



انجمن مهندسين برق و الكترونیک ایران  
شاخه ی تهران



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
قطب علمی قدرت

## روش جدید برای هماهنگی رله‌های جریان زیاد به کمک الگوریتم ژنتیک

رضا محمدی چنبلو

دانشکده برق دانشگاه امیرکبیر

E-mail: [reza\\_rmch@yahoo.com](mailto:reza_rmch@yahoo.com)

فرزاد رضوی

دانشکده برق دانشگاه امیرکبیر

E-mail: [farzad\\_razavi@yahoo.com](mailto:farzad_razavi@yahoo.com)

محمدحسین روحانی

برق منطقه‌ای اصفهان

E-mail: [mhre1867@yahoo.com](mailto:mhre1867@yahoo.com)

محمد دیلمی

برق منطقه‌ای قزوین

E-mail: [deilami@noavar.com](mailto:deilami@noavar.com)

حسین ترکمن

دانشکده برق دانشگاه شهید بهشتی

E-mail: [torkaman.h@gmail.com](mailto:torkaman.h@gmail.com)

## خلاصه

## (۱) مقدمه

یک سیستم قدرت امروزی شامل رله‌های حفاظت مختلفی می‌باشد که برای تشخیص خطا مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای اینکه یک سیستم قدرت عملکرد پایداری داشته باشد و انرژی مورد نیاز مشتریان تأمین شود، یک سیستم حفاظتی با قابلیت اطمینان بالا مورد نیاز می‌باشد. از میان روش‌های حفاظتی موجود جهت حفاظت خطوط، حفاظت جریان زیاد بخاطر ارزانی و سادگی آن بسیار متداول است. هماهنگی رله‌های جریان زیاد یک مسأله مهم می‌باشد. هماهنگی به این معنی است که توالی عملکرد رله‌ها برای هر موقعیت خطای ممکن طوری تعیین شود که محل خطا بدون تأخیر اضافی از سیستم جدا شود [۱]. رله‌هایی که بدرستی هماهنگ نشده‌اند باعث قطع خطوط غیر لازم می‌شوند که تأمین توان الکتریکی را دچار وقفه می‌سازند.

برای انجام هماهنگی رله‌های اضافه جریان با استفاده از روشهای متداول تلاشهای بسیاری در گذشته انجام شده است. در مقالات روشهای بهینه سازی مختلفی برای پیدا کردن تنظیم بهینه رله‌های اضافه جریان ارائه شده است [۱].

در هماهنگی بهینه موارد زیر مهم می‌باشند:

روش بهینه سازی

تابع هدف

نوع شبکه (شعاعی یا بهم پیوسته)

مشخصه خطی یا غیر خطی نسبت به TSM

رله‌های اضافه جریان برای حفاظت سیستمهای انتقال شعاعی و حلقوی و همچنین سیستمهای توزیع بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. هماهنگی این رله‌ها دارای مشکلاتی می‌باشد. هماهنگی بهینه رله‌های اضافه جریان از روشهای برنامه ریزی خطی مانند سیمپلکس، سیمپلکس دو فاز و سیمپلکس دو گان استفاده می‌کند. روش دیگر برای هماهنگی بهینه استفاده از روشهای هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک می‌باشد. در این مقاله از یک الگوریتم ژنتیک قوی برای این کار استفاده شده است. تابع هدف طوری اصلاح شده که مشکلاتی مانند عدم هماهنگی و گسسته یا پیوسته بودن تابع هدف را حل کرده است. این روش بر روی یک شبکه نمونه تست شده و نتایج آن بوضوح نشان می‌دهد که روش جدید کارا، دقیق، جامع و بهینه تر از روشهای قبلی می‌باشد.

کلمات کلیدی: الگوریتم ژنتیک - هماهنگی -

گسسته - رله جریان زیاد - TSM<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Time setting multiplier

کروموزوم‌های اولیه ساخته می‌شوند. تعداد جمعیت، اندازه فضای جستجوی ما را تعیین می‌کند. اندازه جمعیت باید با توجه به طول کروموزوم تعیین شود.

