – PV

$$\begin{cases} |\Delta Q_i^{(k)}| < \varepsilon \\ |\Delta P_i^{(k)}| < \varepsilon \end{cases} \qquad (۳ - ۱۵)$$

ماتریس ژاکوبین به صورت فرمول (۳ – ۱۶) می باشد .

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ j & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ \Delta|V| \end{bmatrix} \qquad (۳ - ۱۶)$$

ابعاد ماتریس ژاکوبین (۲ m – ۲) (۲ n – ۲ – m) است که m تعداد شین های PV ، n – ۱ تعدا قیود توان اکتیو ، n – ۱ - m تعدا قیود توان راکتیو می باشد [۲۴] .

به طور کلی در روش نیوتن – رافسون تعداد تکرار های لازم برای تعیین پاسخ ، مستقل از اندازه ی سیستم بوده ، لیکن ارزیابی های تابعی بیشتری در هر تکرار مورد نیاز است [۲۴] .

۳ – ۳) بیان روش جایابی بهینه خازن با نگرش به تجدید ساختار در صنعت برق

همان گونه که پیش از این بیان شد افزودن خازن های موازی و جبران سازی بهینه ی توان راکتیو جهت کاهش تلفات در سیستم های توزیع ، مساله ای است که در مطالعات و تحقیقات اخیر مورد توجه و بررسی جدی قرار گرفته است [۲۳] .

نصب خازن های موازی علاوه بر کاهش تلفات ، موجب بهبود منحنی ولتاژ ، ضریب توان و پایداری ولتاژ در شبکه می گردد . در این پایان نامه افزودن خازن های موازی با در نظر گرفتن تجدید ساختار در بازار برق فرمول بندی شده است . این شرایط به اپراتور شبکه ی توزیع[۱] فشار متوسط این امکان را می دهد که انرژی راکتیو را به عنوان یک سرویس قابل فروش در سیستم های انتقال در نظر بگیرید .

در سیستم بدون جبران سازی ، کل توان راکتیو مورد نیاز سیستم (بارها ، خطوط ، ترانسفورماتورها و ...) می بایست در سطح انتقال تولید گردد و اگر مقدار تولید توان راکتیو به قیود قراردادی محدود گردد ، هیچ گونه سود یا ضرر اقتصادی برای شبکه ی توزیع حاصل نمی گردد .

با در نظر گرفتن سیستم جبران ساز – جبران سازی در شبکه ی توزیع فشار متوسط و شین های MV / HV در بخش میانی انتقال و توزیع – به طور مجازی در یک ژنراتور توان راکتیو وجود دارد و نیازی به حمل این توان از سیستم انتقال به سیستم توزیع نمی باشد . با تولید توان راکتیو در شین های HV می توان تقاضای سیستم توزیع و یا بیشتر از آن را تامین نمود . در واقع این مزیت وجود دارد که نیازی به انتقال توان راکتیو و نصب سیستم های تولید انرژی نمی باشد [۲۳] . در این سناریوی جدید ، سرمایه گذاری در نصب سیستم جبران سازی برای اپراتور سیستم توزیع دو مزیت کاهش تلفات توان و افزایش سود حاصل از فروش توان راکتیو به اپراتور شبکه ی انتقال را به همراه دارد . مقدار اقتصادی تخصیصی برای اپراتور سیستم توزیع ، نمی تواند از یک مقدار آستانه ی معین ، کم تر شود [۲۳] .

---

1 – Distribution Grid Opewator

در واقع اگر سیستم انتقال توان راکتیو را با هزینه های بالاتر از هزینه ی آستانه به دست آورد ، از نظر اقتصادی نصب بانک های خازنی و بهره برداری از آن ها برای اپراتور شبکه ی توزیع سود آور خواهد بود و در صورتی که این هزینه برای سیستم انتقال کم تر از مقدار آستانه باشد ، از نظر اپراتور سیستم توزیع ، لزومی جهت نصب سیستم جبران سازی – بیش از آن چه برای کاهش تلفات شبکه ی توزیع نیاز است – وجود ندارد و این در حالی رخ می دهد که تولید و انتقال توان راکتیو ارزان تر از خرید آن از شبکه ی توزیع باشد . مدل بهینه سازی ارائه شده در این تحقیق از نقطه نظر شبکه ی توزیع بررسی می گردد [۲۳] .

در روشی که به تفصیل عنوان خواهد شد ، ابتدا برنامه ی پخش بار اجرا و تلفات شبکه پیش از جبران سازی به دست می آید . سپس یک تابع هدف و یک قیمت پیشنهادی برای فروش یک کیلو وار ساعت انرژی راکتیو به شبکه ی انتقال تعریف می شود . در واقع تابع هدف جدید نسبت به توابع هدفی که در روش های پیشین به کار گرفته می شد ، یک جمله ی اضافه دارد که مربوط به در آمد حاصل از فروش توان راکتیو به شبکه ی انتقال می باشد . با تعریف تابع هدف و با استفاده از الگوریتم بهینه سازی (الگوریتم ژنتیک) ، جستجو برای یافتن پاسخ بهینه آغاز می گردد . با یافتن پاسخ بهینه برای یک قیمت پیشنهادی ، قیمت را یک پله افزایش داده و مجدداً پخش بار و الگوریتم ژنتیک برای یافتن آرایش بهینه ی خازن ها به ازای قیمت جدید ، اجرا شده و نهایتاً تلفات شبکه پس از جبران سازی محاسبه می گردد . این فرآیند تا جایی ادامه می یابد که افزایش قیمت فروش انرژی راکتیو به شبکه ی انتقال موجب افزایش تلفات نسبت به تلفات شبکه پیش از جبران سازی نگردد . در واقع قید کاهش تلفات بر قید افزایش سود اقتصادی ارجحیت دارد .

۳ – ۳ – ۱) فرمول بندی مسئله

در راستای بهینه سازی تابع هدف ، مقایسه بین دو موقعیت فعلی (قبل از جبران سازی) و موقعیت جدید (پاسخ طراحی) صورت می پذیرد . اجزاء اقتصادی موقعیت فعلی عبارتند از [۲۳] :

۱) هزینه ی متغیر مربوط به میزان تلفات توان در خطوط شبکه ی توزیع

۲) هزینه ی متغیر مربوط به میزان تلفات توان در ترانسفورماتور HV / MV

پس از بهره برداری از سیستم در موقعیت جدید و جای گذاری بانک های خازنی در گره های بار شبکه ی توزیع فشار متوسط و شین HV / MV ، اجزاء اقتصادی مربوط به موقعیت جدید عبارتند از :

۳) هزینه متغیر مربوط به مقدار جدید تلفات خطوط که قطعاً کم تر از تلفات در حالت قبل است.

۴) هزینه ی متغیر مربوط به مقدار جدید تلفات ترانسفورماتور HV / MV

۵) درآمد حاصل از فروش توان راکتیو به سیستم انتقال

۶) کل هزینه ی نصب بانک های خازنی

کلیه ی این اجزای اقتصادی در طی یک سال بررسی می گردند [۲۳] . برای این دوره ی زمانی ، تغییرات بار و حالت قرارگیری بانک های خازنی در نظر گرفته می شود .

شرط (۱) یا تلفات توان در ساعت h ، با در نظر گرفتن بار روزانه و تغییر ساعت به ساعت بار هر گره شبکه ی فشار متوسط ، به صورت زیر بیان می شود [۲۳] :

$$P_{loss}(h) = \sum_{i=1}^{n_r} \frac{R_i}{V_i^2} [(P_i(h))^2 + (Q_i(h) - Q_{ci}(h))^2] \qquad (۳-۱۷)$$

ک Q_{ci} ظرفیت بانک خازنی منصوبه در گره i بوده ، $P_i(h)$ و $Q_i(h)$ توان های حقیقی و راکتیو شاخه ی i ام (شامل بارها و تلفات تحت شاخه ی i ام) و n_r تعداد کل شاخه های شبکه می باشد .

در این حالت ، به دلیل این که موقعیت فعلی را بررسی می کنیم ، هیچ گونه خازنی نصب نشده است ، یعنی ($Q_{ci}(h)= 0$)

تلفات انرژی در یک سال مطابق رابطه ی زیر به دست می آید :

$$E_{loss} = 365 \sum_{h=1,24} P_{loss}(h) \qquad (۳-۱۸)$$

شرط (۳) معادل شرط (۱) بوده که ($Q_{ci}(h)= 0$) است . شرط (۲) بیانگر تلفات در ترانسفورماتور ایستگاه HV / MV در ساعت h می باشد [۲۳] .

$$P_{lossTR}(h) = \frac{R_{TR}}{V^2} [[P(h)^2] + [Q(h) - Q_c(h)]^2] \qquad (۳-۱۹)$$

که R_{TR} مقاومت سری ترانسفورماتور ، V ولتاژ نامی شبکه ی فشار متوسط[۱] و $P(h)$ و $Q(h)$ بیانگر توان های اکتیو و راکتیو مورد نیاز شبکه (شامل بار ها و تلفات) می باشند که در شین فشار متوسط ترانسفورماتور ایستگاه شده اند . در فرمول بالا عبارت $Q_c(h)$ برابر صفر بوده و P_{lossTR} معرف تلفات ترانسفورماتور پیش از جبران سازی می باشد . از تلفات ترانسفورماتورهای توزیع به دلیل ناچیز بودن مقاومت سری آن ها صرف نظر شده است .

تلفات انرژی در یک سال برای ترانسفورماتور به شرح زیر می باشد :

$$E_{TR} = 365 \sum_{h=1,24} P_{lossTR}\,(h) \qquad (۳ - ۲۰)$$

شرط (۴) معادل با شرط (۲) بوده که Q_c آن مخالف صفر است . در واقع این شرایط بیانگر شرایط بهره برداری واقعی بانک های خازنی متصل به شین فشار متوسط ترانسفورماتور HV / MV در هر ساعت از روز می باشد .

سود اقتصادی حاصل از مقدار کاهش تلفات خطوط شبکه به صورت زیر به دست می آید :

$$R_{ET} = (C_{ETb} - C_{ETa}) = (E_{lossb} - E_{lossa})\,C_{ET} \qquad (۳ - ۲۱)$$

که C_{ETb} و C_{ETa} معرف هزینه های مربوط به تلفات انرژی قبل و بعد از جبران سازی ، E_{lossb} و E_{lossa} تلفات انرژی قبل و بعد از جبران سازی و C_{ET} بیانگر هزینه ی واحد انرژی بر حسب (ریال /KWh) بوده که مطابق قانون بودجه ی سال ۸۷ معادل ۷۷۳ ریال می باشد.

سود حاصل از کاهش تلفات در ترانسفورماتور HV / MV به صورت زیر محاسبه می گردد :

$$R_{ETR} = (C_{ETRb} - C_{ETRa}) = (E_{TRb} - E_{TRa})\,C_{ET} \qquad (۳ - ۲۲)$$

C_{ETRb} و C_{ETRa} هزینه های مربوط به تلفات ترانسفورماتور قبل و بعد از جبران سازی بوده و E_{TRb} و E_{TRa} تلفات انرژی قبل و بعد از جبران سازی می باشند .

در صورتی که عبارات R_{ET} و R_{ETR} از صفر کم تر شوند ، بدین معنا است که برای اپراتور شبکه ی توزیع نه تنها سود اقتصادی حاصل نگردیده بلکه متحمل ضرر و زیان اقتصادی نیز گردیده و این در حالی رخ می دهد که هزینه ی نصب بانک های خازنی ، در مقایسه با هزینه ی

---

1 – MV

کاهش تلفات بیشتر است .

برای بیان شرط (۵) ، یعنی در آمد حاصل از فروش توان راکتیو به سیستم انتقال ، ارزش ریالی واحد تولید سرویس راکتیو (یک کیلو وار ساعت) را R و ارزش ریالی کل توان راکتیو بانک های خازنی منصوبه در شبکه ی توزیع را R_T در نظر می گیریم . در این صورت داریم [۲۳] :

$$R_T = 365\ R \sum_{i=1}^{n} \sum_{h=1}^{24} Q_{ci}(h) \qquad (۲۳ - ۳)$$

که n تعداد کل شین های شبکه و $Q_{ci}(h)$ مقدار بانک خازنی در ساعت h در شین i است .

- مسئله ی اصلی تعیین پاسخ بهینه به دست آمده از الگوریتم ژنتیک برای مقادیر مختلف پارامتر R است .

واحد R ، (/kvarh ریال) بوده و ارزش اقتصادی انرژی راکتیو را مشخص می کند .

در نهایت شرط (۶) معادل هزینه ی کل خرید ، نصب و نگهداری بانک های خازنی بوده که از حاصل ضرب هزینه یک کیلو وار بانک خازنی C_{inst} ، در ظرفیت کل بانک های خازنی نصب شده Q_{cinst} به دست می آید [۲۳] :

$$C_{instT} = C_{inst} \times Q_{cinst} \qquad (۲۴ - ۳)$$

به طور کلی برای ارزیابی پاسخ مسئله می بایست یک شاخص تعریف شود ، شاخص عنوان شده در این پایان نامه شاخص بازگشت سرمایه نام دارد . این شاخص بیانگر تفاوت درآمد ها و هزینه ها در طول یک سال در شبکه ی توزیع است که در بخش بعدی بدان می پردازیم .

