حذف بار جریانی هوشمند در پست‌های شعاعی متصل به یک پست با استفاده از تجهیز RTU-PLC

رضا زابلی/ کارشناس مسوول شیفت دیسپاچینگ شمال شرق، شرکت برق منطقه‌ای خراسان/r_zaboli@yahoo.com

تکتم شریفیان عطار/ کارشناس مطالعات سیستم، شرکت برق منطقه‌ای خراسان/t.sharifian@ieee.org

مصطفی رجبی مشهدی/ معاون راهبری شبکه، شرکت مدیریت شبکه برق ایران/m.rajabimashhadi@ieee.org

محمدحسین جاویدی/ استاد گروه برق، دانشگاه فردوسی مشهد/ h-javidi@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده

امروزه یکی از مهم‌ترین اهداف شرکت‌های برق منطقه‌ای، حداقل نمودن میزان خاموشی‌های مشترکین می‌باشد. لذا کاهش انرژی توزیع نشده از اهم وظایف شرکت‌های تامین کننده انرژی الکتریکی بوده و یکی از اهداف استراتژیک آنها نیز به شمار می‌آید. عدم وجود منابع مالی کافی در صنعت برق و نتیجتا عدم سرمایه‌گذاری مورد نیاز در بازه‌های زمانی خاص، منجر به بارگذاری بالای پست‌های ۱۳۲/۶۳/۲۰ کیلوولت شبکه شهر مشهد گردیده است. در پیک بار معمولا ضریب بهره‌برداری این پست‌ها بیشتر از ۷۵٪ می‌باشد. با توجه به‌وجود دو سطح ولتاژ ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت در شبکه فوق توزیع مشهد و وجود ترانس‌های سه هسته جهت تامین بخشی از بار شبکه ۶۳ کیلوولت و همچنین بهره‌برداری شعاعی از شبکه ۶۳ کیلوولت پایین دست و اتوماسیون بودن کلیه این پست‌ها علاوه بر وجود امکان حذف بار از باسبار ۲۰ کیلوولت پست‌های ۱۳۲/۶۳/۲۰ کیلوولت، امکان قطع بار در پست‌های شعاعی متصل به آنها جهت کاهش بارگذاری ترانس سه هسته نیز فراهم است. با توجه به اولویت‌های قطع متفاوت فیدرهای خروجی یک پست و امکان انتخاب قطع بار از میان فیدرهای خروجی چند پست، در این مقاله با استفاده از تجهیز RTU-PLC جهت افزایش هوشمندی سیستم، روشی برای حداقل نمودن میزان انرژی توزیع نشده در فیدرهای نیمه‌حساس شبکه ارایه شده است. متذکر می‌گردد از آن‌جا که فیدرهای خروجی پست‌ها به سه دسته عادی، نیمه‌حساس و حساس تقسیم‌بندی می‌شوند، واضح است که در حذف بار جریانی هوشمند پیشنهادی، رعایت اولویت قطع فیدرها الزامی است. روش ارایه شده بر روی بخشی از شبکه شعاعی شهر مشهد پیاده‌سازی و نتایج مطالعات ارایه گردیده است.

کلید واژه- انرژی تامین نشده، قطع بار، حذف بار جریانی هوشمند، تجهیز RTU-PLC، بارهای عادی، نیمه‌حساس و حساس.

۱- مقدمه

رشد سریع و روزافزون تقاضای انرژی الکتریکی، موجب گردیده تا میزان خاموشی‌های خواسته و ناخواسته شبکه نیز افزایش یابد و از آنجا که میزان خاموشی به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم در سیستم قدرت تلقی می‌گردد لذا پایین بودن آن نه تنها نشان‌دهنده کیفیت مناسب ارایه خدمات در شبکه می‌باشد بلکه مزایای اقتصادی زیادی را نیز در پی دارد و می‌تواند موجب افزایش رفاه اجتماعی و رضایت‌مندی عمومی گردد. استفاده از قابلیت‌های سیستم‌های اتوماسیون موجب می‌گردد تا در صورت نیاز به اعمال خاموشی و قطع فیدرهای فشار متوسط بتوان نسبت به کمینه نمودن میزان خاموشی اقدام نمود. در حال حاضر استفاده از تجهیزات نوین در پست‌های فوق توزیع امکانات جدیدی را برای کاهش خاموشی‌های شبکه به‌وجود آورده است. استفاده مناسب از امکانات اتوماسیون می‌تواند در کاهش میزان خاموشی و بالطبع کاهش هزینه‌های بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری سیستم تاثیر به‌سزایی داشته باشد.

