



# نقش روکش دار کردن هادیهای هوایی شبکه های توزیع در افزایش ایمنی در صنعت برق

نویسنده محمد کریمی تکلو  
شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان

کلمات کلیدی: ایمنی، حوادث، برق گرفتگی، شبکه های هوایی توزیع، هادیهای هوایی روکش دار

چکیده

یکی از مهمترین راهکارهای افزایش ایمنی در صنعت برق، استفاده از کابل‌های هوایی خودنگه دار در شبکه های توزیع یا استفاده از تکنیک جدید هادیهای هوایی روکش دار بجای سیمهای لخت هوایی متداول است. بررسی نرخ آمار برق گرفتگی مربوط به سیمهای هوایی لخت در کشورهای مختلف جهان حاکی از این واقعیت است که روکش دار کردن هادیهای هوایی می تواند گامی موثر جهت افزایش ایمنی در صنعت برق باشد. این امر در کنار مواردی همچون کاهش هزینه های بهره برداری، کاهش قطعیهای کوتاه یا بلند مدت و همچنین حفظ محیط زیست بلحاظ قطع شاخه درختان و مرگ پرندگان و نیز کاهش ابعاد کراس آرمها یکی از دلایل اصلی گسترش سریع و روز افزون جایگزینی هادیهای روکش دار هوایی بجای سیمهای لخت در شبکه های فشار متوسط یا فشار ضعیف می باشد. در این مقاله ابتدا به بررسی ویژگیهای هادیهای روکش دار در مقایسه با سیمه ای لخت هوایی پرداخته شده و مزایای این نوع هادیها را خصوصاً از دیدگاه افزایش ایمنی در صنعت برق مورد توجه قرار می دهیم. آنگاه با مطالعه آماری از نرخ حوادث برق گرفتگیها ی ناشی از سیمهای لخت هوایی، استفاده از راهکار هادیهای روکش دار را بجای سیمهای لخت در شبکه های هوایی فشار متوسط و فشار ضعیف مورد پیشنهاد قرار می دهیم.

شبکه‌های هوایی آسانتر بوده و سادگی ساخت و احداث، سهولت بهره برداری، انشعابگیری، عیب‌یابی و تعمیراتی آن از ارجحیت بیشتری نسبت به شبکه های زمینی برخوردار می باشد. با توجه به گستردگی شبکه های توزیع در سطح معابر شهری و روستایی می توان شاهد بروز حوادث و مشکلات عدیده‌ای بود. همچنین از آنجاییکه گروههای اجرایی مختلفی همچون حوادث و اتفاقات، تعمیرات و نوسازی و... در نقاط مختلف شبکه مشغول بکار هستند، نداشتن هماهنگیهای لازم در یک نظام صحیح می تواند

## ۱- مقدمه

شبکه های توزیع از طریق کابل‌های زمینی یا خطوط هوایی وظیفه تامین انرژی الکتریکی را برای مصرف کنندگان در شهرها و روستاها بر عهده دارند. بطورکلی سیستمهای هوایی برخلاف سیستمهای زمینی بسیار کم هزینه ترند زیرا به کانال کشی، هزینه‌های اخذ مجوزهای حفاری، اتصالات و غلافهای آب بندی گران جهت امکانات ویژه ضد آب کردن تجهیزات زیرزمینی نیازی نیست. ازطرف دیگر، احداث

حادثه آفرین باشد. همچنین عدم آشنایی کامل مردم از شبکه های برق و خطرات ناشی از آن می تواند موجب بروز اتفاقات غیرقابل تصویری شده و خسارات و زیانهای مالی و جانی جبران ناپذیری را دربرگیرد.

## ۲- حوادث و مهندسی ایمنی در صنعت برق

ایمنی بمعنای رهایی ، در امن بودن از خطر، به حداقل رساندن تماس انسان با خطر و پیشگیری جدی از صدمات فیزیکی و جراحت می باشد. اما تعریف نسبتاً جامعتر و کاملتر آن عبارتست از رعایت اصول و مقرراتی جهت رهایی از ایجاد شرایط مخاطره آمیز برای حفظ نیروی انسانی و تاسیسات. حادثه از دیرباز بعنوان یک عامل مخرب و مرگزا برای انسان شناخته شده و روزبه روز بر وسعت آن افزوده می شود. لذا برای پیشگیری از وقوع مجدد حوادث لازم است که با تجزیه و تحلیل حوادث مختلف، راهکارهای مناسبی را جهت کاهش احتمال بروز مجدد آن اعمال نماییم. با بررسی و تجزیه و تحلیل حوادث می توان ضمن گردآوری حقایق و بیان آن، اهمیت و دامنه ضرر و زیان ناشی از آنرا شناخت و مناسبترین راهکارهای پیشگیری برای مناطق و شرایط پرخطر را پیشنهاد و اعمال نمود. مهندسی ایمنی شامل مقررات و اصولی است که برای کاهش وقوع حوادث و وقایع به کمک حذف یا کنترل خطرات بکار می رود.