WikiPower.ir

۳ – ۴) الگوریتم بهینه سازی مسئله

پیش از بیان الگوریتم بهینه سازی متذکر می شویم که متغیرهای این مسئله اعداد صحیح هستند و با توجه به این که با یک رشته عدد صحیح کار می کنیم ، مسئله را فرمول بندی می کنیم .

هدف از به کار گیری الگوریتم بهینه سازی استفاده از روشی است که فضای جستجو را به سمت ماکزیمم کردن تابع هدف هدایت نماید . مقدار ظرفیت و موقعیت مناسب نصب خازن با استفاده از این الگوریتم بهینه سازی و برنامه ی پخش بار مورد جستجو قرار می گیرد . الگوریتم بهینه سازی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است ، الگوریتم ژنتیک می باشد .

اصول الگوریتم ژنتیک در فصل دوم تشریح گردید ، در بخش زیر به بررسی روش حل مسئله خازن گذاری با استفاده از این الگوریتم می پردازیم .

۳ – ۴ – ۱) حل مسئله خازن گذاری در شبکه توزیع تجدید ساختار یافته با روش ژنتیک

در ادامه ی حل مسئله ، در این بخش به نحوه ی تعیین ظرفیت و موقعیت بهینه ی خازن ها خواهیم پرداخت ، با این فرض که خازن ها قابل سوئیچ بوده و کلیه ی گره های بار شبکه کاندیدای نصب خازن می باشند .

در این جا خازن ها در شین های فشار متوسط شبکه ی توزیع ، نصب و موجب کاهش تلفات و آزاد شدن ظرفیت سیستم از محل نصب به سمت منبع تولید می گردند . این خازن ها تنظیم ولتاژ را نیز بر عهده دارند .

مراحل حل مسئله به صورت زیر می باشد :

ابتدا اطلاعات شبکه را وارد کرده و پخش بار را انجام می دهیم ، سپس کلیه ی شین های بار شبکه را به عنوان کاندیدای محل نصب خازن در نظر می گیریم . حال یک ظرفیت اولیه برای محل های مشخص شده تعیین می کنیم تا با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تابع هدف تعریف شده ، جستجو آغاز گردد .

داده های ورودی این برنامه ، اطلاعات مربوط به بار اکتیو و راکتیو شین های شبکه ، امپدانس و ادمیتانس خطوط ، حداکثر تعداد مجاز خازن ها در هر شین ، معادل ریالی یک کیلو وات ساعت انرژی ، هزینه ی خرید و نصب یک کیلو وار خازن و هزینه ی فروش یک کیلو وار ساعت انرژی راکتیو به شبکه ی انتقال می باشند . متغیر های تصمیم گیری در این مسئله موقعیت و اندازه ی بانک های خازنی منصوبه و متغیر های کنترل آن شامل حداکثر اندازه ی بانک های خازنی ، محدوده ی مجاز ولتاژ شین ها و حداکثر مقدار مجاز انرژی راکتیو فروخته شده به شبکه ی انتقال – به نحوی که باعث ناپایداری ژنراتور تغذیه نگردد – می

باشند .داده های خروجی این برنامه نیز ظرفیت و موقعیت نهایی خازن ها در شبکه ، تلفات اکتیو و راکتیو شبکه پس از جبران سازی ، تلفات ترانسفورماتور ایستگاه HV / MV و میزان انرژی فروخته شده به شبکه ی انتقال می باشند .

تابع هدف :

مرحله ی بعدی برای تعیین ظرفیت خازن ها ، استفاده از یک تابع هدف موثر است که در این پایان نامه از هدف یا شاخص بازگشت سرمایه[1] استفاده می کنیم . چون الگوریتم ژنتیک به دنبال بهینه کردن تابع هدف می باشد و هدف ما حداکثر شدن سود اقتصادی حاصل از کاهش تلفات و فروش انرژی راکتیو به شبکه ی انتقال می باشد ، شاخص مذکور ، شاخص مناسبی است .

تابع هدف : $\text{maximize } \{ \text{ROI} \} = \max \left\{ \frac{R_{Et} + R_{ETR} + R_T - C_{instT}}{C_{instT}} \right\}$ (۲۵ – ۳)

1 – Reverse of investment:ROI

هزینه نصب– در آمد حاصل از فروش + سود اقتصادی حاصل از + سود اقتصادی حاصل از

خازن ها توان راکتیو کاهش تلفات ترانسفورماتور ها کاهش تلفات خطوط

ROI = _____

هزینه نصب خازن ها

قیود این تابع هدف عبارتند از :

$$V_{i\,min} < V_i < V_{i\,max} \quad , \quad Q_{c(\min)} \le Q_c \le Q_{c(\max)} \qquad (۲۶-۳)$$

$$0 \le n_i \le n_{i(\max)}$$

که V_i معرف مقدار ولتاژ در شین i ، n_i تعداد بانک های خازنی در شین i و Q_c معرف مقدار توان راکتیوی است که می توان به شبکه ی انتقال تزریق و یا از آن دریافت نمود . هزینه های هر یک از اجزاء اقتصادی ۱ تا ۶ ، در مدت یک سال ارزیابی می گردند . در صورتی که صورت کسر از صفر بیشتر باشد ، با افزایش ظرفیت منصوبه ، در آمد خالص نیز افزایش می یابد . قیمت آستانه مقداری است که به ازای آن شاخص بازگشت سرمایه از مقدار منفی یا صفر به یک مقدار مثبت تغییر کند . برای به دست آوردن آرایش و ظرفیت نهایی خازن ها در شبکه به ازای هر مقدار R ، می بایست برنامه به مراتب بسیار اجرا شود تا جایی که حداکثر تعداد مجاز تکرار انجام گردد و یا جمع برازش کروموزوم ها در یک نسل به یک مقدار ثابت برسد . البته در حالت کلی به دلیل وجود اپراتور جهش ژنی به یک مقدار ثابت دست نمی یابیم و مجموع برازش کروموزوم ها ، حول یک مقدار ثابت نوسان می کند . در این حالت پاسخ به دست آمده اشباع شده و پاسخ بهینه حاصل از الگوریتم ژنتیک می باشد . سپس R را یک گام افزایش داده و مجدداً الگوریتم را اجرا می کنیم .

آرایش و ظرفیت حاصل از اجرای الگوریتم به ازای هر مقدار R ، بیش ترین در آمد[1] را به ازای

_____

1 – Income

آن مقدار برای اپراتور سیستم توزیع به دست می دهد . با در نظر گرفتن $R=0$ ، جمله ی مربوط به سود حاصل از فروش توان راکتیو به شبکه ی انتقال حذف می گردد و در این حالت هدف ،
جستجوی آرایش و ظرفیت بهینه ی خازن ها بدون در نظر گرفتن فروش انرژی به شبکه ی انتقال - و بدون در نظر گرفتن تجدید ساختار در صنعت برق – می باشد .

۳ – ۴ – ۲) الگوریتم حل مسئله

با توجه به مطالب مذکور می توان روال حل مسئله را به صورت زیر خلاصه نمود :

۱ - تشکیل جمعیت اولیه (تعیین مقادیر اولیه ی ظرفیت خازن در موقعیت های نامزد برای هر کروموزوم از جمعیت اولیه)

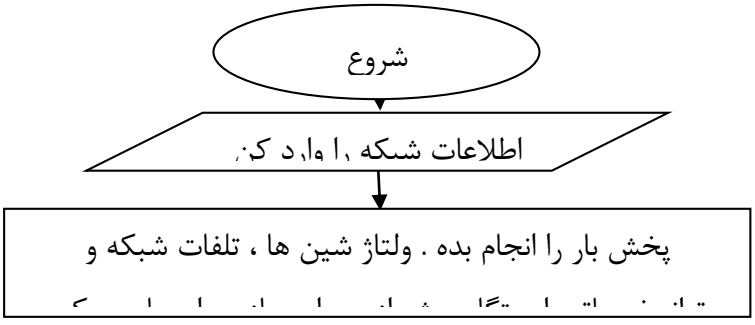
۲ - ارزیابی مقادیر برتر برای هر کروموزوم و ارزیابی تابع هدف [۲۳] با استفاده از

- انجام پخش بار بر اساس جمعیت اولیه ی خازن ها به ازای هر کروموزوم
- محاسبه ی تلفات خطوط و ترانسفورماتور برای این آرایش
- محاسبه ی هزینه ی نصب خازن ها برای این آرایش
- محاسبه ی R_T به ازای قیمت های مختلف R
- محاسبه ی برازش هر کروموزوم (مقدار تابع هدف)
- تعیین مقادیر برتر هر جمعیت برای انجام تولید مثل

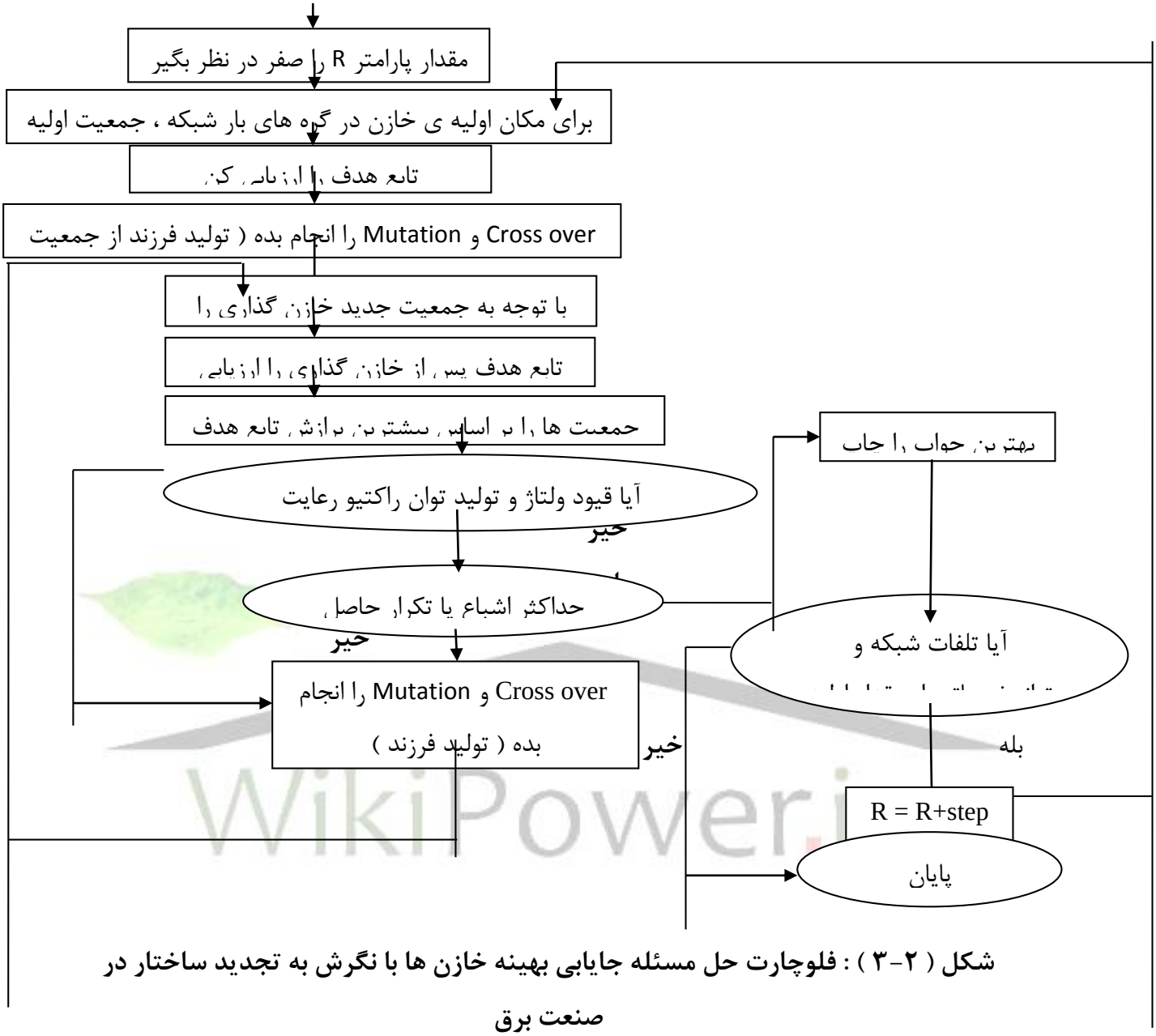
۳ – انجام تولید مثل با استفاده از عملگرهای ترکیب و جهش ژنی

۴ – تکرار مرحله ی ۲ و ۳ تا رسیدن به حداکثر تولید مثل تعیین شده و یا اشباع تابع برازش

۵ – تعیین ظرفیت خازنی برای هر موقعیت کاندیدا با توجه به بهترین کروموزوم تولید شده



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۲-۳) : فلوچارت حل مسئله جایابی بهینه خازن ها با نگرش به تجدید ساختار در صنعت برق

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم

WikiPower.ir

شبیه سازی و بررسی نتایج

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴ – ۱) مقدمه

در فصل قبل روش جایابی بهینه ی خازن با نگرش به تجدید ساختار در صنعت برق به تفصیل عنوان شد . در این فصل به بررسی نتایج حاصل از به کارگیری این روش در چند نمونه شبکه ی آزمون می پردازیم .