## ۲-۲) بهینه سازی

برای ارزیابی شایستگی یک رشته تنظیم زمانی، نیاز به یک تابع هدف داریم که هدف ما می‌نیم کردن آن می‌باشد. در این مرحله مقادیر با توجه به تابع هدف ارزیابی می‌گردند و کروموزوم‌هایی که شایستگی داشته باشند، برای تولید کروموزوم‌های جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای اینکه جواب در مینیموم‌های محلی گیر نیفتند در هر تکرار مرحله ای به نام جهش وجود دارد.

تعداد تکرارها برای اتمام کار در الگوریتم ژنتیک باید تعیین گردد. با افزایش تکرارها، زمان حل افزایش می‌یابد. در عوض جواب‌ها بهبود می‌یابند. تعداد تکرارها با توجه به پیچیدگی سیستم و اندازه جمعیت انتخاب می‌گردد.

## ۳) بیان مسئله

همانطور که در بخش ۲ گفته شد در هماهنگی رله های اضافه جریان دو مشکل وجود دارد. اول مسئله عدم هماهنگی دوم گسسته یا پیوسته در نظر گرفتن TSM.

## ۳-۱) مسئله عدم هماهنگی

برای روشن کردن مسئله نا هماهنگی در روشهای موجود رابطه تابع هدف با بعضی خلاصه سازیها بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$O.F = \alpha_1 \times \sum (t_i)^2 + \alpha_2 \times \sum (\Delta t_{bm})^2 \quad (1)$$

$t_i$  زمان عملکرد رله  $i$ ام برای خطای واقع شده جلوی C.B مربوطه می‌باشد.

$\Delta t_{mb}$  اختلاف زمان عملکرد بین هر دو جفت رله می‌باشد که از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$\Delta t_{mb} = t_b - t_m - CTI \quad (2)$$

بطوریکه :

$t_b$  و  $t_m$  زمان عملکرد رله اصلی و پشتیبان برای خطای واقع شده جلوی C.B رله اصلی می‌باشد.

$CTI$  فاصله زمانی هماهنگی می‌باشد و ۰.۴ در نظر گرفته شده است.

$\alpha_1$  ضریب وزنی برای کنترل  $\sum (t_i)^2$  می‌باشد.

$\alpha_2$  ضریب وزنی برای کنترل  $\sum (\Delta t_{bm})^2$  می‌باشد.

از رابطه ۱ می‌توان دید که اگر  $\Delta t_{bm}$  منفی باشد، به این معنی است که ناهماهنگی بین رله اصلی و پشتیبان وجود دارد. برای روشن کردن این موضوع شکل ۱ با سه رله ( $R1, R2, R3$ ) نشان داده شده است.

TSM پیوسته یا گسسته

به خاطر پیچیدگی روشهای برنامه ریزی بهینه غیر خطی هماهنگی بهینه رله های اضافه جریان معمولاً با روش برنامه ریزی خطی انجام می‌گیرد که شامل سیمپلکس [۲]، [۳]، سیمپلکس دو فاز [۴] و سیمپلکس دوگان [۵] و بعضی روشهای جدید می‌باشد. از آنجاییکه مسئله هماهنگی دارای چند نقطه مینیموم می‌باشد، روشهای بهینه سازی عادی که اساس ریاضی دارند کارایی لازم را نخواهند داشت. چون این روشها بر اساس یک حدس اولیه می‌باشند و ممکن است در مینیموم های محلی گیر بیفتند [۱]. در روشهای بهینه سازی اختلاف زمانی عملکرد رله های اصلی و پشتیبان ( $\Delta t$ ) بعنوان قیود در نظر گرفته می‌شوند و پاسخها با در نظر گرفتن تابع هدف و قیود بدست می‌آیند. در مرجع [۶] پاسخهای بهینه فقط با در نظر گرفتن قیود بدست می‌آید. اشکال این روش این است که با توجه به پیچیدگی مسئله بهینه سازی در شبکه های بهم پیوسته وقتی ناهماهنگی ذاتی وجود داشته باشد، همگرا شدن مشکل یا غیر ممکن می‌باشد. به عبارت دیگر اگر جفت رله های P/B بخشی از یک سیستم قدرت بهم پیوسته باشد که بعنوان مثال هماهنگ شدن یک یا چند جفت رله P/B مقدر نباشد پاسخ بهینه دچار اختلال خواهد شد.

