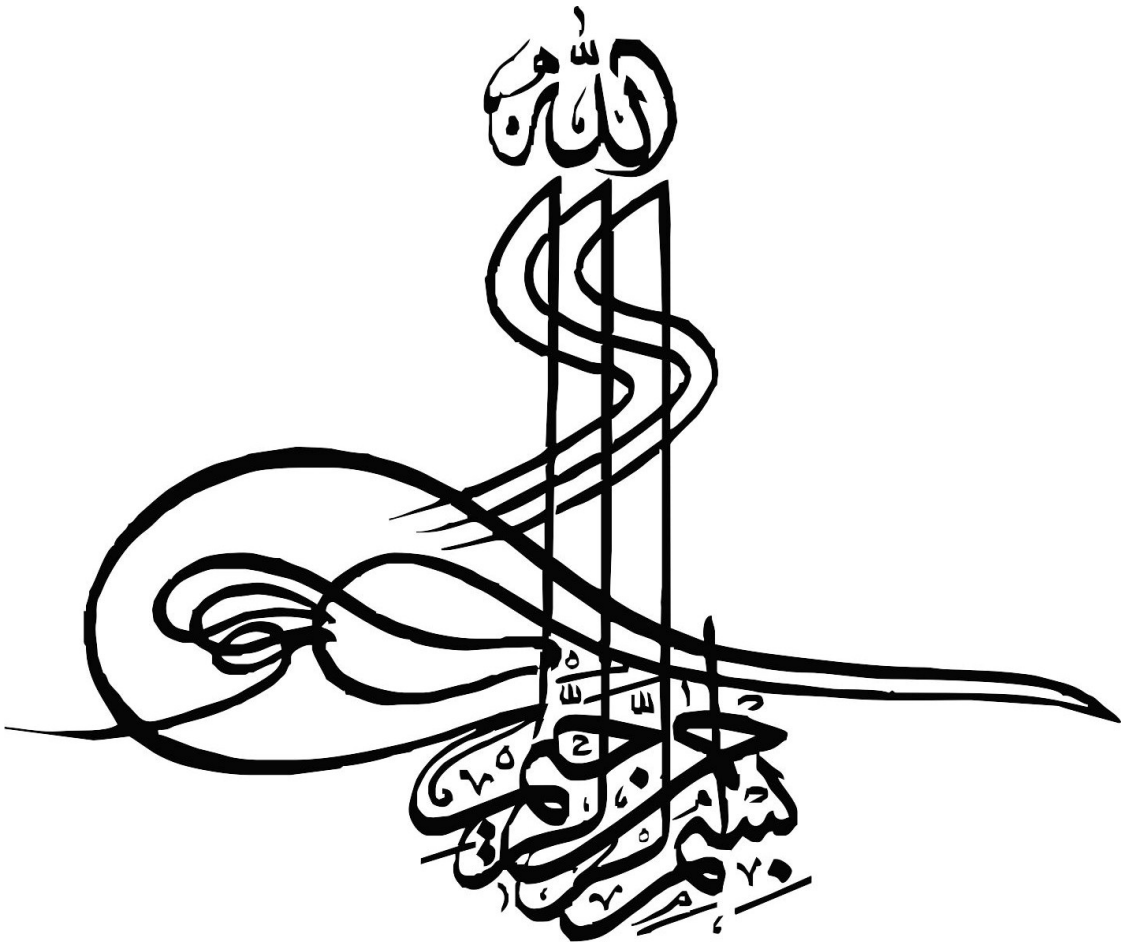
الله
بسم الله الرحمن الرحيم

پیوست 3

باسمه تعالی

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب محسن پورعلاء متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه/رساله قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می‌باشد.

نام ونام‌خانوادگی دانشجو
محسن پورعلاء
امضاء

تهران- لویزان- کدپستی 16788- صندوق پستی 163- 16785 تلفن 9-22970060 (داخلی 2347) نمابر 22970011 پست الکترونیکی
sru@sru.ac.ir

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

هماهنگی بهینه رله های اضافه جریان و دیستانس توسط الگوریتم دسته ذرات

نگارش

محسن پورفلاح

استاد راهنما : دکتر علی اکبر مطیع بیرجندی

استاد مشاور : دکتر رضا ابراهیم پور

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق قدرت

دی ماه ۹۰

شماره ۱۲۲۵۶
تاریخ ۹۰/۱۱/۹
پیوست دارد

بسمه

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

صورتجلسهٔ دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آقای **محسن پورفلاح** رشتهٔ: **برق- قدرت** با عنوان **همانگنی رله‌های اضافه جریان و دیستانس توسط الگوریتم ژنتیک**، که در تاریخ **۹۰/۱۰/۲۶** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

☑ قبول (بادرجه عالی امتیاز ۱۸.۸۰) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود.

