



PSC 2007

98-F-CAP-939

الگوریتمی جدید جهت هماهنگی بهینه رله های اضافه جریان در صورت تغییر ساختار شبکه

حبيب رجبى مشهدى

جواد ساده

عباس صابرى نوقابى

استاديار گروه برق

استاديار گروه برق

دانشجوى دکترى برق - دانشگاه فردوسى

دانشکده مهندسى - دانشگاه فردوسى

دانشکده مهندسى - دانشگاه فردوسى

هیئت علمى دانشگاه آزاد اسلامى

مشهد

مشهد

واحد گناباد

با همکارى دفتر تحقیقات و استانداردهاى شرکت برق منطقه اى خراسان

کلمات کلیدی: هماهنگی مجدد رله های اضافه جریان-الگوریتم ژنتیک- تغییرات ساختار-حفاظت سیستم قدرت

چکیده:

ژنتیک و برنامه ریزی خطی حداقل گردیده است. همچنین در صورت عدم رعایت قیود هماهنگی، ضریب جریمه ای به تابع هدف در فرآیند بهینه سازی ژنتیک اضافه گردیده تا تمامی قیود ارضاء گردیده و یا قیود ارضاء نشده حداقل گردد. توسعه شبکه $63kV$ خراسان که با تغییراتی در ساختار شبکه همراه بوده است، باعث ایجاد عدم هماهنگی در عملکرد رله های اضافه جریان آن گردیده است. برای حل این مشکل الگوریتم پیشنهادی به این شبکه واقعی اعمال گردیده و نتایج آن با روش دیدگاه توسعه زیر سیستم¹ مقایسه شده است.

ساختار سیستم قدرت به دلایل بهره برداری و توسعه سیستم قدرت همواره در حال تغییر است. این تغییرات در ساختار شبکه باعث عملکرد نادرست رله های اضافه جریان می گردد. بنابراین مساله هماهنگی مجدد رله های اضافه جریان به منظور رسیدن به هماهنگی مطلوب مطرح می گردد. در این مساله، به دلیل مشکل بودن و پر هزینه بودن تغییر تنظیم رله ها، یافتن حداقل رله هایی که با تغییر تنظیم آن رله ها هماهنگی مطلوب حاصل گردد، از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مقاله یک فرمولبندی جدید از مساله هماهنگی بهینه مجدد رله های اضافه جریان در صورت تغییر ساختار شبکه پیشنهاد گردیده است. تابع هدف در این مساله مجموع زمان عملکرد رله ها و تعداد رله های کاندید تغییرات با وزنه های متفاوت در نظر گرفته شده است. این تابع هدف به کمک یک الگوریتم ترکیبی

رله های اضافه جریان به طور وسیعی در حفاظت سیستم های قدرت شعاعی و حلقوی به کار برده شده است. این رله ها معمولاً برای حفاظت اولیه خطوط توزیع و حفاظت ثانویه خطوط انتقال مورد استفاده قرار می گیرد. هدف اصلی از حفاظت سیستم های قدرت جداسازی حداقل تجهیزات ممکن، در کوتاهترین زمان ممکن پس از وقوع خطا در سیستم بوده به نحوی که تداخل در عملکرد رله های حفاظتی وجود نداشته باشد.

بهره برداری بهینه و توسعه سیستم قدرت نیازمند تغییراتی در توپولوژی شبکه می باشد. این تغییرات بر مساله هماهنگی رله های اضافه جریان تاثیر گذار بوده و می تواند باعث عملکرد نادرست رله های اضافه جریان گردد. مساله هماهنگی رله های اضافه جریان با توجه به تغییرات ساختار شبکه از دیدگاههای مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است.

دیدگاه اول استفاده از رله های تطبیقی^۱ به منظور تنظیم مداوم رله ها با توجه به تغییر توپولوژی شبکه و یا تغییر سطح بار می باشد. در مراجع مختلفی از جمله [1-4] روش هماهنگی تطبیقی مطرح گردیده است. در این روشها، با تغییر حالت سیستم، تنظیمات جدید رله ها به کمک الگوریتمهای پیشنهادی تعیین گردیده و این تنظیمات پس از انتقال به پست به رله ها اعمال می گردد تا سیستم حفاظتی پاسخی مناسب و سریع در شرایط بهره برداری جدید داشته باشد.

دیدگاه دوم لحاظ نمودن قیود تغییر ساختار، در فرمولبندی مساله هماهنگی رله های اضافه جریان بوده که در مرجع [5] به آن پرداخته شده است. با حل این مساله کلی، یک پاسخ مقاوم برای مساله هماهنگی در مقابل تغییرات ساختار شبکه حاصل می گردد. اما از طرفی بسیاری از تغییرات ساختار قابل پیش بینی نیستند تا بتوان قیود مربوط به آن ساختارها را در فرمولبندی مساله لحاظ نمود و از طرف دیگر تعداد قیود مساله در فرمولبندی جدید، به شدت افزایش یافته و امکان رسیدن به یک پاسخ شدنی^۲ در شبکه های بزرگ بسیار ضعیف است.