روشهای بهینه سازی هوشمند مانند الگوریتم ژنتیک می‌توانند تنظیم رله ها را بدون محدودیتهای ذکر شده انجام دهند. در این روش قیود بخشی از تابع هدف می‌باشند. در مرجع [۷] روشی بر اساس الگوریتم ژنتیک برای هماهنگی بهینه ارائه شده است. همچنین در مراجع [۸]، [۹]، [۱۰] روش هماهنگی بهینه رله ها با استفاده از الگوریتم تکاملی ارائه شده است. این روشها دو مشکل اساسی دارند. اولی مسئله عدم هماهنگی دو می‌گسسته یا پیوسته بودن TSM. توضیح جزئیات مربوط به این مسئله در بخش بعد آمده است. در این مقاله یک روش جدید براساس الگوریتم ژنتیک ارائه شده است که مشکلات ذکر شده در آن حل شده است.

## ۲) مروری بر الگوریتم ژنتیک

### ۲-۱) مقادیر اولیه

الگوریتم ژنتیک مانند همه روشهای بهینه‌سازی نیاز به مقادیر اولیه دارد که می‌تواند بصورت تصادفی انتخاب گردد. تنظیم‌های زمانی رله‌ها مجهولات ما در حل مسئله بهینه‌سازی هستند. بنابراین تنظیم‌های زمانی رله‌ها را به ترتیب شماره رله‌ها به عنوان ژن‌های کروموزوم‌ها در الگوریتم ژنتیک در نظر می‌گیریم. این مقادیر در حقیقت TSM رله‌ها می‌باشند که در یک کروموزوم به ترتیبی که گفته شد قرار گرفته‌اند. در این مرحله به تعداد جمعیت تعیین شده

برای حل کردن مشکلات ذکر شده در بالا روش جدیدی بر اساس الگوریتم ژنتیک برای مسئله هماهنگی رله ها ارائه شده است که در بخش ۵ بطور کامل شرح داده شده است.

#### (۴) فرمولاسیون مسئله

##### (۴-۱) تنظیم جریانی رله ها

تنظیم جریانی یا PS رله های اضافه جریان از ۵۰ تا ۲۰۰٪ با پله های ۲۵٪ در نظر گرفته شده است. برای پیدا کردن PS رله ها، ابتدا  $I_b$  از رابطه زیر بدست آمده سپس PS محاسبه می شود:

$$I_b = 1.3 I_L, PS = \frac{I_b}{CT} \quad (3)$$

بطوریکه :

$I_b$  جریان رله در طرف اولیه C.T می باشد.

$I_L$  جریان بار می باشد.

CT جریان نامی اولیه C.T می باشد.

ابتدا از رابطه ۳  $I_b$  محاسبه می شود. سپس PS از رابطه ۳ محاسبه می شود. مقدار بدست آمده برای PS به مقدار گسسته نزدیک گرد می گردد. در نهایت با استفاده از رابطه ۳ مقدار  $I_b$  محاسبه می گردد.  $I_b$  برای هر رله بین ماکزیموم جریان بار و می نیموم جریان خطا قرار می گیرد [۱۱].

##### (۴-۲) مشخصات رله اضافه جریان

برای پیدا کردن زمان عملکرد رله، متداولترین فرمول برای تخمین مشخصه رله که بصورت زیر می باشد مورد استفاده قرار می گیرد:

$$\frac{t}{TSM} = a_0 + \frac{a_1}{(M-1)} + \frac{a_2}{(M-1)^2} + \frac{a_3}{(M-1)^3} + \dots \quad (4)$$

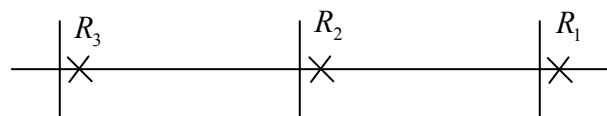
بطوریکه:

$$M = \text{نسبت جریان رله به جریان تنظیم می باشد} \left( M = \frac{I_{sc}}{I_b} \right)$$

$a_0, a_1, a_2, a_3$  ضرایب متغیر می باشند که مقادیر آنها نوع رله شبیه سازی شده را تعیین می کند.

#### (۵) روش جدید

فلوچارت روش جدید بصورت شکل زیر می باشد.



