فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال چهارم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲، (پیاپی ۱۵): صص ۱-۱۱

پدافند غیرعامل در سیستم‌های توزیع انرژی برق

رضا دشتی[۱]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۱۵
تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱۶

چکیده

هدف از این مقاله، شناسایی و ارائه راهکارهای پدافند غیرعامل برای سیستم‌های توزیع انرژی برق به‌منظور کاهش سطح آسیب در زمان ضربه گروه‌های متخاصم و ایجاد تهدید می‌باشد. جهت این امر ابتدا مدلی از شارش‌های حیاتی سیستم توزیع ارائه می‌گردد. سپس با تعیین نقاط آسیب‌پذیر سیستم‌های توزیع ایران و با در نظر گرفتن انواع ابزار عوامل تهدید، احراز تهدید صورت می‌پذیرد. پس از آن راهکارهای کاهش سطح آسیب قبل از ضربه، زمان ضربه و بعد از ضربه مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: سیستم‌های توزیع انرژی برق، پدافند غیرعامل، ضربه، تهدید، آسیب‌پذیری

۱- دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده برق rezadashti83@yahoo.com

۱- مقدمه

برق امروزه دیگر یک مقوله رفاهی به‌شمار نمی‌رود. وابسته شدن نیازهای جامعه به برق، برق را تبدیل به یک نیاز حیاتی و ضروری نموده است. وابسته بودن شارش گاز در شبکه‌های گازرسانی، شارش آب در شبکه‌های آبرسانی، برقراری ارتباطات سیستم‌های مخابراتی و حتی نان تولیدی نانوایی‌ها به برق، نمونه‌ای از وابستگی شدید اجتماعی به این انرژی مفید و پاک می‌باشد. با گذشت زمان، وابستگی جامعه به این انرژی بیشتر شده به‌طوری که وابستگی کامل مراکز درمانی و بیمارستان‌ها، مدارس و آزمایشگاه‌ها و بسیاری از مراکز کلیدی دیگر جامعه به انرژی برق انکارناپذیر است. اهمیت انرژی برق تا بدانجا افزایش یافته که با ایجاد خاموشی برق، کارها در صنایع، ادارات و حتی مراکز تجاری به حالت تعلیق درمی‌آید.

انرژی برق دارای انواع مصارف بوده و نیازهای متعددی از جامعه را به خود اختصاص می‌دهد. بسیاری از این مصارف دارای حساسیت بالا می‌باشند؛ تأمین مطمئن آنها در زمان بحران دارای اهمیت زیادی می‌باشد. به‌طوری‌که با قطع برق بیمارستان‌ها، زندان‌ها و مراکز مهم و حساس دیگر، نظم اجتماعی از بین رفته و بدین ترتیب گروه‌های مقاوم به سرعت از پا درآمده و امکان مقابله نخواهند داشت. قطع نیازهای حیاتی جامعه در زمان جنگ و یا محاصره، از روش‌های مرسوم در تمامی اعصار بوده است. برق به‌عنوان در دسترس‌ترین نیاز جهت وارد آوردن آسیب‌های اجتماعی به‌شمار می‌رود. به‌منظور بررسی پدافند غیرعامل در سیستم‌های توزیع برق، بارها را به دو دسته حساس و مهم تقسیم‌بندی می‌کنیم. بارهای حساس، مصارفی از انرژی برق هستند که در صورت قطع آن دارای اثرات اجتماعی، نظامی و یا اقتصادی به‌صورت منطقه‌ای می‌باشند. اما بارهای مهم، مصارفی با اثرگذاری محلی می‌باشند. تنوع اثرگذاری فعالیت‌های متخاصمانه بر بارها را می‌توان به‌صورت شکل (۱) نشان داد.

