

فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال نهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، (پیاپی ۳۳): صص ۸-۱

تعیین میزان اهمیت اجرای پدافند غیرعامل در پست‌های برق فشارقوی ۴۰۰ کیلوولت با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه

رضا غفارپور^{۱*}، سعید زمانیان^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۲

چکیده

تهدیدات و حملات دشمن علیه زیرساخت‌های حیاتی کشور به‌خصوص شبکه برق، می‌تواند سبب ایجاد بحران شده و تأثیر فراوانی بر حوزه دفاعی، غیردفاعی و اداره امور کشور داشته باشد. هدف دشمن از انهدام زیرساخت‌های حیاتی، فلج کردن کشور، ایجاد نارضایتی در مردم و غیرقابل اداره کردن دستگاه‌ها و سازمان‌ها است، تا به‌واسطه آن بتواند به اهداف نهایی خود برسد. در این شرایط، مشخص نمودن الزامات پدافند غیرعامل در زیرساخت‌های حیاتی و عمل به آن‌ها از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در این مقاله، شاخص‌هایی به‌منظور تعیین میزان اهمیت پست‌های برق ۴۰۰ کیلوولت به‌عنوان یکی از زیرساخت‌های حیاتی در شبکه برق از دیدگاه پدافند غیرعامل برپایه قابلیت سرویس‌دهی، قابلیت بهره‌برداری، ظرفیت پست و ... ارائه شده است. برای شاخص‌های تعیین‌شده براساس روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، امتیازاتی در نظر گرفته می‌شود، سپس براساس امتیاز به‌دست‌آمده اهمیت پست برق موردنظر تعیین می‌گردد. عملکرد روش پیشنهادی بر روی دو پست نمونه ۴۰۰ کیلوولت با ظرفیت ۶۳۰ و ۱۸۰ مگاوات آمپر مورد ارزیابی قرار گرفته است. پس از تعیین میزان اهمیت پست، الزامات پدافند غیرعامل در آن پست مشخص می‌شود. رعایت این الزامات می‌تواند اثر حملات دشمن و یا خرابکاری‌های احتمالی را کاهش داده و زمینه‌ساز افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری و ارتقاء پایداری ملی گردد.

کلیدواژه‌ها: پدافند غیرعامل، زیرساخت حیاتی، پست فشارقوی، روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه

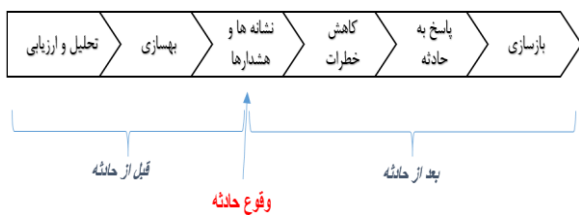
۱- مربی و عضو هیئت علمی دانشگاه جامع امام حسین(ع) - rghaffarpour@ihu.ac.ir - نویسنده مسئول

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های قدرت - دانشگاه جامع امام حسین(ع)

۱- مقدمه

نیروگاهها و خطوط انتقال برق، معمولاً از جمله اهداف جذابی هستند که در ساعات اولیه جنگ مورد اصابت قرار می گیرند. از آنجا که تمام وسایل الکتریکی و الکترونیکی، ساختمانها و برخی سایتها (تلویزیون، رادیو، رایانه، شبکه مخابرات، فرودگاهها، بیمارستانها، سایتهای نظامی و...) با نیروی برق تغذیه می شوند، بنابراین، با از کارافتادن آنها در اثر قطع برق، دشمن به بسیاری از موارد مورد نظر خود دست می یابد. زیرساختها اعم از شبکه آب و برق، علاوه بر تأثیرپذیری در رخدادهای طبیعی، بر اثر سوانح انسان ساخت (همچون حملات هدفمند موشکی و تروریستی) نیز دچار خسارت و قطع سرویس دهی و استمرار فعالیت خود می شوند. داراییهای زیرساختی، اهداف بسیار نرمتری نسبت به تأسیسات دولتی هستند و جذابیت بیشتری برای تروریستها دارند. علاوه بر این، پیامدهای اقتصادی و روانی ناشی از ضربه به هریک از بخشهای زیرساخت، مخرب تر و وسیع تر از تخریب یکی از تأسیسات نظامی است. گروههای تروریستی امروز توجه خود را به اهداف آسیب پذیر و حیاتی تری از جمله پلها و تونلها، شبکههای ارتباطی و رایانهای، شبکههای ملی برق، سوخت و گاز، حمل و نقل و آب آشامیدنی معطوف کرده اند. با این توضیحات، لزوم توجه به زیرساختهای حیاتی از جمله نیروگاهها و پستها امری ضروری به نظر می رسد.