۱ ـ عالی (۲۰ – ۱۹)

۲ ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ – ۱۸)

۳ ـ خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶)

۴ ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ – ۱۴)

۵- غیرقابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر علی‌اکبر مطیع‌بیرجندی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر رضا ابراهیم‌پور	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر فرید کربلایی	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر محمد شهرتاش	استاد یار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر رضا قندهاری	استادیار	

دکتر سعید علیایی

رئیس دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی
مدیریت تحصیلات تکمیلی

تهران، لویزان، کد پستی: ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸
صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵
تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس: ۲۲۹۷۰۰۳۳
Email: sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم به

پدرم که راه تمام زندگی من است و دلخوشی همیشگی

و

مادرم که با او زیستن، بهشت زندگی من است

چکیده

امروزه رله های اضافه جریان نقش بسیار مهمی را در حفاظت سیستم های قدرت ایفا می کنند و وجود رله های دیستانس در کنار رله های اضافه جریان، باعث افزایش لایه های حفاظتی و پیچیده تر شدن هماهنگی بین این رله ها خواهد شد. در سالهای اخیر، روشهای بهینه هوشمند به دلیل داشتن مزیت هایی چون حل مسائل غیرخطی، سرعت بالا، استفاده نکردن از مسائل پیچیده ریاضی و ... نسبت به روشهای بهنیه ریاضی، بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است.

برای هماهنگی رله ها ابتدا با تعیین نقاط بحرانی، اتصال کوتاه در آن نقاط صورت می گیرد و سپس قیود مسئله تشکیل داده شده و به کمک روش جدید، مسئله حل می شود. در این تحقیق ترکیب جدیدی با نام LP-PSO برای هماهنگی رله های دیستانس و اضافه جریان پیشنهاد شده است که ترکیبی از برنامه ریزی خطی و بهینه ساز دسته جمعی ذرات می باشد. هدف اصلی برنامه ریز خطی کاهش فضای جستجو و برقراری موازنه بین فرایند جستجوی سراسری و جستجوی محلی می باشد.

بهینه ساز PSO از مدل حرکت دسته جمعی ذرات برگرفته شده است و نسبت به روشهای هوش مصنوعی دیگر دو ویژگی اساسی دارد : سرعت زیاد در همگرایی به جواب بهینه و آسان بودن الگوریتم و کدنویسی. بررسی های صورت گرفته و مقایسه نتایج با دیگر روشهای بهینه و هوشمند نظیرالگوریتم ژنتیک، GA، نشان می دهد که هماهنگی بین رله ها به نحو مطلوب صورت گرفته است و زمان هماهنگی مینیموم تر شده است.

کلمات کلیدی : هماهنگی بهینه، رله اضافه جریان، رله دیستانس، برنامه ریزی خطی، الگوریتم دسته ذرات

فهرست

فصل اول : طرح مسأله

۱-۱ مقدمه..... ۱
۱-۲ رله های حفاظتی..... ۱
۱-۲-۱ رله های جریان زیاد ۲
۱-۲-۲ رله های دیستانس ۲
۱-۳ بکار بردن رله اضافه جریان در کنار رله دیستانس ۳
۱-۴ روش های هماهنگی..... ۳
۱-۴-۱ روش های هماهنگی معمولی..... ۳
۱-۴-۲ روش های هماهنگی بهینه..... ۶
۱-۴-۲- الف روش های ریاضی..... ۸
۱-۴-۲- ب روش های هوشمند..... ۱۵