شکل ۱: شبکه نمونه

برای توضیح مسئله عدم هماهنگی دو حالت مختلف بصورت زیر در نظر گرفته می شود:

$$\text{حالت ۱) } \Delta t_{12} = -0.12, \Delta t_{23} = 0.14, O.F. = 0.73$$

$$\text{حالت ۲) } \Delta t_{12} = +0.16, \Delta t_{23} = 0.22, O.F. = 0.82$$

$\Delta t_{12}$  و  $\Delta t_{23}$  از معادله ۲ به ترتیب برای جفت رله های (۱ و ۲) و (۲ و ۳) به دست می آیند.

فرض می شود که مقادیر تابع هدف (۰.۷ و ۰.۸) از معادله ۱ برای مقادیر  $\Delta t_{12}$  و  $\Delta t_{23}$  داده شده بدست آمده باشد. روشهای موجود که از رابطه ۱ به عنوان تابع هدف استفاده می کنند حالت اول را به عنوان مقدار بهینه نسبت به دومی انتخاب می کنند. اما با یک نگاه دقیقتر حالت ۲ باید انتخاب شود. اگر حالت اول انتخاب شود به علت منفی بودن  $\Delta t_{12}$ ، نا هماهنگی بین رله های ۱ و ۲ وجود خواهد داشت. بنابراین معادله ۱ باید طوری اصلاح شود که این مسئله در نظر گرفته شود. جزئیات این روش در بخش ۳ توضیح داده شده است.

##### (۴-۳) در نظر گرفتن TSM گسسته یا پیوسته

روشهای در نظر گرفتن TSM در مقالات موجود بصورت زیر می باشد:

الف) برای روشهای با TSM پیوسته [۸]، [۹]، [۱۰] پاسخ هماهنگی بهینه رله ها بدست می آید که برای رله های با TSM پیوسته مناسب می باشد اما اگر TSM رله ها گسسته باشد، جوابهای بدست آمده از برنامه هماهنگی به پله بالا گرد می شود. این روش هماهنگی دقیق نمی باشد، چون با گرد کردن ممکن است جوابهای بهینه به هم بخورد. مثلاً اگر زمان عملکرد رله اصلی در اثر گرد کردن بیشتر از زمان عملکرد رله پشتیبان افزایش یابد فاصله زمانی لازم برای هماهنگی از بین می رود.

روشهایی که جوابهای TSM آنها بطور مستقیم گسسته می باشند، برای رله هایی که TSM پیوسته دارند نمی توانند مورد استفاده قرار بگیرد. در روش ارائه شده در مرجع [۷] جوابهای TSM بطور ذاتی گسسته می باشند. به عبارت دیگر مقادیر TSM بصورت کدهای باینری می باشند و این جوابها برای رله های با TSM پیوسته جواب بهینه نمی باشند.

$t_i$  و  $\Delta t_{mb}$  با قرار دادن خطا مقابل C.B مربوط به رله اصلی برای هر جفت رله P/B بدست می آید.

برای توضیح دادن اثر این عبارت جدید ابتدا در نظر بگیرید  $\Delta t_{mb}$  مثبت باشد. عبارت مزبور  $(\Delta t_{mb} - \beta_2 \times (\Delta t_{mb} - |\Delta t_{mb}|))$  برابر  $\Delta t_{mb}$  خواهد بود. در حالیکه اگر  $\Delta t_{mb}$  منفی باشد، عبارت ذکر شده بصورت زیر خواهد بود:

$$(\Delta t_{mb} - \beta_2 \times (\Delta t_{mb} - |\Delta t_{mb}|)) = (1 + 2\beta_2)(\Delta t)$$

واضح است که به ازای  $\beta_2$  مثبت مقدار معادله ۶ بزرگتر از حالت قبل می شود. که این حالت با توجه به اینکه الگوریتم ژنتیک مقادیری را انتخاب می کند که تابع هدف به ازای آنها کوچکتر باشد در تکرارها حذف می گردد.

به عبارت دیگر الگوریتم ژنتیک در مرحله ارزیابی مناسب بودن هر کروموزم را ارزیابی می کند. هر قدر تابع هدف ارزیابی شده مقدارش کوچکتر باشد کروموزوم مربوطه که مجموعه ای از TSM هاست بهتر می باشد. بنابراین مجموعه TSM هایی که به ازای آنها ناهماهنگی داریم تابع هدف بزرگی بوجود می آورند و بنابراین انتخاب نمی گردند. به این ترتیب نتایج بدست آمده دارای ناهماهنگی نخواهد بود مگر این که ناهماهنگی از نوع ذاتی باشد. یعنی ناهماهنگی که ترکیب شبکه به سیستم حفاظتی تحمیل می کند و راهی برای حذف آن وجود ندارد.

