

مهندسی برق ایران

چالش برقراری ارتباط فیبر نوری در پست‌های فاقد گنتری

حسن صادقیپور*^۱، محسن نظری فرا^۲، سعید انصاری^۱

۱- شرکت برق منطقه‌ای خراسان

۲- شرکت دانش‌بنیان آی تک

*نویسنده مسئول: h_sadeghpur@yahoo.com

خلاصه

به دلیل گسترش روزافزون شبکه‌های برق در ایران، هوشمند سازی در شبکه بیشتر از گذشته احساس نیاز می‌شود. ایجاد بستر مخابراتی ایمن، قابل اطمینان، در لحظه و سریع، یکی از مهم‌ترین اقدامات در زمینه‌ی برقراری شبکه هوشمند برق می‌باشد. در میان انواع روش‌های مخابراتی مرسوم، عمده نیاز در زمینه‌ی ارتباطات مخابراتی به‌وسیله فیبرهای نوری تأمین می‌گردد. با توجه به استفاده از سیم OPGW در خطوط فوق توزیع و انتقال به‌منظور انتقال دیتا و عطف به دستورالعمل مدیریت شبکه کشور برای پیاده‌سازی کابل فیبر نوری در محدوده پست‌ها، در حدفاصل ترمینال باکس و اتاق مخابرات بخش محوطه بیرونی، کابل فیبر نوری وارد شده به اتاق مخابرات باید از نوع کانالی و تماماً غیرفلزی باشد؛ در نتیجه سیم OPGW باید بر روی گنتری متصل و به کابل کانالی فیوژن شود. به دلیل مشکلات احداث گنتری در سیم‌کشی OPGW پروژه‌های زیادی ماه‌ها و شاید سال‌ها راه‌اندازی نگردیده است؛ لذا در این مقاله چالش‌های موجود در فرآیند اجرای شبکه فیبر نوری پست بدون گنتری بررسی شده و پس از مقایسه اجزای چند پست و محل ارتباط سیم OPGW به ورودی آن‌ها، استفاده از کابل ADSS به دلیل عدم نیاز به گنتری در انتهای مسیر و قبل از اتاق مخابرات به‌عنوان راهکاری مناسب انتخاب شده است.

کلمات کلیدی: کابل OPGW، کابل ADSS، فیبر نوری، هوشمند سازی

۱. مقدمه

امنیت، پایش و راهبری شبکه برق کشور یکی از مهم‌ترین چالش‌های صنعت برق می‌باشد و در این راستا نیاز به داشتن اطلاعات لحظه‌ای، زمان واقعی، دقیق و قابل اطمینان نقاط مختلف شبکه هستیم. هوشمند سازی شبکه راه‌حلی برای این مشکل است و شبکه هوشمند برق با استفاده از تکنولوژی فناوری اطلاعات، داده‌های موجود در سطح شبکه برق را به‌صورت بلادرنگ جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می‌کند. در هوشمند سازی شبکه و با استفاده از قابلیت‌های ارتباطی آن، کلیه مراحل تولید، انتقال و توزیع برق به‌صورت اتوماتیک کنترل و هوشمند سازی می‌شود [1، 2].

تجهیزات پست‌ها، پایانه راه دور، بستر مخابراتی، و مرکز دیسپاچینگ زیرساخت‌های سخت‌افزاری موردنیاز در هوشمند سازی شبکه را تشکیل می‌دهند. در این میان بهینه‌سازی زیرساخت‌های ارتباطی از جنبه‌های مهم پیاده‌سازی هوشمند سازی است. توسعه روزافزون شبکه سراسری برق کشور و نیاز اساسی صنعت برق به داشتن محیطی امن و سریع برای ارسال فرامین و انتقال اطلاعات وضعیت شبکه، مربوط به پایش، کنترل و راهبری این شبکه جهت امنیت، مدیریت تمامی اجزای آن و نیز عدم توانایی شبکه مخابرات عمومی برای تأمین این نیازها، سبب گردید مدیریت شرکت توانیر با علم به

مهندسی برق ایران

لزوم تفکیک مخابرات صنعتی از مخابرات عمومی اقدام به تأسیس یک شبکه دارای استقلال، سوئیچینگ سریع حفاظت، سرعت، قابلیت اطمینان و داشتن مسیرهای پشتیبان نماید. ارتباط‌های دوطرفه، بلادرنگ، پایدار و بدون اشکال نیازهای ارتباطی هوشمند سازی شبکه قدرت می‌باشند.

