



مشتاق
حسین مهدی پور
مهران
ش موسوی تاکامی
اسماعیل همدانی گلشن
وحیدی
زدیان ورجانی

هماهنگی بهینه رله‌های اضافه جریان و دیستانس
به صورت غیر خطی، با استفاده از الگوریتم ژنتیک

سید محمد حسینی
دانشیار گروه برق

مهدی رجائی
دانشجوی کارشناسی ارشد
گروه برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
با همکاری دفتر تحقیقات و استانداردهای شرکت برق منطقه‌ای خراسان
E-mail: mrajaec2004@gmail.com

واژه‌های کلیدی: رله دیستانس، رله اضافه جریان، مشخصه عملکردی غیر خطی،
الگوریتم ژنتیک، ضریب تنظیم زمانی و جریان تنظیم

چکیده

بطور معمولی، برای بالا بردن سطح حفاظتی شبکه‌های انتقال انرژی، از رله‌های اضافه جریان در کنار رله‌های دیستانس استفاده می‌گردد. این امر باعث می‌شود تا مساله هماهنگی رله‌های اضافه جریان و در نتیجه بدست آوردن پارامترهای تنظیم (ضریب تنظیم زمانی TMS، و جریان تنظیم Iset، رله اضافه جریان) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. در این مقاله، هماهنگی بین رله‌های دیستانس و اضافه جریان با در نظر گرفتن مدل غیر خطی رله اضافه جریان در تمام مراحل تنظیم صورت گرفته است. روش انتخاب شده برای حل مساله هماهنگی، الگوریتم ژنتیک (GA) می‌باشد. نتایج عددی به دست آمده با استفاده از این روش بیانگر محقق شدن این امر می‌باشد.

هماهنگی بهینه رله‌های دیستانس و اضافه جریان با در نظر گرفتن مشخصه غیر خطی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

حبیب رجبی مشهدی
دانشیار گروه برق

جواد ساده
استادیار گروه برق
sadeh@um.ac.ir

مهدی رجائی
دانشجوی کارشناسی ارشد برق-قدرت
mrajaee2004@gmail.com

دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

واژه‌های کلیدی: رله دیستانس، رله اضافه جریان، هماهنگی بهینه رله‌ها، مشخصه عملکردی غیر خطی، الگوریتم ژنتیک، ضریب تنظیم زمانی و جریان تنظیم.

چکیده

بطور معمولی، برای بالا بردن سطح حفاظتی شبکه‌های انتقال انرژی، از رله‌های اضافه جریان در کنار رله‌های دیستانس استفاده می‌گردد. این امر باعث می‌شود تا مساله هماهنگی رله‌های اضافه جریان و در نتیجه بدست آوردن پارامترهای تنظیم (ضریب تنظیم زمانی TMS، و جریان تنظیم Iset، رله اضافه جریان) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. در این مقاله، هماهنگی بهینه بین رله‌های دیستانس و اضافه جریان با در نظر گرفتن مدل غیر خطی رله اضافه جریان در تمام مراحل تنظیم صورت گرفته است. روش انتخاب شده برای حل مساله هماهنگی، الگوریتم ژنتیک (GA) می‌باشد. نتایج عددی بدست آمده با استفاده از این روش بیانگر محقق شدن این امر می‌باشد.

مقدمه

در شبکه‌های قدرت، برای حفاظت خطوط انتقال انرژی از رله‌های دیستانس استفاده می‌گردد. این رله‌ها دارای سه ناحیه حفاظتی بوده که برای هر ناحیه حفاظتی یک امپدانس تنظیم

در نظر گرفته می‌شود. چگونگی تنظیم نواحی سه‌گانه، کاملاً به ساختار شبکه انتقال بستگی داشته و با در اختیار داشتن داده‌های شبکه از قبیل امپدانس‌ها و جریانهای خطوط می‌توان رله‌های دیستانس را تنظیم کرد. برای بالا بردن سطح حفاظت شبکه، می‌توان از رله‌های اضافه جریان بعنوان پشتیبان در کنار رله‌های دیستانس استفاده نمود. قرار گرفتن رله‌های اضافه جریان در کنار رله‌های دیستانس بعنوان رله‌های پشتیبان، امر هماهنگی آنها را که تعیین بهینه دو پارامتر ضریب تنظیم زمانی (TMS) و جریان تنظیم (Iset) می‌باشد را پیچیده می‌نماید. از روشهای مختلفی مانند برنامه ریزی خطی و الگوریتم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای تعیین پارامترهای تنظیم استفاده شده است [۱-۵]. در مرجع [۱] نویسندگان این مقاله روشی به منظور بهینه‌سازی هماهنگی رله‌های اضافه جریان و دیستانس ارائه نموده‌اند، که در آن از مدل خطی شده مشخصه عملکردی رله اضافه جریان استفاده شده است. در