## ۲-۵) گسسته یا پیوسته بودن TSM

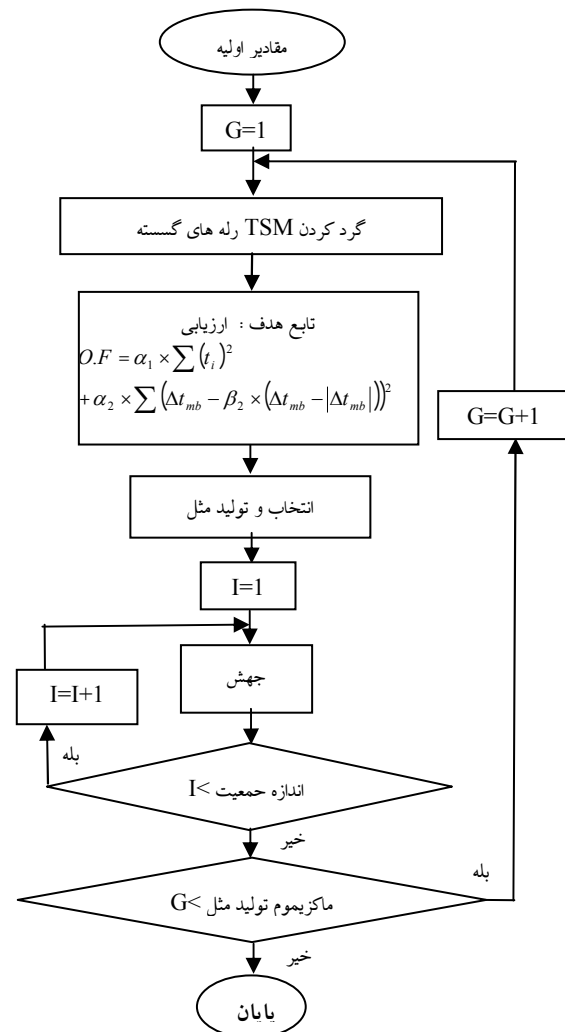
در این مقاله روشی ارائه می شود که هر دو حالت گسسته و پیوسته را پوشش می دهد. این روش در زیر توضیح داده می شود.

روشهای بهینه سازی و از جمله الگوریتم ژنتیک با انجام تکرارهایی جواب بهینه را پیدا می کنند. در روش جدید TSM رله ها بصورت پیوسته در نظر گرفته شده و جوابها برای رله های با TSM پیوسته مستقیماً می تواند مورد استفاده قرار گیرد ولی در مورد رله های با TSM گسسته همانطور که در فلوچارت الگوریتم دیده می شود در هر تکرار قبل از مرحله ارزیابی، TSM های بدست آمده به مقدار پله بالا در رله گرد می گردد. به این ترتیب مقدار بهینه تابع هدف به ازای TSM های گسسته بدست می آید و جوابهای بدست آمده برای رله های با TSM گسسته مناسب می باشند.

## ۶) نتایج تست

### ۶-۱) اطلاعات شبکه

برای بررسی روش ارائه شده یک شبکه نمونه در شکل ۳ نشان داده شده که شامل ۸ خط، ۸ باس و ۱ ترانسفورماتور می باشد.



شکل ۲: فلوچارت الگوریتم

همانطور که از شکل ۲ مشاهده می شود مرحله سوم، تابع هدف می باشد و امتیاز روش جدید در تابع هدف و همچنین در نظر گرفتن هر دو TSM گسسته و پیوسته می باشد که در بخشهای زیر توضیح داده شده اند.

### ۵-۱) تابع هدف

در این مقاله تابع هدف در رابطه زیر با رابطه ۱ جایگزین می گردد:

$$O.F = \alpha_1 \times \sum (t_i)^2 + \alpha_2 \times \sum (\Delta t_{mb} - \beta_2 \times (\Delta t_{mb} - |\Delta t_{mb}|))^2 \quad (5)$$

که در آن:

$\beta_2$  یک ثابت جدید برای در نظر گرفتن ناهماهنگی می باشد.

$\alpha_1$  و  $\alpha_2$  مانند بخش ۳ تعریف می گردند.