دیدگاه سوم استفاده از الگوریتم هماهنگی مجدد رله های اضافه جریان است. در این الگوریتمها هدف یافتن حداقل تعداد رله هایی است که با تغییر تنظیم آنها در ساختار جدید هماهنگی مطلوب حاصل گردد. به لحاظ اینکه تنظیم مجدد و مکرر رله ها در صورت استفاده از رله های غیر تطبیقی مشکل و پر هزینه و در بعضی موارد با اشتباه همراه است، لذا در بسیاری از موارد در صورت یافتن یک پاسخ شدنی برای مساله، رسیدن به حداقل تعداد رله های کاندید تنظیم مجدد حتی در مقابل افزایش زمان عملکرد رله ها ترجیح داده می شود. برای حل این مسئله در مرجع [6] یک روش توسعه زیر سیستم ارائه گردیده است. الگوریتم پیشنهادی در این مقاله در صورت تغییرات در ساختار شبکه (اضافه شدن یک خط)، به جستجوی حداقل زیر سیستم می پردازد تا با تنظیم مجدد رله های آن ناحیه، هماهنگی مطلوب حاصل گردد. در انتخاب زیر سیستم، با این فرض که نقاط اطراف رخداد تأثیر بیشتری می پذیرند، ملاک توسعه زیر سیستم براساس نزدیکی خطوط و رله ها به محل تغییر ساختار در نظر گرفته شده است. روش تئوری گراف برای حل مساله هماهنگی زیر سیستم استفاده گردیده است. الگوریتم توسعه زیر سیستم دیگری در مرجع [7] مطرح گردیده است. در این مرجع مساله هماهنگی رله های زیر سیستم به یک مساله برنامه ریزی خطی تبدیل گردیده و قیود مربوط به اتصال زیر سیستم به سیستم اصلی نیز در این مساله برنامه ریزی لحاظ گردیده است. مزیت استفاده از الگوریتم زیر سیستم کاهش ابعاد مساله هماهنگی بوده اما ملاک توسعه زیر سیستم براساس نزدیکی خطوط به محل وقوع تغییرات و همچنین براساس رله های پشتیبان زیر سیستم قبلی، معیار مناسبی نبوده و جواب بدست آمده در بسیاری از موارد ممکن است بهینه مطلق نباشد.

در این مقاله یک الگوریتم ژنتیک ترکیبی به منظور رسیدن به پاسخ بهینه برای مساله هماهنگی مجدد رله های اضافه جریان پیشنهاد گردیده است. در این روش ابتدا لیستهایی از رله های کاندید تغییرات، به صورت تصادفی تولید گردیده و با اعمال عملگرهای ژنتیک، شماره رله های کاندید، تغییر و تکثیر پیدا کرده و لیستهای با ارزش بالاتر انتخاب می گردد. این روند تا

که اولاً تعداد رله های تنظیم مجدد حداقل گردیده، ثانیاً مجموع زمان عملکرد این رله ها حداقل بوده و ثالثاً تمامی قیود مساله هماهنگی در ساختار جدید رعایت گردد. مساله هماهنگی بهینه مجدد رله های اضافه جریان به صورت رابطه زیر فرمولبندی می گردد:

$$\text{Min} \left(\alpha \times \sum_{i=1}^{n_cand} t_i + \beta \times n_cand \right)$$

Subject to:

$$t_b - t_p \geq CTI \quad (1)$$

$$TDS^l \leq TDS_i \leq TDS^u \quad i=1, \dots, n_cand$$

$$t_i = f(TDS_i)$$

در این رابطه i شماره رله کاندید، t_i زمان عملکرد این رله به ازای خطا جلوی رله اصلی و n_cand تعداد رله های کاندید تغییرات است. t_b و t_p به ترتیب زمان عملکرد رله های پشتیبان و اصلی را نشان می دهد. CTI حداقل زمان مورد نیاز برای جلوگیری از تداخل عملکرد رله پشتیبان با رله اصلی می باشد. در این مساله متغیرهای بهینه سازی شامل TDS رله های کاندید و تعداد رله های کاندید (n_cand) بوده اما قیود هماهنگی رله های اصلی و پشتیبان برای تمامی زوج رله ها در نظر گرفته شده است. تنظیمات زمان سایر رله ها همان تنظیمات قبل از تغییر ساختار در نظر گرفته شده است. TDS^l و TDS^u به ترتیب کران بالا و پایین تنظیم زمان رله ها بوده و $f(.)$ تابع مشخصه رله می باشد. ضرایب α و β به ترتیب وزن مجموع زمان عملکرد رله ها و وزن تعداد رله های کاندید تغییرات در تابع هدف را نشان می دهند. در شبکه های بزرگ به دلیل مشکلات تنظیم مجدد رله ها و هزینه بر بودن آن، کاهش تعداد رله های کاندید از اهمیت بالاتری نسبت به زمان عملکرد رله ها برخوردار است. بنابراین ضریب β بسیار بزرگتر از ضریب α انتخاب می گردد.