بیست و سومین کنفرانس بین‌المللی برق

$$\text{Minimize: } \sum_{i=1}^n t_{op_i} \quad (1)$$

$$t_{op_i} = f(TMS_i, I_{set_i}) = \frac{3 TMS_i}{\log_{10} \frac{I_{sc_i}}{I_{set_i}}}$$

n: تعداد رله‌های اضافه جریان

قیود این مسئله بهینه سازی به صورت زیر است:

$$TMS_{\min i} \leq TMS_i \leq TMS_{\max i} \quad (2)$$

$$t_{op_b}(z_m) - t_{op_m}(z_m) \geq CI \quad (3)$$

$$I_{load_i}^{Max} < I_{set_i} < I_{fault_i}^{Min} \quad (4)$$

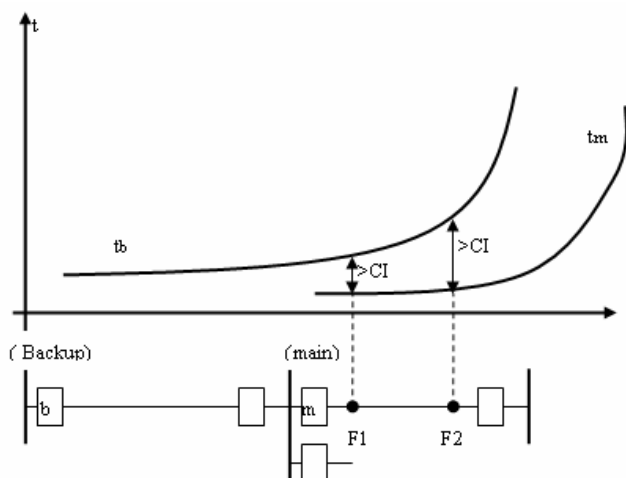
t_{op_i} : زمان عملکرد رله i ام

$t_{op_b}(z_m), t_{op_m}(z_m)$: زمانهای عملکرد رله اصلی و پشتیبان

در تمام ناحیه حفاظتی رله اصلی می‌باشد.

CI: فاصله زمانی هماهنگی

قید (3) برای هر جفت رله اصلی و پشتیبان (m,b) و برای خطاهای مربوط به ناحیه حفاظتی z_m بکار می‌رود. که با توجه به شکل ۱ خطاهای مربوطه توسط نقاط F1 و F2 مشخص شده اند. با در نظر گرفتن قید (4) جریان تنظیم هر رله باید از ماکزیمم جریان بار بیشتر و از مینیمم جریان خطا کمتر باشد تا در مقابل بار عکس العمل نداشته و با کمترین جریان خطا رله فعال شود.



شکل (۱): هماهنگ کردن رله‌های اضافه جریان

این شرایط فرض شده که جریان تنظیم رله‌های اضافه جریان از قبل مشخص شده و زمان عملکرد رله‌های اضافه جریان به صورت خطی با ضریب تنظیم زمانی رله (TMS) متناسب‌اند. در صورتیکه در شرایط واقعی تابع زمان عملکرد رله می‌تواند تابعی غیر خطی و پیچیده از جریان تنظیم و ضریب تنظیم زمانی رله باشد. ضمن اینکه تعیین جریان تنظیم رله به صورت بهینه نیز می‌تواند در راستای کاهش زمان عملکرد مجموعه رله‌های سیستم تاثیرگذار باشد. در نظر گرفتن جریان تنظیم رله‌ها به عنوان پارامتر بهینه‌سازی می‌تواند باعث غیر خطی شدن معادله مشخصه عملکردی رله شده و از طرفی می‌تواند در رسیدن به پاسخ بهینه مفید واقع شود. لذا در این مقاله از مدل غیر خطی رله اضافه جریان به منظور دستیابی به پاسخ بهینه هماهنگی رله‌ها استفاده شده است. در مرجع [2] نیز برای هماهنگی بهینه رله‌های اضافه جریان به صورت خطی، از الگوریتم ژنتیک استفاده گردیده است. مرجع [3] از تکنیک PSO در امر هماهنگی بهینه رله‌های اضافه جریان با در نظر گرفتن مدل غیر خطی رله، استفاده کرده است. کاهش قیدهای مساله هماهنگی روشی است که در مرجع [3] به آن پرداخته شده است. با کاهش قیدها زمان اجرای برنامه برای یافتن جواب کاهش یافته و عمل بهینه سازی بهبود می‌یابد. در این مقاله از تکنیک الگوریتم ژنتیک برای تعیین جریان تنظیم و TMS رله‌های اضافه جریان در امر هماهنگی آنها که بعنوان پشتیبان رله‌های دیستانس بکار برده می‌شوند استفاده می‌شود. از آنجا که مدل مشخصه عملکردی رله‌های اضافه جریان بر حسب پارامترهای تنظیم معمولاً "یک تابع غیر خطی است، این مسئله به صورت یک مسئله برنامه ریزی غیر خطی مدل شده و توسط الگوریتم ژنتیک حل شده است.