بنابراین در هر سیستم عملی ترین و واقعی ترین هدف آن است که برای هر سال کاهش معینی در میزان حوادث و درصد وقوع آن در نظر گرفته شود و مهندسی ایمنی برای نیل به این هدف تلاش خواهد کرد. مهندسی ایمنی جهت کنترل خطر، سعی می کند که با استفاده از راهکارهای زیر به کاهش میزان حوادث بپردازد:

۱- از بین بردن خطر

۲- محدود ساختن میزان خطر

۳- ایزولاسیون تجهیزات حساس و خطرناک

۴- استفاده از سیستمهای قفل زنجیره ای تجهیزات

۵- استفاده از تجهیزاتی که برای تامین ایمنی خود

از کار می افتند

۶- استفاده از تجهیزات مانیتورینگ و هشداردهنده که از میان راهکارهای فوق، راهکار کاهش و محدودسازی میزان خطر یکی از مطمئن ترین و در عین حال بهترین روش کاهش احتمال بروز حوادث در شبکه های برق است.

برق گرفتگی یکی از مهمترین و حساسترین حوادثی است که در صنعت برق بر ای پرسنل شرکتهای برق و افراد اجتماع ممکن است روی دهد. برق گرفتگی به یکی از دو طریق تماس مستقیم و غیر مستقیم رخ می دهد. برق گرفتگی نوع مستقیم هنگامی روی می دهد که سیستم الکتریکی سالم است و انسان بر اثر سهل انگاری یا بی توجهی با هادی برقدار از یک یا دو نقطه تماس می یابد. برای محافظت در مقابل این نوع برق گرفتگی لازم است تا با جلوگیری از عبور جریان الکتریکی از بدن انسان و نیز محدود کردن جریانی که ممکن است از بدن عبور کند، افراد را در مقابل برق گرفتگی ایمن نمود. برق گرفتگی نوع غیر مستقیم نیز هنگامی رخ می دهد که در اثر خراب شدن عایق بندی یا هر علت دیگر، یک هادی برقدار با سطوح فلزی دستگاهها تماس یافته و همزمان تماس بدن انسان با همان سطح فلزی موجب برق گرفتگی وی شود. برای محافظت در مقابل این نوع برق گرفتگی نیز لازم است تا با جلوگیری از عبور جریان الکتریکی از بدن انسان، محدود کردن جریانی که ممکن است از بدن عبور کند و نیز قطع خودکار مدار تغذیه افراد را در مقابل برق گرفتگی ایمن نمود.

هر حادثه ای برق گرفتگی، هزینه های گزاف انسانی، اقتصادی و اجتماعی را برای فرد مصدوم دری دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- زیانهای انسانی ناشی از حادثه شامل درد و رنج، فشار روحی، کاهش درآمد، مخارج اضافی، از دست دادن توانایی انجام بعضی از کارها، احتمال معلول شدن یا از دست دادن زندگی.

۲- زیانهای اقتصادی شامل از دست دادن کارگر ماهر و با تجربه، کاهش تولید، کاهش درآمد، هزینه آموزش و تربیت مجدد کارگر جایگزین، تلفات زمان ناشی از تاثیر حادثه بر روی بقیه کارکنان.

شرکتهای برق است. این بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهند که در حدود نیمی از حوادث در اثر برق گرفتگی ناشی از کار بر روی خطوط هوایی فشار ضعیف و فشار متوسط روی داده است. این امر لزوم استفاده از راهکارهای پیشگیرانه را جهت کاهش آمار برق گرفتگی در سیمهای لخت خطوط هوایی شبکه های توزیع ضرورت می بخشد. برای این منظور می توان از راهکار هادیهای هوایی روکش دار برای شبکه های هوایی فشار ضعیف و متوسط استفاده نمود.