در کشورها و مناطق مختلف جهان برنامه های مختلفی جهت حفاظت از زیرساختهای حیاتی اجرا می شود. برنامه حفاظت از زیرساختهای ایالات متحده آمریکا ۶ فاز اصلی را برای سه مرحله قبل، حین و بعد از اتفاق ارائه داده است. این فازها شامل تحلیل و ارزیابی، بهسازی، نشانه ها و هشدارها، کاهش خطرات، پاسخ به حادثه و بازسازی می باشد [۳-۱].



شکل (۱): مراحل حفاظت از زیرساختهای حیاتی ایالات متحده آمریکا [۴]

همچنین، شورای امور داخلی اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۵، کمیسیون این اتحادیه را مأمور کرد که پیشنهاد برنامه ای را برای حفاظت از زیرساختهای حیاتی اتحادیه اروپا (EPCIP) ارائه دهد [۵]. در پاسخ، کمیسیون این پیشنهاد را به یک برنامه شناسایی

توسعه روزافزون کشورها، وقوع حوادث و بلایای طبیعی، جنگ و حمله نظامی کشورهای مهاجم از یک سو و لزوم تأمین مداوم انرژی الکتریکی از سوی دیگر، استفاده از فن آوریهای جدید جهت تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی و اجرای اقدامات حفاظتی را به منظور تأمین امنیت در حوزه های مختلف این صنعت را اجتنابناپذیر نموده است. عملیات سایبری، روانی، تهاجم سخت، نفوذ و خرابکاری جزو مهم ترین تهدیدات حوزه صنعت برق در جنگ است. با توجه به این که حفظ و تأمین انرژی برق جهت برقراری فعالیت در تمام مراکز مهم امری بسیار ضروری است، لذا حفظ و نگهداری نیروگاهها و شبکه برق در هنگام وقوع حملات دشمن موضوعی غیرقابل انکار می باشد. همانطور که در جنگ ۳۳ روزه لبنان دیده شد، در روزهای اولیه، دشمن اقدام به منهدم کردن نیروگاهها نمود. بنابراین، می توان استنباط کرد که شبکه توزیع برق از اهداف اولیه و مهم در زمان وقوع جنگ می باشد.

زیرساختهای حیاتی یک کشور جزء بنیانهای اساسی هر جامعه محسوب شده و آسیب به آنها می تواند خسارتهای جبرانناپذیری به همراه داشته باشد. این آسیبها به گونه ای می باشند که وقوع آنها در یک بخش می تواند بخشهای دیگر را نیز تحت تأثیر قرار دهد. برای مثال، اگر یک ویروس رایانه ای، سیستم اتوماسیون یک پست برق را دچار اشکال کند، این موضوع می تواند پیامدهایی همچون قطع خطوط شبکه ای انتقال برق و اشکال در ارتباطات رایانه ای را به همراه داشته باشد. وقوع این حادثه می تواند منجر به ترافیک در راهها، ترافیک هوایی و ترافیک قطارها شود و حتی ممکن است خدمات اورژانسی را نیز تحت تأثیر قرار دهد. همانطور که مشاهده شده است، وقوع یک اتفاق به ظاهر کوچک می تواند منجر به فلج شدن یک منطقه یا حتی یک کشور شود. در این شرایط باید زیرساختهایی مانند نیروگاهها، پستهای فشارقوی و ... را که زیرساختهای حیاتی نامیده می شوند شناخت و توصیفی دقیقی از آنها ارائه داد. همچنین، برای پایش و مقابله با ایجاد اختلال در آنها آمادگی لازم را ایجاد نمود. قطع برق باعث از کارافتادن شبکه آب آشامیدنی، خاموش شدن چراغهای راهنمایی و رانندگی، قطع شبکه تلفن همراه، اینترنت و اختلال در فعالیت بانکهای کشور می شود. در واقع با قطع برق همه چیز از کار می افتد و فعالیتهای مربوط به رایانهها، فرودگاهها، ترافیک هوایی، بیمارستانها، چراغهای برق، آسانسورها و حتی خدمات آب و فاضلاب متوقف می شود. تأسیسات برقی موجود در شهرها شامل خطوط انتقال برق، نیروگاهها، پستهای برق و شبکه توزیع است.

زیاد در فواصل طولانی به منظور کاهش تلفات لازم است ولتاژ تولیدی نیروگاه افزایش یافته و سپس در نقاط مصرف طی مراحل به نحوی کاهش داده شود که برای مصرف‌کننده قابل استفاده باشد. برای تبدیل این ولتاژ و همچنین به منظور اتصال نقاط مختلف شبکه به یکدیگر بایستی ایستگاه‌هایی به نام پست‌برق ایجاد نمود. پست‌برق محلی است که تجهیزات انتقال انرژی در آن نصب و تبدیل ولتاژ انجام می‌شود و با استفاده از کلیدها امکان انجام عملیات مختلف فراهم می‌شود. در واقع، کار اصلی پست تبدیل ولتاژ یا عمل سوئیچینگ است. در بسیاری از پست‌ها ترکیب دو حالت فوق دیده می‌شود. پست‌ها را می‌توان از نظر نوع وظیفه، هدف، محل نصب، نوع عایق و سطح ولتاژ به انواع مختلفی تقسیم کرد. بالاترین ولتاژ موجود در پست، سطح ولتاژ پست نامیده می‌شود که در شبکه برق ایران بیشترین مقدار آن ۴۰۰ کیلوولت است [۹].