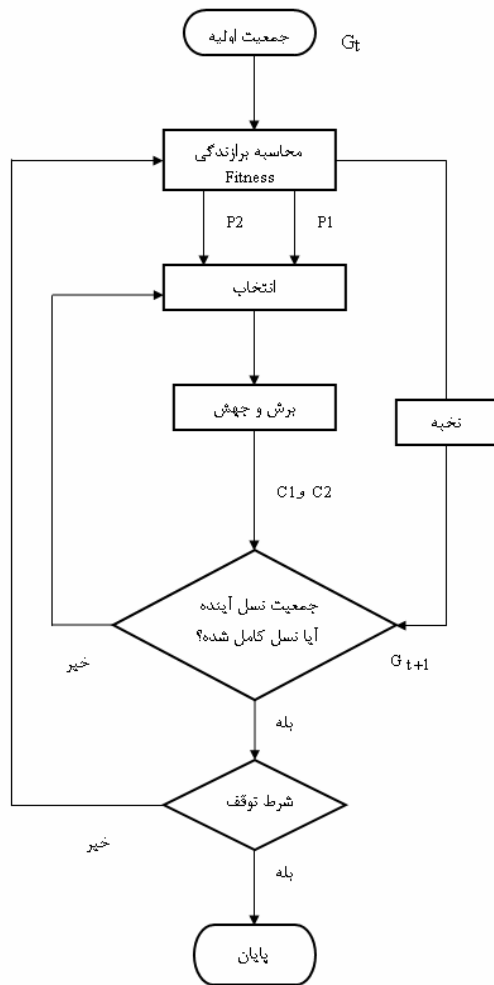
تنظیم رله‌های اضافه جریان

تابع هدف و قیودی که برای بدست آوردن پارامتر TMS و Iset بکار می‌رود بصورت زیر تعریف می‌شود [4]:

بیست و سومین کنفرانس بین‌المللی برق

فرمولبندی مسئله هماهنگی رله‌های شبکه به کمک الگوریتم ژنتیک

یکی از قدرتمندترین روشهای جستجوی تصادفی جهت حل مسائل بهینه سازی روش GA بوده که مبتنی بر تئوری تکامل است. از ویژگیهای بارز این روش می‌توان به ساده بودن و مدولار بودن آن اشاره کرد. بعبارتی دیگر نیازی نیست تا برای هر مساله ای تغییرات اساسی در آن ایجاد کرد. در شکل ۳ مراحل عملکرد GA نشان داده شده است. برای حل یک مساله با استفاده از GA، باید کدینگ مناسبی انتخاب کرد. این کدینگ که یک پاسخ شدنی مساله می‌باشد به صورت یک کروموزم چند بیتی تعریف می‌شود. طول کروموزوم در نظر گرفته شده برای اعمال هماهنگی رله‌ها در این مقاله، دو برابر تعداد رله‌های اضافه جریان بکار رفته در شبکه در نظر گرفته شده است (برای هر رله اضافه جریان یک متغیر TMS و یک متغیر Iset) (مطابق شکل ۴).



شکل (۳): روند اجرایی الگوریتم ژنتیک

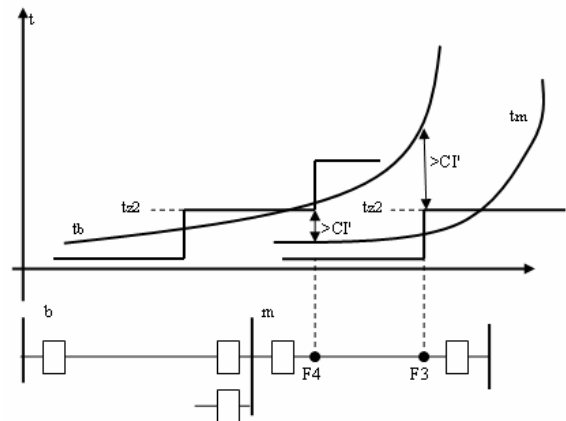
در نظر گرفتن رله‌های دیستانس

زمانیکه شبکه با رله‌های دیستانس محافظت می‌شود عمل حفاظت هر خط توسط رله اصلی و پشتیبان آن خط صورت می‌گیرد. سطح حفاظتی شبکه انتقال با قرار گرفتن رله‌های اضافه جریان در کنار رله‌های دیستانس افزایش می‌یابد. در صورت وقوع خطا ابتدا رله دیستانس خط عمل نموده و در صورت عمل نکردن رله دیستانس، نوبت به رله اضافه جریان خط می‌رسد. در صورت عمل نکردن رله‌های اصلی، رله دیستانس پشتیبان و در نهایت رله اضافه جریان پشتیبان عمل خواهد کرد. برای برقراری توالی حفاظت ذکر شده باید دو قید دیگر را با توجه به شکل ۲ به قیدهای مساله هماهنگی اضافه کرد.