در صنعت برق انواع روش‌های مخابراتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که شامل ارتباطات بیسیم (VHF)، طیف گسترده و ماکروویو، ماهواره‌ای، شبکه‌های عمومی مخابرات، خطوط انتقال نیرو* و فیبر نوری می‌باشد. هرکدام از فناوری‌های ارتباطی، دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشد که بسته به موقعیت پست و محدودیت‌های موجود انتخاب می‌گردند. داشتن مسیر پشتیبان مخابراتی و رینگ بودن شبکه مخابرات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. طرح مخابراتی پست‌هایی که در مسیر هوشمند سازی قرار دارند به صورت رینگ فیبر نوری بوده و پشتیبانی سوئیچ‌های مخابراتی به صورت ۱+۱ می‌باشد [3].

به منظور برقراری هوشمند سازی ایمن، شبکه‌های فیبر نوری نقش مهمی در ایجاد بستر مخابراتی مناسب، ایفا می‌کنند. در این راستا می‌توان پهنای باند مورد نیاز به منظور کنترل و هوشمند سازی شبکه را از طریق فیبرهای نوری تأمین نمود. از جمله ویژگی‌های مهم فیبر نوری می‌توان به مقاومت در برابر تداخل امواج الکترومغناطیسی ناشی از خطوط برق فشارقوی، پهنای باند و امنیت سایبری بالا، تأثیرپذیری بسیار کم از شرایط محیطی، قیمت مناسب کابل فیبر نوری در مقایسه با مس و همچنین وزن کمتر آن نسبت به مس اشاره نمود. بنابراین از کابل فیبر نوری می‌توان به عنوان یک واسط ارتباطی ایده‌آل به منظور برقراری ارتباط از طریق گسترده‌ی وسیع خطوط انتقال برق، استفاده نمود [4].

با توجه به مزایای زیاد فیبر نوری دستورالعمل مدیریت شبکه کشور مبتنی بر استفاده از این کابل‌ها در خطوط فوق توزیع و انتقال و پست‌های فشارقوی می‌باشد. اما با توجه به اینکه در بسیار از پروژه‌ها از سیم OPGW[†] به منظور انتقال دیتا استفاده می‌شود که این نیاز به احداث گنتری و همچنین فیوژن کابل OPGW به کابل کانالی را در پی خواهد داشت. با توجه به اینکه مشکلات احداث گنتری در سیم‌کشی OPGW باعث وقفه چندماهه و حتی چندساله در بسیاری از پروژه‌ها شده است در این مقاله چالش‌های موجود در فرآیند اجرای شبکه فیبر نوری پست بدون گنتری بررسی شده و پس از مقایسه اجزای چند پست و محل ارتباط سیم OPGW به ورودی آن‌ها، استفاده از کابل ADSS[‡] به دلیل عدم نیاز به گنتری در انتهای مسیر و قبل از اتاق مخابرات به عنوان راهکاری مناسب انتخاب شده است.

ادامه مقاله به این صورت است که در بخش دوم مقدمه‌ای از فیبر نوری بیان شده و انواع کابل‌های فیبر نوری مورد بررسی قرار می‌گیرند. بخش سوم مقاله، دستورالعمل اجرایی رایج کشور در استفاده از کابل‌های فیبر نوری بیان می‌شود. در بخش چهارم مقاله نتایج پیاده‌سازی عملی سیم‌کشی ADSS پیشنهادی بر روی دو پست فشارقوی مورد بررسی می‌شود. در نهایت بخش پنجم نتیجه‌گیری مقاله می‌باشد.