همانطور که مشاهده می شود  $\Delta t_{mb}$  (رابطه ۱) در رابطه جدید به  $(\Delta t_{mb} - \beta_2 \times (\Delta t_{mb} - |\Delta t_{mb}|))$  تبدیل می شود.



6	2	507.7	507.7
7	3	567.0	567.0
8	6	608.3	277.7
5	4	339.9	339.9
8	7	608.3	330.8

جدول ۵: جریان اتصال کوتاه رله ها

رله	جریان اتصال کوتاه
1	940.3
2	939.9
3	941.4
4	524.2
5	339.9
6	507.7
7	567.0
8	608.3

ضرایب مشخصه رله ها که در بخش ۴ توضیح داده شد،  
با استفاده از روش برازش منحنی بدست آمده که بصورت  
زیر می باشد.

$$\begin{cases} a_1 = 1.98772 \\ a_2 = 8.57922 \\ a_3 = -0.46129 \\ a_4 = 0.0364465 \\ a_5 = -0.000319901 \end{cases} \quad (6)$$

TSM رله های گسسته از ۰/۰۵ تا ۱ با پله های ۰/۰۵ در نظر  
گرفته می شود.

## ۲-۶) اطلاعات الگوریتم ژنتیک

پارامترهای کنترل الگوریتم ژنتیک بصورت زیر است:

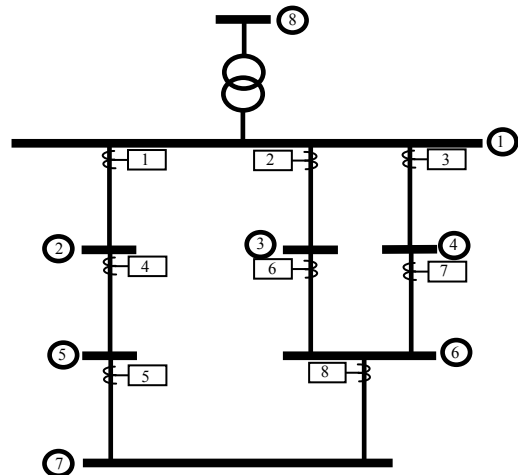
جدول ۶: پارامترهای الگوریتم ژنتیک

مقدار	پارامترهای الگوریتم ژنتیک
۳۰۰	تعداد تولید مثل
۱۰۰	اندازه جمعیت
تصادفی	جمعیت اولیه
۱	جهش

همانطور که در بخش قبل توضیح داده شد برای ساختن تابع هدف  
ضرایب  $\alpha_1$ ،  $\alpha_2$  و  $\beta_2$  مورد نیازی می باشند. برای تست کردن  
کارایی الگوریتم ژنتیک در هماهنگی رله های اضافه جریان مقادیر  
مختلف  $\alpha_1$ ،  $\alpha_2$  و  $\beta_2$  تست شده است. تغییرات این سه پارامتر در  
جدول ۸ آمده است.

جدول ۷: تغییر پارامترها

$TSM$	$\beta_2$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	حالتها
گسسته	۱۰۰	۲	۱	حالت ۱



شکل ۳: شبکه نمونه

اطلاعات خطوط، ژنراتور و ترانسفورماتور مربوط به شبکه مورد نظر  
به ترتیب در جداول ۱ و ۲ داده شده است. این مقادیر بر حسب  
pu در مبنای ۱۵۰ KV و ۱۰۰ MVA می باشند.

جدول ۱: اطلاعات خطوط

Line	R (pu)	X (pu)
1	0.40	0.20
2	0.28	0.19
3	0.24	0.13
4	0.38	0.19
5	0.40	0.23
6	0.30	0.17
7	0.26	0.15
8	0.50	0.22

جدول ۲: اطلاعات ژنراتور

ژنراتور	R (pu)	X (pu)	V (kV)
1	0.10	0.30	10

جدول ۳: اطلاعات ترانسفورماتور

ترانسفورماتور	R (pu)	X (pu)
1	0.01	0.30

برای بدست آوردن تابع هدف باید برای هر جفت رله جریانهای  
اتصال کوتاه رله های اصلی و پشتیبان به ازای خطا در جلوی رله  
اصلی محاسبه شود. این اطلاعات برای شبکه مورد نظر در جدول ۵  
آورده شده است. همچنین جریان گذرنده از همه رله ها به ازای خطا  
در جلوی رله اصلی در جدول ۶ داده شده است.