در این مقاله برای حل این مساله از الگوریتم ژنتیک ترکیبی استفاده گردیده است. در این الگوریتم ترکیبی تعداد و شماره رله های کاندید توسط فرآیند ژنتیک تعیین می گردد. در صورت معلوم بودن شماره رله های کاندید، رابطه ۱ به یک مساله برنامه ریزی خطی مطابق رابطه زیر تبدیل می گردد:

رسیدن به جواب بهینه مطلق تکرار می گردد. ملاک ارزیابی لیستهای پیشنهادی در یک فرمولبندی جدید براساس سه معیار مجموع زمان عملکرد رله ها، تعداد رله های کاندید و تعداد قیود رعایت نشده صورت می پذیرد. برای تعیین ضریب تنظیم زمانی (TDS) رله های کاندید و همچنین محاسبه زمان عملکرد رله ها در فرآیند ژنتیک از مساله برنامه ریزی خطی^۲ استفاده گردیده است. فضای جستجو با کدگذاری ارایه شده در این مقاله کاهش یافته و این الگوریتم به راحتی به شبکه های بزرگ و عملی قابل اعمال است.

قابلیت و قدرت روش پیشنهادی در اعمال به شبکه تغییر یافته ۶۳kV خراسان نشان داده شده است. تعدادی از خطوط این شبکه جمع آوری گردیده و خط جدیدی بین دو پست موجود احداث گردیده است. این تغییرات در ساختار شبکه خراسان عملکرد نادرست تعداد زیادی از زوج رله ها را به همراه داشته که با اعمال روش پیشنهادی و با تغییر تنظیم حداقل تعداد رله ها، هماهنگی مجدد ایجاد گردیده است. همچنین پاسخ روش پیشنهادی با روش توسعه زیر سیستم مقایسه گردیده است.

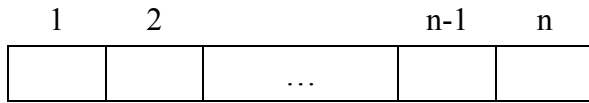
۲- فرمولبندی مساله هماهنگی بهینه مجدد رله های

اضافه جریان

تغییرات در ساختار شبکه به دلایل بهره برداری بهینه و یا توسعه سیستم قدرت صورت می پذیرد. از جمله این تغییرات می توان به ورود و خروج خطوط، ورود و خروج نیروگاه، ورود و خروج ترانسفورماتور، جدا شدن قسمتی از شبکه و یا حتی اتصال دو شبکه به یکدیگر اشاره نمود. با توجه به تغییر ماتریس امپدانس شبکه در ساختار جدید، زمان عملکرد رله های اضافه جریان به ازای خطا در نقاط مختلف شبکه نسبت به ساختار قبلی، متفاوت بوده و ممکن است عدم هماهنگی در عملکرد رله های اصلی و پشتیبان ایجاد گردد. در مساله هماهنگی بهینه مجدد رله های اضافه جریان هدف یافتن تنظیم مجدد رله های اضافه جریان در ساختار جدید است به نحوی

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق

شماره رله های کاندید تغییرات به عنوان متغیرهای ژنتیک می باشد.



شکل ۱: رشته پیشنهادی برای کدگذاری متغیرهای ژنتیک

در این رشته، هر خانه متعلق به یک رله اضافه جریان در شبکه بوده و n تعداد کل رله های موجود در شبکه تغییر یافته می باشد. در هر خانه رشته پیشنهادی شکل ۱، اعداد باینری صفر یا یک قرار می گیرد. عدد یک نشان دهنده کاندید بودن آن رله و عدد صفر نشان دهنده کاندید نبودن آن رله برای تنظیم مجدد می باشد. بنابراین مجموع اعداد این رشته، تعداد رله های کاندید (n_cand) را نمایش می دهد.