$$t_b(F3) - t_{z2} \geq CI' \quad (5)$$

$$t_{z2} - t_m(F4) \geq CI' \quad (6)$$

در این رابطه t_{z2} زمان عملکرد زون دوم رله‌های دیستانس فرض شده است. قید (5) بیانگر این مطلب است که زمان عملکرد رله اضافه جریان پشتیبان باید کندتر از زمان زون دوم رله دیستانسی که همراه با رله اضافه جریان اصلی است باشد. CI' یک فاصله زمانی هماهنگی بوده که با CTI بکار رفته در قیدهای رله اضافه جریان ممکن است متفاوت باشد. در قید (6) زون دوم رله دیستانس پشتیبان باید کندتر از زمان عملکرد رله اضافه جریان اصلی m باشد.



شکل (۲): هماهنگی بین رله‌های دیستانس و اضافه جریان

بيست و سومين كنفرانس بين‌المللي برق

$$Fitness = \sum_{i=1}^n top_i + \alpha_1 \sum_{j=1}^k (t_{opj}(F1) - t_{opj}(F1) + CI)^2 + \alpha_2 \sum_{j=1}^k (t_{Z2} - t_{bj}(F3) + CI')^2 + \alpha_3 \sum_{j=1}^k (t_{mj}(F4) - t_{Z2} + CI')^2$$

تعداد جفت رله‌هاي اصلي و پشتيبان k:

ضرائب $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ به ترتيب وزن هاي قيود (3)، (5) و (6) در تابع برازندگي مي‌باشند. در صورت برقرار بودن هر کدام از قيدها، ضرائب صفر بوده در غير اينصورت براي آنها مقدار 10 در نظر گرفته مي شوند.

در ادامه با استفاده از ايده جريره مي‌توان قيود (2) و (4) را لحاظ كرد. از آنجا كه مساله همه‌انگي بصورت غير خطي در نظر گرفته شده بايد ضمن اينكه قيود (2) و (4) را با استفاده از ضريب جريره مستقيم اعمال مي‌كنيم بصورت غير مستقيم در بقيه قيود نيز جريره اعمال شود. زيرا GA با بدست آوردن Iset منفي و TMS مثبت و يا بر عكس براي رله‌ها، تمام قيدها را نقض كرده و پارامتر $\sum top_i$ تابع برازندگي را بصورت منفي افزايش داده تا به بهترين برازندگي دست يابد. مهمترين قسمت اعمال قيود (2) و (4)، لحاظ كردن آنها بصورت غير مستقيم در تابع برازندگي مي‌باشد. براي انجام اينكار بصورت روابط زير عمل مي‌كنيم.

$$top_i = f_i \cdot TMS_i$$

$$f_i = \frac{3}{\log_{10} \frac{I_{sc_i}}{I_{set_i}}}$$

در صورت برقرار بودن قيود (2) و (4):

$$f_i = \frac{3}{\log_{10} \frac{I_{sc_i}}{I_{set_i}}}$$

در غير اينصورت:

$$f_i = A$$

A ضريب ثابت بوده كه داراي مقدار عددي مثبت مي‌باشد. در نهايت تابع برازندگي بصورت رابطه (8) تعريف مي‌شود. ضرائب β و γ بكار رفته در تابع برازندگي، ضرائب پنالتی بوده

TMS1	TMS2	...	TMSn	Iset1	Iset2	...	Isetn
------	------	-----	------	-------	-------	-----	-------

شكل (4): كروموزم در نظر گرفته شده

در ابتدا بايد يك جمعيت اوليه براي جستجوي يك فضاي معين تعريف شود. جمعيت اوليه را بايد متناسب با تعداد متغيرهاي طراحي مساله در نظر گرفت. از عملگر انتخاب (selection) براي انتخاب كروموزومي كه داراي معيار برازندگي بالا بوده استفاده مي‌شود. در واقع شانس بيشتري براي افراد بهتر در نظر گرفته مي‌شود. عملگرهاي برش (crossover) و جهش (mutation) براي نوآوري بكار مي‌روند. اين عملگرها نقاطي (افراد) را در همسايگي نقاط قبلي ايجاد مي‌كنند كه باعث بهتر يا بدتر شدن جواب مي‌شود. اگر عملگر برش و جهش ضعيف باشد الگوريتم ژنتيك زياد جستجوگر نخواهد بود.

معيار برازندگي Fitness

براي اينكه افراد (كروموزوم‌ها) با هم مقايسه شوند معياري لازم است تا مشخص كند كه کدام فرد بر ديگري برتري دارد. در مساله همه‌انگي رله‌ها اين معيار توسط تابع هدف كه مينيمم كردن مجموع زمان عملكرد رله‌هاي اضافه جريان است مشخص مي‌شود.

$$\text{objective function : } \text{minimum } \sum_{i=1}^n top_i$$

$$Fitness = \sum top_i \quad (7)$$

طبق رابطه (7) هر كروموزومي كه داراي مجموع زمان عملكرد كمترى باشد شانس بيشتري براي انتخاب شدن خواهد داشت.