شبیه سازی روش مذکور ابتدا بر روی یک شبکه ی شعاعی – حلقوی IEEE و سپس بر روی یک شبکه ی شعاعی غیر یکنواخت واقعی انجام شده است . یک برنامه ی کامپیوتری در فضای نرم افزار متلب[1] ، بر اساس الگوریتم ژنتیک و پخش بار نیوتون – رافسون برای حالات مختلف بارگذاری در شبکه ی توزیع نوشته شده است و شبیه سازی با این برنامه انجام می گردد .

WikiPower.ir

۴ – ۱ – ۱) فرمول بندی مسئله در فضای نرم افزار متلب

هدف از نوشتن این برنامه ، تعیین ظرفیت و موقعیت بهینه ی خازن ها در شبکه ی توزیع تجدید ساختار یافته می باشد و برای رسیدن به این هدف می بایست ابتدا شبکه ی مورد مطالعه در فضای نرم افزار مدل شود . نحوه ی مدل سازی شبکه ی آزمون با استفاده از ۲ ماتریس ورودی داده های شین و داده های خط انجام می پذیرد [۲۴] .

۴ – ۱ – ۱ – ۱) پرونده ورودی داده های شین[2]

---

1 – Matlab

2 – Bus data

در این پرونده داده های مورد نیاز هر شین فراهم می شود . ابتدا شین ها به ترتیب شماره گذاری می شوند ، ستون های این ماتریس به شرح زیر می باشند :

ستون ۱ : شماره ی شین

ستون ۲ : کد شین (شین PQ : 0 ، شین مرجع : ۱ ، شین PV : ۲)

ستون ۳ : اندازه ی ولتاژ بر حسب P.U

ستون ۴ : زاویه ی فاز بر حسب درجه

ستون ۵ : بار شین بر حسب MW

ستون ۶ : بار شین بر حسب MVAR

ستون ۷ تا ۱۰ : مگا وات تولیدی ، مگا وار تولیدی ، حداقل مگا وار مجاز تولیدی

ستون ۱۱ : توان راکتیو (MVAR) تزریق شده توسط خازن های موازی

۴ – ۱ – ۱ – ۲) پرونده داده های خط[1]

در این پرونده هر خط با دو گره مشخص شده است ، که ستون های ۱ و ۲ شامل شماره ی گره های ابتدا و انتهای خط است . در ستون ۳ تا ۵ مقاومت ، راکتانس و نصف سوسپتانس کل خط بر حسب P.U در مبنای MVA مشخص شده است .

به دلیل ناچیز بودن سوسپتانس خازنی خط در شبکه های توزیع ، از مقدار آن صرف نظر شده است .

ستون آخر این ماتریس برای تنظیم تپ ترانسفورماتور ها به کار می رود . برای خطوط باید .

در این ستون عدد ۱ وارد شود . اطلاعات خطوط را می توان به هر ترتیبی وارد کرد ولی اگر مقادیر ورودی برای ترانسفورماتور باشد ، سمت دارای تپ به عنوان شین سمت چپ در نظر گرفته می شود .

پس از ورود اطلاعات شبکه و خطوط ، می بایست بین برنامه ی پخش بار و الگوریتم ژنتیک

---

1 – Line data

ارتباط برقرار گردد . خروجی برنامه ژنتیک می بایست به عنوان ورودی ستون ۱۱ پرونده ی داده های شین منظور گردد . بدین منظور می بایست گره های بار شبکه را به عنوان جمعیت اولیه ی الگوریتم ژنتیک در نظر گرفت و یک ظرفیت اولیه ی مناسب را به عنوان ورودی به آنها اختصاص داد . به دلیل ظرفیت های

گسسته بانک های خازنی موجود ، بیت های مربوط به کروموزوم ها ، برابر پله های واقعی بانک های خازنی ارزش گذاری شده اند . در این برنامه ، شاخص بازگشت سرمایه برای تعیین برازش تابع هدف به کار گرفته شده است .

۴ – ۲) معرفی شبکه های آزمون

نخستین شبکه ی آزمون ، شین ۴ سیستم تست روی – بیلینتون[1] با ۷۱ شین و ۳۸ گره بار می باشد . در پیوست ۱ اطلاعات مربوط به مقاومت و راکتانس هر شاخه بر حسب پریونیت ، بار اکتیو و راکتیو متوسط و دیاگرام ۲۴ ساعته بارهای متصل به این فیدر ۳۳ کیلو ولت ، بر حسب کیلو وات و کیلو وار ارائه گردیده است [۲۳] .

دیاگرام تک خطی این شبکه در شکل (۴ – ۱) ارائه گردیده است . گام های طرفیتی بانک های خازنی منصوبه در گره های بار این شبکه برابر با ۱۵۰ کیلو وار می باشد . حداکثر تعداد بانک خازنی منصوبه $n_{i(\max)}$ در یک گره برابر با ۸ (حداکثر ۱۲۰۰ کیلو وار) و حداکثر تعداد بانک های خازنی ۱۲۰۰ کیلو واری قابل نصب در ایستگاه ۳۳ / ۲۳۰ کیلو ولت برابر با ۲۸ (حداکثر ۶ /۳۳ مگا وار) در نظر گرفته شده است . ترانسفورماتور ایستگاه ۳۳ / ۲۳۰ کیلو ولت دارای ظرفیت ۱۶۰ مگا ولت آمپر و مقاومت سری ۰/۰۲۴ اهم می باشد . تلفات این شبکه پیش از نصب خازن ، ۷۳۹ کیلو وات می باشد . مقدار متوسط بار های اکتیو و راکتیو متصل به این شبکه به ترتیب ۲۴/۵۷۸ مگا وات و ۱۵/۲۳۲ مگا وار می باشد .

دومین شبکه ی آزمون یک فیدر ۲۰ کیلو ولت واقعی می باشد . این فیدر ، فیدر شماره ی ۲۶ پست ۶۳/۲۰ کیلو ولت بروجرد ۲ واقع در استان لرستان می باشد . فیدر ۲۶ با ۱۰۳ شین ، ۷۹ گره بار و طول ۲۸/۸ کیلومتر ، در خروجی ترانس ۱ این ایستگاه قرار گرفته است . مقاومت سری این ترانسفورماتور ۰/۰۱۴۹ اهم می باشد .

گام های ظرفیتی بانک های خازنی منصوبه در گره های بار این شبکه برابر با ۲۵ کیلو وار می باشد . حداکثر تعداد بانک خازنی منصوبه در یک گره $n_{i(\max)}$ برابر با ۸ (حداکثر ۲۰۰ کیلو وار) و حداکثر تعداد مجاز بانک های خازنی ۲۰۰ کیلو واری قابل نصب در ایستگاه ۶۳/۲۰ کیلو ولت برابر ۷۷ (حداکثر ۱۵/۴ مگا وار) در نظر گرفته شده است .

اطلاعات مربوط به بارها و خطوط این شبکه برگرفته از شرکت توزیع نیروی برق لرستان بوده و در پیوست ۲ ارائه گردیده است . تلفات شبکه پیش از نصب خازن ، ۱۰۰ کیلو وات می باشد .

1 – Roy – Billington Test System : RBTS

مقدار متوسط بارهای اکتیو و راکتیو متصل به این شبکه به ترتیب ۴/۹۰۸ مگا وات و ۲/۶۲۳ مگا وار می باشد . دیاگرام تک خطی این شبکه در پیوست ۶ ارائه گردیده است .

۴ – ۲ – ۱) معرفی سطوح بارگذاری

برای جبران سازی بهینه ی توان راکتیو با نگرش به تجدید ساختار در صنعت برق در شبکه های آزمون ، دو سطح بارگذاری شامل بار گذاری متوسط و بارگذاری روزانه در نظر گرفته شده است . در بار گذاری متوسط ، مقدار بار متوسطی برای کل ساعات شبانه روز در طول یک سال در نظر گرفته می شود .

در این حالت حجم محاسبات کم تر بوده و خازن های نصب شده بر اساس بار متوسط شبکه ، ثابت می باشند . به دلیل تغییر بار در کل ساعات شبانه روز و لزوم تغییر ظرفیت بانک های خازنی تحت شرایط مختلف بار ، استفاده از دیاگرام بار روزانه واقعی تر می باشد .

بار گذاری روزانه با در نظر گرفتن یک دوره ی ۱ ساله و با فرض تغییر بار در هر ساعت از شبانه روز (با فرض این که مقدار بار در طول ۱ ساعت ثابت می ماند) تعریف می شود .

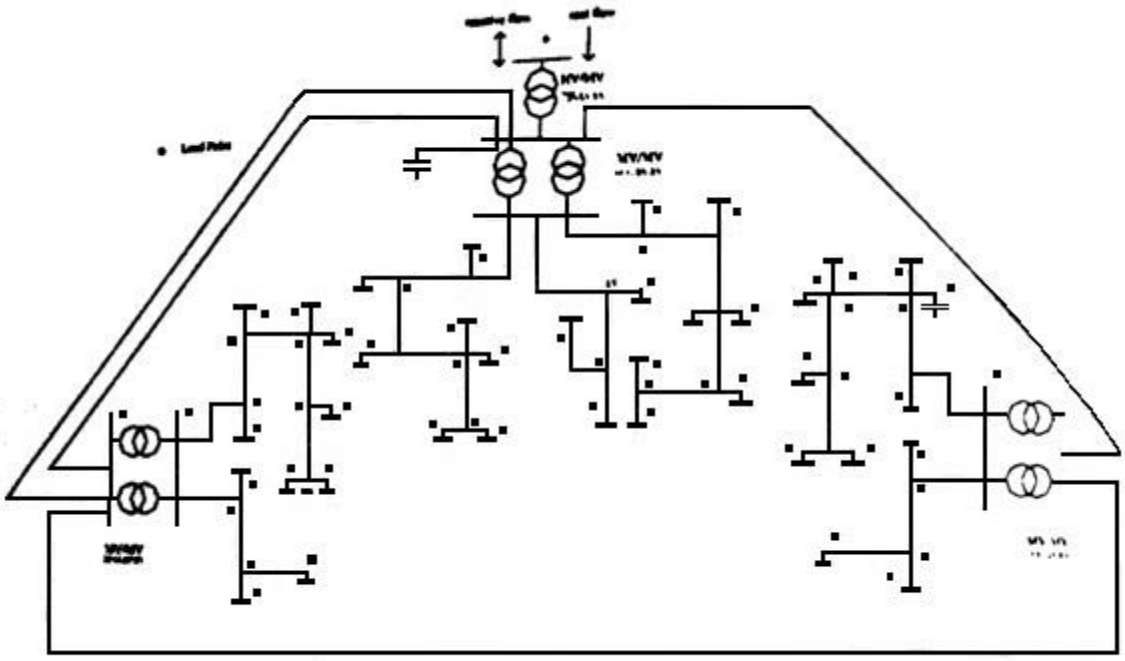
اگر چه حجم محاسبات افزایش می یابد ، اما در این روش ، وضعیت کلید زنی ساعت به ساعت بانک های خازنی و حداکثر تعداد لازم بانک خازنی منصوبه در بدترین شرایط بار مشخص خواهد شد .

به دلیل حجم بالای محاسبات و به منظور کاهش ابعاد مسئله ، بدون این که کلیت تغییر بار روزانه عوض شود ، از تغییرات فصلی و هفتگی صرف نظر شده است و تنها تغییرات روزانه با فرض تغییر بار به صورت ساعت به ساعت در نظر گرفته شده است . در واقع بانک های خازنی می توانند وضعیت خود را در طول روز به طور ساعتی تغییر دهند .

۴ – ۳) شبیه سازی سیستم تست روی – بیلینتتون (RBTS)

۴ – ۳ – ۱) اجرای برنامه با فرض بار متوسط برای کل ساعات شبانه روز یک سال

در شکل زیر دیاگرام تک خطی شبکه ی نمونه نمایش داده شده است .



شکل (۱-۴) : دیاگرام تک خطی شین ۴ سیستم تست روی – بیلینتون [۲۳]

با اجرای برنامه – با در نظر گرفتن بار متوسط برای ساعات شبانه روز یک سال – به ازای هر مقدار R (معادل ریالی هر کیلو وار ساعت) و یافتن پاسخ بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک ، پاسخ نهایی تلفات شبکه ، تلفات ترانسفورماتور ایستگاه ۲۳۰/۳۳ کیلو ولت ، کل ظرفیت خازنی منصوبه ، برازش تابع هدف (شاخص بازگشت سرمایه) ، توان راکتیو مورد نیاز شبکه (شامل توان راکتیو بارها و تلفات راکتیو) و توان راکتیو دریافتی و یا ارسالی به شبکه ی انتقال ، مطابق جدول (۴ – ۱) به دست می آید .