### ۳- مشکلات ایمنی شبکه‌های توزیع

استفاده از انرژی برق جزء لاینفک زندگی بشر امروزی گردیده و بدون آن زندگی تقریباً غیرممکن می‌باشد. همگانی شدن و در دسترس قرار گرفتن عوامل این انرژی به همراه مزایای فراوان خود مخاطراتی نیز به همراه آورده است. وجود کوچه‌ها و معابر کم عرض در شهرها و روستاها و ضرورت احداث شبکه های توزیع هوایی با سیمهای لخت بدون روکش عایق، نمونه ای از مخاطرات مزبور می باشند که در صورت عدم بررسی جامع و ارائه راهکارهای منطقی، پیوسته حوادث روزافزونی را موجب می‌گردد. راه‌حلهای پیشنهادی در این مقاله تا حد امکان، خطرات برق گرفتگی و همچنین خاموشیهای ناخواسته را کاهش داده و عموماً بطور عملی امکان اجرایی دارند.

عمومی ترین عیب شبکه های فشار ضعیف یا متوسط هوایی خصوصاً در معابر کم عرض، عبور سیم از عرض خیا بانها، در دسترس بودن آنها و عدم رعایت فاصله های استاندارد می باشد بطوریکه در هنگام تعمیر ساختمان و یا موقع برف رویی در زمستان، تنظیم لوله فلزی آنتن و یا دودکش افراد ناآگاه، عبور از زیر شبکه درحالیکه نردبان یا وسیله فلزی بلندی در دست عابر بوده و یا عبور وسائل نقلیه با بار از زیر خطوط هوایی با سیمهای برق‌دار تماس حاصل کرده و حوادثی ناگوار را به بار می‌آورند. همچنین رعایت فواصل استاندارد همواره برای معابر

۳- هزینه های اجتماعی شامل پرداخت خسارت نقص عضو یا ازکارافتادگی، از دست رفتن یک فرد با تجربه، مخارج بار مالی وارد شده بر خدمات درمانی و پزشکی.

حوادثی که روی تجهیزات و تاسیسات شبکه های برق اتفاق می افتد را می توان به دو گروه اصلی تقسیم نمود:

۱- حوادث برق گرفتگی مربوط به پرسنل شرکتهای برق شامل:

- حوادث برق گرفتگی
- حوادث ناشی از قوس الکتریکی و سوختگی
- حوادث ناشی از سقوط
- حوادث ناشی از رانندگی
- حوادث ناشی از جابجایی بار و کار با جرثقیل

۲- حوادث برق گرفتگی مربوط به افراد جامعه (خارج از شرکت) که می توان به دو دسته زیر تقسیم بندی کرد:

- حوادث برق گرفتگی در منازل و کارگاهها و ناشی از وسایل و تجهیزات برقی
- حوادث برق گرفتگی در شبکه های هوایی و تجهیزات وابسته به آن نظیر:
- عدم رعایت حریم شبکه توسط مشترکین با احداث ساختمان
- از بین رفتن عایق کابلها در محل ورود کابل به تابلوها و پایه های چراغهای روشنایی
- بالا رفتن افراد ناآگاه از تیرهای برق جهت نصب پرچم و تابلو
- کارکردن در زیر و یا مجاورت شبکه های برق‌دار بدون محافظ

بررسیها نشان می دهند که حوادث ناشی از برق گرفتگی بسیار جدی بوده و تقریباً در هر ۳۰ حادثه برقی یک حادثه منجر به فوت وجود دارد، در صورتیکه در حوادث غیربرقی در هر ۶۰۰ حادثه، یک حادثه منجر به فوت دیده می‌شود. بررسیهای انجام شده حاکی از این واقعیت هستند که در حدود ۷۰ درصد حوادث برق گرفتگی مربوط به افرادی است که خارج از سطح شرکت فعالیت می نمایند و در حدود ۳۰ % حوادث مربوط به پرسنل

#### ۴- هادیهای روکش دار هوایی

هادیهای هوایی لخت در اکثر کشورهای جهان قسمت اعظم شبکه های هوایی توزیع را تشکیل می دهد. رایج ترین انواع خطوط هوایی عایق شده شبکه های توزیع عبارتند از:

- هادیهای هوایی روکش دار<sup>۱</sup>
- کابل های خوندنگه دار هوایی<sup>۲</sup>
- کابل های هوایی فاصله دار<sup>۳</sup>