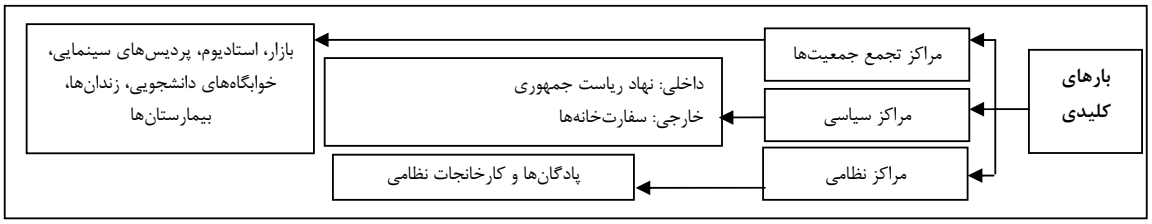
صنعت برق در سه وجه تولید، انتقال و توزیع گسترش یافته است. توجه مدیران صنعت برق همواره به توسعه تولید و احداث نیروگاه‌ها در مرحله اول و توسعه و بهره‌برداری بهینه از شبکه‌های انتقال در مرحله دوم بوده است. این امر باعث شده که شبکه‌های توزیع در طول عمر صنعت برق کمتر مورد توجه قرار گیرند و اکنون تبدیل به یکی از معضلات اصلی در صنعت برق گردند. گرچه شبکه‌های انتقال و همچنین نیروگاه‌ها به‌عنوان دارایی‌های حساس شمرده می‌شوند به‌طوری که با قطع و اختلال در آنها حجم زیادی از نظر شبکه و حتی حوزه‌های جغرافیایی در خاموشی برق فرو می‌رود، اما با انجام تدابیری در شبکه‌های توزیع می‌توان نسبت به کاهش اثرات تهدیدات و یا سطح آسیب اقدام نمود. این کار جز با رعایت اصول پدافند غیرعامل در شبکه‌های توزیع امکان‌پذیر نمی‌باشد.

شبکه‌های توزیع انرژی برق، آخرین حلقه از زنجیره برق‌رسانی به مشترکین و مردم اعم از مشترکین خانگی، اداری، تجاری و... می‌باشند. سیستم توزیع، انرژی را از سیستم‌های انتقال و یا تولیدات پراکنده دریافت نموده و وظیفه توزیع انرژی برق بین مشترکین را برعهده دارند. سیستم توزیع برق تنها منحصر در مواقع عادی نبوده بلکه حتی در زمان‌های بحرانی و حساس می‌بایست به کمک زیرساخت‌های خود که از قبل توسعه یافته‌اند، مدیریت انرژی را در دست گرفته و با برق‌رسانی به مراکز حساس و مهم باعث بازگشت اجتماع به روال عادی زندگی خود گردد.

هدف از این مقاله با توجه به موضوعات فوق‌الذکر، شناسایی نقاط ضعف، عوامل ایجادکننده اختلال و ارائه راهکار برای مدیریت سیستم توزیع در زمان ضربه به‌منظور کاهش سطح آسیب می‌باشد. جهت این امر ابتدا مدلی از شارش‌های حیاتی سیستم توزیع ارائه می‌گردد. سپس با تعیین نقاط آسیب‌پذیر سیستم‌های توزیع و با در نظر گرفتن انواع فعالیت‌های عوامل تهدید، احراز تهدید صورت می‌پذیرد. پس از آن راهکارهای کاهش سطح آسیب مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

۲- پدافند غیرعامل در سیستم‌های توزیع برق

سیاست‌های کلی پدافند غیرعامل که توسط مجمع تشخیص مصلحت نظام تعریف شده است دارای ۱۳ بند می‌باشد که بنا به تعریف آنها پدافند غیرعامل عبارت است از مجموعه اقدامات غیرمسلحانه‌ای که موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقاء پایداری ملی و تسهیل مدیریت بحران در مقابل تهدیدات و اقدامات نظامی دشمن می‌گردد [۱]. در این سیاست‌ها طبقه‌بندی مراکز، اماکن و تاسیسات حائز اهمیت به: حیاتی، حساس و مهم تقسیم شده است. با توجه به این سیاست‌ها، سامانه‌های پدافند غیرعامل را می‌توان به‌شرح ذیل جمع‌بندی نمود:



شکل ۱- اثرگذاری فعالیت‌های تروریستی بر بارهای کلیدی

- استتار و پنهان‌سازی
- حیله و فریب
- مقاوم‌سازی
- مکان‌یابی
- حرکت و جابجایی
- کوچک‌سازی
- پراکنده‌سازی

لذا در این مقاله سعی شده تا با اصول ذکرشده فوق، راهکارهای پدافند غیرعامل برای سیستم‌های توزیع برق تشریح گردد.
اهداف پدافند غیرعامل در شبکه‌های انرژی برق را می‌توان به شرح ذیل بیان داشت:

- حفاظت از دارایی‌های توزیع در هر سه بخش فشار متوسط، پست‌ها و فشار ضعیف
- افزایش قابلیت اطمینان برق‌رسانی به‌ویژه برای بارهای حساس و مهم
- افزایش کیفیت توان به‌ویژه برای مصارف حساس