جدول ۴: اطلاعات جفت رله های P/B

جریان رله پشتیبان	جریان رله اصلی	رله پشتیبان	رله اصلی
524.2	524.2	1	4

همه مقادیر  $\Delta t$  کوچک و مثبت می‌باشند. بزرگترین مقدار  $\Delta t$  ۰,۱۸۳۵ می‌باشد. این به این معنی است که تنظیم رله ها بسیار دقیق و مناسب بوده و هیچگونه ناهماهنگی ندارد.

حالت ۲ (ستون سوم) خروجیها در جدول ۶ با افزایش  $\alpha_1$  و کاهش  $\beta_2$  در حقیقت به زمان عملکرد رله ها وزن بیشتر و به  $\Delta t$  وزن کمتر می‌دهد. در این حالت انتظار می‌رود زمان عملکرد رله ها کاهش یابد. اگر چه بعضی TSM ها همان مقادیر حالت اول را دارند. اما زمان عملکرد بعضی رله ها کاهش یافته است، در عوض سه عدد ناهماهنگی بوجود آمده است. این به این معنی است که اهمیت زمان عملکرد رله ها در این حالت بیشتر است.

در حالت ۳ (ستون چهارم)  $\beta_2$  صفر در نظر گرفته شده که تابع هدف به شکل رابطه قدیمی درمی‌آید. در این حالت همانطور که مشاهده می‌گردد ۴ عدد ناهماهنگی وجود دارد.

در حالت ۴ (ستون پنجم) که از تابع هدف جدید استفاده شده اما گسسته سازی TSM ها مانند روشهای قدیمی بعد از اجرای الگوریتم ژنتیک انجام گرفته، ۲ عدد ناهماهنگی مشاهده می‌شود. پس برای اینکه عدم هماهنگی نداشته باشیم هم از تابع هدف جدید و هم روش گسسته سازی جدید باید استفاده کنیم.

از خروجی شبیه سازیها می‌توان نتیجه گرفت که حالت ۱ با در نظر گرفتن تابع هدف جدید و روش پیشنهاد شده برای رله های با TSM گسسته و همچنین با استفاده از پارامترهای مناسب، روش کارآمدی بوده و بهترین جوابها را بدون وجود ناهماهنگی برای تنظیم TSM رله ها داده است.

## ۷) نتیجه گیری

در این مقاله یک برنامه کامپیوتری جدید برای هماهنگی رله های اضافه جریان که بر اساس الگوریتم ژنتیک می‌باشد ارائه شده است. در روش ارائه شده از یک تابع هدف ویژه استفاد شده است که برای هر دو حالت TSM پیوسته و گسسته قابل استفاده می‌باشد. این روش همچنین موارد ناهماهنگی بین رله ها را حذف یا کاهش می‌دهد. این روش روی یک شبکه قدرت نمونه آزمایش شده و نتایج بدست آمده دقیق بوده و کارا بودن این روش را نشان می‌دهد.

## ۸) مراجع

[۱] Dinesh Birla, Rudra Prakash Maheshwari, Hari Om Gupta, "Time-Overcurrent Relay Coordination: A Review", International Journal of Emerging Electric Power Systems, Volume 2, Issue 2, 2005.

[۲] Urdaneta Alberto J., Nadira Raman and Perez Jimenez L. G., "Optimal Coordination of Directional Overcurrent Relay in Interconnected Power Systems", IEEE

گسسته	۱۰	۱	۲۰	حالت ۲
گسسته	۰	۲	۱	حالت ۳
پیوسته	۱۰۰	۲	۱	حالت ۴

## ۳-۶) بررسی نتایج

با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای مقادیر مختلف پارامترها نتایج خروجی برای TSM رله ها بدست آمده است. برای مقایسه نتایج علاوه بر TSM ها زمان عملکرد رله ها نیز در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۸: نتایج خروجی الگوریتم ژنتیک