۳-۲- تابع هدف

ملاک ارزیابی و انتخاب رشته های ژنتیک در تکرارهای الگوریتم ژنتیک، تابع هدف است. چون در فرآیند بهینه سازی هدف حداقل کردن مقدار تابع هدف می باشد، هر رشته ای که اندازه تابع هدف کمتری داشته باشد در تکرارهای بعدی شانس بیشتری برای انتخاب شدن خواهد داشت. تابع هدف کلی در الگوریتم ژنتیک ترکیبی برای حل مساله هماهنگی بهینه مجدد رله های اضافه جریان به صورت رابطه ۳ پیشنهاد گردیده است.

$$(3) Obj_Fun = \alpha \times \sum_{i=1}^{n_cand} t_i + \beta \times n_cand + \gamma \times n_miss$$

به لحاظ اینکه پاسخ بدست آمده توسط فرآیند ژنتیک ممکن است تمامی قیود را ارضاء نکند، یک بخش جریمه به تابع هدف رابطه ۳ اضافه گردیده است. این بخش شامل حاصلضرب ضریب جریمه γ در تعداد قیود رعایت نشده (n_miss) می باشد. انتخاب ضریب جریمه γ با مقداری بسیار بزرگتر از ضرایب α و β به مفهوم اهمیت بسیار بیشتر ارضاء قیود هماهنگی در مقابل افزایش تعداد رله های کاندید و مجموع زمان عملکرد رله هاست. در صورتی که رابطه $\gamma > \beta \times n$ رعایت گردد (n تعداد کل رله های شبکه است)،

$$Min \sum_{i=1}^{n_cand} t_i$$

Subject to: (2)

$$t_b - t_p \geq CTI$$

$$TDS^l \leq TDS_i \leq TDS^u \quad i=1, \dots, n_cand$$

$$t_i = f(TDS_i)$$

این مساله با روشهای معمول حل مساله برنامه ریزی خطی همچون simplex، dual simplex و غیره قابل حل است. متغیرهای بهینه سازی در این مساله شامل تنظیم زمان (TDS) رله های کاندید تغییرات در شبکه تغییر یافته بوده که کمتر از تعداد کل رله های شبکه است. بنابراین ابعاد مساله برنامه ریزی خطی در این فرمولبندی کاهش یافته است.

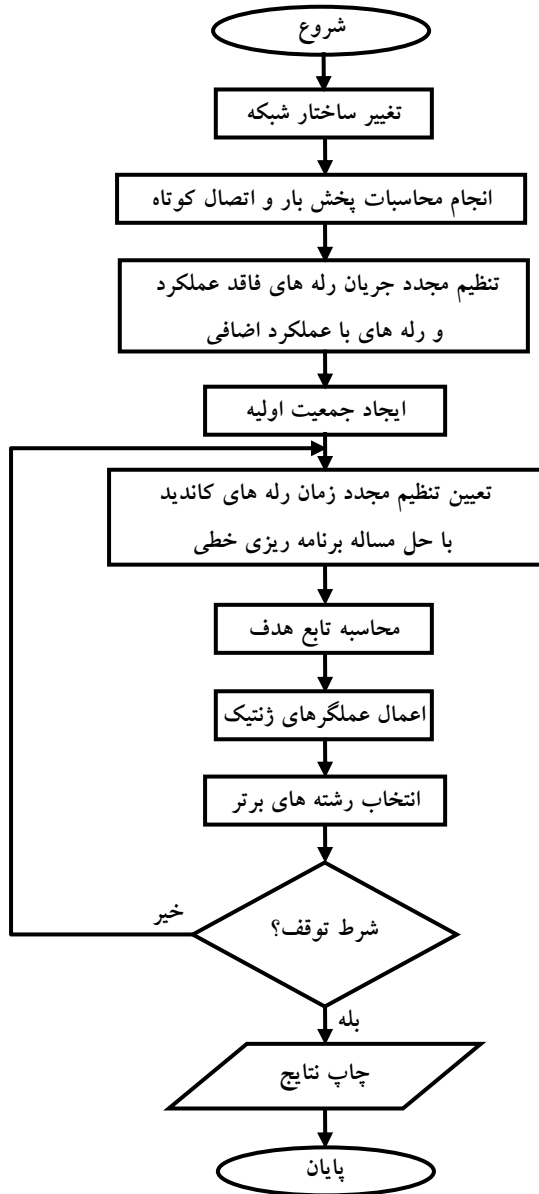
۳- الگوریتم ژنتیک ترکیبی پیشنهادی

مساله هماهنگی بهینه مجدد رله های اضافه جریان یک مساله بهینه سازی غیر محدب می باشد. الگوریتم زیر سیستم برای حل این مساله در بسیاری از موارد به یک جواب بهینه محلی انجامیده و ملاک توسعه زیر سیستم براساس نزدیکی خطوط به محل وقوع تغییرات باعث افزایش تعداد رله های کاندید تغییرات می گردد. در این مقاله از ترکیب الگوریتم ژنتیک و برنامه ریزی خطی برای حل این مساله استفاده گردیده است. در این الگوریتم ابتدا ترکیبات مختلف و تصادفی از رله های کاندید تنظیم مجدد، تحت عنوان جمعیت اولیه تعیین گردیده و در ادامه با اعمال عملگرهای ژنتیک جمعیتهای بهتری نسبت به جمعیت قبلی تولید می گردد. ملاک بهتری یک لیست از رله های کاندید بر اساس تابع هدف مساله تعیین می گردد. روند الگوریتم ژنتیک آنقدر تکرار می گردد تا جواب بهینه حاصل گردد. در تکرارهای الگوریتم ژنتیک برای محاسبه مقدار تابع هدف و همچنین تعیین تنظیم مجدد رله های کاندید از یک مساله برنامه ریزی خطی استفاده گردیده است.