با توجه به اهداف و مطالب بیان‌شده در زمینه پدافند غیرعامل، اهمیت شبکه‌های توزیع از نگاه پدافند غیرعامل به‌منظور حفظ تداوم انرژی برق بارهای حساس در مواقع بحران و عملکرد خرابکارانه گروه‌های متخاصم و تروریست انکارناپذیر می‌باشد. بدین منظور در این مقاله سعی شده تا با در نظر گرفتن اصول پدافند غیرعامل جهت تامین مطمئن انرژی برق بارهای حساس، تهدیدات و طرح‌های بهبود ارائه گردد.
به‌طور کلی سیستم‌های توزیع شامل پست‌های توزیع، فیدرهای فشار متوسط، ترانسفورماتورها، فیدرهای فشار ضعیف، مصرف کننده‌ها و وسایل حفاظتی می‌باشند.
هر سیستم توزیع را می‌توان به سه بخش عمده تقسیم‌بندی کرد ؛ که هر یک وظایفی را در کل سیستم بر عهده دارند. این بخش‌های اصلی عبارت‌اند از:
۱- تغذیه‌کننده‌های فشار متوسط: انرژی الکتریکی را از پست‌های فوق توزیع به ترانسفورماتورهای توزیع منتقل می‌کنند. فیدرهای فشار متوسط در ایران اغلب ۲۰کیلو ولت می‌باشند.
۲- ترانسفورماتورهای توزیع (پست توزیع): ولتاژ دریافت‌شده از فیدرهای فشار متوسط را تقلیل می‌دهند. پست‌های توزیع در ایران اغلب ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت می‌باشند.
۳- فیدرهای فشار ضعیف و تغذیه متقاضیان: انرژی الکتریکی را تحت ولتاژ نامی به مصرف‌کننده می‌رسانند. ولتاژ فیدرهای فشارضعیف در ایران ۴۰۰ ولت است [۲].

با توجه به اینکه تاکید اصلی این مقاله، تغذیه مطمئن بارهای حساس می‌باشد، لذا در ادامه، سیستم‌های متنوع موثر بر سیستم توزیع بررسی می‌شود تا با توجه به میزان حساسیت بار، راهکارهای کاهش سطح آسیب را انتخاب نمود.

۳- مدل شارش و دارایی‌های سیستم توزیع

سه شارش اصلی در سیستم توزیع برق وجود دارد که اهمیت بسیار بالایی در مدیریت این سیستم دارند. وجود اختلال در هر یک از سه شارش ذکرشده به معنای از دست رفتن ابزارهای مدیریتی سیستم توزیع و به خطر افتادن امنیت سیستم می‌باشد. جهت جلوگیری از هرگونه اختلال در شارش‌های سیستم توزیع، ارتقاء و تقویت زیرساخت‌های آن، امری ضروری و حیاتی است. هر مقوله و آیتمی که باعث از بین رفتن زیرساخت‌های شارش‌های سیستم توزیع گردد تهدید به شمار رفته و با پدافند غیرعامل در ارتباط می‌باشد. فلذا نیاز به اصلاح، تقویت زیرساخت و بهبود عملکرد هر یک از بازیگران دارد.
بدین ترتیب می‌توان عناصر اصلی جهت شارش‌های حیاتی سیستم توزیع را به چهار مورد زیر تقسیم نمود:

۱- مبدأ شارش (که محل تولید شارش نیز می‌باشد)
۲- شبکه شارش (که محل انتقال شارش به‌شمار می‌رود)
۳- مقصد شارش (که محل به‌کارگیری شارش جهت تأمین نیاز آنها می‌باشد)
۴- شارش

جهت رعایت اصول پدافند غیرعامل می‌بایست هر یک از چهار عنصر سیستم شارش دارای مشخصات ذیل باشد:

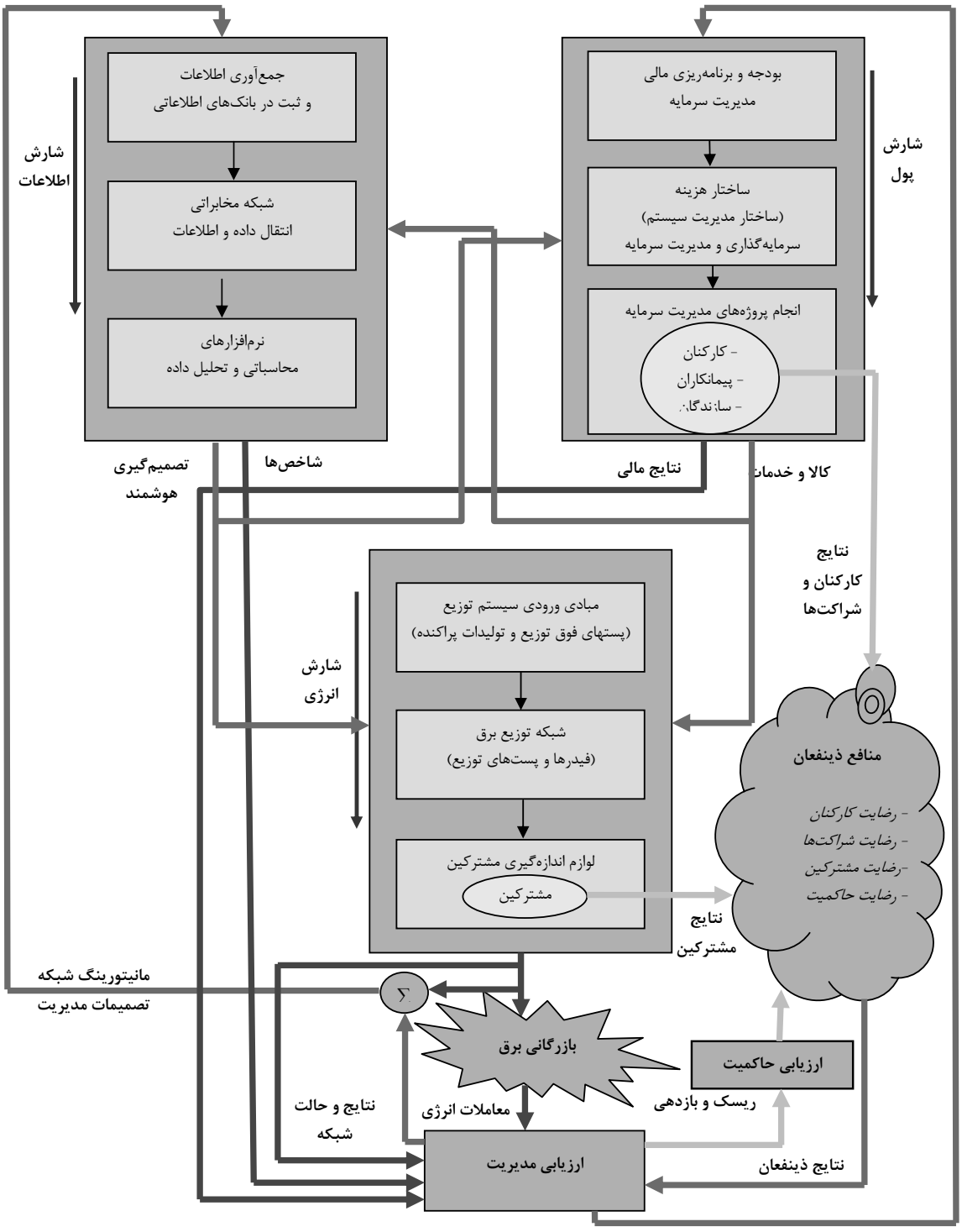
- **مبدأ شارش:** جهت حفظ تأمین شارش به‌صورت پایدار می‌بایست مبدأ شارش به‌صورت متمرکز عمل ننموده بلکه با تعداد زیاد و ظرفیت کم نسبت به تأمین شارش اقدام کند. این عمل باعث می‌شود در صورت از دست رفتن یک منبع، سایر منابع نسبت به تأمین شارش اقدام کنند.
- **شبکه شارش:** این شبکه می‌بایست مورد محافظت فیزیکی و نگهداری قرار گیرد. مقاوم‌سازی این شبکه در برابر سوانح متنوع، از جمله اهداف بسیار مهم پدافند غیرعامل می‌باشد. دو نکته در حفاظت از شبکه شارش از اهمیت بالایی برخوردار است:

الف- فناوری نگهداری
ب- مدیریت نگهداری

- **مقصد شارش:** مقصد شارش که محل بکارگیری و استفاده از مزایای شارش می‌باشد، فلسفه اصلی وجود این نوع شارش در سیستم توزیع است. مدیریت سمت تقاضای شارش از نحوه و میزان استفاده از شارش، از اهمیت بسیار بالایی در بهینه سازی سیستم شارش از جهت حفظ منابع و استفاده بهینه از آنها برخوردار است.
- **شارش:** کیفیت شارش در استفاده بهینه از سیستم شارش تأثیر بسزایی دارد. لذا افزایش کیفیت شارش و تغییر بهینه آن از اهمیت بالایی در سیستم شارش برخوردار است.

هر یک از چهار رکن سیستم شارش- ذکرشده در بالا- در هر یک از شارش‌های پول، انرژی و اطلاعات، بیانگر استراتژی‌های مستقل و

مهمی در حوزه پدافند غیرعامل در سیستم‌های توزیع می‌گردد. بدین منظور سیستم شارش هر یک از شارش‌های مذکور به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد [۳]. مدل شارش سیستم توزیع را می‌توان به‌صورت شکل (۲) ارائه نمود.