به عبارت دیگر، با کاهش میزان انرژی توزیع نشده از یک سو میزان خسارات اقتصادی محتمل کاهش خواهد یافت و از سوی دیگر رضایت و اطمینان عمومی در بین مشترکین بالا خواهد رفت؛

بنابراین شـرکت‌های برق به‌صورت مستمر به بررسی و ارزیابی دقیق خاموشـی‌ها پرداخته تا بتوانند راهکارهایی کارآمد و کم هزینه جهت کاهش میزان خاموشـی و ارتقا کیفیت خدمات، ارایه دهند [۱ و ۲]. این راهکارها چه در حوزه برنامه‌ریزی و چه در حوزه بهره‌برداری باید با شناخت دقیق علل و شرایط خاموشی‌ها و همچنین وضعیت شبکه مورد مطالعه انتخاب گردد [۳].

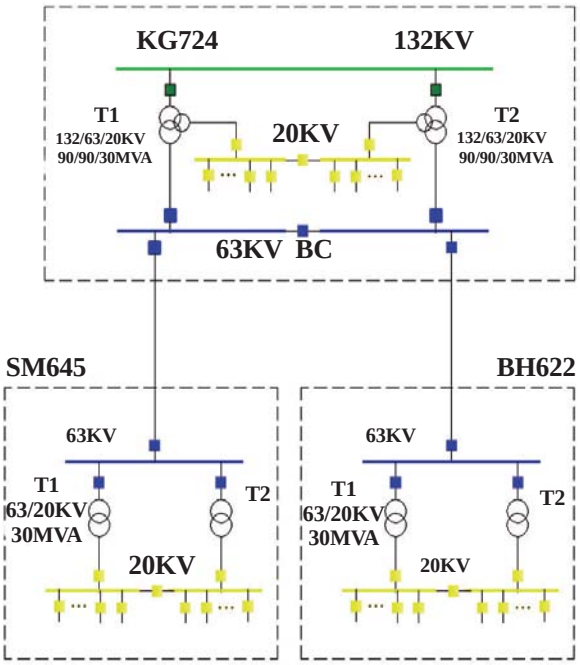
در حـال حاضر به دلیل بارگذاری بالای بعضی از پسـت‌ها در برخی از نقـاط کاری شـبکه، در صـورت وقـوع حادثـه و خـروج یکی از ترانسـفورماتورهای قدرت جهت جلوگیـری از اضافه بار ترانس دیگر از حفاظت حذف بار جریانی در شـبکه استفاده می‌گردد[۴]. در این مقالـه یک روش حذف بـار جریانی با اولویت کمینه‌سـازی قطع بار در فیدرهای نیمه‌حسـاس و سـپس حداقل نمودن مجموع خاموشی اعمال شده در پست‌های یک منطقه که به‌صورت شعاعی بهره‌برداری می‌گردند، پیشنهاد گردیده است. بدین منظور ابتدا به معرفی تجهیز RTU-PLC جهت انجام محاسبات مورد نیاز به‌منظور کمینه‌سازی بار قطع شـده در مواقع خروج یک ترانس پرداخته شـده است و سپس با توجه به تقسـیم‌بندی فیدرهای فشار متوسـط به‌صورت حساس، نیمه‌حسـاس و عادی، نسـبت به انجام حذف بـار جریانی مورد نیاز اقـدام می‌گـردد. با توجه به اهمیت شـهر مشـهد و بارگذاری بالای پسـت‌های فوق‌توزیع در این منطقه، روش پیشنهادی بر روی بخشی از شبکه فوق‌توزیع این شهر که به‌صورت شعاعی بهره‌برداری می‌گردد پیاده‌سـازی شده است و در نهایت به جمع‌بندی مزایا و کارایی روش پیشنهادی نسبت به وضعیت موجود پرداخته شده است.