چگونگي مدل كردن قيود در الگوريتم ژنتيك

براي اعمال كردن قيود در تابع Fitness بايد زمانيكه GA به ناحيه جواب نزديك مي‌شود Fitness بهتر شده تا الگوريتم ژنتيك سرگردان نشود. در واقع به الگوريتم ژنتيك بايد جهت داد. قيدهاي (3)، (5) و (6) بصورت رابطه زير لحاظ شده‌اند.

بیست و سومین کنفرانس بین‌المللی برق

جدول (۲): اطلاعات ترانسفورماتورها

Extreme nodes	Sn(MVA)	Vp(kV)	Vs(kV)	x(%)
7 1	150.0	10.0	150.0	4.0
8 6	150.0	10.0	150.0	4.0

جدول (۳): اطلاعات ژنراتورها

node	Sn(MVA)	Vn(kV)	xsub(%)
7	150.0	10.0	15.0
8	150.0	10.0	15.0

جدول (۴): اطلاعات بارها

node	P(MW)	Q(Mvar)
2	40.0	20.0
3	60.0	40.0
4	70.0	40.0
5	70.0	50.0

نتایج

در مرحله اول، پارامترهای تنظیم برای حالتی که فقط از رله‌های اضافه جریان در شبکه استفاده شده باشد تعیین گردیده اند. ابتدا جریان تنظیم رله‌ها با استفاده از برنامه پنخس بار بدست آمده سپس به کمک برنامه ریزی خطی (LP) و GA پارامتر ضریب تنظیم زمانی (TMS) رله‌ها بدست آمده است. از آنجا که برنامه Linear به جواب Global دست می‌یابد GA نیز به همان جواب رسیده است. نتایج مربوط به این قسمت را در جدول (۵) ارائه شده است.

در ادامه، با استفاده از GA، جریان تنظیم و TMS رله‌های اضافه جریان بدست آمده است. این پاسخ‌ها در جدول (۶) نشان داده شده است.

در جدول (۷) نتایج نهایی مربوط به پارامترهای تنظیم رله اضافه جریان زمانیکه بعنوان رله پشتیبان در کنار رله دیستانس قرار می‌گیرد ارائه شده است. برای تنظیم جریان رله‌های اضافه جریان، ۷ تپ تنظیم (0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2, 2.5) در نظر گرفته شده است. نحوه انتخاب t_{z2} بر مبنای اطلاعات مرجع [۵] که در آن به محاسبه بهینه زون دوم رله‌های دیستانس پرداخته شده می‌باشد.

که در صورت برقراری قیود (2) و (4) دارای مقدار صفر و در غیر اینصورت دارای مقدار عددی ۱۰۰ می‌باشند.

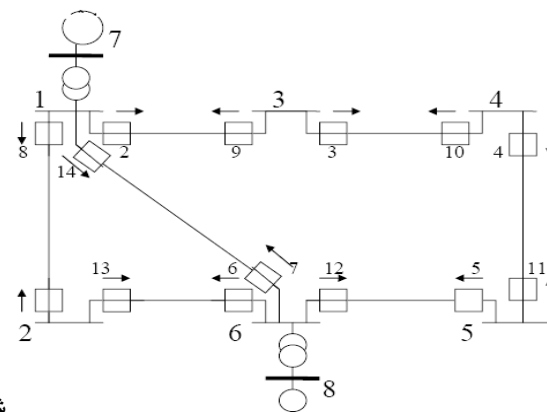
$$\begin{aligned}
 Fitness = & \sum_{i=1}^n t_{opi} + \alpha_1 \sum_{j=1}^k (t_{opmj}(F1) - t_{opbj}(F1) + CI)^2 \\
 & + \alpha_2 \sum_{j=1}^k (t_{z2} - t_{bj}(F3) + CI')^2 \\
 & + \alpha_3 \sum_{j=1}^k (t_{mj}(F4) - t_{z2} + CI')^2 \\
 & + \sum_{i=1}^n \beta_i + \sum_{i=1}^n \gamma_i \quad (8)
 \end{aligned}$$

شرط توقف

حداکثر نسل تولید شده G_{max} و همچنین عدم بهبود قابل توجه در نتایج تا چند نسل جلوتر می‌تواند شرط توقف در نظر گرفته شود.

شبکه مورد مطالعه

برای پیاده سازی روش پیشنهادی از شبکه ۸ باسه شکل (۵) استفاده شده است. در باس ۴، اتصالی به شبکه‌های دیگر وجود دارد که با قدرت اتصال کوتاه 400MVA مدل شده است. اطلاعات مربوط به این شبکه در جداول (۱) تا (۴) ارائه شده است [۶].