پست‌های برق ۴۰۰kV در سه نوع افزایشدهنده، کاهشدهنده و سوئیچینگ وجود دارد. با توجه به آمار ارائه شده از سوی توانیر تا پایان سال ۱۳۹۲، تعداد ۱۳۲ پست ۴۰۰kV با مجموع ۳۶۵ ترانسفورماتور در شبکه برق ایران وجود داشته که ظرفیت آن‌ها ۸۹۸۰۰MVA اعلام شده است. همچنین، ۱۵۲۲۹MVA ظرفیت پست ۴۰۰kV نیز در دست احداث است که به مرور وارد شبکه قدرت خواهد شد [۱۰]. بنابراین، رعایت اصول پدافند غیرعامل در زمان احداث پست‌ها و پس از آن و به منظور تداوم برق‌رسانی به شبکه، امری ضروری می‌باشد.

هدف این مقاله، بررسی الزامات پدافند غیرعامل در پست برق ۴۰۰ کیلوولت است، لذا پیش از آن باید شناخت کافی از انواع تهدیدات و همچنین آسیب‌پذیری‌های عمده پست وجود داشته باشد. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته تهدیدات عمده و مؤثر در پست‌های برق عبارتند از تهدیدات ناشی از شناسایی توسط سامانه سنجش از راه دور دشمن، تهاجم هوایی (بمب، موشک)، اقدامات تروریستی، بمب‌های گرافیتی، تهاجم سایبری، سلاح‌های الکترومغناطیس و تهدیدات ناشی از القای ولتاژ بالا می‌باشد. آسیب‌پذیری‌های عمده در پست‌برق نیز عبارتند از آشکار و بی‌دفاع بودن مراکز عمده تأسیسات برق، شناسایی در برابر جنگنده‌های دشمن، آسیب‌پذیر بودن در برابر تهدیدات الکترومغناطیس، آسیب‌پذیر بودن در برابر سلاح‌های گرافیتی، آسیب‌پذیر بودن در برابر تهدیدات سایبری، وابستگی به خارج از کشور از نظر دانش ساخت تجهیزات، وابستگی به حوزه نرم‌افزارهای وارداتی و آسیب‌پذیری امنیتی در برابر نفوذ عناصر جاسوسی دشمن [۱۱].

زیرساخت‌های حیاتی اتحادیه تبدیل و آن را مبنایی برای بهبود زیرساخت‌های اتحادیه اروپا قرار داد. در ایران نیز سازمان پدافند غیرعامل کشور در سال ۱۳۸۲ براساس فرمان مقام معظم رهبری (مدظله‌العالی) تشکیل گردید [۵]. هدف اصلی این سازمان اجرای مجموعه اقدامات غیرمسلحانه با هدف افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقاء پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات و اقدامات نظامی دشمن است. با توجه به افزایش مصرف سرانه انرژی الکتریکی و وابستگی کلیه فعالیت‌های اجتماعی اعم از صنعتی، کشاورزی، اقتصادی و خدماتی به انرژی الکتریکی، لزوم تأمین این انرژی به صورت گسترده و در مقیاس بالا و به نحو مطلوب اجتناب‌ناپذیر می‌باشد [۶]. وابستگی بیش از حد تجهیزات به انرژی الکتریکی نیز باعث شده است که این انرژی در صدر نیازهای حیاتی قرار گیرد. بنابراین، کاهش آسیب‌پذیری و افزایش ایمنی آن در مقابل تهدیدات خارجی امری لازم و ضروری می‌باشد. از همین رو، با توجه به حساسیت‌های موجود لازم است به صنعت برق و تأمین انرژی الکتریکی نگاه ویژه‌ای شود. به عنوان مثال، امروزه موضوع توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به قدری در بین کشورهای جهان اهمیت پیدا کرده که اسناد بین‌المللی و ملی برای استفاده از این انرژی‌ها تدوین شده تا سیاست‌های انرژی و ایجاد محیطی پاک و دور از آلودگی براساس این مقررات شکل گیرد. این انرژی‌ها که منبع آن خورشید، باد، آب، زمین گرمایی و زیست‌توده است در سال‌های اخیر توسعه پیدا کرده و رویکرد آینده دولت‌ها هم به افزایش سهم این نوع از انرژی‌ها در سبد برق کشور منعطف شده است. در همین راستا، برنامه کلان جمهوری اسلامی ایران، استفاده بهینه از منابع انرژی‌های فسیلی و ارتقای میزان بهره‌برداری از منابع متنوع انرژی‌های تجدیدپذیر برای تأمین بخشی از نیاز روزافزون انرژی کشور است. در این مقاله پس از ارائه روشی جهت تعیین میزان اهمیت پست‌های برق ۴۰۰ کیلوولت به عنوان یکی از زیرساخت‌های حیاتی در شبکه برق، الزامات پدافند غیرعامل در این پست‌ها مشخص خواهد شد.