از میان موارد فوق، هادیهای هوایی روکش دار که با عایق XLPE پوشیده شده اند و دارای هادیهای مجزا هستند که با عایق متناسب با سطح ولتاژ و سایز هادی تغییر می کند و توانایی استقامت مکانیکی لازم را در برابر برخوردهای اتفاقی دوفاز بهم یا فاز به زمین را دارا می باشد. همچنین این لایه عایقی با ترکیبات کربن سیاه رنگ استقامت کافی در برابر اشعه فرابنفش خورشید و عوامل جوی را در مدت عمر مفید بهره بردار ی ( ۳۰ ساله ) دارا می باشد.

دو نمونه از تصاویر شبکه فشار متوسط کشور کره جنوبی که با هادیهای هوایی روکش دار انجام شده در شکل (۱) دیده می شود.

تصویر پست اختصاصی شبکه ۲۰ کیلو ولت در فضای باز که با استفاده از هادیهای هوایی روکش دار اجرا شده و در پشت بام یک ساختمان احداث شده است نیز در شکل (۲) دیده می شود.

از آنجاییکه بر ای انجام هر طرح مهندسی، انجام بررسیهای دقیق فنی و اقتصادی ضروری می باشد، ابتدا پس از تایید امکان فنی استفاده از هر یک از راهکارهای فوق و با هدف بدست آمدن مزایای بیشتر خصوصاً افزایش قابلیت اطمینان شبکه، کاهش خاموشیهای ناخواسته، کاهش دزدی برق، کاهش باند حریم خط و نیز افزایش ایمنی بر ای پرسنل شرکت برق و افراد جامعه، به بررسی اقتصادی هزینه نصب و بهره برداری از شبکه های توزیع هوایی با هریک از راهکارهای بالا بپردازیم که احداث شبکه های توزیع با سیمهای لخت هوایی کمترین هزینه

کم عرض میسر نبوده و لذا احتمال وقوع چنین حوادثی در این مکان ها بشدت افزایش می یابد. هم اکنون نسل جدید شبکه های هوایی عایق شده بصورت هادیهای روکش دار مدتی است که در شبکه های برق ایران مطرح شده و مراحل نصب و بهره برداری از آنها در چندین نقطه مختلف بکار رفته است. استفاده از هادیهای روکش دار هوایی ضمن افزایش ایمنی برای پرسنل و افراد عمومی می تواند ایمنی لازم را نیز برای مناطق پرندخیز افزایش دهد و دیگر کمی فاصله بین سیمهای هادی و کراس آرم فلزی و احتمال برخورد همزمان بدن پرندگان به دو فاز و قطعی شبکه

کاهش می یابد. همچنین هادیهای روکش دار در تعدادی از کشورهای جهان نیز جهت جلوگیری از بروز آتش سوزی در مراتع و جنگلها نیز بکار برده شده است.

مشکلاتی که در شبکه های فشار ضعیف وجود دارد بعلت گستردگی این شبکه ها و در دسترس همگان بودن آنها، شاید خطر آفرین و با احتمال زیاد بروز حادثه بوده، از نظر آمار هم خسارات بیشتری را به خود اختصاص می دهند. نزدیک بودن سیمهای شبکه های عمومی به پنجره های منازل یا پشت بامها و بطور کلی عدم رعایت فاصله استاندارد، شکستن پایه ها، پارگی سیمهای برقدار در اثر عوامل مختلف و عبور سیمهای شبکه های هوایی از میان شاخه های درختان و احتمال نزدیکی کارگران در هنگام کار در مجاورت آنها، بستن داربست در زیر یا کنار خطوط و برداشتهای غیرمجاز از سیمهای لخت از جمله رایج ترین حوادث مربوط به شبکه های فشار ضعیف می باشند.

برای به حداقل رساندن احتمال خطر برق گرفتگی باید موارد ایمنی در طراحی، ساخت، نصب و بهره برداری از تجهیزات شبکه های برق رعایت گردد. از جمله روشهایی اولیه و ابتدایی که برای حفاظت در تماس مستقیم یا غیر مستقیم مورد استفاده است، می توان به عایق بندی قسمتهای برقدار اشاره نمود. استفاده از پوششهایی نظیر رنگ، وارنیش، لاک، کاورهای لاستیکی، شیلنگ اندازی، و نظایر آن و نیز محصور کردن تجهیزات برقدار می توانند راهکارهای مناسبی جهت عایق کردن سیمهای حامل جریان باشد.