۲. انواع کابل‌های فیبر نوری

فیبر نوری رشته باریک و بلندی از یک ماده شفاف مثل شیشه یا پلاستیک است که می‌تواند نوری را که از یک سرش به آن وارد شده، از سر دیگر خارج کند. فیبر نوری دارای پهنای باند بسیار بالاتر از کابل‌های معمولی است، با فیبر نوری می‌توان داده‌های تصویر، صوت و داده‌های دیگر را به راحتی با پهنای باند بالا تا ۱۰ گیگابیت بر ثانیه و بالاتر انتقال داد. امروزه

* Power Line Career

† Optical Ground Wire

‡ All-dielectric self-supporting cable

مهندسی برق ایران

مخابرات فیبر نوری، به دلیل پهنای باند وسیع‌تر در مقایسه با کابل‌های مسی، و تأخیر کمتر در مقایسه با مخابرات ماهواره‌ای از مهم‌ترین ابزار انتقال اطلاعات محسوب می‌شود. در این بخش در ابتدا مختصراً انواع کابل‌های فیبر نوری بیان شده و در ادامه به‌طور مفصل درباره کابل‌های OPGW، ADSS می‌پردازیم. کابل‌های فیبر نوری به دودسته اصلی کابل‌های داخلی* و خارجی† تقسیم‌بندی می‌شوند. کابل‌های داخلی در داخل ساختمان‌ها استفاده می‌شوند و از نظر مکانیکی به‌گونه‌ای ساخته شده‌اند تا در مقابل تغییر حرارت و یا فشارهای مکانیکی به‌خوبی از فیبرها محافظت نمایند. برخلاف کابل‌های داخلی، کابل‌های خارجی در شرایط محیطی باز مورد استفاده قرار می‌گیرند و باید از استحکام و پوشش‌های لازم جهت حفاظت از فیبر را دارا باشند. کابل‌های خارجی به سه دسته‌ی هوایی(دکل‌ها و تیرهای توزیع)، زمینی (به‌صورت دفنی یا کانالی در زیرزمین) و زیردریایی تقسیم‌بندی می‌شوند. کابل‌های زیردریایی با توجه به اینکه در زیر آب مورد استفاده قرار می‌گیرند باید قابلیت کارکرد در شرایط بد محیطی را داشته باشند که نفوذپذیری آب از مهم‌ترین این شرایط است.

۱-۲- کابل‌های فیبر نوری هوایی

۱-۱-۲- کابل‌های مرکب

کابل‌های OPGW و OPCC‡ دو نوع کابل در گروه کابل‌های مرکب می‌باشند. کابل‌های OPGW مهم‌ترین و بهترین فن‌آوری مورد قبول برای تجهیز خطوط HV می‌باشند. هم‌نقش سیم گارد را دارند و هم به‌عنوان فیبر نوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. فیبرها درون تیوب‌های فلزی و یا پلاستیکی باروکش فلزی قرار می‌گیرند. تیوب‌های فلزی از جنس Stainless steel یا آلومینیوم هستند و برای جلوگیری از نفوذ آب و هیدروژن و عدم برخورد فیبرها با دیواره تیوب، از ژل یا مواد ترکیبی و ضد آب ویژه‌ای پر می‌گردند. همچنین OPCC یک کابل مرکب است که باید قابلیت حمل جریان ثابتی را در سیستم سه فاز داشته باشد و از فیبرهای نوری نیز استفاده نماید. این کابل برای خطوط فشارقوی که سیم گارد ندارد استفاده می‌شود. در این طرح فیبرهای نوری درون تیوب‌های پلیمری آزادانه قرار می‌گیرند و همراه با سیم‌های مسی حول یک عنصر استحکام‌بخش مرکزی قرار می‌گیرند و بر روی آن‌ها پوششی از مواد پلی‌اتیلن کشیده می‌شود [5].

۲-۱-۲- کابل‌های تمام عایقی

در ساختار این نوع کابل‌ها از عناصر فلزی استفاده نمی‌شود و به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که قابل استفاده در خطوط انتقال نیرو داشته باشند. از انواع این کابل‌ها می‌توان کابل‌های ADSS، AD-Lash، AD-Wrap را نام برد. در کابل‌های ADSS فیبرها آزادانه درون تیوب‌هایی از جنس پلی‌اتیلن قرار می‌گیرند و حول یک عنصر استحکام‌بخش مرکزی از جنس فایبرگلاس تابیده می‌شوند. وزن کم کابل ADSS و استفاده آرامید در ساختار آن امکان نصب در اسپن‌های ۱۰۰۰ متری را نیز دارد [6].