فصل دوم : بررسی کارهای انجام شده

۲-۱ مقدمه..... ۱۷
۲-۲ بررسی مقاله های [۱۰]و[۱۱] ۱۷
۲-۲-۱ مشکلات هماهنگی بهینه رله ها در مقاله های ذکر شده..... ۱۸
۲-۲-۲ روش جدید..... ۱۹
۲-۲-۳ بررسی نتایج..... ۲۱
۲-۳ بررسی مقاله [۱۲]..... ۲۳
۲-۳-۱ فرمولاسیون مساله..... ۲۳
۲-۳-۲ بهینه سازی دسته ذرات..... ۲۵
۲-۳-۳ الگوریتم پیشنهادی pso اصلاح شده..... ۲۶
۲-۳-۴ نتایج شبیه سازی..... ۲۸
۲-۳-۵ نتیجه گیری..... ۳۱
۲-۴ بررسی مقاله [۱۳]..... ۳۱
۲-۴-۱ هماهنگ کردن رله های اضافه جریان..... ۳۱
۲-۴-۲ هماهنگ کردن رله های اضافه جریان و دیستانس ۳۲
۲-۴-۳ فرمولبندی برای الگوریتم ژنتیک ۳۲
۲-۴-۴ نتایج این مقاله ۳۳
۲-۴-۵ نتیجه گیری این مقاله ۳۶
۲-۵ نتیجه گیری ۳۷

فصل سوم : تشریح الگوریتم های و بیان الگوریتم پیشنهادی

۳-۱ مقدمه ۳۹
۳-۲ هماهنگ کردن رله های اضافه جریان ۳۹
۳-۳ هماهنگ کردن رله های اضافه جریان و دیستانس ۴۰
۳-۴ تابع هدف ۴۱
۳-۵ الگوریتم پیشنهادی ۴۲

فهرست

۳-۶ الگوریتم بهینه سازی دسته ذرات ۴۳
۳-۶-۱ فلوچارت بهینه ساز دسته ذرات ۴۹
۳-۷ برنامه ریزی خطی ۵۱
۳-۷-۱ فلوچارت برنامه ریزی خطی ۵۳
۳-۸ اعمال LP و چگونگی بدست آمدن مقادیر TSM بهینه ۵۶
۳-۹ اعمال PSO بر روی داده های برتر ۵۶
۳-۱۰ نتیجه گیری ۵۸

فصل چهارم : نتایج

۴-۱ مقدمه ۶۰
۴-۲ اطلاعات عمومی شبکه ۶۰
۴-۳ مقایسه نتایج الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم های دیگر ۷۰

نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۲

مراجع ۹۰

فهرست جداول

فصل اول

۱-۱ مجموعه قیود هماهنگی..... ۴

فصل دوم

۲-۱ نتایج خروجی الگوریتم..... ۲۲
۲-۲ نتایج شبیه سازی..... ۳۰
۲-۳ جریان تنظیم رله های اضافه جریان..... ۳۴
۲-۴ تنظیمات رله اضافه جریان..... ۳۵
۲-۵ تنظیمات نهایی رله اضافه جریان با وجود دیستانس..... ۳۶

فصل چهارم

۴-۱ اطلاعات شین ها..... ۶۰
۴-۲ اطلاعات ژنراتورها..... ۶۰
۴-۳ اطلاعات خطوط..... ۶۰
۴-۴ اطلاعات رله های اضافه جریان..... ۶۱
۴-۵ شماره رله های اصلی و رله های پشتیبان مربوط به هر خطا..... ۶۲
۴-۶ جریان اتصال کوتاه جفت رله ها..... ۶۴
۴-۷ پارامترهای کنترلی الگوریتم دسته ذرات..... ۶۵
۴-۸ نتایج خروجی برای تنظیم TSM و I_{set} رله ها..... ۶۶
۴-۹ مقدار تابع هدف..... ۶۶
۴-۱۰ زمان عملکرد ۴ جفت نمونه رله های اصلی و پشتیبان..... ۶۷
۴-۱۱ فاصله زمانی جفت رله های اصلی و پشتیبان..... ۶۸
۴-۱۲ تنظیمات بهینه زمانی رله ها توسط الگوریتم ژنتیک و پیشنهادی..... ۶۹
۴-۱۳ مقدار تابع هدف دو الگوریتم ژنتیک و پیشنهادی..... ۶۹

فهرست شکل ها

فصل دوم

۲-۱ فلوچارت الگوریتم..... ۲۰
۲-۲ شبکه ۸ شینه..... ۲۸
۲-۳ مقدار fitness..... ۲۹
۲-۴ مقدار TDS..... ۲۹
۲-۵ مقدار fitness الگوریتم پیشنهادی..... ۲۹
۲-۶ مقدار TDS الگوریتم پیشنهادی..... ۲۹
۲-۷ هماهنگ کردن رله های اضافه جریان..... ۳۱
۲-۸ هماهنگ کردن رله های دیستانس و اضافه جریان..... ۳۲
۲-۹ شبکه مورد مطالعه..... ۳۳