۲- پست برق به عنوان یک زیرساخت حیاتی

در حال حاضر، تأمین انرژی الکتریکی به‌طور عمده توسط نیروگاه‌هایی صورت می‌گیرد که از مراکز مصرف فاصله دارند [۷-۸]، بنابراین، لازم است تولید آن‌ها توسط خطوط انتقال که به شیوه مناسبی به یکدیگر ارتباط می‌یابند و تشکیل شبکه الکتریکی را می‌دهند به سمت مصرف‌کننده هدایت گردند. برای انتقال قدرت‌های

انتقال در شبکه قدرت، برای هریک از شاخص‌های تعیین شده مطابق جدول (۱) براساس روش AHP^۲، امتیازی در نظر گرفته شده است که مجموع این امتیازها تعیین کننده میزان اهمیت پست انتقال می‌باشد. در این روش، پس از بررسی شاخص‌های مختلف و بررسی الزامات پدافند غیرعامل به هریک از پست‌های انتخابی امتیازات مختلفی داده می‌شود که پست انتقال با کمترین اهمیت، امتیاز $S=3/5$ و پراهمیت‌ترین پست انتقال نیز امتیاز $S=18$ را کسب می‌کند. از این‌رو، بر اساس روش تصمیم‌گیری یادشده و با توجه به شاخص‌های معرفی شده در بخش ۳ و همچنین امتیاز (S) کسب شده، پست‌های برق را می‌توان از نظر اهمیت به سه گروه اساسی ذیل تقسیم کرد (جدول ۲):

- **پست‌های بسیار مهم ($S \geq 11$):** پست‌های بسیار مهم پست‌هایی هستند که در آن، قطع برق حتی برای مدت کوتاه برای مصرف‌کننده‌ها و یا شبکه انتقال قابل تحمل نباشد و اثراتی چون از بین بردن پایداری شبکه و در نتیجه ایجاد خاموشی سراسری و یا خاموشی منطقه‌ای در پی داشته باشد و یا در مورد صنایع باعث توقف فرآیند تولید و خراب شدن مواد و تجهیزات آن‌ها گردد. این سری پست‌ها شامل موارد زیر می‌باشد:
 - ✓ پست‌های نیروگاه‌های بزرگ با ظرفیت بالا (بیش از ۱۰۰۰ مگاوات).
 - ✓ پست‌هایی که در صورت خاموشی آن‌ها پایداری شبکه تحت الشعاع قرار گیرد.
 - ✓ صنایع بسیار بزرگ و کلیدی که اهمیت ویژه‌ای از لحاظ تداوم تغذیه دارند.
- **پست‌های مهم ($8 < S < 11$):** پست‌های مهم، پست‌هایی هستند که قطع برق به صورت موقت برای آن‌ها قابل تحمل باشد ولی قطعی‌های دائمی (چند دقیقه) اثرات سویی به جا گذارد. این پست‌ها شامل موارد زیر می‌باشد:
 - ✓ پست‌های صنایع بزرگ که قطع برق در آن‌ها برای مدت بیش از چند دقیقه باعث کم شدن تولید و احیاناً کمبود در بازار مصرف گردد.
 - ✓ پست‌های تبدیل پربار شهری و یا منطقه‌ای که قطع آن‌ها باعث ایجاد خاموشی موضعی می‌شود ولی پایداری سیستم را مختل نمی‌سازد.
 - ✓ پست‌های تغذیه کننده مناطق صنعتی و کشاورزی مهم

۳- شاخص‌های تعیین میزان اهمیت پست برق از دیدگاه پدافند غیرعامل

به‌طور کلی، میزان اهمیت یک پست برق از سه دیدگاه کلی مورد بررسی قرار می‌گیرد (شکل ۲). این سه دیدگاه یا همان حوزه‌های تعیین کننده میزان اهمیت عبارت‌اند از [۱۳-۱۲]:

- **قابلیت سرویس دهی و ظرفیت پست برق:** شاخص‌هایی که در حوزه قابلیت سرویس دهی تعریف شده‌اند، رابطه مستقیم با ظرفیت پست برق داشته و اثر وجود یک پست بر اندازه و گستره بار سنجیده می‌شود.
- **قابلیت بهره‌برداری، طراحی و ارتباط با شبکه قدرت:** شاخص‌های موجود در این حوزه، بر میزان تأثیر یک پست برق در فرایند بهره‌برداری شبکه سراسری متمرکز بوده و نقش یک پست برق در توانایی کنترل بهره‌بردار شبکه از نگاه آن پست را می‌سنجد.
- **تأثیر پست برق بر امنیت شبکه قدرت:** این بخش نشان‌دهنده میزان تأثیر پست برق بر شاخص‌های امنیت شبکه (پایداری و لتاژ، فرکانس و ...) می‌باشد. هر چه حدود بهره‌برداری شبکه به حاشیه‌های مجاز امنیت نزدیک‌تر شود، احتمال عملکرد نامطلوب شبکه به ازای وقوع پیشامدها بیشتر شده و از دو جنبه تأثیرگذار خواهد بود، عملکرد نامطلوب از جنبه مصرف‌کنندگان، خاموشی‌های اعمال شده و از جنبه صنعت برق، گسسته شدن شبکه سراسری و آسیب دیدگی تجهیزات آن است که با توجه به هزینه‌های تعمیر و یا تعویض آن‌ها و همچنین مدت زمان لازم برای این امر، بسیار قابل توجه می‌باشد.

۴- رویه پیشنهادی برای تعیین میزان اهمیت پست‌های انتقال (ولتاژ بالا) در شبکه قدرت

میزان اهمیت یک پست انتقال در شبکه قدرت تعیین کننده شیوه طراحی سیستم حفاظتی، شیوه عملیات بهره‌برداری، نوع معماری سیستم اتوماسیون پست و سایر الزامات فنی و ایمنی است [۱۴].

روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه^۱ (MADM) قادر به درنظر گرفتن شرایط و متغیرهای کمی و کیفی مسئله به صورت همزمان می‌باشند. در نتیجه، به منظور تعیین کمی میزان اهمیت یک پست

این بخش واقعی بوده، لذا با توجه به رعایت ملاحظات پدافندی از اسامی مستعار برای معرفی آن‌ها استفاده شده است. با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول (۴) و همچنین تقسیم‌بندی صورت گرفته در جدول (۲)، مشاهده می‌شود که شاخص اهمیت پست برق A عدد $S=14$ بوده و موجب می‌شود که این پست در دسته پست‌های بسیار مهم قرار گیرد؛ همچنین، برای پست برق B عدد $S=9$ به دست آمده است که این پست را در دسته پست‌های مهم قرار می‌دهد. پس از تعیین اهمیت پست برق باید الزامات پدافند غیرعامل برای هر دسته از پست‌های برق و با توجه به میزان اهمیت آن‌ها مشخص شود. در ادامه الزامات پدافند غیرعامل در پست برق ۴۰۰ کیلووات معرفی می‌شود.

جدول (۱): جدول امتیازدهی جهت تعیین میزان اهمیت پست انتقال

ردیف	عنوان شاخص	معیار امتیازدهی	امتیاز
۱	ظرفیت پست (مگاوات آمپر)	$500 \leq$ مجموع ظرفیت پست	۲
		$500 >$ مجموع ظرفیت پست	۱
۲	تعداد ترانسفورماتور (با احتساب توسعه آینده)	مجموع تعداد ترانس‌ها $2 <$	۲
		مجموع تعداد ترانس‌ها $2 \geq$	۱
		کلید خانه	۱/۵
۳	نوع شینه‌بندی پست	چند کلیدی (یک و نیم کلیدی)	۲
		دو بل / اصلی فرعی / مش	۱
		ساده / طرح H	۰
۴	تعداد فیدهای ورودی / خروجی $63 \leq$ کیلوولت (با احتساب توسعه آینده)	تعداد $10 <$	۲
		$4 <$ تعداد $4 <$	۱
		تعداد $4 \geq$	۰
۵	رینگ یا شعاعی بودن در شبکه	رینگ	۲
		شعاعی	۱
۶	اهمیت پست در شبکه	بسیار مهم	$(4 تا 0)^*$
		مهم	
		معمولی	
۷	اهمیت از نظر پیچیدگی بهره‌برداری	-	$(4 تا 0)^*$

* امتیاز این شاخص مطابق با نظر مشاور در بازه ۰ تا ۴ انتخاب می‌گردد.

✓ پست‌های نیروگاه‌های با ظرفیت متوسط (۱۰۰ تا ۱۰۰۰ مگاوات).

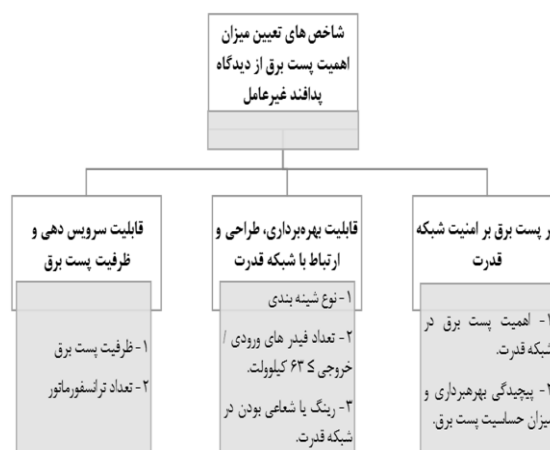
• پست‌های معمولی ($S \leq 8$): پست‌هایی هستند که قطع برق در مواقع اضطراری (چند ساعت) برای آن‌ها قابل تحمل باشد. معمولاً این‌گونه پست‌ها دارای مصرف کمی می‌باشند نظیر:

✓ پست‌هایی که بار آن‌ها عمدتاً مصارف خانگی، روشنایی و یا کارگاه‌های صنعتی کم‌اهمیت باشد.