۲- حذف بار جریانی

رشـد بار الکتریکی در کلان شـهرهای کشـور به دلیل اسـتفاده از سـرویس‌ها، خدمات و امکانات مبتنی بر برق بسیار بالاست [۵]. مثلا در کلان شـهر مشهد رشـد پیک‌بار الکتریکی در سال گذشته بیش از ۷٫۵ درصـد بـوده اسـت و از طرف دیگر قطع بـرق منجر به قطع بسیاری از سرویس‌ها و خدمات و اعمال خسارت‌ها و صدمات سیاسی و اقتصادی جبران‌ناپذیری می‌گردد. از آن جایی که بسیاری از مراکز حسـاس و مهم سیاسـی، اداری، درمانی، تجاری و ... از شـبکه برق فشار متوسط عمومی تغذیه می‌گردند، لذا حساسیت فیدرهای شبکه فشـار متوسـط خروجی از یک پسـت فوق‌توزیع با توجه به منطقه مورد تغذیه به سـه دسته حساس، نیمه‌حساس و عادی تقسیم‌بندی می‌شوند. بدیهی است در مواقع وقوع حادثه و نیاز به قطع بار آخرین مرحله قطع بار باید بر روی فیدرهای حسـاس صورت پذیرد. در حال حاضـر با بارگذاری بالای پسـت‌های فوق‌توزیع مرکز شـهر و وجود عمـده مراکز مهم و بارهای حسـاس در این منطقـه موجب گردیده تا تعداد و بار فیدرهای عادی خروجی پسـت فوق‌توزیع جهت کاهش بارگـذاری ترانس در صورت خروج ترانس دیگر کافی نباشـد. لذا به ناچار جهت جلوگیری از خروج ترانس دیگر به دلیل اضافه بار، نیاز به قطع فیدرهای نیمه‌حساس پست می‌باشد. لازم به ذکر است حذف بار جریانی موجود در پست‌های فوق‌توزیع در حال حاضر بدون توجه به میزان اضافه بار بر روی ترانس، به‌صورت همزمان فرمان قطع به ۳-۴ فیدر خروجی از قبل تعیین شده ارسال می‌نماید [۶].

۲-۱- معرفی شبکه مورد مطالعه

شبکه فوق‌توزیع شهر مشهد شامل دو سطح ولتاژ ۱۳۲ و ۶۳ کیلوولت می‌باشد که چهار پست با ترانس‌های سه هسته ۱۳۲/۶۳/۲۰ کیلوولت شـبکه ۶۳ کیلوولت، که اغلب در بافت مرکزی شهر هستند را تغذیه می‌نماید. با توجه به مشـکلات بهره‌برداری و فرسوده بودن شبکه ۶۳ کیلوولـت، در حال حاضر این شـبکه به صورت شـعاعی بهره‌برداری می‌گردد. بخشـی از شبکه فوق‌توزیع شهر مشهد و مشخصات پست‌های آن در شکل (۱) آورده شده است [۷].



شکل ۱: شبکه نمونه

۲-۲- معرفی تجهیز RTU-PLC

تجهیز RTU/PLC یکی از قوی‌ترین و موثرترین تجهیزات برای اهداف کنترلی و پایش سیسـتم‌ها است. این تجهیز علاوه بر آنکه بسیاری از پروتکل‌های ارتباطی را پشتیبانی می‌نماید، امکان برنامه‌نویسی را نیز در اختیار کاربر قرار می‌دهد [۸].

بـا توجه به آنکه در برخی پسـت‌های برق مقادیر بار فیدرها توسـط دسـتگاه‌های اندازه‌گیری دیجیتال اندازه‌گیری شده و این تجهیزات دارای پروتکل ارتباطی Modbus می‌باشـد، در صورتی‌که یک تجهیز با امکان برنامه‌ریزی، قابلیت پشـتیبانی از پروتکل مذکور را داشـته باشـد، امکان قرائت بـار کلیه فیدرهـای ورودی و خروجی از طریق پروتکل مذکور وجود داشـته و با اسـتفاده از قابلیت برنامه‌نویسی آن و توسط یک زیربرنامه ساده می‌توان نسبت به تشخیص میزان اضافه بار و محاسـبه حداقل مقدار خاموشی مورد نیاز با لحاظ اولویت قطع فیدرهای عادی و نیمه‌حساس اقدام نمود. همچنین در پست‌هایی که رله‌هـای آن پروتکل IEC61850 را پشـتیبانی می‌نمایند، در صورتی که یـک تجهیز قابل برنامه‌ریزی بتواند پروتکل مذکور را پشـتیبانی نماید، با اتصال آن به رله‌ها، می‌توان مشابه مورد فوق نسبت به کنترل هوشـمند فیدرهـای خروجی اقدام نمود. لازم به ذکر اسـت با توجه بـه محدودیت‌های رله‌هـای حفاظتی نیومریک امکان برنامه‌نویسـی پیشـرفته در این تجهیزات وجود ندارد. همچنین در این تجهیزات به دلیل بکارگیری ظرفیت CPU جهت عملیات پردازشـی غیر از انجام وظایف اصلی حفاظتی، توصیه نمی‌گردد.