جدول (۱-۴) : نتایج حاصل از اجرای برنامه به ازای تغییر پارامتر R با فرض بار متوسط

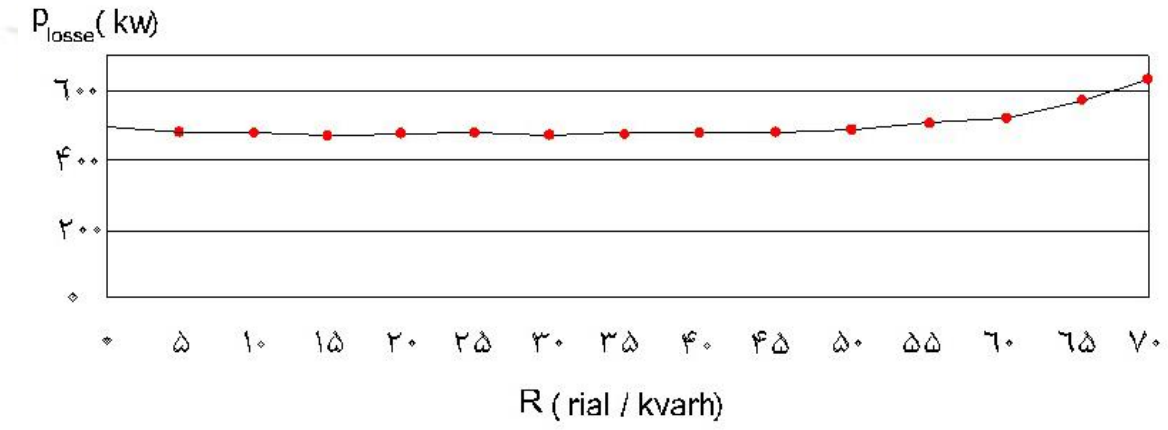
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ریا/Kvarh) R(ل	P_{loss}(kw)	$P_{loss\ TR}$(KW)	Q_{cinst}(kvar)	$Q_{(load+loss)}$(kvar)	$Q_{surplus}$(kvar)	ROI
۰	۴۹۴/۸۰۰	۱۹/۲۷۱	۱۱۸۵۰	۱۵۷۱۲	-۳۸۶۲	- ۰/۷۳۹۴۱
۵	۴۸۶	۱۹/۲۷۴	۱۳۵۰۰	۱۵۶۹۹	-۲۱۹۹	-۰/۶۷۲۳۲
۱۰	۴۸۲/۴۴۰	۱۹/۳۲۰	۱۳۵۰۰	۱۵۶۹۴	-۲۱۹۴	-۰/۵۸۲۴۳
۱۵	۴۸۲/۱۵۰	۱۹/۳۱۹	۱۴۸۵۰	۱۵۶۸۹	-۸۳۹	-۰/۵۳۹۵
۲۰	۴۸۶/۰۲	۱۹/۳۲۶	۱۵۱۵۰	۱۵۶۹۰	-۵۴۰	-۰/۴۵۲۳۹
۲۵	۴۸۴/۸۹۰	۱۹/۳۲۵	۱۵۱۵۰	۱۵۶۸۹	-۵۳۹	-۰/۳۷۲۵۳
۳۰	۴۸۴/۱۸۰	۱۹/۳۲۴	۱۵۶۰۰	۱۵۶۸۸	-۸۸	-۰/۲۷۲۸۵
۳۵	۴۸۶/۴۷۰	۱۹/۳۲۶	۱۵۶۰۰	۱۵۶۸۷	-۸۷	-۰/۱۹۹۷۳
۴۰	۴۸۵/۷۷۰	۱۹/۳۲۵	۱۵۶۰۰	۱۵۶۷۰	-۷۰	-۰/۷۳۱۹۲
۴۵	۴۸۹/۴۴۰	۱۹/۳۳۰	۱۷۴۰۰	۱۵۶۸۸	۱۷۱۲	۰/۰۳۱۹۸۳
۵۰	۴۸۹/۶۵۰	۱۹/۳۶۰	۲۰۸۵۰	۱۵۶۹۸	۵۱۵۲	۰/۰۵۹۹۰۱
۵۵	۵۰۸/۸۹۰	۱۹/۳۶۰	۲۳۷۰۰	۱۵۶۹۶	۸۰۰۴	۰/۱۶۴۹۱
۶۰	۵۱۸/۶۷۰	۱۹/۳۸۱	۲۸۳۵۰	۱۵۷۲۹	۱۲۶۲۱	۰/۲۰۷۳
۶۵	۵۵۷/۷۹۰	۱۹/۴۴۵	۳۲۴۰۰	۱۵۷۱۲	۱۶۶۸۸	۰/۲۹۷۸۶
۷۰	۶۲۰/۶۸۰	۱۹/۵۵۷	۳۵۷۰۰	۱۵۷۷۸	۱۹۹۲۲	۰/۳۹۴۲

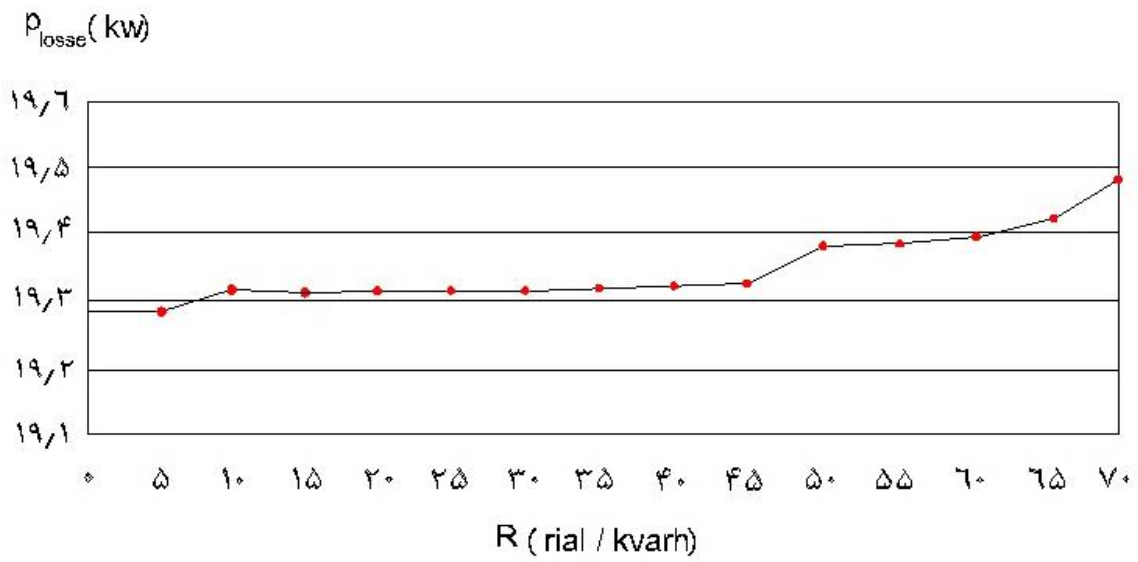
همانگونه که در جدول (۴ – ۱) مشخص شده است ، Q_{cinst} کل ظرفیت خازنی منصوبه در شبکه ، $Q_{load+loss}$ مجموع توان راکتیو مصرفی بارها و تلفات راکتیو شبکه و $Q_{surplus}$ ظرفیت مازاد نصب شده جهت فروش انرژی به شبکه ی انتقال می باشد . ملاحظه می کنیم که به ازای مقادیر R نزدیک به صفر ، عبارت ظرفیت خازن منصوبه تغییرات اندکی داشته و همان گونه که انتظار می رفت ، در این حالت برازش تابع هدف (شاخص بازگشت سرمایه) منفی می باشد .

در واقع ، توان راکتیو مازاد ، پیش از قیمت آستانه ، منفی می باشد و یا شبکه ی توزیع از شبکه ی انتقال توان راکتیو دریافت می کند و این بدین معنا است که تا زمانی که برای اپراتور شبکه ی توزیع سود آور نباشد ، توان راکتیو مازاد بر نیاز خود را تولید نمی کند . با مثبت شدن شاخص بازگشت سرمایه ، ظرفیت خازنی مازاد مثبت می گردد . با مثبت شدن برازش تابع هدف ، مقدار آستانه R حدود ۴۵ ریال به دست

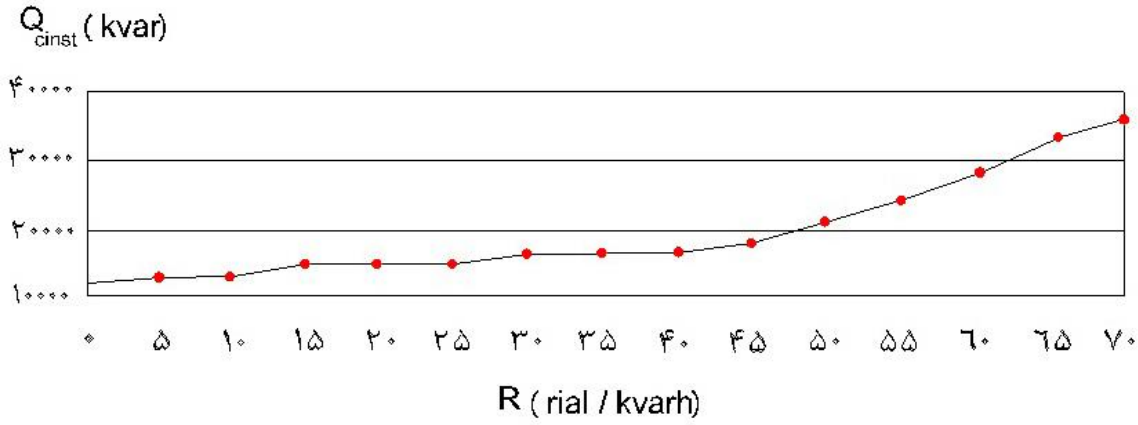
می آید . در واقع اگر اپراتور شبکه ی توزیع هر کیلو وار توان راکتیو را با قیمتی بین ۴۵ تا ۷۰ ریال به شبکه ی انتقال به فروش برساند ، می تواند ظرفیت خازنی منصوبه در شبکه را از ۱۷۴۰۰ به ۳۵۷۰۰ کیلو وار افزایش دهد ، که بیشتر این توان راکتیو مازاد در ایستگاه ۲۳۰/۳۳ کیلو ولت نصب می گردد . از طرفی با افزایش قیمت بیش از ۷۰ ریال ، اگر چه در آمد شبکه ی توزیع افزایش می یابد اما تلفات شبکه نسبت به حالت پیش از نصب سیستم جبران ساز بیشتر شده ، ضمناً قیود حداکثر مگاوار مجاز قابل تزریق به شبکه نیز نقض می گردد . با توجه به این که نخستین هدف نصب خازن کاهش تلفات شبکه می باشد ، اپراتور شبکه ی توزیع مجاز به این افزایش قیمت نمی باشد . جدول مربوط به آرایش نهایی و ظرفیت بهینه ی منصوبه در هر یک از شین های این شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ، در پیوست ۳ ارائه گردیده است . نمودار تلفات شبکه ، تلفات ترانسفورماتور HV / MV ، کل ظرفیت خازنی منصوبه و شاخص بازگشت سرمایه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R در شکل های (۴ – ۲) تا (۴ – ۵) بیانگر این واقعیت می باشد .



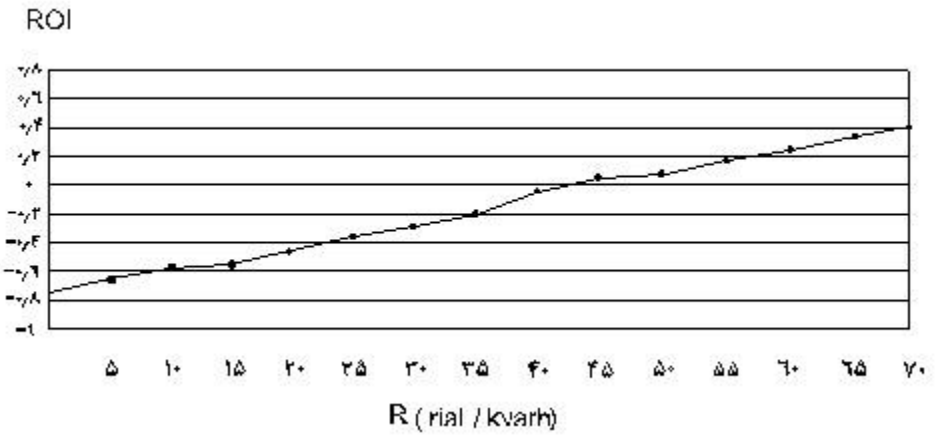
شکل (۴ – ۲) : نمودار تلفات شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R



شکل (۴ – ۳) : نمودار تلفات ترانسفورماتور ۲۳۰/۳۳ به ازای مقادیر مختلف پارامتر R



شکل (۴ – ۴) : نمودار ظرفیت خازنی منصوبه در شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R