۳-۱- کدگذاری متغیرها

رشته ای مطابق شکل ۱ برای فرمولبندی مساله هماهنگی مجدد رله های اضافه جریان در قالب یک مساله بهینه سازی ژنتیک پیشنهاد می گردد. این رشته باینری نشان دهنده لیستی از

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق



شکل ۲: فلوچارت پیشنهادی

با اعمال تغییرات در ساختار سیستم قدرت، محاسبات پخش بار و اتصال کوتاه برای ساختار جدید انجام شده و حداکثر جریان بار و حداقل جریان خطا در این ساختار تعیین می گردد. تنظیم جریان^۱ بیشتر از حداقل جریان خطا، عدم عملکرد رله در برخی از شرایط خطا را ایجاد می کند. همچنین در صورتی که جریان تنظیم رله کمتر از حداکثر جریان بار باشد، در برخی از شرایط بار عملکرد اضافی ایجاد می گردد. بنابراین در مرحله اول تنظیم جریان این رله ها به نحوی صورت می

اهمیت ارضاء قیود حتی در مقابل کاندید گرفتن تمامی رله های شبکه بیشتر در نظر گرفته شده است.

این فرمولبندی تابع هدف (با ضریب جریمه γ بزرگ) باعث می گردد در تکرارهای اولیه الگوریتم ژنتیک، بیشتر پاسخ شدنی ($n_miss=0$) جستجو گردد و در تکرارهای بعدی از بین این پاسخهای شدنی، پاسخی با حداقل تعداد رله های کاندید و حداقل مجموع زمان عملکرد رله ها جستجو گردد. علاوه بر این، در صورتی که با تغییر ساختار شبکه پاسخی شدنی برای مساله وجود نداشته باشد (حتی با کاندید گرفتن تمامی رله ها)، پاسخی بهینه با حداقل تعداد قیود رعایت نشده تعیین می گردد.

۳-۳- الگوریتم پیشنهادی

فلوچارت روش پیشنهادی در شکل ۲ آورده شده است. در ادامه به تفصیل این فلوچارت بررسی می گردد:

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق

شبکه قبل از تغییرات در شکل ۳ نشان داده شده است. این شبکه دارای ۲۷ شین، ۳۸ خط و ۷۷ رله اضافه جریان است. ضریب تنظیم زمان (TDS) تمامی رله های شبکه خراسان در بازه ۰/۱ تا ۱/۱ قابل تنظیم است. ضریب تنظیم زمان این رله ها در ساختار اولیه در ستون دوم جدول ۱ آورده شده است. با توجه به این تنظیمات، در ساختار اولیه، تمام قیود هماهنگی رعایت گردیده و مجموع زمان عملکرد رله ها برای خطا جلوی رله اصلی برابر ۵۰/۶۹۳ ثانیه می باشد.

با توسعه و بهینه سازی شبکه ۶۳kV خراسان تغییراتی در ساختار این شبکه ایجاد گردیده است. این تغییرات شامل حذف خطوط چناران - قوچان، قوچان - مومن آباد و مومن آباد - ناظریه و همچنین اضافه شدن خط ناظریه - چناران می باشد. علاوه براین به دلیل تغییرات شبکه ۱۳۲kV، امپدانس تونن شینهای متصل به این خطوط نیز اندکی تغییر یافته است. در شکل ۳ تغییرات اشاره شده، به صورت دوایر خط چین نشان داده شده است. بنابراین ساختار جدید شبکه دارای ۲۵ شین، ۳۶ خط و ۷۳ رله اضافه جریان است. زمان عملکرد رله های اصلی و پشتیبان در ساختار جدید بدون تغییر در تنظیمات اولیه رله ها (ستون دوم جدول ۱) محاسبه گردیده و از بین ۲۵۲ قید هماهنگی، تعداد ۲۲ قید نقض گردیده است.

گیرد تا بین حداکثر جریان بار و حداقل جریان خطا قرار گیرد. رله های فاقد عملکرد و رله های با عملکرد اضافی، همچنین سایر رله های که در ساختار جدید به شبکه اضافه گردیده است، کاندید قطعی تغییر تنظیمات هستند و در رشته های ژنتیک، در خانه های مربوط به این رله ها عدد ثابت یک قرار داده می شود.