تجهیز RTU32R که یک نمونه از انواع تجهیز RTU/PLC می‌باشد، با سیستم عامل WinCE توسعه یافته است و قابل اجرا در تمامی محیط‌های ماکروسافت می‌باشد. نرم‌افزار این تجهیز بر روی یک حافظه قابل حمل ذخیره می‌شود. در زمان راه‌اندازی، سیستم عامل و نرم افزار آن به RAM انتقال داده شده و از آنجا اجرا می‌گردند. تنظیمات سیستم و اطلاعات بر روی حافظه جانبی ذخیره می‌گردند.

شکل ۲: نمایی از تجهیز RTU۳۲ [۸]

پشتیبانی از تمامی زبان‌های PLC با استاندارد IEC61131 به برنامه‌نویس قدرت انتخاب می‌دهد. امکان برنامه ریزی RTU32R از طریق VPN، کامپیوتر، LAN و پورت سریال 485/RS232 وجود دارد. این تجهیز از پروتکل‌های 61850، WITS، DNP3، 60870، DNP3، DF1، Profinet، Modbus و DLMS پشتیبانی می‌کند. این تجهیز در حالت عادی دارای ۶۰ سیگنال ورودی و خروجی است که با توجه به نیاز مشتری می‌تواند تا ۱۰۰۰ سیگنال ورودی و خروجی را پشتیبانی کند.

۳- حذف بار جریانی هوشمند

۳-۱- معرفی روش پیشنهادی

با توجه به مطالب فوق لازم به ذکر است ترانس‌های سه هسته شهر مشهد در حکم ترانسفورماتور انتقال برای شبکه ۶۳ کیلوولت داخل شهر مشهد دارد و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با عنایت به بارگذاری بالای این ترانس‌ها در مواقع اضطراری و وقوع حادثه بر روی یکی از آنها، امکان تامین کل بار توسط ترانس دیگر وجود ندارد و به ناچار حذف بار جریانی باید صورت پذیرد.

در حال حاضر حذف بار جریانی به‌صورت محلی انجام می‌شود. یعنی با خروج T1 از پست KG724 رله‌های موجود نسبت به حذف بار فیدرهای فشار متوسط همان پست اقدام می‌نمایند که با توجه به بارگذاری بالای ۷۰% پست، بسیاری از بارهای منطقه تحت تغذیه این پست باید قطع گردد. مطابق شکل (۱) از آنجائی که بهره‌برداری از شبکه ۶۳ کیلوولت داخل شهر مشهد به‌صورت شعاعی از پست‌های با ترانسفورماتورهای سه هسته‌ای انجام می‌شود و بارگذاری ترانس‌های مذکور در پیک معمولا بیش از ۷۰% بوده و در صورت خروج یک ترانس امکان تامین کل بار توسط ترانس دیگر وجود ندارد. از جمله مزایای بهره‌برداری شعاعی از پست‌های SM645 و BH622 می‌توان به کاهش بار ترانس سه هسته پست KG724 به میزان حذف بار فیدرهای ۲۰ کیلوولت در پست پایین دست اشاره کرد. در صورت عدم بهره‌برداری شعاعی از پست‌های پایین دست (پست‌های SM645 و BH622)، رابطه خطی بین بار قطع شده از پست‌های ۶۳ کیلوولت پایین دست بر روی میزان بارگذاری ترانس پست KG724 وجود ندارد. حال آن که با توجه به اتوماسیون بودن این پست‌ها و وجود ارتباط مخابراتی بین پست مذکور و پست‌های پایین دست در صورت استفاده از RTU-PLC و با توجه به وجود بستر مخابراتی امکان پردازش و محاسبه میزان بار مورد نیاز جهت قطع و صدور فرمان قطع به فیدرهای فشار متوسط پست‌های پایین دست علاوه بر فیدرهای محلی جهت کاهش بارگذاری ترانسفورماتور باقی مانده در مدار وجود خواهد داشت. در جداول (۱) و (۲) کلیه فیدرهای فشار متوسط پست‌های شبکه نمونه، نوع و بار هر یک در ۲ ساعت مختلف آورده شده است [۷].