حالتها	حالت ۱ $\alpha_1 = 1$ $\alpha_2 = 2$ $\beta_2 = 100$	حالت ۲ $\alpha_1 = 20$ $\alpha_2 = 1$ $\beta_2 = 10$	حالت ۳ $\alpha_1 = 1$ $\alpha_2 = 2$ $\beta_2 = 0$	حالت ۴ $\alpha_1 = 1$ $\alpha_2 = 2$ $\beta_2 = 100$
$TSM_1$	0.30	0.25	0.15	0.30
$TSM_2$	0.35	0.30	0.05	0.35
$TSM_3$	0.35	0.30	0.15	0.30
$TSM_4$	0.15	0.15	0.10	0.20
$TSM_5$	0.05	0.05	0.05	0.05
$TSM_6$	0.20	0.15	0.05	0.20
$TSM_7$	0.20	0.15	0.01	0.20
$TSM_8$	0.05	0.05	0.05	0.05
$t_1$	0.818	0.682	0.370	0.818
$t_2$	0.863	0.740	0.117	0.864
$t_3$	0.908	0.778	0.370	0.778
$t_4$	0.511	0.511	0.288	0.681
$t_5$	0.219	0.219	0.172	0.219
$t_6$	0.583	0.437	0.133	0.583
$t_7$	0.608	0.456	0.281	0.608
$t_8$	0.208	0.208	0.159	0.208
$\Delta t_{41}$	+0.111	-0.059	-.255	-0.059
$\Delta t_{62}$	+0.037	+0.037	-.400	+0.037
$\Delta t_{73}$	+0.056	+0.056	-.259	-0.095
$\Delta t_{86}$	+0.161	-0.031	-.393	+0.161
$\Delta t_{54}$	+0.038	+0.038	-.227	+0.257
$\Delta t_{87}$	+0.183	-0.014	-.209	+0.183

حالت ۱ و حالت ۲ مربوط به روش جدید با تابع هدف اصلاح شده می‌باشند. روش ۳ مربوط به روش هماهنگی رله های جریان زیاد با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد که مانند مقالات قبلی با تابع هدف قدیمی انجام شده است. در حالت ۴ از تابع هدف جدید استفاده شده است، اما مانند روشهای متداول TSM ها پیوسته در نظر گرفته شده اند و در نهایت جوابها گسسته سازی شده اند.

از حالت ۱ (ستون دوم) در جدول ۶ می‌توان دید که مقادیر TSM بدست آمده تا حد امکان کوچک می‌باشند. همچنین همه آنها در محدوده ۰,۰۵ تا ۱ قرار دارند.





Transactions on Power Delivery, Vol.-3, No.-3, pp. 903-911, July 1988.

[۳] Urdaneta A. J., Resterpo H., Sanchez J. and Fajardo J., "Coordination of Directional Overcurrent Relays Timing using Linear Programming", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.-11, No.-1, pp.122-129, January 1996.

[۴] B. Chattopadhyay, M. S. Sachdev, and T. S. Sidhu, "An on-line relay coordination algorithm for adaptive protection using linear programming technique," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 11, pp. 165–173, Jan. 1996.

[۵] H. A. Abyaneh and R. Keyhani, "Optimal coordination of overcurrent relays in power system by dual simplex method," in Proc. 1995 AUPEC Conf., vol. 3, Perth, Australia, pp. 440–445.

[۶] H. Askarian Abyaneh et al, "A new optimal approach for coordination of overcurrent relays in interconnected power Systems", IEEE Transaction on Power Delivery, vol.18, no2, April 2003.

[۷] C. W. So, K. K. Li, K. T. Lai, and K. Y. Fung, "Application of genetic algorithm for overcurrent relay coordination," Proc. 1997 IEE Conf. Developments in Power System Protection, pp. 66–69.

[۸] So C. W. and Li K. K., "Overcurrent Relay Coordination by Evolutionary Programming", Electric Power Systems Research, Vol.-53, pp. 83-90, 2000.

[۹] So C. W. and Li K. K., "Time Coordination Method for Power System Protection by Evolutionary Algorithm", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.-36, No.-5, pp. 1235-1240, September-October 2000.

[۱۰] So C. W. and Li K. K., "Intelligent Method For Protection Coordination", IEEE International Conference Of Electric Utility Deregulation Restructuring and Power Technology, Hong Kong, Apr. 2004.

[۱۱] Hossein Kazemi Kargar, Hossein Askarian Abyaneh, Vivian Ohis, Matin Meshkin, "Pre-processing of the Optimal Coordination of Overcurrent relays", Electric Power Research, Elsevier, June, 2005