شکل (۴ – ۵) : نمودار شاخص بازگشت سرمایه به ازای مقادیر مختلف R

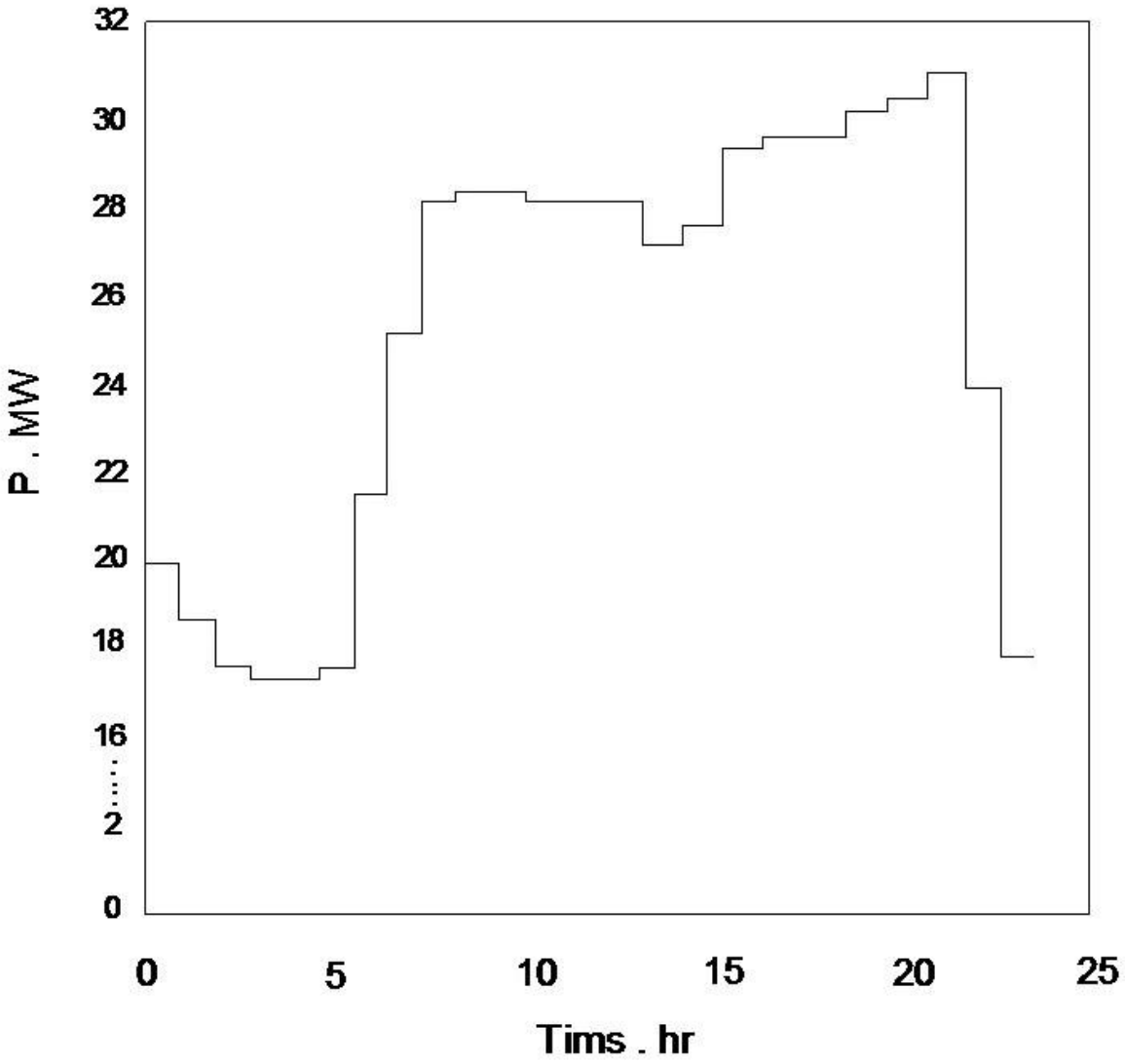
همان گونه که پیش از این عنوان شد ، قیمت آستانه قیمتی است که در آن شاخص بازگشت سرمایه از یک مقدار منفی یا صفر به یک مقدار مثبت تغییر می کند . در شکل (۴ – ۵) قیمت ۴۵ ریال مبین قیمت آستانه می باشد . با بررسی ظرفیت های خازنی به دست آمده برای هر شین در می یابیم که با تغییر R و افزایش آن از مقدار آستانه ، خازن های نصب شده در شبکه ، اغلب آرایش مشابهی دارند و برای افزایش سود اقتصادی ، ظرفیت خازن در ایستگاه ۲۳۰/۳۳ کیلو ولت تغییر می کند . دلیل این مسئله این است که در ایستگاه HV / MV (فصل مشترک شبکه ی توزیع و انتقال) تعداد فیدر های زیادی با بار راکتیو وجود دارد و حداکثر تعداد مجاز خازن های قابل نصب در این ایستگاه بیش از گره های بار شبکه می باشد .

WikiPower.ir

۴ – ۳ – ۲) اجرای برنامه با فرض بار روزانه متغیر در طول یک سال

در این بخش قصد داریم روش پیشنهادی را بر روی همان سیستم تست روی – بیلینتون با فرض تغییر بار در طول ۲۴ ساعت یک شبانه روز پیاده نمود و پاسخ های حاصله را بررسی نماییم .

شکل (۴ – ۶) دیاگرام بار ۲۴ ساعته ایستگاه ۲۳۰/۳۳ کیلو ولت را نمایش می دهد :



شکل (۴ – ۶) : دیاگرام بار ۲۴ ساعته شین ۴ سیستم تست روی – بیلینتون

با اجرای برنامه برای شبکه ی نمونه با دیاگرام بار ۲۴ ساعته ، به ازای هر مقدار R (معادل ریالی هر کیلو وار ساعت) و اجرای الگوریتم ژنتیک به دفعات متعدد ، پاسخ نهایی انرژی تلف شده در شبکه ، انرژی تلف شده در ترانسفورماتور ۲۳۰/۳۳ در طول یک سال ، کل ظرفیت خازنی منصوبه و شاخص بازگشت سرمایه ، مطابق جدول (۴ – ۲) می باشد . جدول مربوط به آرایش نهایی و ظرفیت بهینه ی منصوبه در این شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ، در پیوست ۴ ارائه گردیده است . در این جدول ، برای هر قیمت فروش انرژی راکتیو ، حداکثر ظرفیت منصوبه در گره های بار مشخص شده است .

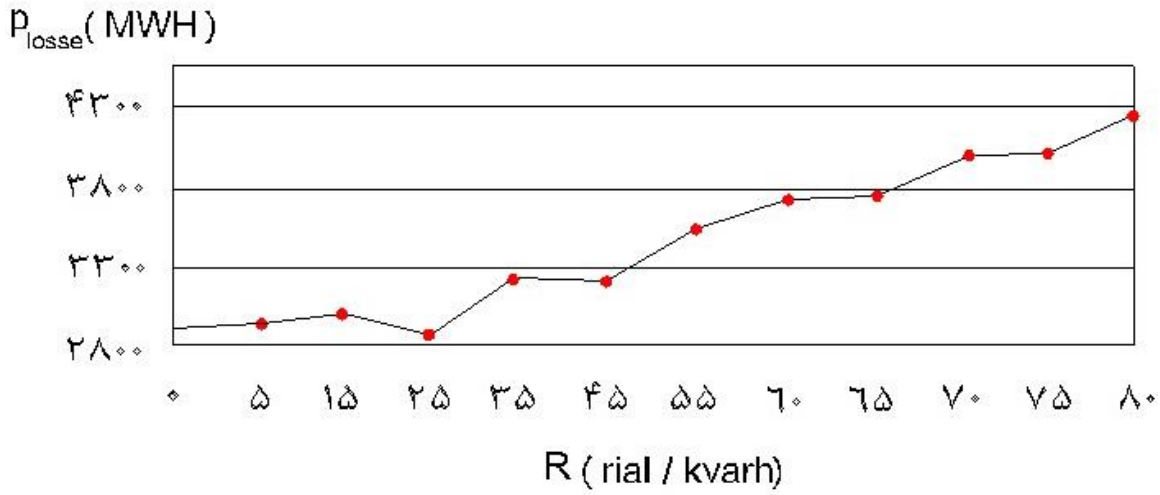
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۲-۴) : نتایج حاصل از اجرای برنامه به ازای تغییر پارامتر بار ۲۴ ساعته

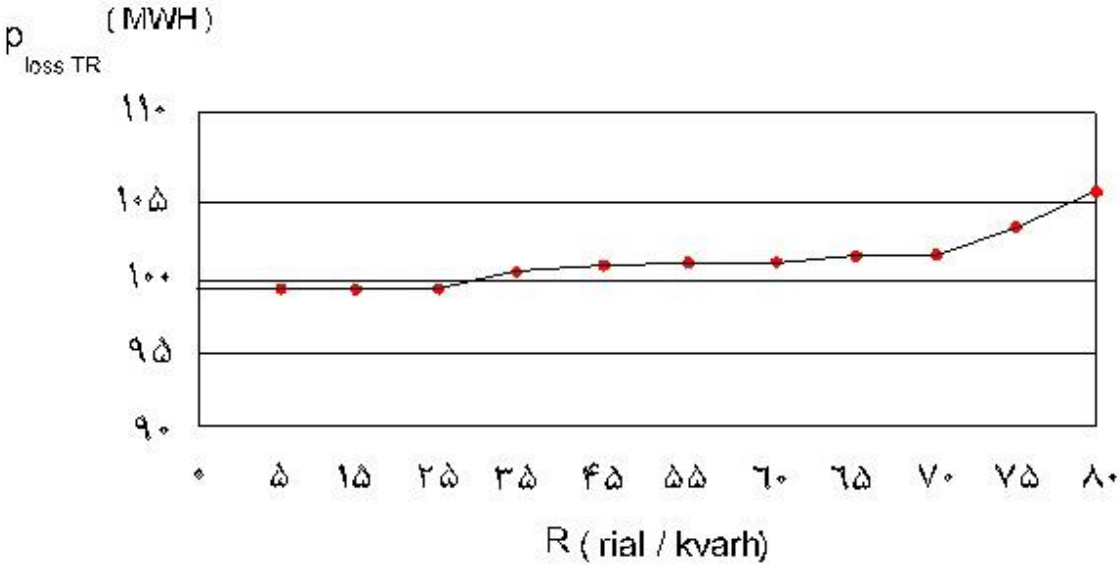
R (ریال / kvarh)	P_{loss} (MWH)	$P_{loss\ TR}$(MWH)	Q_{sinst}(kvar)	ROI
۰	۲۹۲۶/۳۸	۹۹/۳۹	۱۳۸۰۰	-۰/۸۹۷۳۵
۵	۲۹۳۶/۷۳	۹۹/۴۵	۱۴۵۵۰	-۰/۸۰۹۷۴
۱۵	۲۹۷۲/۵۴	۹۹/۵۰	۱۴۵۵۰	-۰/۶۳۶۵۵
۲۵	۲۸۶۹/۳۵	۹۹/۵۲	۱۸۹۰۰	-۰/۴۶۲۷۹
۳۵	۳۲۴۷/۴۷	۱۰۰/۳۶	۲۱۱۵۰	-۰/۳۲۱۸۱
۴۵	۳۲۴۱/۷۱	۱۰۰/۶۵	۲۱۱۵۰	-۰/۱۴۸۷۲
۵۵	۳۵۵۷/۱۳	۱۰۰/۹۳	۲۴۹۰۰	۰/۰۰۲۹۹
۶۰	۳۷۲۸/۲۴	۱۰۰/۹۹	۲۷۰۰۰	۰/۰۵۵۷۲۸
۶۵	۳۷۶۹/۵۴	۱۰۱/۲۳	۲۷۶۰۰	۰/۱۶۰۸۷
۷۰	۳۹۹۳/۱۰	۱۰۱/۴۴	۲۷۷۵۰	۰/۲۵۵۵
۷۵	۴۰۰۶/۶۹	۱۰۲/۷۶	۳۰۹۰۰	۰/۳۲۹۸۱
۸۰	۴۲۳۲/۱۴	۱۰۴/۹۵	۳۱۶۵۰	۰/۴۴۱۴۹

ملاحظه می کنیم که در این حالت نیز به ازای مقادیر R نزدیک به صفر ، عبارت ظرفیت خازن منصوبه اغلب ثابت بوده و برازش تابع هدف منفی می باشد . با افزایش R عبارت بازگشت سرمایه به تدریج افزایش یافته و هم زمان ظرفیت خازنی منصوبه نیز افزایش می یابد . این افزایش ، تا رسیدن به قیمت آستانه روند کندی دارد و پس از رسیدن به قیمت آستانه و مثبت شدن برازش تابع هدف با نرخ بیشتری افزایش می یابد . این روند با آن چه پیش از این انتظار می رفت مطابقت دارد ، نصب ظرفیت خازنی مازاد بر نیاز شبکه ی توزیع در صورتی صرفه ی اقتصادی به همراه دارد که اپراتور شبکه ی انتقال انرژی راکتیو را با قیمتی مناسب از شبکه ی توزیع خریداری نماید . در این حالت و با تغییر روزانه ی بار ، مقدار آستانه ی R حدود ۵۵ ریال به دست می آید . در واقع به ازای فروش هر کیلو وار ساعت انرژی راکتیو برابر ۵۵ ریال و بیش تر از آن به اپراتور شبکه ی انتقال ، سرمایه گذاری در نصب بانک های خازنی بیش از آن چه برای کاهش تلفات شبکه ی توزیع مورد نیاز است ، برای اپراتور شبکه ی توزیع سود آور خواهد بود . نمودار تلفات انرژی

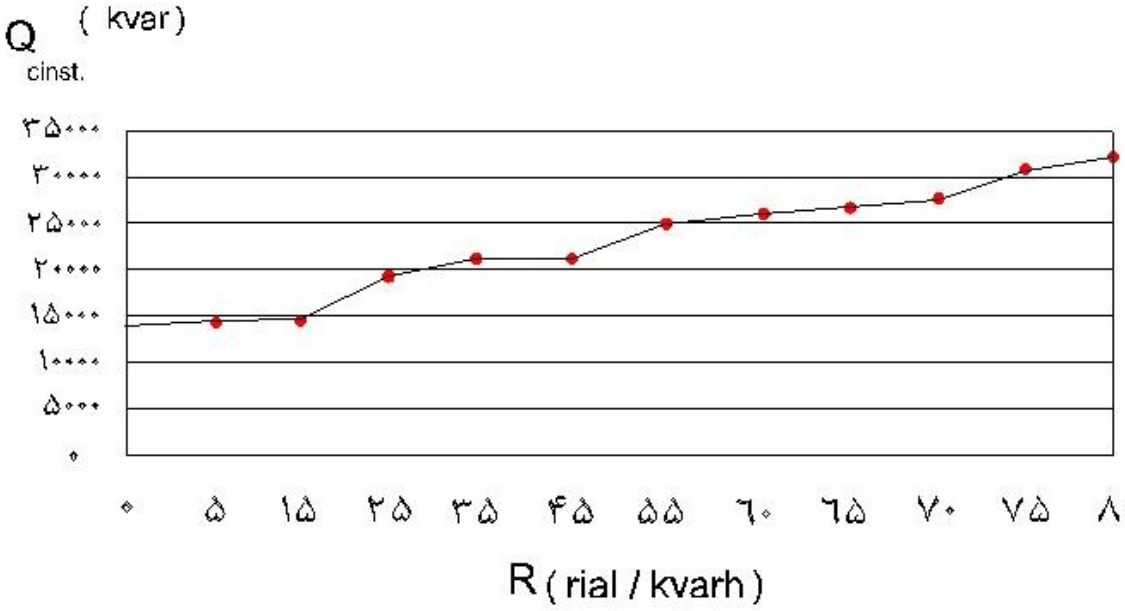
در خطوط شبکه و ترانسفورماتور ایستگاه اصلی ، ظرفیت خازنی منصوبه و شاخص بازگشت سرمایه شکل های (۴ – ۷) تا (۴ – ۱۰) به ازای مقادیر مختلف پارامتر R نشانگر این واقعیت می باشد .