✓ پست‌های انتقال مربوط به مناطق کم‌بار.

✓ پست‌هایی که از طریق خطوط تک‌مداره به صورت شعاعی تغذیه می‌شوند.

✓ پست‌های نیروگاه‌های کوچک (کمتر از ۱۰۰ مگاوات).



شکل (۲): شاخص‌های تعیین میزان اهمیت پست برق [۱۳]

جدول (۲): شاخص تقسیم‌بندی پست‌های برق

ردیف	نوع پست	شاخص اهمیت پست
۱	پست‌های بسیار مهم	$S \geq 11$
۲	پست‌های مهم	$8 < S < 11$
۳	پست‌های معمولی	$S \leq 8$

۱-۴- مطالعه موردی برای ارزیابی میزان اهمیت پست‌های انتقال

به منظور ارزیابی میزان اهمیت پست برق به روش فوق، دو پست برق ۴۰۰ کیلوولت به عنوان نمونه انتخاب شده‌اند. اطلاعات مربوط به پست‌های برق در جدول (۳) و همچنین نتایج ارزیابی آن در جدول (۴) نشان داده شده است. لازم به ذکر است اطلاعات استفاده شده در

جدول (۳): مشخصات پست‌های انتقال ارزیابی شده

ردیف	مشخصه	پست A	پست B
۱	سطح ولتاژ پست	۴۰۰ کیلوولت	۴۰۰ کیلوولت
۲	تعداد و ظرفیت ترانس	۲×۳۱۵	۲×۹۰
۳	ظرفیت پست	۶۳۰	۱۸۰
۴	آرایش پست	یک و نیم کلیدی	یک و نیم کلیدی
۵	تعداد فیدهای ورودی / خروجی < ۶۳ kV	۱۰	۴
۶	رینگ یا شعاعی بودن در شبکه	رینگ	رینگ

۴-۲- الزامات پدافند غیرعامل در پست‌های برق ۴۰۰kV

راهبرد اصلی اقدامات پدافند غیرعامل عبارت است از شناسایی نشدن، کاهش امکان نشانه‌روی دشمن، در صورت اصابت منهدم نشدن و در صورت خسارت، به حداقل رساندن تلفات و هزینه‌ها. راهکارهای قابل ارائه در دو محور کلی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری قابل دسته‌بندی است. روش‌های سخت‌افزاری مستلزم انجام کار فیزیکی خاص می‌باشد. لیکن روش‌های نرم‌افزاری مستلزم ایجاد سازه و یا انجام فعالیت فیزیکی خاصی نبوده و با تدوین الزامات، دستورالعمل‌ها و هماهنگی‌های مدیریتی و کارشناسی اقدام می‌گردد. راهکارهای پدافند غیرعامل نسبت به چرخه بحران، به سه مرحله زمانی قبل، حین و بعد از بحران قابل تفکیک می‌باشد. همچنین، با توجه به اهمیت فعالیت و نیز زمان و هزینه‌های اجرا، راهکارهای پدافند غیرعامل را می‌توان در سه دوره کوتاه، متوسط و بلندمدت دسته‌بندی نمود. الزامات و راهکارهای پدافند غیرعامل بسته به مرحله پروژه (طراحی، ساخت و بهره‌برداری) نیز دسته‌بندی می‌گردد. در مجموع، می‌توان گفت که فعالیت‌های پدافند غیرعامل طیف وسیعی از روش‌ها را در برمی‌گیرد. این روش‌ها از سطوح راهبردی تا عملیات اجرایی و از راهکارهای سیاسی - فرهنگی تا تمهیدات کوچک فنی و مدیریتی را شامل می‌شود. با این توضیح، الزامات پدافند غیرعامل در پست‌های برق را می‌توان به دسته‌های مختلفی از جمله الزامات در حوزه سایبری پست برق، الزامات جهت کاهش آسیب‌پذیری‌های زیرساخت‌ها، الزامات جهت ایجاد قدرت و توان بازبازی سریع، الزامات در خصوص حفظ اسناد و مدارک علمی فنی و همچنین الزامات جهت حفظ و ایجاد نیروی انسانی متخصص تقسیم‌بندی کرد.

• الزام در حوزه سایبری پست برق

الزام در خصوص استفاده از نرم‌افزارهای امن بومی، استفاده از سیستم امنیتی و دفاع سایبری امن و بومی، پیشنهاد استفاده از سیستم‌عامل بومی و امن و الزام در مدیریت بهینه و کنترل شده دسترسی‌ها از جمله اقدامات در این حوزه می‌باشد.