جدول ۱: اطلاعات پست‌های فوق‌توزیع در ساعت ۱۴ مورخ ۹۴/۰۵/۰۵

نام پست		اطلاعات فیدرهای ۲۰ کیلوولت											مجموع بار پست (آمپر)
	نام فیدر	J01	J02	J03	J04	J05	J06	J07	J08	J09	J10	J11	
KG724	اولویت قطع	نیمه حساس	عادی	عادی	حساس	عادی	نیمه حساس	نیمه حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	
	بار (آمپر)	۱۰۸	۸۵	۱۳٤	۵۲	۲۱۲	۱۵۰	۱۸۵	۱۱۸	۹۱	۸۷	٤۷	۱۳٦۹
SM624	اولویت قطع	نیمه حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس		
	بار (آمپر)	۵۲	۱٤۲	۱۵۵	۱٤۵	۱۰٦	۹۸	۸۲	۱۸٦	۱۱۱	۱۵۵		۱۲۳۲
BH622	اولویت قطع	حساس	حساس	عادی	حساس	حساس	حساس	نیمه حساس	عادی				
	بار (آمپر)	۱۱۲	۷۷	۲٤۰	۱۲۹	۱۵۲	۱۳۸	۹۹	۱۹۰				۱۱۳۷
جمع کل (آمپر)		۳٦۳۸											

جدول ۲: اطلاعات پست‌های فوق‌توزیع در ساعت ۱۴ مورخ ۹۴/۰۵/۰۶

نام پست		اطلاعات فیدرهای ۲۰ کیلوولت											مجموع بار پست (آمپر)
	نام فیدر	J01	J02	J03	J04	J05	J06	J07	J08	J09	J10	J11	
KG724	اولویت قطع	نیمه حساس	عادی	عادی	حساس	عادی	نیمه حساس	نیمه حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	
	بار (آمپر)	۱۸۸	۳۲	۱۲۹	۴۳	۲۰۷	۲۱۰	۱٤۲	۷۸	٦۹	۵۵	٤۲	۱۱۹۵
SM624	اولویت قطع	نیمه حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس	حساس		
	بار (آمپر)	۲۳۵	۸۲	۱۱۰	۱۰۸	۷۸	۹۲	۷۵	۱٦۰	۷۸	۱۱۳		۱۱۳۱
BH622	اولویت قطع	حساس	حساس	عادی	حساس	حساس	حساس	نیمه حساس	عادی				
	بار (آمپر)	۷۳	٦۱	۲۳۵	۹۳	۱۱۱	۱۰۲	۲۵۲	۱۸۵				۱۱۱۲
جمع کل (آمپر)		۳٤۳۸											

همانطور که مشاهده می‌شود با توجه به تعداد کم فیدرهای عادی در پست‌های مذکور در صورت خروج T1 در پست KG724 و عملکرد

محلی حذف بار جریانی در این پست، بار فیدرهای نیمه‌حساس نیز جهت کاهش بارگذاری ترانس می‌بایست قطع گردد. حال آن که در صورت انجام محاسبات حذف بار توسط RTU-PLC نصب شده در پست مذکور و صدور فرمان قطع فیدرهای فشار متوسط در هر سه پست، امکان کاهش بارگذاری ترانس T2 بدون حذف بارهای نیمه-حساس و یا حداقل نمودن حذف بار فیدرهای نیمه‌حساس میسر می‌باشد [۹].

روش پیشنهادی در این مقاله به منظور حذف بار جریانی هوشمند با توجه به امکان برنامه‌نویسی پیشرفته در RTU-PLC، با هدف کمینه‌سازی قطع بار در فیدرهای نیمه‌حساس صورت پذیرفته است.

۳-۲- نتایج پیاده‌سازی

نمونه ۱:

در جدول (۱) بار ساعت ۱۴روز ۹۴/۰۵/۰۵ آورده شده است. در صورت بروز حادثه و قطع ترانس T1 در پست KG724 نیاز به قطع ۱۰۴۰ آمپر بار، جهت بارگذاری مجاز ترانس T2 می‌باشد. بخشی از نتایج محاسبات با اجرای روش پیشنهادی در این مقاله در جدول (۳) آورده شده است که از نظر کمینه‌سازی بار نیمه‌حساس قطع شده اولویت‌بندی شده است.

در صورت اجرای یک برنامه به منظور کمینه‌سازی بار قطع شده بدون توجه به نوع حساسیت، ترکیب فیدرهای انتخابی از میان فیدرهای عادی و نیمه‌حساس مطابق ردیف ۲ جدول (۳) خواهد بود. حال آن که با توجه به هدف حداقل‌سازی خاموشی فیدر نیمه‌حساس، این گزینه مطلوب نمی‌باشد.

همانطور که ملاحظه می‌شود در صورت انتخاب گزینه ۲ از جدول (۳) علی‌رغم پایین‌تر بودن میزان کل بار قطع شده، میزان بار نیمه‌حساس قطع شده از ۳ فیدر انتخابی ۳۹۲ آمپر می‌باشد که در مقایسه با گزینه ۱ جدول (۳) ۲۰۷ آمپر بیشتر است. لذا نتایج نشان می‌دهد با اجرای روش پیشنهادی در اولویت اول میزان بار نیمه‌حساس قطع شده حداقل گردیده و سپس کمینه‌سازی کل بار قطع شده مد نظر قرار گرفته شده است.