در فرآیند ژنتیک پس از تعیین جمعیت اولیه به صورت تصادفی، هر رشته ژنتیک به صورت یک لیست از رله های کاندید تغییرات رمز گشایی می گردد. با مشخص شدن لیست رله های کاندید و همچنین معلوم بودن تنظیم جریان این رله ها، مساله هماهنگی بهینه مجدد رله های اضافه جریان به یک مساله برنامه ریزی خطی مطابق رابطه ۲ تبدیل می گردد. با حل این مساله برای هر رشته ژنتیک، تنظیمات زمان جدیدی برای رله های کاندید تعیین می گردد. همچنین وجود یا عدم وجود پاسخ شدنی و تعداد قیود رعایت نشده تعیین می گردد. بنابراین تابع هدف رابطه ۳ برای تمامی رشته ها قابل محاسبه بوده و ارزش هر یک از این رشته ها تعیین می گردد.

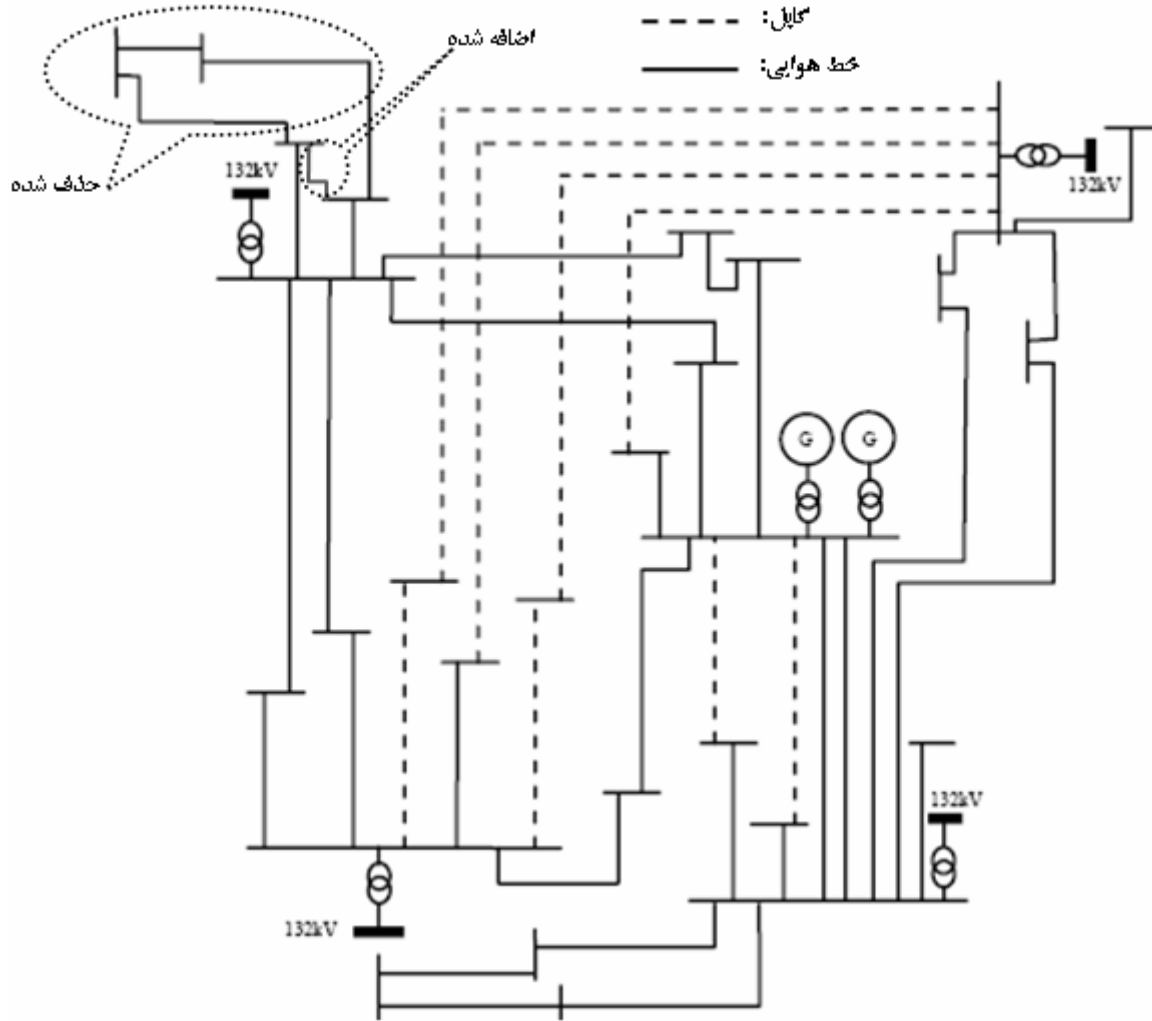
در ادامه با اعمال عملگرهای ژنتیک شامل جابجایی^۱ و جهش^۲ رشته های جدیدی ایجاد می گردد. سپس از بین این رشته های جدید و جمعیت قبلی، رشته هایی که ارزش بالاتری با توجه به تابع هدف داشته باشند، در مرحله انتخاب، تعیین و تکثیر می یابند. این فرآیند تا رسیدن به پاسخ بهینه مطلق تکرار می گردد.