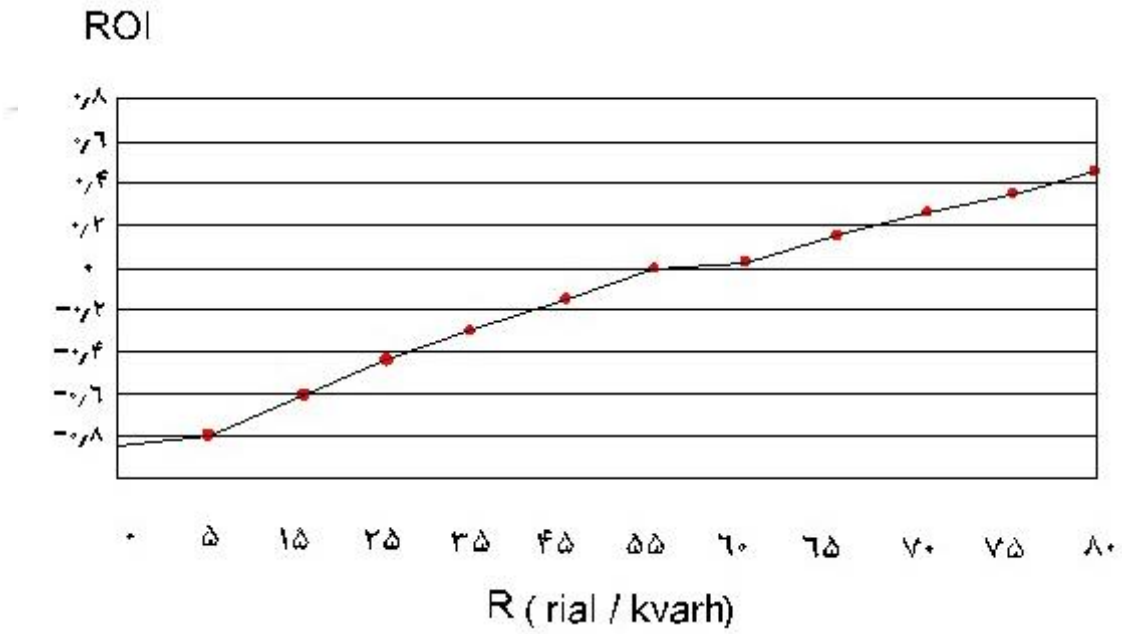
شکل (۴ – ۷) : نمودار انرژی تلف شده در شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R در طول یک سال



شکل (۴ – ۸) : نمودار انرژی تلف شده در ترانسفورماتور ۲۳۰/۳۳ به ازای مقادیر مختلف پارامتر R در طول یک سال



شکل (۴ – ۹) : نمودار ظرفیت خازنی منصوبه در شبکه به ازای مقادیر مختلف R



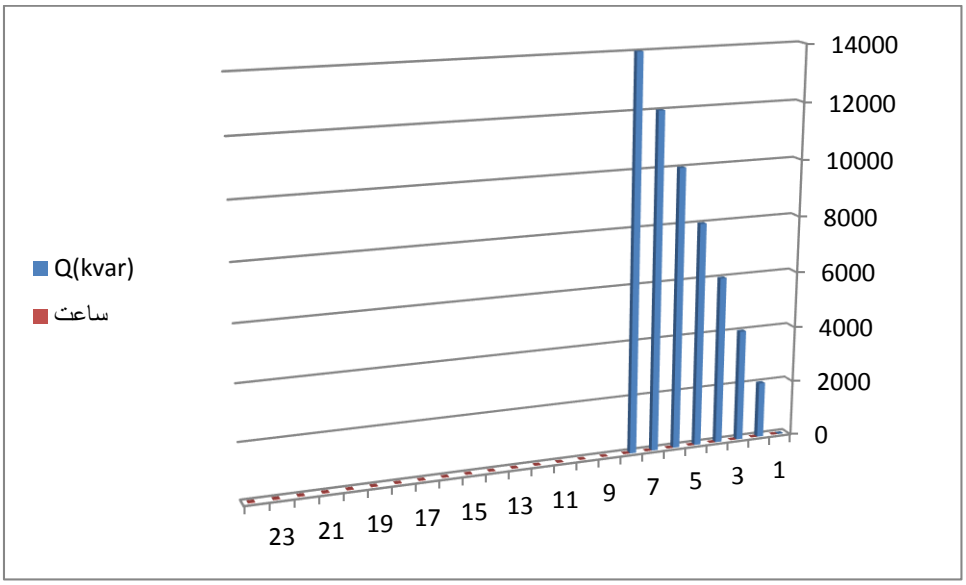
شکل (۴ – ۱۰) : نمودار شاخص بازگشت سرمایه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R

در این جا اضافه می گردد که در این برنامه ظرفیت بانک خازنی منصوبه در گره های بار در هر ساعت شبانه روز نیز مشخص می گردد . در واقع از روی ظرفیت های به دست آمده به راحتی وضعیت کلید زنی ساعت به ساعت خازن ها مشخص می گردد .

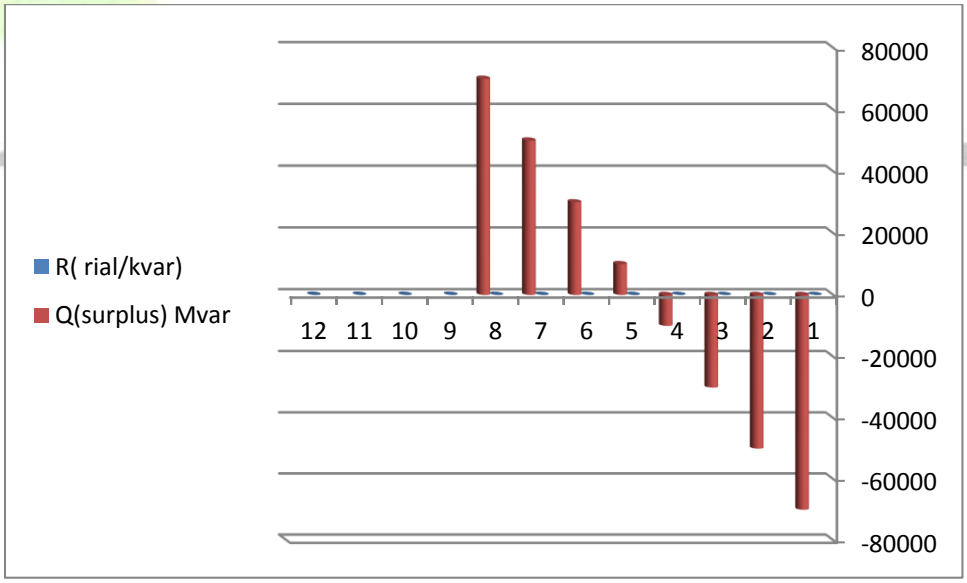
در شکل (۴ – ۱۱) وضعیت کلید زنی در حالت $R = 0$ ارائه شده است . به همین ترتیب وضعیت کلید زنی در سایر قیمت ها نیز در این برنامه مشخص می شود که به دلیل حجم بالای اطلاعات ، کل انرژی مبادله شده ی سالانه بر حسب R ارائه شده است . در شکل (۴ – ۱۲) انرژی راکتیو مبادله شده در طول یک سال به ازای هر مقدار پارامتر R ارائه گردیده است .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۴ – ۱۱) : تغییر ظرفیت خازنی منصوبه در طول شبانه روز به ازای R=0



شکل (۴ – ۱۲) : انرژی راکتیو خریداری شده از/ فروخته شده به شبکه انتقال در طول یک سال

۴ – ۴) اجرای برنامه با فرض بار متوسط برای فیدر ۲۶ پست بروجرد ۲

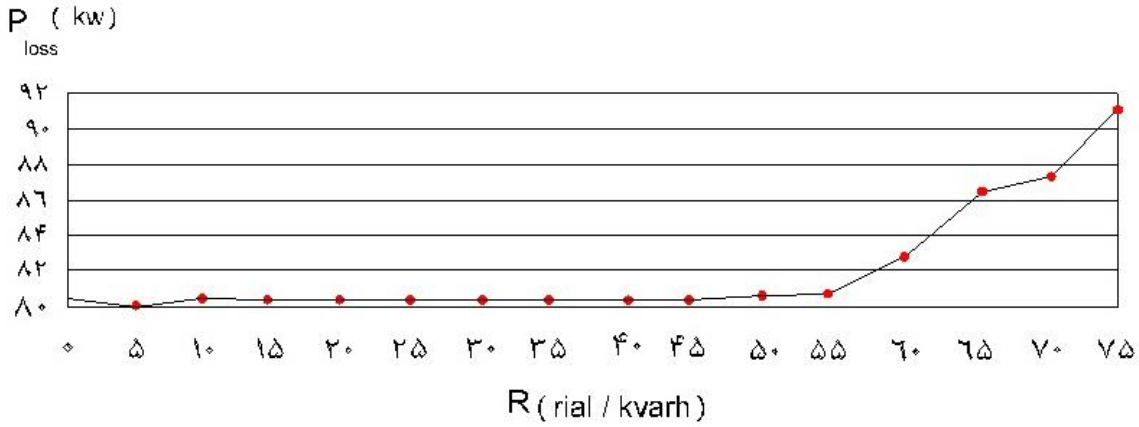
با اجرای برنامه برای سطح بارگذاری متوسط در شبکه ی ۱۰۳ شینه فیدر ۲۶ پست بروجرد ۲ ، به ازای مقادیر مختلف پارامتر R نتایج حاصله به شرح جدول (۴ – ۳) می باشند . در این شبکه به دلیل عدم وجود اطلاعات بار روزانه پست های ۲۰ کیلو ولت و لزوم نصب دستگاه دیتالاگر برای کل این پست ها و محدودیت های شرکت های توزیع ، امکان اجرای برنامه با دیاگرام بار روزانه نمی باشد .

جدول (۳-۴) : نتایج اجرای برنامه به ازای تغییر پارامتر R با فرض بار متوسط برای فیدر ۲۶ پست بروجرد ۲

R(ریال /kvarh)	P_{loss}(kw)	$P_{loss\ TR}$(kw)	Q_{cinst}(kvar)	ROI	$Q_{loss+load}$(kvar)	$Q_{surplus}$(kvar)
۰	۸۰/۳۷۳	۱۲/۲۳۸	۲۱۲۵	-۰/۸۷۶۶۸	۲۶۹۵	-۵۷۰
۵	۸۰/۰۹۲	۱۲/۲۳۸	۲۲۰۰	-۰/۸۱۸۷۶	۲۶۹۴	-۴۹۴
۱۰	۸۰/۴۹۵	۱۲/۲۳۸	۲۳۷۵	-۰/۷۱۴۴۸	۲۶۹۴	-۳۱۹
۱۵	۸۰/۳۸۶	۱۲/۲۳۸	۲۴۷۵	-۰/۶۴۳۳۵	۲۶۹۴	-۲۱۹
۲۰	۸۰/۳۷۰	۱۲/۲۳۸	۲۵۰۰	-۰/۵۵۹۴۴	۲۶۹۴	-۱۹۴
۲۵	۸۰/۳۶۹	۱۲/۲۳۸	۲۵۲۵	-۰/۴۷۰۵	۲۶۹۴	-۱۶۹
۳۰	۸۰/۳۰۰	۱۲/۲۳۹	۲۵۵۰	-۰/۳۸۶۵۳	۲۶۹۴	-۱۴۴
۳۵	۸۰/۳۱۳	۱۲/۲۳۷	۲۶۰۰	-۰/۲۷۷۶۹	۲۶۹۳	-۹۳
۴۰	۸۰/۳۱۲	۱۲/۲۳۸	۲۶۵۰	-۰/۲۰۲۴۳	۲۶۹۴	-۴۴
۴۵	۸۰/۳۴۳	۱۲/۲۳۸	۲۶۵۰	-۰/۱۲۲۸۱	۲۶۹۳	-۴۳
۵۰	۸۰/۴۶۷	۱۲/۲۳۹	۲۶۷۵	-۰/۰۳۱۴۷	۲۶۹۴	-۱۹
۵۱	۸۰/۵۲۲	۱۲/۲۴۲	۲۷۵۰	۰/۰۰۱۳۵۱	۲۶۹۳	۵۷
۵۵	۸۰/۵۲۷	۱۲/۲۴۲	۲۹۰۰	۰/۰۶۳۶۸۸	۲۶۹۳	۲۰۷
۶۰	۸۳/۰۳۳	۱۲/۲۴۴	۴۷۷۵	۰/۱۴۷۵۴	۲۶۹۵	۲۰۸۰
۶۵	۸۶/۲۳۳	۱۲/۲۴۴	۴۷۷۵	۰/۱۴۷۵۴	۲۶۹۹	۲۸۷۶
۷۰	۸۷/۱۲۸	۱۲/۲۴۸	۶۰۲۵	۰/۳۲۵۴	۲۶۹۹	۳۳۲۶
۷۵	۹۱/۲۳۳	۱۲/۲۵۸	۶۹۵۰	۰/۴۲۰۸۶	۲۹۵۳	۳۹۹۷