ش

کل (۵): شبکه مورد مطالعه

جدول (۱): پارامترهای خطوط

Extreme nodes	R(Ω/km)	X(Ω/km)	Y(S/km)	L(km)
1 2	0.0040	0.0500	0.0	100.0
1 3	0.0057	0.0714	0.0	70.0
3 4	0.0050	0.0563	0.0	80.0
4 5	0.0050	0.0450	0.0	100.0
5 6	0.0045	0.0409	0.0	110.0
2 6	0.0044	0.0500	0.0	90.0
1 6	0.0050	0.0500	0.0	100.0

بیست و سومین کنفرانس بین‌المللی برق

جدول (۶): تنظیمات رله‌های اضافه جریان بدون در نظر گرفتن رله‌های دیستانس

relay no.	CT ratio	TMS	Iset
1	240.0	0.1000	0.8000
2	240.0	0.2024	1.5000
3	160.0	0.2740	0.6000
4	240.0	0.1165	0.6000
5	240.0	0.1000	0.5000
6	240.0	0.1582	0.8000
7	160.0	0.5402	0.6000
8	240.0	0.1398	1.0000
9	160.0	0.1000	0.6000
10	240.0	0.1000	0.8000
11	240.0	0.1501	0.6000
12	240.0	0.2041	0.8000
13	240.0	0.1692	0.6000
14	160.0	0.1262	0.8000

جدول (۵): نتایج بدست آمده از برنامه LP و GA

relay no.	TMS بدست آمده از برنامه LP	TMS بدست آمده از GA
	LP Fitness=4.09	Fitness=4.1
1	0.1000	0.1000
2	0.1000	0.1000
3	0.1050	0.1165
4	0.1462	0.1475
5	0.1000	0.1000
6	0.1728	0.1845
7	0.1503	0.1504
8	0.1688	0.1687
9	0.1000	0.1000
10	0.1000	0.1000
11	0.1847	0.1842
12	0.1157	0.1156
13	0.1000	0.1000
14	0.1529	0.1600

جدول (۷): نتایج مربوط به هماهنگی رله‌های دیستانس و اضافه جریان

Relay no.	Case1:		Case2:		Case3:		Case4:		Case5:	
	Iset	TMS	Iset	TMS	Iset	TMS	Iset	TMS	Iset	TMS
	CTI(s)=0.5 CTI'(s)=0.5 tz2(s)=0.98 Fitness=69.41		CTI(s)=0.5 CTI'(s)=0.4 tz2(s)=0.78 Fitness=47.16		CTI(s)=0.5 CTI'(s)=0.3 tz2(s)=0.68 Fitness=31.73		CTI(s)=0.5 CTI'(s)=0.2 tz2(s)=0.58 Fitness=19.95		CTI(s)=0.5 CTI'(s)=0.1 tz2(s)=0.48 Fitness=12.32	
1	0.5	0.2801	0.5	0.2297	0.6	0.1852	0.6	0.1534	1.0	0.1057
2	2.5	0.2810	2.5	0.2280	2.5	0.1916	2.5	0.1589	2.5	0.1340
3	1.5	0.3485	1.5	0.2800	1.5	0.2378	1.5	0.1994	1.5	0.1520
4	0.5	0.3157	0.7	0.2395	0.8	0.2039	1.0	0.1612	0.8	0.1310
5	0.6	0.1000	0.6	0.1005	0.6	0.1001	0.5	0.1000	0.5	0.1000
6	0.5	0.4204	0.6	0.3280	1.0	0.2682	1.0	0.2159	1.0	0.1904
7	0.5	0.4534	0.5	0.3602	0.5	0.3076	0.8	0.2482	0.8	0.1998
8	0.8	0.4010	0.6	0.3342	0.8	0.2730	0.6	0.2627	0.6	0.2232
9	0.6	0.1000	0.6	0.1053	0.6	0.1000	0.6	0.1000	0.8	0.1000
10	1.0	0.1623	1.0	0.1282	1.0	0.1076	1.0	0.1000	1.0	0.1000
11	0.5	0.4166	0.6	0.3197	0.8	0.2663	1.5	0.1953	0.8	0.1771
12	2.0	0.3024	2.0	0.2364	2.0	0.2030	2.0	0.1747	2.0	0.1511
13	0.5	0.3127	0.8	0.2341	0.5	0.2120	1.5	0.1416	1.0	0.1214
14	0.5	0.4233	0.5	0.3338	0.8	0.2761	0.6	0.2337	1.5	0.1662

تست نتایج

به منظور ارزیابی صحت تنظیمات، عملکرد رله‌ها در اثر خطای اتصال کوتاه در دو نقطه از شبکه بررسی گردیده است. اولین نقطه ایجاد خطای اتصال کوتاه، وسط خطی است که باس 3 را به 4 وصل می‌کند (شکل (۶)). و دومین نقطه، ۴۰٪ خط جلوی رله ۷ (شکل (۷)) می‌باشد. دلیل انتخاب نقطه اول بخاطر عمومی بودن آن و نقطه دوم بخاطر ویژگی خاص آن می‌باشد. در شبکه‌هایی که مانند شبکه مورد مطالعه شکل (۵)