• کاهش آسیب‌پذیری‌های زیرساخت‌ها در پست برق

از جمله اقدامات این حوزه می‌توان به مواردی همچون ایجاد پراکندگی در محل پست، ایمن‌سازی بخش‌های غیرقابل جابه‌جایی، موازی‌سازی بخش‌های پشتیبانی متمرکز، ایجاد پناهگاه امن برای کارکنان، ایجاد سیستم هشدارباش عمومی، تهیه طرح مدیریت و اداره کارکنان در برابر تهدید، آموزش و فرهنگ‌سازی کارکنان، تمرین و مانور و حفظ و ارتقاء آمادگی‌ها اشاره کرد.

• ایجاد قدرت و توان بازبازی سریع در پست برق

تهیه و انبارش قطعات یدکی مورد نیاز (کلیدها، رله‌ها و ...)، آماده‌سازی سیستم‌های قابل جایگزین، آماده‌سازی گروه‌هایی مانند گروه‌های تعمیراتی و بازسازی، مقابله با حادثه، اطفاء حریق، امداد و نجات و همچنین گروه‌های پاک‌سازی علیه تهدیدات گرافیتی از جمله اقداماتی است که می‌تواند در این حوزه صورت گیرد.

• حفظ اسناد و مدارک علمی و فنی

تکثیر اسناد و مدارک مهم، اسکن دیجیتال اسناد و ایجاد بانک اطلاعاتی امن، ایجاد فضای فیزیکی امن برای مرکز اسناد، ایجاد سیستم امن سایبری، توزیع و نگهداری پراکنده اسناد و مدارک مهم از جمله اقدامات مهم قابل انجام در این حوزه می‌باشد.

• حفظ و ایجاد نیروی انسانی متخصص

سازمان‌دهی نیروها و کارکنان دستگاه، ایجاد سیستم فراخوان و هشدارباش، ایجاد پناهگاه استقرار کارکنان در نقاط لازم، تهیه طرح مدیریت بحران برای نیروی انسانی، فرهنگ‌سازی و آموزش کارکنان، ایجاد و حفظ آمادگی با تمرین و مانور، سازمان‌دهی موازی و مضاعف نیروهای کلیدی و درنهایت، سازمان‌دهی نیروهای بازنشسته به‌عنوان احتیاط از جمله اقدامات مفید و مؤثر در این حوزه می‌باشد.

جدول (۴): ارزیابی میزان اهمیت پست‌های انتقال (مطالعه موردی)

ردیف	عنوان شاخص	معیار امتیازدهی	امتیاز	A	B
۱	ظرفیت پست (مگاوات آمپر)	مجموع ظرفیت پست ≤ 500	۲	۲	۱
		مجموع ظرفیت پست > 500	۱		
۲	تعداد ترانسفورماتور (با احتساب توسعه آینده)	مجموع تعداد ترانس‌ها < 2	۲	۱	۱
		مجموع تعداد ترانس‌ها ≥ 2	۱		
		کلید خانه	۱/۵		
۳	نوع شینه‌بندی پست	چند کلیدی (یک و نیم کلیدی)	۲	۲	۲
		دوئل / اصلی فرعی / مش	۱		
		ساده / طرح H	۰		
۴	تعداد فیدرهای ورودی / خروجی ≤ 63 کیلوولت (با احتساب توسعه آینده)	تعداد < 10	۲	۱	۰
		$10 < \text{تعداد} < 4$	۱		
		تعداد ≥ 4	۰		
۵	رینگ یا شعاعی بودن در شبکه	رینگ	۲	۲	۲
		شعاعی	۱		
۶	اهمیت پست در شبکه	بسیار مهم	* (۰ تا ۴)	۳	۲
		مهم			
		معمولی			
۷	اهمیت از نظر پیچیدگی بهره‌برداری	-	* (۰ تا ۴)	۳	۱
S = جمع حداکثر ضرایب (نشان‌دهنده میزان اهمیت پست انتقال)					
۹	۱۴				

۵- نتیجه‌گیری

پست، می‌توان میزان الزامات پدافند غیرعامل در آن پست را مشخص نمود. رعایت این الزامات می‌تواند اثر حملات دشمن و یا خرابکاری‌های احتمالی را کاهش دهد و موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، ارتقاء پایداری ملی و تداوم فعالیت‌های ضروری گردد.

۶- مراجع

- Online available at: <http://www.nerc.com/pa/CI/Pages/Physical-Security-Standard-Implementation>, FERC. 2015.
- M. Adelpour and H. Ghasemi, "Essentials of Passive Defense in Electric Power Systems," Electrical Engineering (ICEE), 20th Iranian Conference on. pp. 370-375, 2010.
- M. R. NikooManesh, A. Nazarkhah, and J. Panahyan, "Study of the Methods of Passive Defense Implementation in the Energy Field and the Relevant Industries," International Journal of Basic Sciences & Applied Research, vol. 3, pp. 1 - 9, 2014.
- B. Hammerli and A. Renda, "protecting critical infrastructure in the eu: ceps task force report," Centre for European Policy Studies, 2010.
- A. Mohamadi, Z. Sedaghat, and M. Alikhani, "Passive Defense in Different Countries," In National Student Scientific Conference on Geography, 2010.

