هماهنگی رله‌های جریان زیاد توسط الگوریتم جست‌وجوی ابرکره ارتقایافته با درنظرگیری منحنی مشخصه رله‌ها و جریان تنظیمی

امیررضا حسنی آهنگر، حامد نفیسی، حسین کرمی و گئورگ قره‌پتیان

چکیده: کمینه‌نمودن اختلاف زمان عملکرد میان رله‌های جریان زیاد اصلی و پشتیبان یکی از موضوعات اساسی و مهم در مسئله هماهنگی رله‌های موجود در سیستم توزیع قدرت است. در این مقاله، علاوه بر یافتن مقادیر ضرایب تنظیم زمانی و درنظرگیری انواع منحنی مشخصه‌های مربوط به رله‌های جریان زیاد، جهت بررسی حالت جامع مسئله، جریان تنظیمی رله‌ها نیز برای بهبود بیشتر هماهنگی به طور هم‌زمان با دو مورد دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. یافتن میزان بهینه ضریب تنظیم زمانی با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی در مقاله‌های سالیان اخیر مورد بررسی قرار گرفته است. اخیراً روش بهینه‌سازی جدیدی به نام الگوریتم جست‌وجوی ابرکره معرفی شده است. در این مقاله با ارتقای این الگوریتم بهینه‌سازی، از آن به عنوان کاربرد در یکی از مسایل مهندسی به نام مسئله هماهنگی رله‌های جریان زیاد استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی بر روی شبکه نمونه، کارایی الگوریتم جست‌وجوی ابرکره ارتقایافته را در مقایسه با نسخه اصلی آن نشان خواهد داد. به کارگیری الگوریتم ارتقایافته در کنار درنظرگیری جریان تنظیمی رله‌ها باعث می‌شود تا مسئله هماهنگی بهینه رله‌های جریان زیاد در مقایسه با کارهای گذشته بهبود یابد.

کلیدواژه: **الگوریتم جست‌وجوی ابرکره، رله‌های جریان زیاد، ضریب تنظیم جریانی، ضریب تنظیم زمانی، منحنی مشخصه رله‌ها، هماهنگی حفاظتی.**

۱- مقدمه

در مسئله حفاظت سیستم‌های قدرت، هدف اصلی شناسایی و به دنبال آن جداسازی ناحیه وقوع خطا در سریع‌ترین زمان ممکن است. در شبکه‌های توزیع، عمدتاً از رله‌های جریان زیاد برای برطرف‌نمودن خطای ایجادشده استفاده می‌گردد. به منظور داشتن حفاظتی مطمئن و با قابلیت اطمینان بالا، استفاده‌نمودن از رله پشتیبان در کنار رله اصلی یکی از راه حل‌های مرسوم در شبکه‌های توزیع به شمار می‌رود [۱] و [۲]. در این راه حل، هدف برطرف‌نمودن خطا در خط مربوط در سریع‌ترین زمان ممکن با استفاده از رله اصلی است اما اگر رله اصلی در سیستم به هر دلیلی نتواند وظیفه خود را پس از زمان معینی به درستی انجام دهد، رله پشتیبان باید بلافاصله عمل نماید. در این روش، رله پشتیبان نباید قبل از رله اصلی عمل کند و در نتیجه، یک فاصله زمانی هماهنگی (CTI)[1] میان دو رله باید در زمان عملکرد دو رله در نظر گرفته شود [۳] تا [۵] و زمان تشخیص میان رله اصلی و پشتیبان می‌بایست کمتر از CTI باشد.

امروزه با درنظرگیری پیچیدگی‌های سیستم قدرت به‌هم‌پیوسته، از روش‌های بهینه‌سازی برای هماهنگی رله‌ها و تنظیم مناسب آنها استفاده می‌شود. به طور مثال در [۶] تا [۸] هماهنگی بهینه رله‌های جریان زیاد با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی خطی مانند سیمپلکس و سیمپلکس دوگانه انجام شده است. از آنجا که روش‌های بهینه‌سازی خطی وابستگی زیادی به مقادیر اولیه دارند و احتمال دارد که در نقاط مینیمم محلی محبوس شوند، از روش‌های بهینه‌سازی تکاملی که در سال‌های اخیر به وجود آمده‌اند در این زمینه استفاده می‌شود. در [۹] هماهنگی رله‌های جریان زیاد با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی انجام شده است. الگوریتم ژنتیک (GA)[2] یکی از الگوریتم‌های تکاملی معروف بوده که برای حل این نوع مسئله به کار برده می‌شود. در [۱۰] و [۱۱] رله‌ها با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک تنظیم شده‌اند. الگوریتم تکاملی دیگری که در مسئله هماهنگی رله‌ها استفاده می‌شود بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)[3] می‌باشد که در [۱۲] هماهنگی حفاظتی با استفاده از روش PSO انجام شده است.

روش‌های ذکرشده بهبود مسئله هماهنگی را نشان می‌دهند. در مقاله‌های ذکرشده قبلی، منحنی مشخصه رله‌های جریان زیاد به صورت ثابت و تنها یک نوع خاص در طول روش بهینه‌سازی در نظر گرفته می‌شد. این نوع مسئله با واقعیت امر شاید سازگار نباشد. در مقاله پیش رو، انواع منحنی مشخصه‌ها و مقادیر ضرایب تنظیم زمانی (TSM)[4] رله‌های جریان زیاد انتخاب شده تا مسئله هماهنگی رله‌های جریان زیاد با دقت و جزئیات بیشتری انجام شود و بتوان به نتایج بهتر و واقعی‌تری دست یافت. از روش‌های بهینه‌سازی زیادی در مسایل مهندسی قدرت استفاده می‌شود [۱۳] تا [۱۶]. در کنار کارایی الگوریتم‌های تکاملی، بعضی مواقع این الگوریتم‌ها به سمت مینیمم محلی حرکت کرده و همگرا نمی‌شوند و در نتیجه، وجود یک روش قدرتمند و کارا ضروری به نظر می‌رسد. در [۱۷] و [۱۸] الگوریتم جست‌وجوی هارمونی (HSA)[5] استفاده شده تا برنامه‌ریزی سیستم انرژی یک خانه را بهینه نماید. در [۱۹] نیز از الگوریتم رقابتی استعماری برای تأثیر کارایی باتری‌ها بر روی سیستم مدیریت انرژی بهره گرفته شده است.

در این مقاله از الگوریتم بهینه‌سازی جدیدی به نام جست‌وجوی ابرکره ارتقایافته (IHSS)[6] استفاده می‌شود [۲۰]. این الگوریتم قابلیت آن را دارد که هم از متغیرهای گسسته و هم پیوسته استفاده نماید. الگوریتم فوق در

این مقاله در تاریخ ۶ مرداد ماه ۱۳۹۶ دریافت و در تاریخ ۲۰ بهمن ماه ۱۳۹۶ بازنگری شد.

امیررضا حسنی آهنگر (نویسنده مسئول)، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، (email: hassaniahangar@aut.ac.ir).

حامد نفیسی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، (email: nafisi@aut.ac.ir).

حسین کرمی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، (email: h.karami@aut.ac.ir).

گئورگ قره‌پتیان، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، (email: grptian@aut.ac.ir).

1. Coordination Time Interval
2. Genetic Algorithm
3. Particle Swarm Optimization
4. Time Setting Multiplier
5. Harmony Search Algorithm
6. Improved Hyper-Spherical Search Algorithm