شکل ۲- مدل شارش سیستم توزیع

شکل (۲) به نوعی نقاط تهدیدپذیر و در معرض آسیب را نشان می‌دهد. هر نوع تهدید که باعث آسیب به هریک از باکس‌های شکل (۲) شود، باعث اختلال در شارش اطلاعات، پول و یا انرژی شده و عملکرد سیستم را در کوتاه مدت و یا بلندمدت مختل می‌نماید. نتیجه این امر، ایجاد خاموشی و عدم امکان سرویس به بارهای حساس و مهم می‌باشد. باکس‌های اصلی که مورد تهدید قرار می‌گیرند عبارت‌اند از: سیستم شارش اطلاعات، سیستم شارش پول، سیستم شارشی انرژی و همچنین سیستم ارزیابی مدیریت. همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده، دو حلقه جهت مدیریت شارش وجود دارد. حلقه سمت راست که رابطه سیستم شارش پول، مدیریت و سیستم شارش انرژی را نشان می‌دهد حلقه اثرگذاری بلندمدت سیستم می‌باشد. در حلقه اثرگذاری بلندمدت، سیستم شارش اطلاعات اثرکم و ناچیزی دارد. حلقه سمت چپ که رابطه سیستم شارش اطلاعات، مدیریت و سیستم شارش انرژی را نشان می‌دهد حلقه اثرگذاری کوتاه‌مدت را نشان می‌دهد. سیستم شارش پول بر این حلقه، اثر کم و ناچیزی دارد. حلقه کوتاه‌مدت در مواقع ایجاد بحران بسیار آسیب‌پذیر نشان می‌دهد.

در حلقه بلندمدت نیز آسیب‌های جدی وجود دارد ولی در این دسته از آسیب‌ها، هدف اصلی از پای درآوردن سیستم‌های توزیع در مدت زمان زیاد با زیر فشار گذاشتن مدیریت و اقتصاد این سیستم می‌باشد.

با توجه به مطالب بیان‌شده می‌توان لیست دارایی‌ها از نگاه پدافند غیرعامل را به شرح ذیل بیان نمود:

بانک‌های اطلاعاتی، نرم‌افزارها و سخت‌افزارها، شبکه‌های مخابراتی و انتقال داده، دیسپاچینگ‌ها، پست‌های فوق توزیع و تولیدات پراکنده، شبکه توزیع مشتمل بر فیدرهای فشار متوسط و فیدرهای فشار ضعیف و پست‌ها

بدین ترتیب دو استراتژی برای کاهش تهدیدات و همچنین سطح آسیب وجود دارد: اتخاذ استراتژی‌های مناسب مدیریتی و مقاوم‌سازی.

۴- تهدیدشناسی در سیستم توزیع انرژی برق

نقاط ضعف سیستم‌های توزیع انرژی برق ایران از دیدگاه پدافند غیرعامل را می‌توان به‌صورت زیر جمع‌بندی نمود:

- عدم شناسایی دقیق بارهای حساس و مهم
- عدم وجود ساختار واحد مناسب برای تغذیه بارهای حساس
- عدم وجود سناریوی بحران برای بارهای حساس
- ضعف شبکه‌های بارهای حساس در برابر عوامل جوی
- فرسودگی شبکه‌های توزیع بارهای حساس و مهم
- عدم توسعه تولیدات پراکنده در مکان‌های بارهای حساس و مهم
- عدم وجود حفاظت در پست‌های توزیع بارهای حساس و مهم
- عدم انجام تعمیرات هدفمند شبکه بارهای حساس
- پرباری پست‌ها و فیدرهای تغذیه‌کننده بارهای حساس
- وجود کلیدهای دارای عملکرد ناموفق در فیدرهای فشار متوسط
- عدم وجود پست‌ها و ژنراتورهای موبایل
- عدم وجود نقشه شماتیک به روز منطبق با نقشه‌های شهری
- عدم مانیتورینگ و اتوماسیون شبکه
- عدم وجود شبکه مخابراتی و دیسپاچینگ‌های توزیع پیشرفته
- عدم توسعه هوشمند کلیدها و نقاط مانور به‌منظور بازیابی بار بهینه بارهای حساس و مهم
- اقتصاد شکننده سیستم توزیع

پس از شناسایی نقاط ضعف سیستم توزیع می‌بایست قبل از تهدیدشناسی سیستم توزیع، نسبت به دشمن‌شناسی و یا عوامل ایجاد تهدید اقدام نمود. تأثیرگذاری بر سیستم توزیع و ایجادکننده اختلال توسط سه دسته عوامل زیر رخ می‌دهد:

- حمله دولت‌های متخاصم یا دشمن
- گروه‌های تروریستی
- گروه‌های خرابکار و پرسنل سیستم توزیع

دشمن عمدتا به دو صورت عاملی و یا سایبری بر سیستم‌های توزیع اثر می‌گذارد. در حمله عاملی، دارایی‌های حساس چون پست‌های فوق توزیع و فشار قوی و نیروگاه‌ها مورد هدف قرار می‌گیرند. اما در حمله سایبری، بانک‌های اطلاعاتی و دیسپاچینگ‌ها مورد هدف قرار می‌گیرند. لذا مقاوم‌سازی این بخش‌ها دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد. در حمله دولت‌های متخاصم دارایی‌های مهم مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

گروه‌های تروریستی که معمولا امکان اقدامات عاملی بسیار بزرگ را ندارند عمدتا نسبت به اقدامات خرابکارانه کوچک و کلیدی اقدام می‌کنند. لذا عملیات آنها کمتر بر روی دارایی‌های حساس صنعت برق بوده و با عملیات در سطوح توزیع در هریک از سه سطح شارش انرژی اطلاعات و پول سعی در اقدامات با اثرگذاری کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌نمایند. البته باید توجه داشت که یکی از اهداف گروه‌های تروریستی، از پا درآوردن دفاع در بلندمدت علاوه‌بر خرابکاری کوتاه‌مدت در زمان جنگ می‌باشد و در این راه دست از هرگونه اقدام اثرگذار برنمی‌دارند. لذا در این دسته از عوامل تهدید، دقت در محافظت سیستم هر سه نوع شارش و شناسایی انواع تهدید ولو بلندمدت بسیار پراهمیت و ضروری است.

تاثیر عوامل انسانی و پرسنل خرابکار سیستم توزیع، به اقدامات منافقانه و اختلال در عملکرد عادی سیستم توزیع محدود می‌شود. این دسته از عوامل تهدید با ظاهر نیروی دفاعی وارد سیستم شده و با همان عملکردهای عادی سیستم، سعی در ایجاد اختلال می‌نماید.

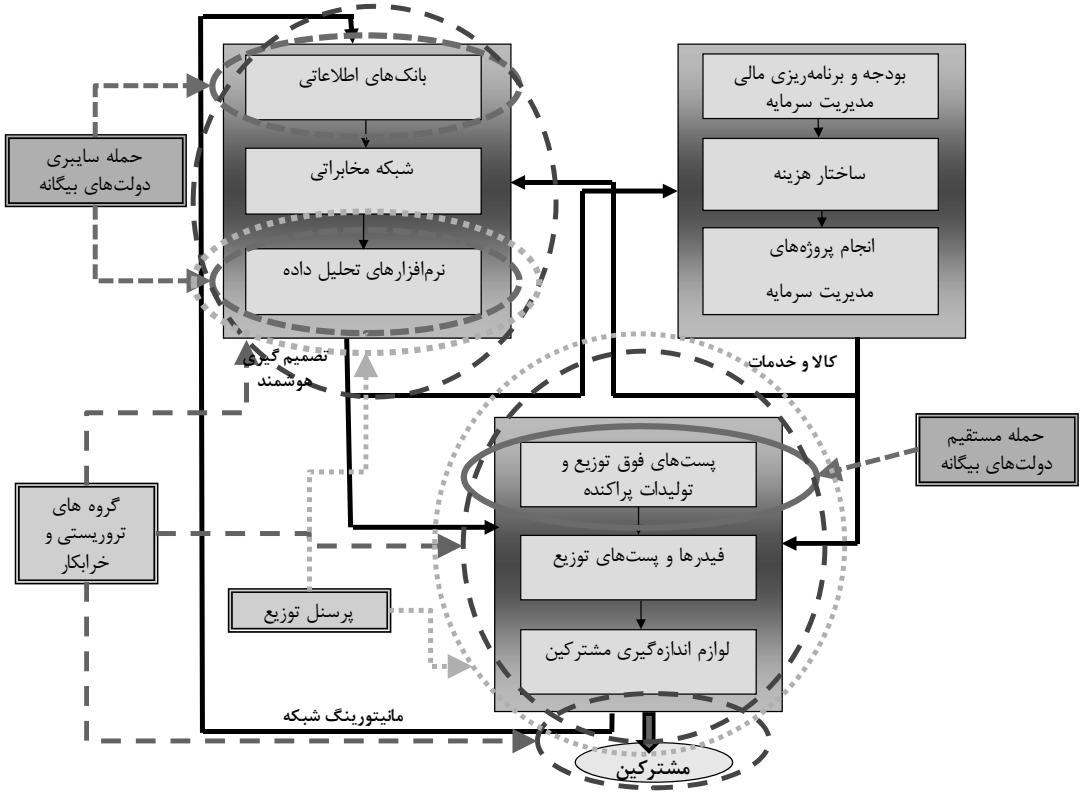
عوامل انسانی که جزو عوامل خودی شمرده می‌شوند اقدام به حمله نمی‌کنند ولی از هرگونه تغییرات با عملیات کوچک و خرابکارانه ولو با اثرگذاری بلندمدت کوتاهی نمی‌کنند.