بصورت حلقوی می‌باشند تنظیم رله‌های مقابل باس تولید از پیچیدگی خاصی برخوردار است. مانند رله‌های 5 و 9 که به ترتیب پشتیبان رله‌های 6، 7 و 8، 14 می‌باشند. زمانیکه در خطوط جلوی رله‌های 6، 7، 8، 14 اتصال کوتاه اتفاق می‌افتد چنانچه رله‌های پشتیبان 5 و 9 درست تنظیم نشده باشند ممکن است جریان خطای عبوری از آنها از جریان تنظیمشان کمتر بوده در نتیجه بعنوان پشتیبان رله‌های اصلی عمل نکنند. اگر به جدول نتایج شکل (۷) توجه شود، در هر پنج حالت مورد بررسی، رله‌های 5 و 9 در کمترین مقدار ممکن تنظیم شده اند.

بیست و سومین کنفرانس بین‌المللی برق

جدول (۸): زمانهای عملکرد رله‌های ۲ و ۳ بر حسب ثانیه برای خطای وسط خط رله ۳

Relay	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
زمان عملکرد رله دیستانس ۳ (زون ۱)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
زمان عملکرد رله اضافه جریان ۳	0.90	0.73	0.62	0.52	0.396
زمان عملکرد رله دیستانس پشتیبان ۲	0.98	0.78	0.68	0.58	0.48
زمان عملکرد رله اضافه جریان پشتیبان ۲	1.09	0.88	0.74	0.62	0.52

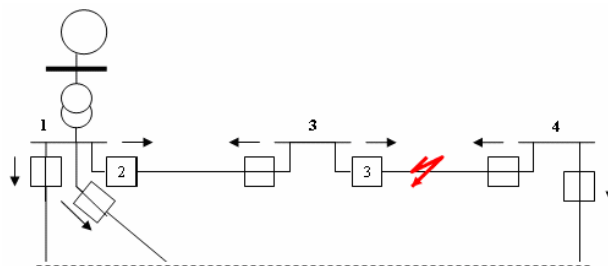
جدول (۹): زمانهای عملکرد رله‌های ۵ و ۷ بر حسب ثانیه

Relay	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
زمان عملکرد رله دیستانس ۷ (زون ۱)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
زمان عملکرد رله اضافه جریان ۷	0.84	0.67	0.57	0.53	0.42
زمان عملکرد رله دیستانس پشتیبان ۵	0.98	0.78	0.68	0.58	0.48
زمان عملکرد رله اضافه جریان پشتیبان ۵	0.738	0.741	0.738	0.617	0.617

بعبارتی رله اضافه جریان پشتیبان ۵ و ۹ سریعتر از رله دیستانس پشتیبان ۵ و ۹ عمل می‌کند. این شرایط در جدول (۹) نشان داده شده است. در حالت ۱ ($CTI=0.5, CTI^2=0.5$) و حالت ۲ ($CTI=0.5, CTI^2=0.4, tz_2=0.78$) و حالت ۳ ($CTI=0.5, CTI^2=0.4, tz_2=0.98$) زمان عملکرد رله اضافه جریان پشتیبان ۵ کمتر از رله دیستانس پشتیبان ۵ است. اما در بقیه حالتها ترتیب عملکرد رله‌های پشتیبان تغییر نکرده است. از آنجا که گاهی اوقات بناچار برای تنظیم بهینه زون دوم رله‌های دیستانس، زمان آنها بالا انتخاب می‌شود سریعتر عمل کردن رله‌های اضافه جریان پشتیبان نسبت به رله‌های دیستانس پشتیبان می‌تواند یک مزیت باشد. و همچنین می‌تواند اهمیت قرار گرفتن رله‌های اضافه جریان بعنوان پشتیبان رله‌های دیستانس را نشان دهد.

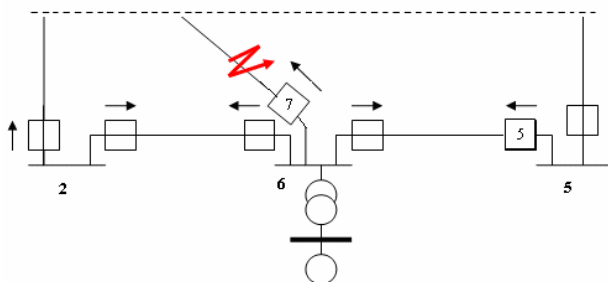
نتیجه گیری

در این مقاله با بکار بردن الگوریتم ژنتیک نحوه تنظیم رله‌های اضافه جریان در صورتیکه بعنوان پشتیبان رله‌های دیستانس بکار برده شوند بررسی گردید. همچنین نشان داده شد که با بکار بردن این الگوریتم برای حل مساله هماهنگی بصورت



شکل (۶): وقوع خطای اتصال کوتاه در وسط خط واسط بین باسهای ۳ و ۴

در جدول (۸) زمان عملکرد رله‌های اصلی و پشتیبان ۳ و ۲ برای خطای صورت گرفته در وسط خط رله ۳ نشان داده شده است. در هر پنج حالت ترتیب عملکرد بصورتی بوده که ابتدا رله دیستانس ۳ وارد عمل شده در صورت عمل نکردن، رله اضافه جریان ۳ عمل خواهد کرد.