فصل سوم

۳-۱ هماهنگ کردن رله های اضافه جریان..... ۳۹
۳-۲ هماهنگ کردن رله های دیستانس و اضافه جریان..... ۴۰
۳-۳ رشته ورودی الگوریتم استاندارد..... ۴۱
۳-۴ رشته ورودی الگوریتم پیشنهادی..... ۴۲
۳-۵ دفع خطر شکارچی برای گروهی از ماهی ها..... ۴۲
۳-۶ چند مثال از الگوهای موجود در طبیعت..... ۴۴
۳-۷ بهترین موقعیت فردی ذره در فضای جستجو..... ۴۶
۳-۸ بهترین موقعیت گروهی دسته ذرات در فضای جستجو..... ۴۶
۳-۹ فلوچارت برنامه PSO..... ۴۹
۳-۱۰ شبه برنامه PSO ۵۰
۳-۱۱ فلوچارت برنامه ریزی خطی..... ۵۳
۳-۱۲ فلوچارت الگوریتم پیشنهادی..... ۵۷

فصل چهارم

۴-۱ شبکه هشت باسه IEEE..... ۵۹
۴-۲ تعیین رله اصلی و پشتیبان..... ۶۱

فهرست ضمیمه ها

ضمیمه۱ الگوریتم ژنتیک..... ۷۵
ضمیمه۲ الگوریتم برنامه ریزی خطی..... ۸۲

فصل اول

تعاریف،مفهوم و ضرورت ها

۱-۱- مقدمه

هدف از بررسی و تحلیل نتایج خطا در سیستم های قدرت، فراهم نمودن تمهیداتی است که در صورت بروز خطا، در حداقل زمان ممکن سیستم را قطع نماید و در نتیجه خسارت حداقل به سیستم وارد شود. سیستمی که پس از وقوع خطا سبب می شود حداقل قطعی برق در سیستم وجود داشته باشد و در عین حال حداقل خسارت به تجهیزات شبکه وارد شود، **حفاظت سیستم قدرت** نام دارد.[۱]

بطور کلی وقوع خطا نتایج زیانبارذیل را در پی دارد:

۱- با عبور جریانهای بزرگ غیر عادی از بخشی از شبکه، تجهیزات بیش از حد گرم می شوند.

۲- ولتاژهای سیستم خارج از میزان قابل قبول قرار می گیرد، در نتیجه این ولتاژها، ممکن است به تجهیزات شبکه خسارت وارد شود.

۳- در قسمتهایی از شبکه ممکن است سیستم سه فاز نامتعادل شود، به این معنی که تجهیزات بطور صحیح نتوانند کار کنند. لذا به منظور رفع خطا لازم است سیستم های حفاظتی بکار رود.

۱-۲- رله های حفاظتی

رله وسیله ای است که با باز وبسته کردن مدارشکنها سبب می شود که عملکرد وسایل و تجهیزات قدرت الکتریکی، تحت نظارت و کنترل قرار گیرد. عملکرد یک رله تشخیص شرایط غیر عادی در بخشی از شبکه قدرت است. به عبارت دیگر عملکرد رله سبب می شود بخش معیوب شبکه قدرت از بقیه شبکه جدا گردد که این امر باعث عملکرد صحیح بقیه سیستم خواهد شد. می توان سیستم های حفاظتی را به لحاظ تقدم و تاخر در حفاظت یک قطعه از تجهیزات، تقسیم بندی کرد که این دو نوع تقسیم بندی به سیستم های اصلی و پشتیبان معروفند.

وظیفه حفاظت اصلی این است که کلید قدرت مربوط به قسمت دچار خطا شده را با سرعت هر چه تمام تر قطع نماید. اما اگر حفاظت اصلی به هر دلیل عمل نکند، باید حفاظت پشتیبان عمل نماید. چنانچه حفاظت پشتیبان در محل حفاظت اصلی قرار گرفته باشد، به حفاظت پشتیبان محلی و چنانچه دور از حفاظت اصلی باشد، به حفاظت پشتیبان دور موسوم است.