نمونه ۲:

در جدول (۲) بار ساعت ۱۴ روز ۹۴/۰۵/۰۶ آورده شده است. در صورت بروز حادثه مشابه نمونه ۱ در این ساعت نیاز به قطع ۸۴۰ آمپر بار در هر سه پست وجود دارد. بخشی از نتایج اجرای روش پیشنهادی مطابق جدول (۴) می‌باشد.

جدول ۳: نتایج پیاده‌سازی روش پیشنهادی بر روی نمونه ۱

ردیف	پست	فیدرهای پیشنهادی برای قطع										مجموع کل بار قطع شده (آمپر)	بار نیمه حساس قطع شده (آمپر)
		KG724						SM645	BH622				
	فیدر	J01	J02	J03	J05	J06	J07	J01	J03	J07	J08		
	حساسیت	نیمه حساس	عادی	عادی	عادی	نیمه حساس	نیمه حساس	نیمه حساس	عادی	نیمه حساس	عادی		
	بار	۱۰۸	۸۵	۱۳٤	۲۱۲	۱۵۰	۱۸۵	۵۲	۲٤۰	۹۹	۱۹۰		
۱		۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱۰٤٦	۱۸۵
۲		۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱۰٤۱	۳۹۲
۳		۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱۰٤٦	۵۹٤
٤		۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰۵۰	٤۸٦
۵		۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱۰۵۱	٤۰۹

جدول ۴: نتایج پیاده‌سازی روش پیشنهادی بر روی نمونه ۲

ردیف	پست	فیدرهای پیشنهادی برای قطع										مجموع کل بار قطع شده (آمپر)	بار نیمه حساس قطع شده (آمپر)
		KG724						SM645	BH622				
	فیدر	J01	J02	J03	J05	J06	J07	J01	J03	J07	J08		
	حساسیت	نیمه حساس	عادی	عادی	عادی	نیمه حساس	نیمه حساس	نیمه حساس	عادی	نیمه حساس	عادی		
	بار	۲۳۵	۳۲	۱۲۹	۱۸۵	۱۸۸	۲۱۰	۱٤۲	۲۳۵	۲۵۲	۲۰۷		
۱		۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۸۹۸	۱٤۲
۲		۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۹۳۰	۱٤۲
۳		۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۸٤۷	۱۸۸
٤		۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۹٤٤	۱۸۸
۵		۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۹۷٦	۱۸۸

همانطور که مشاهده می‌شود روش ارایه شده در این مقاله علاوه بر کمینه‌سازی بار نیمه‌حساس قطع شده، میزان کل بار قطع شده را نیز حداقل می‌سازد.

نکته قابل توجه در روش پیشنهادی این است که الگوریتم فوق به‌صورت خروج تمامی فیدرهای عادی در اولویت اول کمینه‌سازی قطع بار نیمه‌حساس عمل نمی‌نماید. همانطور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود در مواقعی که جهت برطرفسازی اضافه بار ترانس، حتما نیاز به قطع فیدرهای نیمه‌حساس است در صورت وجود فیدر عادی با بار کم و عدم نیاز به قطع بار آن فیدر، فیدر مذکور قطع نخواهد شد و نتیجتا میزان بار کل قطع شده کاهش می‌یابد.

برای مثال در نمونه ۲ مجموع بار ۵ فیدر عادی برابر با ۷۸۸ آمپر می‌باشد که با توجه به نیاز به قطع ۸۴۰ آمپر بار، با قطع تمامی آنها امکان کاهش بارگذاری ترانس تا میزان مجاز وجود ندارد و لذا قطعا قطع حداقل یک فیدر نیمه‌حساس در این حالت نیاز خواهد بود. گزینه ۱ در جدول (۴) نشان می‌دهد که با قطع ۴ فیدر عادی و ۱ فیدر نیمه‌حساس به جای قطع هر ۵ فیدر عادی و ۱ فیدر نیمه‌حساس بارگذاری ترانس در حد میزان مجاز رعایت می‌گردد و نیاز به قطع فیدر عادی J02 از پست KG724 با بار ۳۲ آمپر نیست.