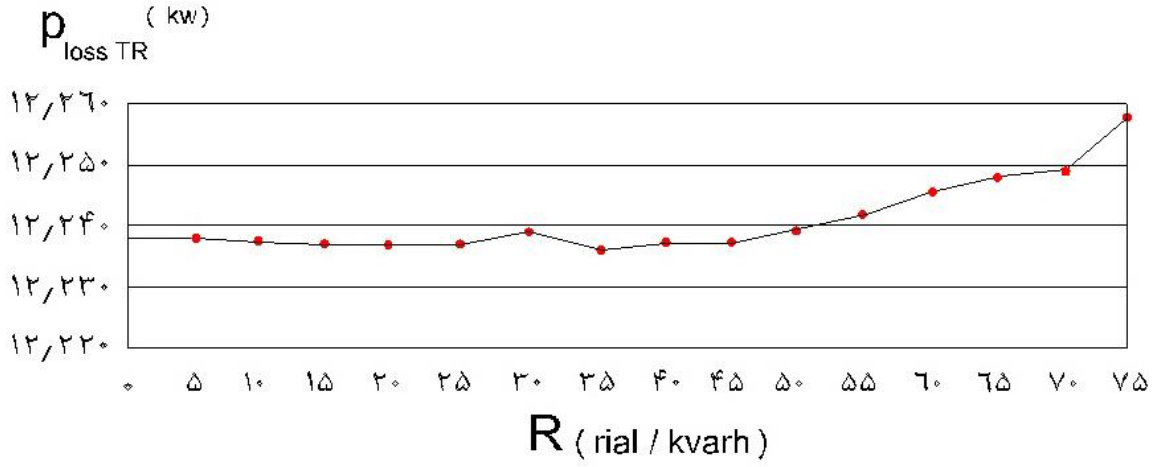
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همان گونه که در جدول مشخص شده است Q_{cinst} کل ظرفیت بانک های خازنی منصوبه در شبکه ، $Q_{loss+load}$ مجموع توان راکتیو مصرفی بارها و تلفات راکتیو شبکه و $Q_{surplus}$ ظرفیت مازاد نصب شده جهت فروش انرژی به شبکه ی انتقال می باشد . قیمت آستانه حدود ۵۱ ریال بر کیلو وار ساعت به دست می آید ، که برای این مقدار و مقادیر بیش از آن ، شاخص بازگشت سرمایه مثبت شده و سرمایه گذاری برای نصب بانک های خازنی در ایستگاه ۶۳/۲۰ و شین های ۲۰ کیلو ولت شبکه برای اپراتور سیستم توزیع سود آور خواهد بود . ملاحظه می کنیم که در ستون آخر جدول ، توان راکتیو مازاد پیش از قیمت آستانه ، منفی می باشد و یا شبکه ی توزیع از شبکه ی انتقال انرژی دریافت می کند و این بدین معنا است که ، تا زمانی که برای اپراتور شبکه ی توزیع سود آور نباشد ، توان راکتیو مازاد بر نیاز خود – بیش از آن چه برای کاهش تلفات شبکه ی توزیع مورد نیاز است – تولید نمی کند . با مثبت شدن شاخص بازگشت سرمایه ، ظرفیت خازنی مازاد مثبت می گردد . جدول مربوط به آرایش نهایی و ظرفیت بهینه ی منصوبه در این شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R ، در پیوست ۵ ارائه گردیده است .

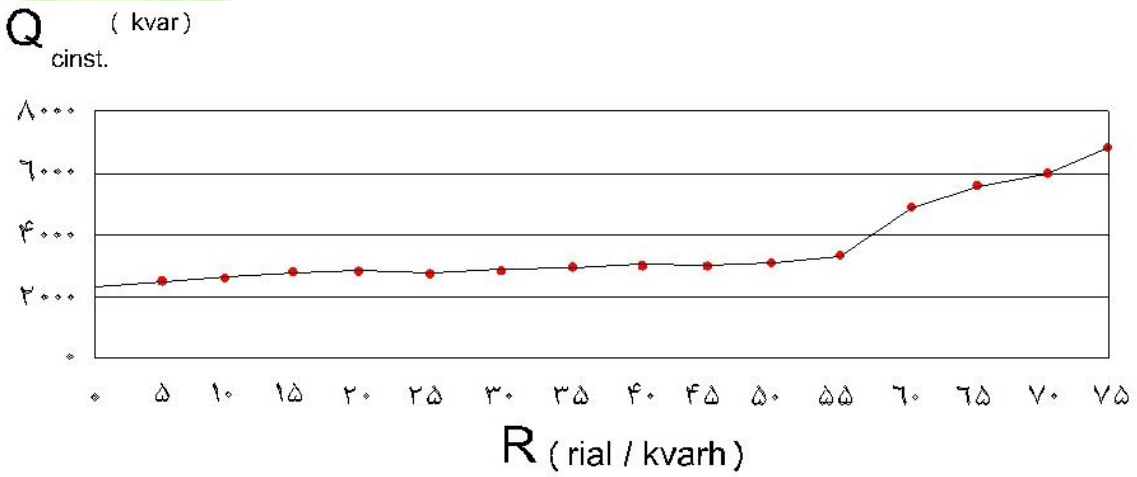


شکل (۴ – ۱۳) : نمودار تلفات شبکه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R

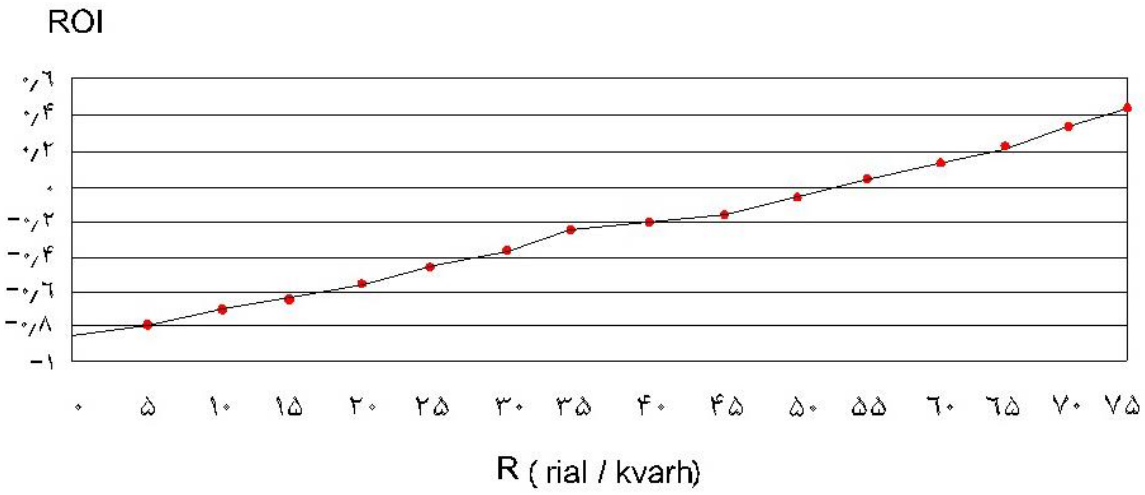
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۴ – ۱۴) : نمودار تلفات ترانسفورماتور ۶۳/۲۰ به ازای مقادیر مختلف پارامتر R



شکل (۴ – ۱۵) : نمودار ظرفیت خازنی منصوبه در شبکه و ایستگاه HV/MV به ازای مقادیر مختلف پارامتر R



شکل (۴ – ۱۶) : نمودار شاخص بازگشت سرمایه به ازای مقادیر مختلف پارامتر R

نمودارهای ارائه شده در شکل های (۴ – ۱۳) تا (۴ – ۱۶) روند افزایش تلفات شبکه ، ترانسفورماتور ، ظرفیت خازنی منصوبه و شاخص بازگشت سرمایه به ازای افزایش قیمت از مقدار آستانه (۵۱ ریال) را نمایش می دهند . با بررسی ظرفیت های منصوبه ی ارائه شده در پیوست ۵ ، به ازای مقادیر R بزرگ تر از مقدار آستانه در می یابیم که نتایج به دست آمده با آن چه پیش از این انتظار داشتیم مطابقت دارد . با افزایش قیمت انرژی راکتیو ، ظرفیت خازنی منصوبه در شین های ۲۰ کیلو ولت شبکه تقریباً ثابت بوده و ظرفیت بانک های خازنی پست ۶۳/۲۰ افزایش می یابد .

در واقع خازن های نصب شده در شین های شبکه ی فشار متوسط برای کاهش تلفات شبکه ی توزیع کاربرد دارند و ظرفیت بانک های خازنی ایستگاه HV/MV مربوط به سرمایه گذاری و فروش انرژی به اپراتور شبکه ی انتقال می باشد . دلیل این موضوع به قید حداکثر تعداد مجاز خازن های منصوبه در هر شین مربوط می گردد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم

WikiPower.ir

نتیجه گیری
و
پیشنهادات

همان گونه که در فصل های پیش تشریح گردید ، در این پایان نامه یک روش پیشرفته ی طراحی سیستم جبران ساز توان راکتیو مورد بررسی واقع گردیده است . در واقع برای یک سیستم توزیع که در بازار تجدید ساختار یافته کار می کند ، طراحی سیستم جبران ساز توان راکتیو می بایست بر مبنای قیود اقتصادی فرمول بندی گردد . با این فرمول بندی جدید ، تامین توان راکتیو برای شبکه های توزیع و انتقال می تواند دو طرفه باشد .

در این سناریو جدید ، تنها شبکه ی انتقال تامین کننده ی توان راکتیو شبکه ی توزیع نمی باشند ، بلکه تامین توان راکتیو برای سیستم انتقال از طریق شبکه ی توزیع نیز امکان پذیر خواهد شد . مقدار این سرویس به شرایط اقتصادی و فنی تولید و انتقال توان راکتیو بستگی دارد.

در این جا با بررسی مساله از دیدگاه اپراتور شبکه ی توزیع و با در نظر گرفتن هزینه ی اقتصادی تولید واحد انرژی راکتیو (ریال بر کیلو وار ساعت) ، توان راکتیو به گونه ای فراهم می شود که علاوه بر کاهش تلفات شبکه و ترانسفورماتور ایستگاه HV / MV ، سود آوری اقتصادی را نیز برای اپراتور شبکه ی توزیع به همراه داشته باشد . مقدار اقتصادی اختصاص داده شده به انرژی راکتیو (R) به عنوان شاخصی جهت ارزیابی تاثیر سرمایه گذاری در نصب بانک های خازنی و فروش انرژی راکتیو به شبکه ی انتقال در نظر گرفته می شود .

با تعریف شاخص بازگشت سرمایه جهت تعیین برازش تابع هدف ، در یک محیط بازار تجدید ساختار یافته ، پاسخ های ممکن با استفاده از یک روش بهینه سازی با پاسخ نزدیک بهینه (الگوریتم ژنتیک) به دست آمده است .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۵ – ۱) نتیجه گیری

با فرمول بندی مسئله تعیین موقعیت و ظرفیت بهینه ی خازن ها در یک شبکه ی توزیع تجدید ساختار یافته و بررسی نتایج به دست آمده از اجرای روش مذکور برای دو شبکه ی آزمون در می یابیم که :

- پیش از اجرای تجدید ساختار ، یک شبکه ی توزیع موظف است همواره پروفایل ولتاژ را بهبود و تلفات شبکه را کاهش دهد و این امر از طریق نصب سیستم جبران ساز توان راکتیو در شبکه ی توزیع امکان پذیر می باشد .

- در شبکه های توزیع تجدید ساختار یافته میزان نصب ظرفیت خازنی برای کاهش تلفات شبکه بستگی به شرایط بازار دارد .

- در این سناریو جدید ، سرمایه گذاری در نصب سیستم جبران سازی برای اپراتور سیستم توزیع دو مزیت کاهش تلفات توان و افزایش سود حاصل از فروش توان راکتیو به اپراتور شبکه ی انتقال را به همراه دارد .

- مقدار اقتصادی تخصیص داده شده به توان راکتیو فروخته شده به سیستم انتقال (R) باید منطقی باشد . این مقدار اقتصادی برای اپراتور سیستم توزیع ، نمی تواند از یک مقدار آستانه ی معین کم تر شود .