* Indoor

† Outdoor

‡ Optical Phase Conductor

مهندسی برق ایران

عدم خوداتکایی و نیاز به یک سیم حامل از ویژگی‌های کابل AD-Lash است که با استفاده از تسمه به سیم حامل خود محکم بسته می‌شود. برای نصب این کابل از ماشین ویژه‌ای بنام Lasher استفاده می‌شود. مشکل این روش ابعاد و وزن قرقره است که حداکثر طول کابل را به ۲ کیلومتر کاهش می‌دهد و بنابراین تعداد مفصل‌ها افزایش می‌یابد و بالطبع هزینه تعمیر و نگهداری را افزایش می‌دهد. در ضمن این کابل‌ها در حالت بی‌برق باید نصب شوند [7].

کابل AD-Wrap نیز مشابه کابل AD-Lash می‌باشد با این تفاوت که تعداد کمتری تار نوری دارد و به دور سیم حامل خود پیچیده می‌شود و با نوارهایی به آن محکم می‌گردد [8].

۲-۲- کابل‌های فیبر نوری زمینی

این کابل‌ها خود به دودسته‌ی کابل‌های فیبر نوری دفنی و کانالی تقسیم می‌شوند. کابل‌های دفنی ساختاری شبیه کابل‌های ADSS دارند ولی به دلیل اینکه در خاک قرار می‌گیرند باید از استحکام بیشتری برخوردار باشند. این کابل‌ها باید ضد جوده، بدون زره و ضد حریق باشند. همچنین ساختار کابل‌های کانالی مشابه کابل‌های دفنی است با این تفاوت که به دلیل اینکه درون کانال قرار می‌گیرند از استحکام کمتری برخوردارند [9].

۲-۳- کابل‌های فیبر نوری زیردریایی

این کابل‌ها به‌طور کلی شامل دو نوع کابل‌های مرکب و مخابراتی می‌باشند. کابل‌های مرکب زیردریایی علاوه بر انتقال برق در زیردریا حاوی کابل فیبر نوری نیز می‌باشند. در کابل‌های سه فاز، فضایی بین فازها وجود دارد که می‌توان کابل فیبر نوری را بین آن‌ها قرارداد. قیمت و هزینه تعمیر و نگهداری این کابل‌ها بالاست. همچنین کابل‌های فیبر نوری زیردریایی ساختاری شبیه OPGW دارند و برای حفاظت در برابر نفوذ آب شامل لایه‌های پلیمری نیز می‌باشند. در بعضی از طرح‌ها تیوب فیبر نوری ممکن است از جنس مس جهت حفاظت در برابر هیدروژن باشد. قیمت و هزینه نصب این کابل‌ها نیز بالا است [9].

۳-۱- بررسی کابل‌های OPGW و ADSS

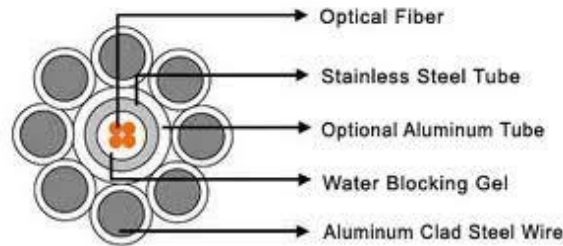
با توجه به اینکه کابل‌های به‌کاربرده در بسیاری از پروژه‌ها از نوع OPGW می‌باشد و در این مقاله استفاده کابل ADSS نسبت به OPGW، به دلیل عدم نیاز به گنتری در انتهای مسیر و قبل از اتاق مخابرات، پیشنهاد شده است در این بخش کابل‌های فوق به‌طور کامل بررسی می‌شوند.