در این تحقیق به دو نوع رله حفاظتی و هماهنگی آنها پرداخته شده است، که بطور مختصر در ذیل توضیح هر کدام آمده است.

۱-۲-۱- رله های جریان زیاد

رله های جریان زیاد بر دو نوعند :

الف- رله های زمان ثابت: رله برای زمان ثابتی مثلا t_0 ثانیه تنظیم می شود که با افزایش میزان جریان الکتریکی رله در همان زمان معین عمل میکند. هماهنگی این رله ها در شبکه های مختلف به دو صورت هماهنگی زمانی و جریانی صورت می گیرد.

ب- رله های با منحنی کار مشخصه کاهشی: اصول کار رله با مشخصه کاهشی بر این استوار است که وقتی جریان از رله عبور کند گشتاور گردنده ای بر روی دیسک ایجاد می شود که به جریان عبوری از رله بستگی دارد. هر چه میزان جریان عبوری بیشتر باشد گشتاور تولیدی بیشتر و سرعت گردش دیسک بیشتر می شود و در نتیجه رله سریعتر قطع می کند.

۱-۲-۲- رله های دیستانس

رله های دیستانس برای حفاظت خطوط انتقال بکار می روند و از آنجا که فاصله عیب را با اندازه گیری امپدانس مشخص می کنند، بدین نام مشهور شده اند. معمولا حفاظت اصلی خطوط انتقال رله های دیستانس و حفاظت پشتیبان این خطوط ، رله های جریان زیاد هستند.[۲]

رله های دیستانس صرفنظر از انواع مختلف آنها، بر مبنای اندازه گیری فاصله الکتریکی رله تا محل خطا کار می کنند. در مواقعی که حداقل جریان خطا قابل مقایسه با جریان بار باشد، این رله ها کاربرد وسیعی پیدا می کنند و این از آنجا ناشی می شود که رله های دیستانس به جریان حساس نیستند، بلکه امپدانس ظاهری(فاصله الکتریکی)تا محل خطا را می سنجند.

یک رله دیستانس با هر نوع منحنی مشخصه ای، دارای سه ناحیه حفاظتی می باشد. در ناحیه ۱ معمولا امپدانس معادل ۸۰٪ خط اول(خط اصلی)تنظیم می شود و زمان عملکرد آن خیلی سریع یعنی حدود۰/۰۱ ثانیه است.امپدانس تنظیم ناحیه دوم رله معمولا برابر کل امپدانس خط اصلی باضافه حدود ۵۰٪ امپدانس خط بعدی است و زمان عملکرد آن حدود ۰/۴ ثانیه است.ناحیه سوم رله دیستانس دارای امپدانس تنظیمی برابر کل خط اول باضافه کل خط دوم بعلاوه حدود ۲۵٪ خط سوم است.زمان عملکرد این ناحیه حدود ۰/۸ ثانیه است.

۱-۳- بکار بردن رله اضافه جریان در کنار رله دیستانس

دلیل بکار بردن رله اضافه جریان در کنار رله دیستانس در هماهنگی آنها بخاطر ویژگی های زیر می باشد:

الف) نقاطی در شبکه انتقال وجود دارد که اگر خطایی در این نقاط اتفاق بیافتد از دید رله های پشتیبان مخفی می ماند مانند اتفاق افتادن خطا در نزدیک باس باری که سمت دیگر آن به باس تولید وصل می شود و یا اینکه در خطوط انتقال به دلیل احتمال وقوع خطاهای زمین با مقاومت قوس بالا ممکن است از دید رله های دیستانس مخفی بماند.

ب) چند لایه حفاظت برقرار می شود . در صورت وقوع خطا ابتدا رله دیستانس خط اصلی عمل نموده و در صورت عمل نکردن این رله ، رله اضافه جریان خط اصلی عمل می کند و باز در صورت عمل نکردن این دو رله ابتدا رله دیستانس پشتیبان و در نهایت رله اضافه جریان پشتیبان عمل خواهد کرد.

۱-۴- روش های هماهنگی[۲]

برای هماهنگی رله ها از سال ۱۹۶۴ تا کنون روش های زیادی در مقاله های مختلف پیشنهاد شده است. در این تحقیق به بررسی این مقاله ها و محدودیت های هر روش پرداخته شده است.