شکل (۷): وقوع خطای اتصال کوتاه در فاصله ۴۰٪ از باس ۶ روی خط واسط بین باسهای ۱ و ۶

ترتیب عملکرد برای رله‌های پشتیبان نیز به همین ترتیب بوده یعنی ابتدا رله دیستانس پشتیبان ۲ و نهایتاً رله اضافه جریان پشتیبان ۲ عمل خواهد نمود. بعنوان مثال در حالت ۵ زمانهای عملکرد برای این خطای معین بدین ترتیب بوده که رله دیستانس ۳ آنرا عمل نموده سپس رله اضافه جریان ۳ پس از 396ms، رله دیستانس پشتیبان ۲ در 480ms و رله اضافه جریان پشتیبان ۲ در 520ms عمل خواهد کرد. این ترتیب توالی برای تمام رله‌ها غیر از رله‌های ۶، ۷، ۸ و ۱۴ زمانیکه خطا مقابل آنها اتفاق می‌افتد نیز برقرار است. زیرا زمانیکه خطا در خطوط مربوط به رله‌های ۶، ۷، ۸ و ۱۴ اتفاق بیافتد در بعضی شرایط ترتیب عملکرد رله‌های پشتیبان آنها (۵ و ۹) جابجایی شود.

بیست و سومین کنفرانس بین‌المللی برق

غیر خطی، پروسه تعیین جریان تنظیم رله‌های اضافه جریان که برای بعضی از رله‌های خاص پیچیده و زمانبر است و با استفاده از برنامه پخش بار بدست می‌آید حذف می‌گردد.

مراجع

- [1] رجائی، مهدی؛ رجبی مشهدی، حبیب؛ ساده، جواد؛ "هماهنگی بهینه رله‌های اضافه جریان و دیستانس در شبکه‌های قدرت با استفاده از الگوریتم ژنتیک"، بیست و دومین کنفرانس بین‌المللی برق، آبان ماه ۸۶ تهران.
- [2] F. Razavi, H. Askarian Abyaneh, M. Al-Dabbagh, R. Mohammadi and H. Torkaman, "A new comprehensive genetic algorithm method for optima overcurrent relays coordination", Electric Power Systems Research to be published, 2007.
- [3] H.H.Zeineldin, E.F.El-Saadany and M.M.A.Salama, "Optimal coordination of overcurrent relays using a modified particle swarm optimization", Electric Power Systems Research 76 (2006) 988-995.
- [4] H. Kazemi Karegar, H. Askarian Abyaneh, V. Ohis and M. Meshkin, "Pre-processing of the optimal coordination of overcurrent relays", Electric Power Systems Research 75 (2005) 134-141.
- [5] L. Perez and A. J. Urdaneta, "Optimal Computation of Distance Relays Second Zone Timing in a Mixed Protection Scheme With Directional Overcurrent Relays", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.16, No. 3, July 2001.
- [6] A. S. Braga and J. T. Saraiva, "Coordination of overcurrent directional relays in meshed networks using the simplex method", IEEE 1996.
- [7] A. J. Urdaneta, R. Nadira and L. G. Perez Jimenez, "Optimal coordination of directional overcurrent relays in interconnected power system", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 3, No. 3, July 1988.
- [8] C.W. So and K.K.Li, "Overcurrent relay coordination by evolutionary programming", Electr. Power Syst. Res. 53 (2000), pp. 83-90.
- [9] H.H. Zeineldin, E.F. El-Saadany and M.M.A. Salama, "Optimal coordination of overcurrent relays using a modified particle swarm optimization", Electric Power Systems Research 76 (2006) 988-995.
- [10] A.Y. Abdelaziz, H.E.A. Talaat, A.I. Nosseir, Ammar A. Hajjar b, "An adaptive protection scheme for optimal coordination of overcurrent relays", Electric Power Systems Research 61 (2002) 1-9.
- [11] D. Birla, R. Prakash Maheshwari, H. Om Gupta, "Time-Overcurrent Relay Coordination: A Review", International Journal of Emerging Electric Power Systems, Volume 2, Issue 2 2005 Article 1039.
- [12] A. Conde Enríquez, Er. Vázquez Martínez, "Enhanced time overcurrent coordination", Electric Power Systems Research 76 (2006) 457-465.