<sup>1</sup> Covered Conductor, CCT

<sup>2</sup> Arial Bundled Cable

<sup>3</sup> Spacer Cable

های مخابراتی فیبر نوری و ... را بر روی پایه های مشترک احداث نمود. این موضع عملاً در کشور کره جنوبی بصورت فراگیر در حال اجرا بوده که تصویر یک مورد عملی آن در شکل (۳) دیده می شود.

بطور کلی استفاده از خطوط هوایی روکش دار دارای مزایای متعددی می باشند که اهم موارد آن عبارتند از:

- کاهش قطعیهای ناخواسته انرژی الکتریکی
  - کاهش میزان انرژی های توزیع نشده
  - کاهش حریم خط و هزینه های آزادسازی آن
  - کاهش نشتی برق و برق دزدی
  - کاهش افت ولتاژ خطوط
  - افزایش قابلیت اطمینان شبکه
  - کاهش هزینه های تعمیرات و نگه داری خط
  - افزایش ایمنی شبکه برای مصرف کنندگان و کارگران صنعت برق و افراد جامعه
- بررسیهای اقتصادی انجام شده در شرکت توزیع CEMIG برزیل حاکی از این واقعیت است که کل هزینه احداث و بهره برداری از هادیهای روکش دار هوایی ۰/۸ مقدار مشابه برای سیمهای لخت است. حال آنکه افزایش ایمنی با استفاده از کابلها ی خودنگهدار یا کابلهای فاصله دار بیشتر از این میزان می باشد. این موضوع در جدول (۱) آورده شده است. بر اساس آمار این شرکت با بیش از پنج میلیون مشترک، جایگزینی خطوط توزیع هوایی لخت با خطوط با کابل فاصله دار نرخ عیب را از ۰/۹ عیب در کیلومتر در سال به ۰/۰۴ یعنی به کمتر از ۱/۲۰ کاهش داده است.
- جدول (۲) مقادیر SAIDI را برای خطوط لخت، فاصله دار و خود نگهدار نشان می دهد.

۵- نقش هادیهای هوایی روکش دار در افزایش ایمنی

یکی از اقدامات مفید در زمینه مهندسی ایمنی مربوط به صدور اطلاعیه شرکت برق منطقه ای غرب

اقتصادی را بدنبال دارند حال آنکه راهکار استفاده از کابلها ی فاصله دار و خودنگه دار در حدود ۳۰۰ درصد هزینه های بیشتری را بر شرکت های برق تحمیل می سازند . این بررسیها همچنین نشان می دهند طرح استفاده از تکنیک هادیهای هوایی روکش دار بدلیل استفاده از همان تجهیزات شبکه، هزینه اقتصاد ی ۳۵ درصد افزایش را بر ای احداث کنندگان شبکه نسبت به سیم لخت تحمیل می گرداند حال آنکه میزان ایمنی شبکه و نیز قابلیت اطمینان آنها بطور یکسان تا حدود بسیار زیادی افزایش یافته است. این مسئله، موجب گردیده تا در اکثر کشورها ی پیشرفته جهان که فرآیند خصوصی ساز ی صنعت برق در آنها به مرحله اجرا درآمده، شرکت های برق جهت رعایت اصول و استانداردهای بین المللی تامین برق مشترکان با شرایط ایمنی و قابلیت اطمینان بالا و کیفیت توان مناسب، راهکار هادیهای هوایی روکش دار را بر انواع سیمهای هوایی ترجیح دهند.

از اینرو، گرچه بیش از چند دهه از نصب هادیهای هوایی روکش دار در شبکه های توزیع هوایی کشورهای پیشرفته جهان نمی گذرد ولی مزایای فنی، اقتصادی و ایمنی این نوع خطوط موجب استفاده های روزافزون از آنها در شبکه های برق اکثر کشورها شده است.

بطوریکه فقط در کشور کره جنوبی از سال ۱۹۷۷ تعویض هادیهای لخت به هادیهای روکش دار توسعه یافته و تا پایان سال ۲۰۰۲ بیش از ۹۵/۴ درصد از کل شبکه هوایی آن کشور با هادیهای روکش دار اجرا و تعویض شده اند. این امر باعث رسیدن به رتبه برتر در جهان از نظر کمترین میزان خاموشیها و قطعیهای برق گردیده است. در سالهای آغازین، این روش در مناطق پرحادثه و جهت افزایش ایمنی صورت می گرفت حال آنکه امروز با آشکار شدن نتایج مثبت امر، قوانین و استانداردهایی جهت استفاده اجباری از هادیهای هوایی روکش دار تدوین و به مرحله اجرا درآمده اند.