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به بار بالای ترانس‌های پست‌های ۱۳۲/۶۳/۲۰ کیلوولت شهر مشهد استفاده از حذف بار جریانی به‌منظور حفظ پایداری شبکه ضروری می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به وجود و تعدد مراکز حساس سیاسی، اجتماعی، درمانی، اداری و .... در شهر مشهد که منجر به تقسیم‌بندی اکثر فیدرهای خروجی یک پست فوق‌توزیع به حساس و نیمه‌حساس شده است، اعمال خاموشی جهت کاهش بارگذاری ترانس با محدودیت در انتخاب فیدر مواجه است. لذا به قطع بار فیدرهای نیمه‌حساس علاوه بر فیدرهای عادی در پست‌های مرکز شهر نیاز می‌باشد در نتیجه کمینه نمودن بار قطع شده در فیدرهای نیمه‌حساس از جمله اهداف این مقاله به‌شمار می‌رود.

در این مقاله با معرفی تجهیز RTU-PLC با قابلیت برنامه‌نویسی پیشرفته، روشی جهت انتخاب حداقل بار مورد نیاز برای قطع از بین فیدرهای عادی و نیمه‌حساس کلیه پست‌های شعاعی متصل به یک پست با ترانس سه هسته، با رویکرد کمینه نمودن بار نیمه‌حساس قطع شده پیشنهاد شده و روش مذکور بر روی بخشی از شبکه

ادامه در صفحه ۴۹

طراحی مدارهای مجتمع کارآمد برای نمونه‌برداری فشرده

پروین بهمن‌یار
اساتید راهنما: آقایان دکتر میمندی نژاد و دکتر حسینی خیاط
گروه برق/ دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

نمونه‌برداری فشرده (CS) روش جدیدی در جهت فشرده‌سازی داده‌های اخذ شده از فرآیندهای طبیعی (آنالوگ) است. امروزه در اکثر پردازش‌های دیجیتال که بر روی سیگنال‌های آنالوگ (با باند فرکانسی محدود) انجام می‌گیرد ابتدا بر اساس قضیه نمونه‌برداری نایکوئیست- شانون از این سیگنال‌ها بطور متناوب با نرخ نایکویست نمونه‌برداری می‌شود. این نحو نمونه‌برداری معمولاً منجر به تولید حجم بیش از حدی داده می‌شود. زیرا در مشخصه بسیاری از سیگنال‌های طبیعی مقدار زیاد افزونگی اطلاعاتی می‌باشد. لذا یکی از پردازش‌های لازم و متداول قبل از ارسال یا ذخیره سازی این گونه داده‌ها فشرده‌سازی آن‌ها است. فشرده‌سازی باعث صرفه جویی در پهنای باند کانال، تقلیل توان مصرفی در فرستنده و صرفه جویی در حافظه مورد نیاز می‌شود.
در این رساله یک سیستم نمونه بردار فشرده نوین در فرکانس کاری ۲۵ تا ۲۰۰ کیلوهرتز پیاده‌سازی شده است. این مدار از یک ساختار شبکه خازنی کم مصرف بهره گرفته و بر اساس توزیع بار کار می‌کند. عمل فشرده‌سازی به صورت آنالوگ و در دو مرحله کاری انجام می‌گیرد. در مرحله اول، با استفاده از شبکه خازنی و انتگرال‌گیر نمونه برداری فشرده انجام می‌گیرد و در مرحله دوم کاری نمونه فشرده شده آنالوگ به کد دیجیتال تبدیل می‌شود. در طراحی مدار نمونه‌بردار فشرده پیشنهادی، علاوه بر بهینه‌سازی توان و کیفیت بازسازی در سطح سیستم، بهینه‌سازی در سطح مداری هم صورت گرفته است. از جمله بهینه‌سازی سیستمی می‌توان به انتخاب و بکارگیری ماتریس نمونه‌بردار تصادفی باینری در مدار CS پیشنهادی اشاره نمود. در رابطه با بهینه‌سازی مداری، از تکنیک انتگرال‌گیر سوئیچ شونده استفاده شده‌است. با این روش توان کل سیستم به اندازه ۳۳٪ کاهش یافته است. همچنین یک مقایسه‌گر دینامیکی کم‌توان با عملکرد بهبود یافته از نظر توان مصرفی، سرعت و نویز kick-back نسبت به مقایسه‌گرهای دینامیکی دوطبقه متداول پیشنهاد شده است.
مدار CS پیشنهاد شده، در تکنولوژی TSMC، ۰/۱۸ میکرومتر طراحی و شبیه‌سازی شده است. نتایج بدست آمده از Post-layout نشان می‌دهند که این مدار در منبع تغذیه ۱ ولت، فرکانس کلاک ۱۰۰ کیلوهرتز، ضریب فشرده‌سازی ۴ و سیگنال ورودی سینوسی با فرکانس ۲۵۰ هرتز و دامنه ۰/۲ ولت، کمتر از ۲۵ میکروواوت توان مصرف می‌کند و دارای سیگنال به نویز ۳۰ دسی‌بل می‌باشد. بر اساس نتایج شبیه‌سازی به ازای یک ورودی سینوسی با دامنه ۱ ولت، PRD سیگنال بازسازی شده در مدار نمونه‌بردار فشرده پیشنهادی نسبت به ضریب فشرده‌سازی بین ۲ تا ۷، تقریباً ثابت و کمتر از ۲٪ است. همچنین، مقدار سیگنال به نویز در مدار نمونه‌بردار پیشنهادی به ازای یک نمونه ورودی ECG، ۱۹/۷۶ دسی‌بل بدست آمده‌است. مقدار سیگنال به نویز بدست آمده تقریبا ۲ دسی بل بیشتر از حالتی است که نمونه‌برداری فشرده در حوزه دیجیتال انجام گیرد. مساحت تخمینی مدار پیشنهادی ۱۹۹ µm× ۳۰۳ mµ می‌باشد.
بر اساس نتایج شبیه‌سازی Post-layout، توان الکتریکی در مقایسه‌گر پیشنهادی در ولتاژ تغذیه ۰/۶ ولت به میزان ۶۵٪ نسبت به مقایسه‌گر دینامیکی متداول با ولتاژ آفست یکسان و برابر با ۷/۵ میلی ولت، کاهش یافته است. همچنین نویز kick-back در مقایسه‌گر پیشنهادی به اندازه ۲۲٪ کمتر از مقایسه گر متداول است. مساحت تخمینی مقایسه‌گر پیشنهادی ۱۱µm× ۱۹ mµ می‌باشد. از جمله کاربردهای مدار طراحی شده می‌توان به حسگرهای پزشکی با ذخیره انرژی محدود اشاره نمود.