۳-۱-۱- کابل OPGW

کابل OPGW نوعی از کابل می‌باشد که در خطوط فوق توزیع و انتقال مورد استفاده قرار می‌گیرد. کابل OPGW از یک یا چند تیوب آلومینیومی یا استنسل استیل حاوی تعداد معینی از فیبرهای نوری و سیم‌های فولادی با روکش آلومینیوم در لایه اول و سیم‌های فولادی، آلومینیومی و آلومینیوم آلیاژی و یا ترکیبی از آن‌ها در دیگر لایه‌ها، بر اساس نوع مشخصات الکتریکی و مکانیکی مورد نظر، تشکیل شده است (شکل ۱). تعداد فیبرهای نوری به‌کار رفته در تیوب‌ها متغیر بوده و بر اساس نیاز و درخواست مشتری می‌تواند از ۱ فیبر آغاز شده و به اعدادی همچون ۱۲، ۲۴، ۴۸ و حتی بالاتر نیز برسد. از کابل‌های OPGW در بالاترین نقطه دکل‌های خطوط انتقال استفاده می‌شود. در تولید و طراحی کابل‌های OPGW می‌توان از فیبرهای Single-mode و Multi-mode استفاده نمود. فیبرهای Single-mode،

مهندسی برق ایران

در مسافت‌های بالاتر از یک کیلومتر با پهنای باند بالا و فیبرهای Multi-mode در مسافت‌های کمتر از یک کیلومتر با پهنای باندهای کمتر، مورد استفاده قرار می‌گیرند [10]. این کابل از نظر ظاهری مشابه سیم‌های گارد و یا هادی‌های ACSR بوده و در خطوط قدیمی موجود جایگزین سیم‌های گارد شده و در طراحی خطوط جدید انتقال به‌عنوان محصولی با دو کاربرد مورد استفاده قرار می‌گیرند.



Central Loose Tube Type

شکل ۱: ساختار کابل OPGW

با توجه به دو منظوره بودن کابل OPGW می‌توان علاوه بر محافظت از خطوط فاز حاوی جریان الکتریکی در برابر اتصال‌های کوتاه و جریان‌های صاعقه، از قابلیت فیبرهای نوری نیز در انتقال داده‌های صوتی و تصویری بهره جست و در مکان‌هایی که انتقال فیبرهای نوری از طریق کابل‌های زمینی دارای هزینه زیادی می‌باشد (مثل مناطق کوهستانی) هزینه این امر را کاهش داد.

۳-۲-۱-۳- کابل ADSS

این نوع کابل دارای ساختار متفاوت و بدون ژله یا خشک می‌باشد. برای حفاظت کابل در مقابل نفوذ رطوبت از نوار جاذب رطوبت استفاده می‌شود. این کابل در مجاورت کابل‌های فشارقوی استفاده می‌گردند و دارای روکش مقاوم ضد ترک می‌باشد. نیروی کشش کابل زیاد می‌باشد که البته متناسب با شرایط جوی و نحوه کاربرد، نیروی کشش متناسب تنظیم و طراحی می‌گردد [6].

ADSS جایگزینی برای OPGW و OPAC است که هزینه نصب کمتری دارد. کابل‌ها به‌اندازه کافی قوی طراحی شده‌اند تا به طول ۷۰۰ متر نیز بین دکل‌های پشتیبانی نصب شود. کابل ADSS سبک و کم قطر طراحی شده است تا وزن بار روی دکل را کاهش دهد و هیچ‌گونه سیم فلزی در این کابل استفاده نشده است [11]. کابل فیبر نوری ADSS به‌طور گسترده در خطوط انتقال ولتاژ 110kV، 220KV و 35kV استفاده می‌شود. طراحی استاندارد ADSS می‌تواند به ۱۴۴ هسته برسد [12].

خصوصیات کابل ADSS به شرح زیر می‌باشد [6، 11]:

- کابل فیبر نوری ADSS به‌طور کامل عایق شده است و می‌تواند در طول نصب و نگهداری خط به‌طور قابل توجهی تلفات قطع برق را کاهش دهد.
- انقباض و انبساط کابل ADSS در طیف وسیعی از تغییرات دما ثابت است.

مهندسی برق ایران

- در برابر خوردگی الکتریکی کابل نوری توسط میدان الکتریکی ناشی از ولتاژ بالا مقاوم است.
- قطر کوچک و وزن سبک کابل ADSS می‌تواند تأثیر برف و باد بر روی کابل را کاهش دهد.