با پیدایش کامپیوتر، روشهای هماهنگی حفاظت سیستم های قدرت ارائه شد که به دو دسته روشهای معمولی و روشهای بهینه تقسیم می شوند.

۱-۴-۱- روشهای هماهنگی معمولی

این روش های هماهنگی اولین روشهایی بودند که برای هماهنگی رله های جریان زیاد با استفاده از کامپیوتر ارائه شدند.در این روشها، هماهنگ کردن رله ها از یک نقطه شبکه آغاز شده ورله ها دو به دو هماهنگ می شوند.یعنی ابتدا TSM[1] یک رله را مشخص می کنند و سپس با استفاده از جفت جریان اتصال کوتاه، TSM رله پشتیبان آنرا به دست می آورند و به همین ترتیب ادامه می دهند تا تنظیم زمانی همه رله ها بدست آیند.

۱-۴-۱-الف- قواعد هماهنگی معمولی

[1] Time Setting Multiplier

از آنجا که مسأله هماهنگی به تجربه ، قضاوت انسانی و مشخصات وسایل حفاظتی مربوط می شود، کارخانجات سازنده تجهیزات وطراحان سیستم های حفاظتی شبکه های توزیع الکتریکی هرکدام نظریات و دیدگاههای خاصی راجع به نحوه تنظیم و هماهنگ نمودن وسایل حفاظتی دارند. برخی از سازندگان برای تنظیم هماهنگ و مطمئن وسایل حفاظتی که تولید نموده اند جداولی ارائه می نمایند که در شرایط مختلف ، اندازه تنظیمات و مقادیر نامی پیشنهادیشان را عرضه می کنند.

قیود یا قواعد هماهنگی به صورت مجموعه ای از نامساوی ها و تساوی ها بوده و لذا باعث می شود که بجای داشتن تنها یک جواب برای مسأله هماهنگی، جوابهای متعددی وجود داشته باشد اما این رابطه را به ازاء مقادیری از پارامترهای وسائل حفاظتی به کار می گیرند تا اینکه هماهنگی بین رله ها صورت گیرد و همچنین فاصله هماهنگی، حتی الامکان محدود نگردد.

بسته به نوع وسائل حفاظت اصلی و یا پشتیبان، باید محدودیت خاصی را برای هماهنگی آنها اعمال نمود.

جدول قواعد هماهنگی معمولی در جدول(۱-۱) آمده است.[۲]

جدول(۱-۱) مجموعه قیود هماهنگی

ردیف	نوع هماهنگی	قاعده هماهنگی
۱	رله - رله	$OT_{Rel}(B,I_{MF}) > OT_{Rel}(P,I_{MF}) + 0.4$
۲	رله - رکلوزر	$OT_{Rel}(B,I_{MF}) > TAT(IMF) + 0.2$
۳	رله - فیوز	$OT_{Rel}(B,I_{MF}) > TCT_{fus}(I_{MF}) + 0.35$
۴	رکلوزر - فیوز	$OT_{Rec}(B,F,I_{MF}) > OT_{Rec}(P,F,I_{MF})$ $OT_{Rec}(B,F,I_{MF}) > OT_{Rec}(P,D,I_{MF}) + 0.3$ $LO(B,P) = P$
۵	فیوز - فیوز	$MCT_{fus}(P,I_{MF}) < 0.75\times MMT_{fus}(B,I_{MF})$

۱-۴-۱-ب- قاعده هماهنگی معمولی رله – رله

قید هماهنگی رله – رله را می توان به صورت زیر بیان نمود :

$$OT_{Rel}(B,I_{MF}) > OT_{Rel}(P,I_{MF}) + 0.4 \qquad (۱-۱)$$

OT_{Rel} : زمان عملکرد رله

B : حفاظت پشتیبان

P : حفاظت اصلی

البته در این حالت نیز می توان فاصله هماهنگی دو رله اصلی و پشتیبان را بر اساس زمان عملکرد رله اصلی بیان نمود.

فاصله لازم برای هماهنگی رله – رله = ۰/۲۵ t + ۰/۲۵ (۲-۱)

t زمان عملکرد رله اصلی است.