با بکار گیری هادیهای روکش شده شبکه های برق فشار متوسط ، فشار ضعیف و روشنایی معابر عملاً می توان دیگر تاسیسات خدمات شهری از جمله تلویزیون کابلی، شبکه های اینترنت پرسرعت، شبکه

خطوط برق وجود ندارد. بر این اساس تنها نتیجه حاصل از افزایش حریم اطراف ساختمانها، افزایش هزینه بدون تاثیر در افزایش ایمنی است درحالیکه روکش دار کردن در واقع نوعی ایزولاسیون خط با قیمت اقتصادی می باشد. لذا استفاده از خطوط ترکیبی برای نقاط پرحادثه توجیه پذیر بوده و توصیه می گردد.

در جدول (۳) نیز آمار حوادث برق گرفتگی منجر به فوت در شرکت های برق منطقه ای کشور انگلستان به تفکیک شبکه های فشار ضعیف و متوسط با هادی های روکش دار و لخت مورد مقایسه قرار گرفته اند.

#### ۶- معایب ایمنی هادی های روکش دار هوایی

همانند هر طرح مهندسی در کنار مزایای خود، معایب و مشکلاتی را به همراه دارند، استفاده از هادی های هوایی روکش دار ضمن دارا بودن تمامی مزایای مورد بحث، دارای یک عیب در خصوص حفظ ایمنی در هنگام پاره شدن یک هادی برقرار هستند.

از جمله علل پاره شدن سیمها، سنگینی بیش از حد آنها در اثر اضافه بار ناشی از برف و یخ انباشته شده بر روی سیم و برخورد وسائل نقلیه به تیرها و شکسته شدن آنها، پاره شدن سیمهای فاز ناشی از طوفان و باد شدید، افتادن درختان و برخورد شاخه آنها، پرتاب اجسام فلزی توسط افراد و ذوب شدن روی شبکه و باقی ماندن سنگینی آنها و عدم عملکرد رله ها و کشف این حادثه و نیز اتصالات سست و فرسوده در شبکه های هوایی توزیع است. در هر صورت، در اثر هر یک از عوامل فوق، سیم برقرار پاره شده و روی زمین می افتد که در اینصورت اگر کلیدهای مر بوطه بدلیل خطای امپدانس بالا مدار را قطع نمایند، اگر سیم برقرار به شخص یا حیوانی برخورد کند، می تواند موجب جراحت یا مرگ وی گردد. لذا برای کنترل و حفظ ایمنی، لازم است تا وسائل حفاظتی موجود مانند کلیدهای فیوزی یا اتوماتیک و حتی کاتوت های روی ترانسفورماتور در این زمان عمل کرده و فیدر مربوطه را قطع نمایند. این وسائل باید قادر باشند

کشور استرالیا (Western Power) می باشد که ضمن فراهم کردن امکان برقرار ی تماس و اخذ اطلاعات مورد نیاز بر ای مشترکین و اطلاع رسانی به آنها از طریق اینترنت در مورد سطوح ولتاژ خطوط عبور کننده از نزدیکی منزل و محل کار آنها و میزان رعایت حریم و فاصله ایمنی آنها، تدابیر و راهنمایی های لازم برای کار در مجاورت شبکه برق و حتی ایجاد داربست را ارائه نموده است. در این سایت<sup>۱</sup> همچنین نحوه اخذ مجوز

کار بر اساس رده ولتاژ و دیگر تدابیر ایمنی برای کلیه افراد جامعه توصیه و منتشر شده است.