۳. دستورالعمل اجرایی رایج به‌منظور انتقال دیتا در خطوط انتقال و فوق توزیع

کابل OPGW همان‌طور که در بخش‌های قبل گفته شد، نوعی از کابل فیبر نوری می‌باشد که در خطوط فوق توزیع و انتقال به‌منظور انتقال دیتا استفاده می‌شود. از آنجایی که کابل OPGW فلزی است و کابل نوری وارد شده به اتاق مخابرات باید از نوع کانالی، تماماً غیرفلزی و مقاوم در برابر آتش و مقاوم در برابر ضربه و جوندگان موذی باشد، سیم OPGW بعد از ترمینال تاور بر روی گنتری متصل و در ترمینال باکس به کابل کانالی فیوژن می‌شود. و وارد اتاق مخابرات می‌شود. که این امر به جهت پیاده‌سازی سیم OPGW لازم به داشتن استراکچری به نام گنتری در داخل پست می‌باشد که هم دارای هزینه زیاد و نیاز زمان طولانی جهت نصب و راه‌اندازی دارد، که اکثر مواقع در پست‌ها به دلایل فوق ماه‌ها و سال‌ها احداث آن به طول می‌انجامد و پست از مزیت فیبر نوری بی‌بهره می‌ماند. لذا در این مقاله برای ارائه راهکاری بدون نیاز به گنتری و فیوژن کابل هستیم که در بخش بعد تشریح شده است.

۴. راهکار پیشنهادی به‌منظور عدم نیاز به گنتری در پست‌های فشارقوی

بر اساس دستورالعمل‌های مدیریت شبکه برق جهت رفع مشکل پست‌های برق فاقد گنتری که باعث به تعلیق افتادن ارتباط نوری فی‌مابین پست‌هایی که میلیون‌ها تومان هزینه و سیم‌کشی OPGW شده ولی نتوانستند وارد شبکه فیبر نوری شوند و به جهت جلوگیری از اتلاف وقت، طرحی به‌عنوان پیشنهاد جهت حل مشکلات فوق و بر اساس استانداردها و دستورالعمل‌های مدیریت شبکه برای دو پست فشارقوی ابوسعید تربت حیدریه و پست موبیل طرفه ارائه شده است.

• پست ماژولار ابوسعید تربت حیدریه

پس از بررسی‌های انجام‌شده و شناخت ساختار کابل ADSS که علاوه بر ماهیت خود نگهدار بودن این کابل به‌عنوان کابل کانالی نیز از آن می‌توان استفاده نمود این کابل به‌صورت نمونه در پست تربت حیدریه اجرا و راه‌اندازی گردید.

پست ماژولار ابوسعید تربت حیدریه ۲۵ کیلومتر سیم‌کشی OPGW گردیده بود ولی فاقد گنتری بود و نیاز به احداث گنتری، کانال‌سازی و ایمن‌سازی کابل به جهت ورود از کف به اتاق مخابرات بود و نیاز به ۳ ماه جهت آماده‌سازی ارتباط سیم OPGW به اتاق مخابرات بوده و حدود ۲۰۰ میلیون هزینه جهت تکمیل پروژه داشت. اما با استفاده از کابل ADSS و بدون نیاز به احداث گنتری و غیره، با هزینه کمتر از ۱۵ میلیون و زمان یک روز کاری پروژه فوق به بهره‌برداری رسید.

• پست موبیل طرفه

پست موبیل طرفه، به طول ۱۱ کیلومتر سیم‌کشی OPGW و با هزینه بالغ بر ۱۰ میلیارد ریال اجرا گردیده بود. اما پروژه فوق به مدت حدود ۲ سال به دلیل فاقد گنتری بودن پست پروژه رها گردیده بود و اگر قرار بود از طریق گنتری ارتباط فوق برقرار شود علاوه بر نبود گنتری دارای چالش‌های دیگری از جمله عدم وجود کانال کابل، مسیر ارتباطی به رک مخابراتی، ایمن‌سازی بستر پرتگاه جنب پست و دیگر موارد می‌بود که تکمیل فرایندهای ذکر شده نیاز به ۳ الی ۴ زمان و نیازمند هزینه بالغ بر ۵ میلیارد ریال داشت. با بررسی‌های انجام‌شده و استفاده از روش پیشنهادی در کمتر از ۲ روز با هزینه معادل کمتر از ۱۵ میلیون پروژه فوق به بهره‌برداری رسید.