در نهایت نتایج هماهنگی بهینه مجدد رله های اضافه جریان شامل تعداد رله های کاندید و تنظیمات جدید این رله ها در خروجی چاپ می گردد. همچنین در صورت عدم وجود پاسخ شدنی، پاسخی با حداقل تعداد قیود رعایت نشده در خروجی چاپ می گردد.

۴- نتایج عددی

برای اعمال روش پیشنهادی روی یک شبکه واقعی از شبکه ۶۳kV خراسان استفاده گردیده است. دیاگرام تک خطی این

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق



شکل ۳: دیاگرام تک خطی شبکه ۶۳kV خراسان

روش توسعه زیر سیستم نیز به شبکه نمونه اعمال گردیده است. در این روش پس از پنج بار توسعه زیر سیستم و تغییر تنظیم تعداد ۴۴ رله، پاسخ شدنی برای شبکه تغییر یافته حاصل شده است. نتایج اعمال این روش در ستون پنجم جدول ۱ آورده شده است. تعداد رله های کاندید در روش توسعه زیر سیستم بیشتر از سه برابر روش پیشنهادی است، در صورتی که مجموع زمان عملکرد رله ها در هر دو روش تقریباً مشابه است. بنابراین انتخاب رله های کاندید در روش پیشنهادی مناسبتر و قابل انعطاف تر از روش توسعه زیر سیستم انجام پذیرفته است.

در ادامه از الگوریتم پیشنهادی در این مقاله برای هماهنگی بهینه مجدد رله های این شبکه استفاده گردیده است. نتایج اعمال این روش با ضرایب $\alpha=1$ ، $\beta=10$ و $\gamma=1000$ (حالت ۱) در ستون سوم جدول ۱ آورده شده است. این نتایج شامل تنظیمات جدید رله های کاندید، تعداد رله های کاندید تغییرات، مجموع زمان عملکرد رله ها و تعداد قیود نقض شده می باشد. رله هایی که تنظیمات آنها تغییر کرده، به صورت اعداد پررنگ نشان داده شده است. همچنین رله های ۴۲، ۴۴، ۷۳، ۷۴، ۷۵ و ۷۶ در ساختار جدید حذف شده و رله های ۷۸ و ۷۹ اضافه گردیده است.

در صورت کاهش ضریب β ($\beta=0.1$)، می توان به نتایجی با زمان عملکرد کمتر اما تعداد رله های کاندید بیشتر، مطابق ستون چهارم جدول ۱ (حالت ۲) دست یافت.

الگوریتمی جدید جهت هماهنگی بهینه رله های اضافه جریان در صورت تغییر ساختار شبکه

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق

۵- نتیجه گیری

در این مقاله تاثیر تغییر ساختار شبکه بر مساله هماهنگی رله های اضافه جریان مورد توجه قرار گرفته و مساله هماهنگی بهینه مجدد رله های اضافه جریان به شکل جدیدی فرمولبندی گردیده است. الگوریتم ترکیبی ژنتیک و برنامه ریزی خطی برای حل این مساله بهینه سازی به کار رفته است. این الگوریتم به شبکه ۶۳kV خراسان، که به دلیل تغییرات ساختار، در کارکرد رله های اضافه جریان آن شبکه عدم هماهنگی ایجاد گردیده، اعمال شده است. در روش پیشنهادی با تغییر تنظیم ۱۳ رله در شبکه خراسان، هماهنگی مطلوب حاصل گردیده، که نسبت به روشهای قبلی پاسخ مطلوب تری از خود نشان می دهد.

ضریب تنظیم زمان

شماره رله	ساختار اصلی	ساختار جدید		
		روش پیشنهادی		روش زیرسیستم
		حالت ۱	حالت ۲	
1	0.4727	0.4727	0.4727	0.4740
2	0.4667	0.4667	0.4667	0.4667
3	0.6046	0.6046	0.6046	0.6046
4	0.6085	0.6085	0.6085	0.6085
5	0.5269	0.5269	0.5269	0.5269
6	0.3675	0.3675	0.3675	0.3675
7	0.3091	0.3091	0.3091	0.3091
8	0.2040	0.2040	0.2040	0.2040
9	0.1352	0.1352	0.1352	0.1352
10	0.1202	0.1202	0.1202	0.1202
11	0.3999	0.3999	0.3999	0.3999
12	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
13	0.1965	0.1965	0.1965	0.1965
14	0.2840	0.2840	0.2840	0.2840
15	0.2911	0.2911	0.2911	0.2911
16	0.2534	0.2534	0.2057	0.2557
17	0.2534	0.2534	0.2534	0.2557
18	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
19	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
20	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
21	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
22	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
23	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
24	0.3284	0.3284	0.3284	0.3284
25	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
26	0.1128	0.1128	0.1128	0.1128
27	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222
28	0.2148	0.2148	0.2148	0.2168
29	0.2319	0.2319	0.2319	0.2232