۱-۴-۱-ج- تنظیم و هماهنگی معمولی رله دیستانس

در شبکه های قدرت از رله دیستانس برای حفاظت خطوط انتقال در برابر خطاهای مختلف فاز به فاز و فاز به زمین استفاده می شود. این رله به امپدانس ظاهری بین رله تا محل خطا حساس است. این امپدانس مقدار ثابتی ندارد و به جریانهای ورودی-خروجی خط انتقال در ناحیه حفاظتی رله بستگی دارد.رله دیستانس دارای سه ناحیه کاری است.ناحیه اول ناحیه ای با عملکرد آنی است که در برابر خطاهای روی خط اصلی ، از خط حفاظت می کند.ناحیه های دوم و سوم ،خط اصلی و خطهای مجاور را با ثابت زمانی مشخص حفاظت می کنند.

هماهنگی باید به گونه ای باشد که نواحی دوم یا سوم هر جفت رله اصلی و پشتیبان با هم تداخل نکنند یا اینکه زمان تاخیر رله پشتیبان به اندازه فاصله زمانی مشخص مثلا TD_{min} بیشتر از رله اصلی باشد. TD_{min} را اصولا برابر ۰/۳ ثانیه در نظر می گیرند.

چون رله دیستانس دارای سه ناحیه است و یک رله دیستانس حداقل تا سه خط جلو خود را می بیند(آن هم بخشی از خط سوم)، لذا تاثیر پشتیبانی رله دیستانس نسبت به رله های همجوار به مراتب کمتر از رله های جریان زیاد است.بنابراین تنظیم و هماهنگی آن اسانتر خواهد بود.

اصولا منظور از تنظیم و هماهنگی، بدست آوردن امپدانس تنظیمی سه ناحیه (۱و۲و۳) و زمان تنظیم برای سه ناحیه است. برای تنظیم زمانی معمولا برای ناحیه اول رله دیستانس ۰/۰۱ ثانیه و ناحیه دوم ۰/۳ تا ۰/۴ ثانیه و ناحیه سوم ۰/۶ تا ۰/۸ ثانیه زمان در نظر می گیرند. امپدانس تنظیمی یک شبکه شعاعی برای ناحیه اول ، ۸۰٪ خط اصلی و ناحیه دوم ، ۵۰٪ خط دوم و ناحیه سوم ، خط اصلی و خط دوم ، ۲۵٪ خط سوم است.[۲]

بنابراین اگر امپدانس خط اول Z_1 ، امپدانس خط دوم Z_2 و امپدانس خط سوم Z_3 باشد، امپدانس تنظیمی نواحی به صورت زیر محاسبه می شوند :

ناحیه اول :

$$Z_{L1} = 0.8\ Z_1$$
$$Z_{r1} = \frac{|Z_{L1}|}{\cos(\varphi_1 - \theta)} \quad (۳-۱)$$

θ : زاویه تنظیم رله

ϕ_1 : زاویه خط اول

ناحیه دوم :

$$Z_{L2} = Z_1 + 0.5\ Z_2$$
$$Z_{r2} = \frac{|Z_{L2}|}{\cos(\varphi_2 - \theta)} \quad (۴-۱)$$

ϕ_2 :زاویه امپدانس مجموع خط اول و ۵۰٪ خط دوم

ناحیه سوم :

$$Z_{L3} = Z_1 + Z_2 + 0.25\ Z_3$$
$$Z_{r3} = \frac{|Z_{L3}|}{\cos(\varphi_3 - \theta)} \quad (۵-۱)$$

ϕ_3 :زاویه خط سوم

معایب روش هماهنگی معمولی

روشهای هماهنگی معمولی دارای معایبی است که در ذیل بطور خلاصه آورده شده است :

۱- برای رله های هر سیستم قدرت امکان بدست آوردن تنظیم های مختلفی وجود دارد و بالطبع این سؤال مطرح می شود که از بین دسته جوابهای مختلفی که برای تنظیم رله ها وجود دارد کدام جواب بهتر است؟

۲- وابسته به نوع و شکل شبکه می باشد.

۳- پارامتر جریان تنظیم، در محاسبات هماهنگی هیچ نقشی ندارد.

۱-۴-۲- روشهای هماهنگی بهینه

در مسائل بهینه سازی با یک یا چند تابع هدف روبرو بوده که لازم است آنها را تحت شرایط و قیود حاکم بر مسأله، بیشینه یا کمینه نمود. مسأله بهینه سازی را می توان در هر سیستم حفاظتی که نیاز به هماهنگی داشته باشد پیاده کرد و جواب های بهینه را بدست آورد.