مهندسی برق ایران

۵. نتیجه‌گیری

در مقاله پیشنهادی چالش احداث گنتری و فیوژن کابل‌ها در پروژه‌های مربوط به فیبر نوری که عمدتاً از کابل OPGW استفاده می‌شود یک راهکار جدید مبتنی بر کاربرد کابل ADSS ارائه شد. استفاده از این کابل‌ها با توجه به ویژگی‌های آن که مورد بررسی قرار گرفت، بدون نیاز به احداث گنتری و فیوژن کابل در اتاق مخابرات هست که باعث اتمام سریع و هزینه بسیار کمتر پروژه‌ها می‌شود. راهکار پیشنهادی برای دو پست نمونه بررسی شد. در هر دو پروژه که به دلیل هزینه‌ی بالای مربوط به احداث گنتری و دیگر مسائل مدت‌ها سکون مانده بود با استفاده از کابل ADSS در یک و دو روز کاری و با هزینه‌ی بسیار کمتر به اتمام رسید. با استفاده از راهکار پیشنهادی علاوه بر ادامه یافتن پروژه و تسهیل در اتصال به شبکه فیبر نوری و اتمام پروژه‌های ناتمام در کوتاه‌ترین زمان ممکن و صرفه‌جویی بسیار در هزینه‌ها می‌توان گام بلند و مفیدی برای اقتصاد کشور برداشت.

مراجع

۱. صادقی‌پور، حسن؛ اتوماسیون شبکه‌های انتقال قدرت و چالش‌های پیش رو، بیست و هشتمین کنفرانس بین‌المللی ایران، تهران، سال ۱۳۹۲.
۲. صادقی‌پور، حسن و سلطانی، مرتضی؛ مقایسه سیستم‌های مخابراتی در صنعت برق ایران، بیست و هفتمین کنفرانس بین‌المللی برق ایران، تهران، آبان ماه ۱۳۹۱.
3. "de Paulis, F., Olivieri, C., & Orlandi, A. (2017). Identification and Modeling of Intrinsic Discontinuities in High-Voltage Transmission Lines for PLC Applications. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 60(1), 42-49."
4. "S.M. Rowland, "Sheathing materials for dielectric, aerial, self-supporting cables for application on high voltage power lines" Sixth International Conference on Dielectric Materials, Measurements and Applications, 1992".
5. "Torbus, S. A., & Ratuszek, M. (2012). Effect of the magnetic field of high-voltage power line on the polarization mode dispersion in the OPGW and OPCC cables. *PRZEGLAD ELEKTROTECHNICZNY*, 88(3 A), 170-173."
6. "Karady, G. G., Al-Ammar, E., Shi, B., & Tuominen, M. W. (2005). Experimental verification of the proposed IEEE performance and testing standard for ADSS fiber optic cable for use on electric utility power lines. *IEEE transactions on power delivery*, 21(1),".
7. "Xi, C. H. E. N. (2009). Development and prospect of electric power special optical cable [J]. *Telecommunications for Electric Power System*, 1."
8. "Torkelson, C., Dacek, S. T., & Goikhman, A. A. (2009). U.S. Patent Application No. 11/869,476."
9. "Ukil, A., Braendle, H., & Krippner, P. (2011). Distributed temperature sensing: review of technology and applications. *IEEE Sensors Journal*, 12(5), 885-892."
10. "Ping, W. A. N. G. (2006). The Application of OPGW Optical Cable in Electrical Power System [J]. *Electric Power Survey & Design*, 3."



مهندسی برق ایران

11. "Huang, Q., Karacly, G. G., Shi, B., & Tuominen, M. (2005). Study on development of dry band on ADSS fibre optic cable. IEEE transactions on dielectrics and electrical insulation, 12(3), 487-495."

۱۲. صادق پور، حسن؛ روح اله یار احمدی خراسانی و وحید علیزاده یزدی، ۱۳۹۶، چالش‌های پیشرو در استفاده از کابل فیبر نوری ADSS در صنعت برق ایران، اولین همایش بین‌المللی مهندسی برق، علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات، همدان.