جدول ۱: نتایج عددی

30	0.1890	0.2047	0.1954	0.2047
31	0.1629	0.1629	0.1539	0.1535
32	0.2750	0.2948	0.2858	0.2948
33	0.4479	0.4479	0.4479	0.4479
34	0.4667	0.4667	0.4667	0.4667
35	0.2058	0.2581	0.2641	0.2654
36	0.1519	0.3209	0.1861	0.1861
37	0.3006	0.3294	0.3022	0.3294
38	0.3449	0.3744	0.3901	0.3744
39	0.2154	0.2335	0.2409	0.2335
40	0.3810	0.4071	0.3964	0.4071
41	0.2437	0.2437	0.1000	0.1000
42	0.1000	-	-	-
43	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
44	0.1000	-	-	-
45	0.2089	0.2089	0.1999	0.1949
46	0.2644	0.2902	0.3124	0.2902
47	0.3698	0.3698	0.3698	0.3725
48	0.3842	0.3842	0.3842	0.3853
49	0.2372	0.2372	0.2372	0.2417
50	0.2269	0.2269	0.2269	0.2296
51	0.1349	0.1349	0.1259	0.1259
52	0.1494	0.1647	0.1548	0.1647
53	0.1199	0.1199	0.1199	0.1249
54	0.2124	0.2124	0.2124	0.2144
55	0.3065	0.3065	0.3113	0.3113
56	0.2653	0.2653	0.2563	0.2547
57	0.3140	0.3140	0.3140	0.3059
58	0.2570	0.2570	0.2570	0.2628
59	0.2533	0.2533	0.2533	0.2589
60	0.2203	0.2203	0.2203	0.2255
61	0.1607	0.1607	0.1607	0.1658
62	0.3564	0.3564	0.3564	0.3631
63	0.2682	0.2682	0.2682	0.2745
64	0.2166	0.2166	0.2166	0.2170

بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق

- E. Orduna, F. Garces and E. Handschin, [۳]
 “Algorithmic-knowledge-based adaptive coordination in transmission protection”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 18, No. 1, pp. 61- 65, January 2003.
- A.Y. Abdelaziz, H.E.A. Talaat, A.I. Nosseir and A. Hajjar Ammar, [۴]
 “An adaptive protection scheme for optimal coordination of overcurrent relays”, Electric Power Systems Research, Vol.-61, pp.1-9, 2002.
- C.W. So and K.K. Li, [۵]
 “Overcurrent relay coordination by evolutionary programming”, Electric Power Systems Research, Vol. 53, pp. 83-90, 2000.
- R. Ramaswami, M.J. Damborg and S.S Venkata, [۶]
 “Coordination of directional overcurrent relays in transmission systems - a subsystem approach”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 5, No. 1, pp. 64-71, January 1990.
- A.J. Urdaneta, H. Resterpo, J. Sanchez and J. Fajardo, [۷]
 “Coordination of directional overcurrent relays timing using linear programming”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No. 1, pp.122-129, January 1996.

شماره رله	ساختار اصلی	ضریب تنظیم زمان		
		ساختار جدید		
		روش پیشنهادی	روش زیرسیستم	روش
		حالت ۱	حالت ۲	
65	0.3223	0.3223	0.3135	0.3099
66	0.3150	0.3150	0.3062	0.3012
67	0.8131	0.8131	0.8131	0.8168
68	0.7881	0.7881	0.7881	0.7919
69	0.4933	0.4933	0.4933	0.4962
70	0.3221	0.3221	0.3221	0.3227
71	0.1889	0.1889	0.1799	0.1763
72	0.2372	0.2630	0.2614	0.2630
73	0.1000	-	-	-
74	0.1097	-	-	-
75	0.1107	-	-	-
76	0.1000	-	-	-
77	0.2461	0.2461	0.2472	0.2472
78		0.1475	0.1584	0.1548
79		0.2695	0.13481	0.1348
مجموع زمان عملکرد رله ها	50.6929	47.2610	45.5230	45.017
تعداد رله های کاندید	-	13	21	44
تعداد قیود رعایت نشده	0	0	0	0

ادامه جدول ۱: نتایج عددی

۶- مراجع

- N.A. Laway and H.O. Gupta, [۱]
 “A method for adaptive coordination of directional relays in an interconnected power system”, IEE Conference on Developments in Power System Protection, No. 368, pp. 240-243, London, 1993.
- B. Chattopadhyay, M.S. Sachdev and T.S. Sidhu, [۲]
 “An on-line relay coordination algorithm for adaptive protection using linear programming technique”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No. 1, pp. 165-173, January 1996.