بررسی آمار برق گرفتگی ها ناشی از خطوط هوایی فشار متوسط و ضعیف در کشورهای مختلف جهان که دارای هادی های لخت و روکشدار از جمله کابل های خود نگه دار یا هادی های روکشدار هستند، نشان دهنده این واقعیت است که آمار حوادث بصورت قابل توجهی کاهش یافته است. در سال ۲۰۰۴ تحقیقی در انگلستان در مورد جایگزینی خطوط ۱۱ کیلو ولت لخت با هادی های روکش دار جهت افزایش ایمنی افراد انجام گرفت. در طی ۱۳ سال تا مارس ۲۰۰۴ تعداد ۲۳۸ نفر بر اثر برق گرفتگی در شبکه های توزیع که ۹۰٪ آنها بر اثر برخورد با خطوط هوایی ولتاژ متوسط ۱۱ کیلو ولت بوده است فوت کرده اند. نتایج مطالعه نشان داد که با جایگزینی تمام خطوط ۱۱ کیلو ولت در هر سال جلوی مرگ ۴ نفر و زخمی شدن ۶ نفر را می توان گرفت. با در نظر گرفتن بهره پول معادل ۳٪ در سال و تعمیر موضوع به ۶۰ سال مدت بهره برداری از خط می توان ۱۴۱ میلیون پوند صرفه جویی نمود. از طرف دیگر با در نظر گرفتن هزینه اضافی ناشی از جایگزینی خطوط متعارف با خطوط با هادی های روکش دار معادل ۳۲۰۰ پوند و نصب خطوط روکش دار جدید معادل ۱۶۴۰۰ پوند در هر کیلومتر و با در نظر گرفتن طول کل خطوط ۱۱ کیلو ولت انگلستان، این پروژه به هیچ وجه اقتصادی نخواهد بود.

این درحالی است که بر اساس آماری که در ایالات متحده جمع آوری شده است روش موثری برای کاهش حوادث ناشی از بی توجهی انسان در اطراف

<sup>1</sup><http://www.safetyline.wa.gov.au/PageBin/elechazd0005.htm>

دار کردن هادیهای هوایی می‌تواند گامی موثر جهت افزایش ایمنی در صنعت برق باشد. در این مقاله ابتدا به بررسی ویژگیهای هادیهای روکش دار در مقایسه با سیمهای لخت هوایی پرداخته شده و مزایای این نوع هادیها را خصوصاً از دیدگاه افزایش ایمنی در صنعت برق مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و استفاده از راهکار روکش دار کردن سیمهای هوایی یا هادیهای روکش دار را بجای سیمهای لخت در شبکه های هوایی فشار متوسط و فشار ضعیف پیشنهاد گردید. با توجه به اهمیت بالای این موضوع، بررسی این طرح و انجام تحقیقات مکان یابی بهینه جهت نصب و یا تعویض این نوع از هادیها بجای انواع لخت در شبکه های توزیع برق ایران ضروری می باشد.

#### ۸- مراجع

- [۱] عبدالخالق مجیری، "ایمنی در برق"، انتشارات سازمان سازندگی و آموزش وزارت نیرو، چاپ اول، بهار ۱۳۷۹.
- [۲] ناصر احساسی، نقی نظری، "تجزیه و تحلیل حوادث شرکتهای توزیع نیروی برق و راههای پیشگیری از آن"، مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، جلد دوم، صفحات ۲۳۷-۲۴۴ اردیبهشت ۱۳۸۱، تهران.
- [۳] مهرداد طرفدار حق، سید محمد سید قیاسی، کریم روشن میلانی، "هادیهای هوایی روکش دار - نسل آینده خطوط توزیع در ایران، اردیبهشت ۱۳۸۴ - مجموعه مقالات دهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق.

[4] K. Alstad, S. Refsnaes, T. Bovre, H. Thomassen, "A new Overhead Line Concept Based on Covered Conductors", IEEE

جریان عبوری از زمین را که در اثر اتصال سیم به زمین از آن می گذرد، کنترل کرده و فرمان قطع به کلید اتوماتیک را صادر کند.

یکی از مشکلات عمده حفاظتی و ایمنی هادیهای هوایی روکش دار در این مسئله نهفته است که هنگامی که به هر علتی هادی هوایی روکش دار پاره شده و بر روی زمین می افتد، در صورتیکه سر هادی از محل پارگی به زمین اتصال پیدا نکند، از آنجاییکه بقیه قسمتهای هادی که بر روی زمین افتاده دارای روکش عایق است، رله ها و کلیدهای شبکه بروز پدیده اتصال کوتاه به زمین را تشخیص نداده و این امر می تواند برای افراد عابر گذرنده از آن معبر که با سر پاره شده هادی تماس پیدا می کنند و یا برای افرادی که حتی از فاصله چند متری آن در روزهای بارانی و برفی در حال عبور هستند، مشکلات برق گرفتگی، شوک الکتریکی و سوختگی را فراهم آورد.