آنچه که در این میان مهم می باشد بیان مسأله هماهنگی بصورت یک مسأله بهینه سازی می باشد.

بطور کلی مهمترین مراحل انجام عمل هماهنگی بهینه عناصر حفاظتی شبکه بصورت زیر می باشد:

- بدست آوردن مدل منحنی مشخصه عناصر حفاظتی
- بدست آوردن قیود هماهنگی
- تعیین تابع هدف
- تعیین روش بهینه سازی مناسب

بنابراین به منظور استفاده از تکنیک بهینه سازی بایستی یک تابع هدف مناسب تعریف کرد که شامل خصوصیات مورد نظر برای سیستم حفاظتی باشد و با بیان محدودیتهای حاکم بر متغیرهای مسأله بتوان آن را در نهایت به صورت بهینه حل نمود که با توجه به نوع مسأله روشهای حل متفاوتی را باید در پیش گرفت.

استفاده از تکنیک بهینه سازی در تنظیم و هماهنگی رله های جریان زیاد در مقاله ای در سال ۱۹۸۸ ارائه شد.[۳]

از آن زمان تا کنون مقالات زیادی در زمینه هماهنگی بهینه رله ها ارائه شده است. تفاوت عمده این روشها را می توان در موارد زیر بیان نمود:

- روش بهینه سازی
- تابع هدف
- نوع شبکه(شعاعی یا بهم پیوسته)
- مشخصه خطی یا غیر خطی نسبت به TSM
- TSM پیوسته یا گسسته
- تنظیم جریان Pickup

مزیت روشهای هماهنگی بهینه

می توان مزایای استفاده از روش هماهنگی بهینه را در موارد زیر برشمرد :

۱- ایده هماهنگی بهینه رله های جریان زیاد از آنجا نشأت گرفت که برای رله های یک سیستم قدرت امکان بدست آوردن تنظیم های مختلفی وجود دارد و بالطبع این سؤال مطرح می شود که از بین دسته جوابهای مختلفی که برای تنظیم رله ها وجود دارد انتخاب کدامیک بهتر است؟در حقیقت چند مجموعه جواب برای مسأله وجود داشت که بایستی یک مقایسه بین آنها انجام شود و مناسبترین آنها انتخاب گردد.از این رو هماهنگی رله ها با استفاده از روشهای بهینه سازی ارائه شد.

۲- همچنین این روش، هماهنگی بهینه رله ها را بدون توجه به نوع و شکل شبکه انجام می دهد.

۳- امکان وارد کردن جریان تنظیم در محاسبات هماهنگی، جهت دست یافتن به جوابهای بهتر است.

روشهای بهینه سازی به دو نوع کلی تقسیم می شوند:

- روش های ریاضی
- روش های هوشمند

۱-۴-۲-الف- روش های ریاضی

برای هماهنگی بهینه رله ها ابتدا روشهای ریاضی مطرح شدند .روشهای ریاضی بهینه سازی به دو دسته ی خطی و غیرخطی تقسیم می شوند.روشهای ریاضی غیر خطی ازپیچیدگی بیشتری نسبت به روشهای ریاضی خطی بر خوردارند و در آنها تابع هدف ومعادلات قیود سیستم به صورت غیرخطی هستند. به همین خاطردر مقالات از روشهای خطی بهینه سازی برای هماهنگی رله های جریان زیاد استفاده شده است که عبارتند از :

_ روش سیمپلکس [۴]

_ روش سیمپلکس دو مرحله ای [۵]

_ روش سیمپلکس دو گان [۶]

_ روش بهینه سازی خطی با حذف تابع هدف [۷] ، [۸]

در ادامه به توضیح مختصرهر یک از این روشها جهت آشنایی با محدودیتهای روشهای ریاضی بهینه سازی پرداخته می شود:

الگوریتم سیمپلکس

صورت عمومی یک مساله بهینه سازی خطی در شکل ماتریسی به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} &\text{Min } C^T X \\ &s.t: aX = b \quad ; \quad X \geq 0 \end{aligned} \qquad (۶-۱)$$

که در آن :

$$X^T = [x_1 \; x_2 \; \ldots\ldots \; x_{n-1} \; x_n] \quad , \quad b^T = [b_1 \; b_2 \; \ldots\ldots \; b_{n-1} \; b_n] \qquad (۷-۱)$$