- اگر سیستم انتقال توان راکتیو را با هزینه ای بالاتر از هزینه ی آستانه به دست آورد ، از نظر اقتصادی نصب بانک های خازنی و بهره برداری از آن ها برای اپراتور شبکه ی توزیع سود آور خواهد بود و در صورتی که این هزینه برای سیستم انتقال کم تر از مقدار آستانه باشد ، از نظر اپراتور سیستم توزیع ، لزومی جهت نصب سیستم جبران سازی – بیش از آن چه برای کاهش تلفات شبکه ی توزیع نیاز است – وجود ندارد و این در حالی رخ می دهد که تولید و انتقال توان راکتیو ارزان تر از خرید آن از شبکه ی توزیع باشد .

- برای مقادیر R کم تر از مقدار آستانه ، ظرفیت خازنی منصوبه و در نتیجه تلفات شبکه نسبتاً ثابت بوده و تغییرات این پارامتر منجر به آرایش های تقریباً مشابه بانک های خازنی در شین های بار شبکه می گردد . در این حالت توان راکتیو تولیدی در شبکه ی توزیع برابر و یا کم تر از مقدار توان راکتیو بارها و تلفات راکتیو بوده و با توجه به قیمت واحد سرویس راکتیو و هزینه ی خرید ، نصب و نگه داری بانک های خازنی ممکن است قسمتی و یا همه ی انرژی راکتیو مورد نیاز خود را از شبکه انتقال دریافت نماید .

- با رسیدن مقدار R به حد آستانه و با افزایش این پارامتر ، عبارت ظرفیت خازنی منصوبه به موازات شاخص بازگشت سرمایه افزایش می یابد .

- هم زمان با افزایش سود اقتصادی ناشی از سرمایه گذاری در نصب بانک های خازنی بیش از مقدار مورد نیاز شبکه ، تلفات شبکه و ترانسفورماتور نیز تا حدی افزایش می یابد . دلیل این امر ، افزایش توان راکتیو در شین های بار شبکه بیش از دیماند آن ها است که موجب افزایش تلفات می گردد .

- در صورتی که قیمت انرژی راکتیو بدون توجه به قیود به دست آید ، این امکان وجود دارد که سود اقتصادی حاصله نه تنها باعث کاهش تلفات شبکه نگردد ، بلکه موجبات افزایش تلفات را فراهم آورد . لذا افزایش قیمت از مقدار آستانه نیز محدودیت دارد ، از این رو در پاسخ های به دست آمده در فصل چهارم حداکثر قیمت فروش نیز مشخص گردیده است .

- بخش اعظم توان راکتیو فروخته شده به سیستم انتقال - به دلیل محدودیت تعداد مجاز بانک های خازنی منصوبه در گره های بار شبکه ، حداثر مگا وار قابل تزریق به شبکه ی انتقال و حدود ولتاژ هر شین - ناشی از ظرفیت منصوبه در ایستگاه HV / MV است .

- بنابراین می توان گفت که خازن های نصب شده در شین های شبکه ی فشار متوسط برای کاهش تلفات شبکه ی توزیع کاربرد دارند و ظرفیت بانک های خازنی ایستگاه HV / MV مربوط به سرمایه گذاری و فروش انرژی به اپراتور شبکه ی انتقال می باشد .

- علت این که حداکثر تعداد مجاز خازن ها در ایستگاه HV / MV بیش از گره های بار شبکه منظور گردیده است این است که ایستگاه HV / MV به شبکه ی انتقال نزدیک تر است (فصل مشترک شبکه ی توزیع و انتقال) و تعداد فیدر های زیادی با بار راکتیو به آن متصل است . لذا جا به جایی و فروش انرژی در این شین امکان پذیر می باشد .

۵ – ۲) پیشنهادات

همان گونه که پیش از این ذکر شد بارهای متصل به یک شبکه به طور دائم مشغول به کار نبوده و جهت جلوگیری از افزایش ولتاژ شبکه ناشی از وجود خازن ها ، می بایست کلید زنی خازن ها به نحو موثری صورت پذیرد . به طوری که در مواقع افزایش ولتاژ به صورت خودکار ، میزان ظرفیت خازن منصوبه کنترل شود .

- در اینجا پیشنهاد می گردد که جهت دست یابی به یک طرح کنترلی جامع زمان – واقعی کلید زنی خازن ها در شبکه های توزیع تجدید ساختار یافته ، یکی از روش های جستجو با پاسخ نزدیک بهینه برای تعیین آرایش بهینه ی خازن ها به کار گرفته شود و ضمن استفاده از پاسخ ها ، از آن ها برای آموزش خارج از خط[۱] یک شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردد . تا یک کنترل کننده ی عصبی مصنوعی به صورت در خط[۲] ، حالت بهینه ی کلید زنی خازن ها را تعیین کند . در این طرح لزوماً بارها به صورت گسسته زمان تغییر نمی کنند و تغییرات بار به صورت پیوسته زمان کنترل می گردد .

- در این پایان نامه پاسخ مسئله با فرض پایداری استاتیکی سیستم توزیع به دست آمده است و از مطالعات پایداری دینامیکی سیستم توزیع و مدیریت توان راکتیو در بهبود پایداری دینامیکی – به دلیل حجم بالای مطالعات پایداری حالت گذرا – صرف نظر شده است . در این جا پیشنهاد می گردد که نرخ تغییرات توان راکتیو ، در ملاحظات پایداری حالت گذرا مد نظر قرار گیرد .

- از طرفی کلید زنی خازن ها ، به دلیل ایجاد جریان ها و ولتاژ های گذرا بر روی خط ، بر روی کیفیت توان نیز تاثیر دارد که می توان بررسی هارمونیک های ناشی از کلید زنی خازن ها و راه کارهای کاهش آن در سیستم های تجدید ساختار یافته موضوع مطالعات آینده باشد .

پایان

---

1 – Off - line

2 – On – line

WikiPower.ir

فهرست منابع

[۱] پور ذاکر عربانی ، سودابه ، " مفاهیم هوش مصنوعی و شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک " انتشارات ندای سبز شمال ، شابک : ۷ – ۳ – ۹۶۸۶۰ – ۹۶۴

[۲] همدانی گلشن ، محمد اسماعیل ، عارفی فر ، سید علی و مصلحی ، قاسم ، " به کار گیری الگوریتم جستجوی ممنوع در تخصیص بهینه ی تولیدات پراکنده و منابع توان راکتیو " دانشگاه صنعتی اصفهان ، نشریه استقلال ، سال ۱۳۸۵ ، جلد ۲۵ ، شماره ۱ ، تابستان ، از صفحه ۱۷ تا صفحه ۳۱

[۳] حکیم فر ، ناصر ، هوشمند ، رحمت اله ، مرتضوی ، سید سعید اله ، "جایابی و تعیین ظرفیت خازن موازی در شبکه ی توزیع به کمک الگوریتم ژنتیک با هدف کاهش تلفات توان اهمی در شبکه "، سیزدهمین کنفرانس شبکه های توزیع

[4] J.C. Carlisle A.A. EI- Keib , "A Review of Capacitor Placement Techniques on Distribution Feeders " , IEEE System Theory , 1997 Proceedings of the Twenty – Ninth Southeastern Symposium on Volume , issue , 9-11 Mar 1997 Page(s):359-365

[5] J.C. Carlisle A.A. EI-Keib , Reactive Power Compensation on Distribution Feeders " IEEE System Thery, 1997., Proceedings of the Twenty-Ninth Southeastern Symposium on Volume , Issue ,9-11 Mar 1997 Page(s):366 – 371

[6] P-A chamorel , "Methods for Reactive Power Optimization" swiss federal institute of technology , Lausanne , Switzerland : CIGRE WGO1-SC38-1987,C2

[7] N.M.Neagle and D.R.Samson ,"Loss Reduction from Capacitors Installed on Primary Feeders", IEEE Transactions, Vol.75, pt.III, 1956 , Page(s).950-959.

[8] Mesut E. Baran Felix F. Wu,"Optimal Capacitor Placement On Radial Distribution Systems " , IEEE Transactions on Power Dellivery, Vol.4,No.1,January 1989 Page(s):725-734

[9] Peter M. Hogan,John D.Rettkowski, and Juan L .Bala, Jr ,"Optimal Capacitor Placement Using Branch and Bound " . IEEE Power Symposium , 2005 proceedings of the 37th annual North American Publication Date:23-25 Oct . 2005 on Page(s) : 84-89

[10] R.A.Jabr,"Optimal placement of capacitors in a radial network using conic and mixed integer linear programming " , Elsevier Electrical Power and Energy Systems 26 (2004) Page (s) 401-508

[11] J. L. Bala , Jr., SMIEEE P .A . Kuntz, SIEEE R. m. Taylor," Sensitivity – Based Optimal Capacitor Placement On a Radial Distribution Feeder " , . IEEE Technical Applications Conference and Workshops Northcon 95 , Volume , Issue , 10 - 12 Oct 1995 Page (s) : 225 - 230

[12] M. F. AIHajri, M. R. AlRashidi, and M. E. El – Hawary , " A Novel Discrete Particle Swarm Optimization Algorithm for Optimal Capacitor Placement and Sizing " 2007 . CCECE 2007. IEEE Canadian Conference on Volume , Issue , 22 – 26 April 2007 Page (s) : 1286 – 1289

[13] Hsiao – Dong Chiang , Jin – Cheng Wang , Orville Cockitigs , and Hyoun – Duck Shin , " Optimal Capacitor Placements in Distribution Systems : Part 1 : A New Formulation and the Overall Problem " : IEEE Transactions on Power Delively , Vol. 5, No. 2, April 1990 , Page (s) : 634 – 642

[14] Hsiao – Dong Chiang , Jin – Cheng Wang , Orville Cockitigs , and Hyoun – Duck Shin , " Optimal Capacitor Placements in Distribution Systems : Part 2 : Solution Algorithms and Numerical Results " : IEEE Transations on Power Delivery , Vol . 5, No. 2 , April 1990 Page (s) : 643 – 649

[15] Delfanti , M. ; Granelli , G.P. ; Marannino, P. ; Montagna , M. " Optimal Capacitor Placement Using Deterministic and Genetic Algorithms " : IEEE

Transactions On Power systems , Vol. 15, NO. 3, August 2000, Page (s) : 1041 – 1046

[16] Al – Mohammed, A.H.H. ; Elamin , " Capacitor Placement In Distribution Systems Using Artificial Intelligent Techniques " : Power Tech Conferense Proceedings , 2003 IEEE Bologna Volume 4 , Issue , June 2003 Page (s) : 23-26

[17] Ying – Tung Hsiao , Chia – Hong Chen , Cheng – Chin Chien , " Optimal Capacitor placement in distribution systems using a combination fuzzy – GA method " : Elsevier Electrical Power and Energy Systems 26 (2004) Page (s) : 501-508

[18] Santos , J. R. ; Exposito , A. G. ; Ramos , J. L. M. , " A Reduced – Size Genetic Algorithm for Optimal Capacitor Placement on Distribution Feeders " : Electrotechnical conference , 2004 . MELECON . Proceedings of the 12th IEEE Mediterrenean Volume 3 , Issue , 12 – 15 May 2004 Page (s) : 963 – 966

[19] Vladimiro Muanda J. V. Ranito L. M. Pmenqt ; " Genetic Algorithms in Optimal Multistage Distribution Network Planning " , IEEE Transactions on Power Systems Vol. 9 , No. 4 , November 1994

[20] Rajeev Annaluru , Sanjoy Das , Anil Pahwa , " Multi – Level Ant Colony Algorithm for Optimal Placment of Capacitors in Distribution Systems " IEEE Evolutionary computation , 2004 . CEC2004 . Congress on Volume 2 , Issue , 19 – 23 June 2004 Page(s) : 1932 – 1937 Vol .2

[21] Gallego , R. A. ; Monticelli , A. J. ;Romero , R. " Optimal Capacitor Placement in Radial Distribution Networks " : IEEE Transactions on Power Systems , Vol . 16 , NO .4 , Page (s) : 630 – 637 , November 2001

[22] Jiachuan Shi and Yutian Liu , " Fuzzy Evaluation Based Multi – Objective Reactive Power Optimization in Distribution Networks " , Internetional Conference , Changsha , CHINE 2005 , Vol . 3614 [Note(s) : XLI , 1334 ; 1314 P. ,] (10 ref) ISBN 3 – 540 – 28312 -9 ; 3 540 – 28331 – 5 ;

[23] Gu , Z. ; Rizy , D. T. , " Neural Networks For Combined Control of Capacitor Banks and Voltage Regulators In Distribution Systems " : Gu , D. T. Rizy , : IEEE Transactions on Power Delivery , Vol . 11 , No . 4 , Page (s) ; 1921 – 1928 , October 1996

[24] T. J. E. miller , " Reactive Power Control in Electric Systems " , willey , 1983

[25] S. Sagiroglu , I . Colak , R. Bayindir , " Power Factor Correction Techniques Based on Artifical Neural Networks " , Energy Conversion and Management 47 (2006) Page (s) : 3204 – 3215

[26] A . Augugliaro , L . Dusonchet , M. G. Ippolito , E. Riva Sanseverino , " Multiobjective electric Market " Power System Analysis " , Second Edition , 2002 McGraw – Hill Higher Education (ISBN 0 – 07 – 284 – 869 – 3)

WikiPower.ir