کلمات کلیدی: نمونه‌برداری فشرده، فشرده‌سازی، مبدل آنالوگ به‌دیجیتال

***

ادامه از صفحه ۵۸

فوق‌توزیع مشهد پیاده‌سازی گردیده است. با توجه به وجود اتوماسیون در شبکه فوق‌توزیع مشهد و به‌کارگیری تجهیز RTU-PLC انتخاب همزمان فیدرهای خروجی چند پست جهت کاهش بارگذاری یکی از ترانس‌های پست‌های ۱۳۲/۶۳/۲۰ کیلوولت در صورت خروج ترانس دیگر امکان‌پذیر می‌باشد، لذا روش ارایه شده بهره‌وری بالاتری نسبت به حذف بار جریانی موجود دارد. نتایج مطالعات حاکی از کارایی و بهینه بودن روش پیشنهادی در شبکه نمونه می‌باشد، همچنین با توجه به وجود اتوماسیون در شبکه و امکان برقراری ارتباط با پست‌های پایین دست، کاربرد روش پیشنهادی با کمترین هزینه در شبکه فوق‌توزیع میسر خواهد بود.

***

مراجع

[1] U. G. Knight, Power Systems in Emergencies From Contingency Planning to Crisis Management, John Wiley & Sons Ltd. 2001
[2] Leonard L. Grigsby, Power System- Electric Power Engineering Handbook, 2nd Edition, CRC Press, 2006
[۳] ون یوان لی، مترجم: محمود فتوحی، داوود فرخزاد، صابر نوری‌زاده، ارزیابی ریسک در سیستم‌های قدرت- الگوها، روش‌ها و کاربردها، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۰
[4] "Remedial Action Scheme -Definition Development Background and Frequently asked Questions", North American Electric reliability Corporation (NERC), October 2014
[5] Shervin Shokooh, Tanuj Khandelwal, Farrokh Shokooh, "Intelligent Load Shedding Need for a Fast and Optimal Solution", IEEE PCIC, Europe 2005
[۶] سایت اینترانت شرکت برق منطقه‌ای خراسان، دفتر فنی انتقال، ۱۳۹۴
[۷] سایت اینترانت شرکت برق منطقه‌ای خراسان، امور دیسپاچینگ، گزارش پیک، ۱۳۹۴
[8] "RTU32: A Universal Controller", Brodersen design and manufacture, RTU32 Series Product Presentation, 2013
[۹] گزارش پروژه «کاهش میزان انرژی توزیع نشده در شبکه خراسان با استفاده از قابلیت‌های اتوماسیون و هوشمندسازی»، شرکت برق منطقه‌ای خراسان، ۱۳۹۴