امروزه مطالعات زیادی برای بالابردن قابلیت اطمینان شبکه‌های برق‌رسان به مناطق مهم نظامی و امنیتی صورت گرفته است. از جمله مطالعات مورد توجه، مشخص نمودن الزامات پدافند غیرعامل در زیرساخت‌های حیاتی کشور و عمل به آن‌ها است. پست‌های برق ولتاژ بالا، از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین عناصر تشکیل‌دهنده سیستم قدرت می‌باشند. در این مقاله شاخص‌هایی به منظور تعیین اهمیت پست‌های برق ۴۰۰ کیلوولت برپایه قابلیت سرویس‌دهی و ظرفیت پست، قابلیت بهره‌برداری و ... ارائه شد. برای هر شاخص امتیازی در نظر گرفته شد و سپس برای هر پست امتیازی کلی به‌دست می‌آید. براساس امتیاز به‌دست‌آمده برای هر پست، میزان اهمیت آن تعیین می‌شود و پست‌ها از نظر درجه اهمیت به سه دسته بسیار مهم، مهم و معمولی تقسیم‌بندی می‌شوند. همان‌گونه که نشان داده شد پیش‌نیاز تعیین الزامات پدافند غیرعامل در پست‌های برق، تعیین میزان اهمیت پست در شبکه می‌باشد. مشاهده می‌شود که هرچه ظرفیت پست، تاثیر پست بر امنیت شبکه قدرت و ... بیشتر باشد، دارای شاخص اهمیت بالاتری است و در صورت خاموشی پست، میزان خسارات وارده بیشتر خواهد بود. پس از تعیین میزان اهمیت

6. H. Sadeghi, A. Abdollahi, M. Mohammadian, and M. Rashidinejad, "Evaluating the Effects of Renewable Energy Resources from Passive Defense and Social Welfare perspectives in the Context of Expansion Planning," *The Scientific Journal of Advanced Defense Science and Technology*, vol. 2, pp. 71- 86, 2015.
7. H. A. Aalami, "Quick and Accurate Fault Location in Power Distribution Systems in the Presence of DG Units in Military Areas," *The Scientific Journal of Advanced Defense Science and Technology*, vol. 1, pp. 9- 18, 2015.
8. M. H. Khanzadeh, "Decentralized Control of Electrical Energy for Sensitive Areas as Inverter-Based Islanded Microgrid without Frequency Change," *The Scientific Journal of Advanced Defense Science and Technology*, vol. 2, pp. 105-117, 2015.
9. K. Kaveh and A. Doroodi, "Design the insulation level of high-voltage substations equipment," 24th international power system conference, 2009.
10. Online Available at: <http://amar.tavanir.org.ir/>.
11. R. A. Hooshmand, "High Voltage Substation Design," Isfahan University Press, 2012.
12. "Review of Physical Security Protection of Utility Substations and Control Centers." The Florida Public Service Commission Office of Auditing and Performance Analysis. 2014.
13. "Guide for Electric Power Substation Physical and Electronic Security," IEEE Standard, pp. 1402-2000, 2008.
14. Onlineavailableat:https://www.smartgrid.gov/document/ie_c371_ieee_standard_scada_and_automation_syses, 2007.

Determining the Importance of Implementing Passive Defense in 400 KV High Voltage Posts Using Multiple Attribute Decision-Making Methods

R. Ghaffarpour*, S. Zamanian

Abstract

Enemy's threats and attacks against vital infrastructures of the country, in particular electricity network, can cause crisis and influence defensive and non-defensive areas as well as the country governing. The enemy's purpose for destroying vital infrastructures is to paralyze the country, create dissatisfaction in people and make organizations unmanageable so that he can reach his ultimate goal. In such conditions, specifying passive defensive requirements in the vital infrastructures and complying with them will get important. In this paper, passive defensive capabilities of 400KV electricity posts have been specified after providing a methodology for determining the importance of such posts as one of the vital infrastructures in the grid. For the specifications which are based on Analytical Hierarchy Process (AHP) method some, ratings are considered and then the importance of posts are determined by them. The suggested method is used on 2 sample posts of 400KV with 630MVA and 180MVA electrical capacities. After determining the importance of a post, proper passive defensive requirements of it are defined. Complying with such requirements can reduce the effect of enemy attacks or possible vandalism and make grounds for an increase in deterrence, reduction of vulnerability and promotion of national stability.

Key Words: *Passive Defense, Vital Infrastructures, High Voltage Substation. Multiple Attribute Decision Making Methods*