لذا لازم است از آنجاییکه یکی از اهداف اولیه استفاده از هادیهای هوایی روکش دار، افزایش ایمنی برای پرسنل شرکتهای برق و افراد عمومی است، اقدامات و تکنیکهای لازم جهت تشخیص این نوع پدیده بکار رود. استفاده از مدارهای هشدار دهنده قطعی فاز و یا رله های نشان دهنده مولفه های صفر و معکوس در فازهای سیستم سه فاز شبکه می تواند راهکار بسیار مناسبی برای این منظور باشد. استفاده از این راهکار می تواند ضریب امنیت و ایمنی لازم را برای نصب و بهره برداری از شبکه های توزیع هوایی با هادیهای روکش دار را تضمین نماید و هیچ مشکل دیگری برای شبکه از دیدگاه ایمنی پرسنل شرکت و افراد عادی ایجاد ننماید.

#### ۷- نتیجه گیری

استفاده از کابل های هوایی یا تکنیک جدید هادیهای هوایی روکش دار بجای سیمهای لخت هوایی متداول در شبکه های توزیع هوایی یکی از مهمترین راهکارهای افزایش ایمنی در صنعت برق می باشد. بررسی نرخ آمار برق گرفتگی مربوط به سیمهای هوایی لخت حاکی از این واقعیت است که روکش

پیوست: شکل‌ها و جداول



شکل ۱: تصاویر شبکه فشار متوسط کره جنوبی که با استفاده از هادیهای هوایی روکش دار اجرا شده است.



شکل ۲: پست ۲۰ کیلو ولت در فضای باز که با استفاده از هادیهای هوایی روکش دار در پشت بام یک کارخانه احداث شده است.



شکل ۳: تاسیسات خدمات شهری بر روی پایه مشترک در مجاورت هادیهای روکش

| کابل خود نگهدار | کابل فاصله دار | هادی لخت | نوع خاموشی (قطعی) |
|-----------------|----------------|----------|-------------------|
| ۳               | ۱/۴            | ۲/۵      | برنامه ریزی شده   |
| ۰/۴             | ۱/۱            | ۵/۲      | برنامه ریزی نشده  |
| ۱/۴             | ۲/۵            | ۷/۷      | مجموع             |

جدول ۲: فاکتور زمان متوسط خاموشی شبکه در یکی از شرکت‌های توزیع برزیل

| شرکت‌های مختلف برق انگلیس | فشار متوسط<br>هادیهای لخت | فشار متوسط<br>هادی روکش دار | فشار ضعیف<br>هادیهای لخت | فشار ضعیف<br>کابل خودنگه دار |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Southern Electricity      | ۰/۸۹۲                     | *                           | ۰/۱۷۲                    | *                            |
| Eastern Electricity       | ۰/۲۸                      | *                           | *                        | *                            |
| South Western Electricity | ۰/۲۳۰                     | -                           | *                        | *                            |
| South Wales Electricity   | ۰/۴۴۰                     | -                           | *                        | *                            |
| East Midlands Electricity | ۰/۳۶۲                     | *                           | ۰/۵۴۳                    | *                            |
| Aquila Networks           | ۰/۱۷۶                     | *                           | ۰/۱۴۳                    | *                            |
| Northern Electric         | ۰/۴۴۸                     | -                           | ۰/۵۵۸                    | *                            |

جدول ۳: آمار تجزیه و تحلیل حوادث برق گرفتگی منجر به مرگ در شبکه‌های فشار متوسط و ضعیف برق انگلیس

| هادی روکش دار | کابل خودنگهدار | کابل فاصله دار | هادی لخت | نوع سرمایه گذاری   |
|---------------|----------------|----------------|----------|--------------------|
| ۸۸۸           | ۱۴۲۸           | ۹۴۳            | ۸۲۲      | سرمایه گذاری اولیه |
| ۴۸            | -              | ۴۴             | ۳۴۰      | هزینه بهره برداری  |
| ۹۳۶           | ۱۴۲۸           | ۹۸۷            | ۱۱۶۲     | کل هزینه           |
| ۰/۸           | ۱/۲۳           | ۰/۸۵           | ۱        | نسبت               |

جدول ۱: مقایسه اقتصادی هادی روکش دار با خطوط لخت کابل خودنگهدار و کابل فاصله دار