انواع ابزارهای عوامل تهدیدزا را می‌توان به بمب‌های کروز، بمب‌های گرافیتی (که از این پس با نام لایه کربنی در این مقاله آورده می‌شود)، حملات سایبری، عملیات‌های تروریستی و خرابکارانه و همچنین تهدیدات نرم تقسیم‌بندی نمود.

با در نظر گرفتن عوامل تهدیدزا و ابزارهای آنان، تهدیدات فراروی سیستم توزیع را می‌توان به‌صورت شکل (۳) نمایش داد. در ادامه مطالب این فصل، کلیه تهدیدات استخراج‌شده از این شکل به بحث و بررسی گذاشته می‌شود. شکل (۳) بر اساس مدل شارش ارائه‌شده در شکل (۲) استخراج شده است.

طبق شکل (۳) می‌توان عوامل تهدید را به مواردی اطلاق نمود که شارش انرژی را در کوتاه‌مدت یا درازمدت دچار اختلال کند. این عوامل تهدید یا می‌تواند توسط دشمن از طریق حمله مستقیم به تاسیسات کلیدی صورت پذیرد و یا توسط گروه‌های تروریستی به مراکز فرمان یا دیسپاچینگ‌های توزیع و یا حتی توسط منابع انسانی توزیع ایجاد شود. در این بخش سعی شده تا با تشریح تهدیدهای فراروی سیستم توزیع ناشی از سه عامل مذکور، تهدیدشناسی در سیستم توزیع صورت پذیرد. فلذا تهدیدهای فراروی سیستم توزیع را می‌توان به موارد زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱- حمله مستقیم به تأسیسات پست‌های فوق توزیع، نیروگاه‌های کوچک و تولیدات پراکنده متصل به سیستم توزیع
۲- تاثیرپذیری غیر مستقیم شبکه توزیع از تهاجمات
۳- تاثیر رشد بارهای ناگهانی بر سیستم توزیع
۴- حمله مستقیم به تأسیسات شبکه توزیع برق‌رسان به بارهای حساس و مهم
۵- استفاده از تاثیرپذیری خاموشی‌های فیدرهای فشار متوسط از یکدیگر به دلیل وجود کلیدهای نگیر
۶- ایجاد شرایط خاص با الهام از آسیب‌پذیری جوی شبکه توزیع
۷- نفوذ به مراکز فرمان و یا دیسپاچینگ‌های شبکه توزیع و ایجاد خاموشی‌های گسترده
۸- نفوذ به سیستم مخابراتی و اطلاعات
۹- حمله سایبری به سیستم اطلاعات توزیع
۱۰- تحت فشار گذاشتن شرکت‌های توزیع از لحاظ اقتصادی به کمک استفاده از تغییر فرهنگ و انگیزش‌های مردم و کارکنان توزیع
۱۱- عملکرد ناموفق مدیریت سیستم توزیع برق



شکل ۳- شناسایی نقاط تهدید بر اساس عوامل تهدیدزا و ابزار آنها

از ۱۱ مورد ذکرشده در بالا، ۶ مورد اول مرتبط با سیستم شارش انرژی بوده و هریک مستقیماً در شارش انرژی ایجاد اختلال می‌کنند. موارد ۷، ۸ و ۹ از طریق ایجاد اختلال در سیستم اطلاعات باعث می‌گردد تا گروه‌های متخاصم، کنترل کل شبکه توزیع و سیستم توزیع تحت مدیریت را در اختیار گرفته و تأثیرپذیری بسیار بالاتری را بر شبکه توزیع داشته باشد. در واقع با استفاده از موارد ۷، ۸ و ۹ اختیار فرمان بر کلیهٔ المان‌های قابل تغییر و تنظیم از جمله کلیدها و ادوات حفاظتی اتوماسیون‌شده فراهم می‌گردد. لذا با قطع کلیدها با یک دستور ساده در محیط دیسپاچینگی می‌توانند کلیه تلاش‌های سیستم توزیع در جهت پایداری شبکه را مردود و باطل کنند. موارد ۱۰ و ۱۱ از تهدیدهای ذکرشده جزو تهدیدات نرم بشمار می‌روند که نقش عمده آن را منابع انسانی موجود سیستم توزیع بازی می‌کنند. تاثیرگذاری موارد ۱۰ و ۱۱ بلندمدت و بیشتر از جنبه اقتصادی و مدیریتی دارای اهمیت می‌باشند. با تقسیم‌بندی تهدیدها به عوامل تهدید می‌توان به نکات ذیل رسید:

- دولت‌های بیگانه تنها در موارد ۱، ۲، ۸ و ۹ یعنی حمله به دارایی‌های حساس، نفوذ به سیستم مخابراتی و حمله سایبری به سیستم توزیع عمل نموده و در سیستم توزیع ایجاد اختلال می‌کنند.
- گروه‌های تروریستی و خرابکارانه از طریق موارد ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۰ و ۱۱ سعی در ایجاد اختلال در سیستم توزیع می‌نمایند. این گروه‌ها در واقع با خرابکاری در شبکه توزیع از طریق از بین بردن تجهیزات تغذیه‌کننده بارهای حساس، خاموش کردن بارهای حساس به هر نحو ممکن ولو استفاده از تجهیزات به ظاهر غیر مرتبط، تاثیرگذاری بر پارامترهای الکتریکی شبکه از طریق دستگاه‌های خاص، نفوذ به سیستم‌های مخابراتی و دیسپاچینگی، ضربه‌های مداوم به اقتصاد و مدیریت توزیع و یا حتی تشویق مشترکین به اقدامات خرابکارانه به سیستم توزیع ضربه می‌زنند.
- عوامل انسانی و پرسنل سیستم توزیع نیز از طریق موارد ۵، ۷، ۱۰ و ۱۱ سعی در ایجاد اختلال در سیستم توزیع می‌نمایند. از زمان آغاز فعالیت‌های این دسته از کلیدزنی‌های نابجا، فرمان‌های نابجا شروع شده و تا طرح‌های غلط اقتصادی، ایجاد ضایعات و خسارات و یا تشویق‌های نابجای مشترکین ادامه می‌یابد.

۵- تحلیل آسیب‌پذیری سیستم توزیع

هریک از تهدیدهای ارائه‌شده، به بخش خاصی از شبکه توزیع آسیب وارد می‌کند. این بخش‌ها را با جمع‌بندی مطالب بیان‌شده در باب تهدیدها می‌توان به موارد ده‌گانه زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱- پست‌های فوق توزیع ۲- تولیدات پراکنده ۳- شبکه‌های فشار متوسط ۴- پست‌های توزیع ۵- شبکه‌های فشار ضعیف ۶- کلیدهای توزیع ۷- المان‌های حفاظتی توزیع ۸- دیسپاچینگ‌های توزیع ۹- سیستم مخابراتی توزیع ۱۰- بانک‌های اطلاعاتی و نرم‌افزارها

انواع تهدید را می‌توان به دو دسته تهدیدهای عاملی و تهدیدهای خرابکارانه تقسیم‌بندی نمود. در تهدیدهای عاملی، عوامل تهدیدزا یا دشمن سعی در حمله مستقیم یا غیر مستقیم به تاسیسات می‌نماید تا با از بین بردن دارایی‌های حساس و یا دارایی‌های مهم، نسبت به قطع برق و ایجاد اختلال در جامعه اقدام نماید. اما تهدیدهای خرابکارانه از طریق حمله صورت نمی‌پذیرد بلکه از طریق دستکاری اطلاعات و تغییر آنها و یا اشتباه در فعالیت‌های روتین، سیستم توزیع صورت می‌پذیرد. در یک تقسیم‌بندی ساده می‌توان موارد ۱ تا ۵ بیان‌شده در بالا را در معرض تهدیدهای عاملی و موارد ۶ تا ۱۰ را در معرض تهدیدهای خرابکاری دانست. تهدیدهای عاملی عمدتا توسط دولت بیگانه رخ می‌دهد. اما حمله گروه‌های تروریستی نیز به دارایی‌های مهم و حساس بسیار محتمل می‌باشد. تهدیدهای خرابکارانه عمدتا توسط گروه‌های تروریستی و یا عوامل انسانی انجام می‌شوند. تنها در حملات سایبری که جزو تهدیدات خرابکارانه محسوب می‌شود پای دولت‌های بیگانه به وسط می‌آید. عوامل انسانی و پرسنل توزیع زمانی تهدید به‌شمار می‌روند که فعالیت‌های کلیدی سیستم توزیع چون کلیدزنی، تنظیم ادوات حفاظتی و یا فرمان‌های دیسپاچینگی به آنها سپرده شود.

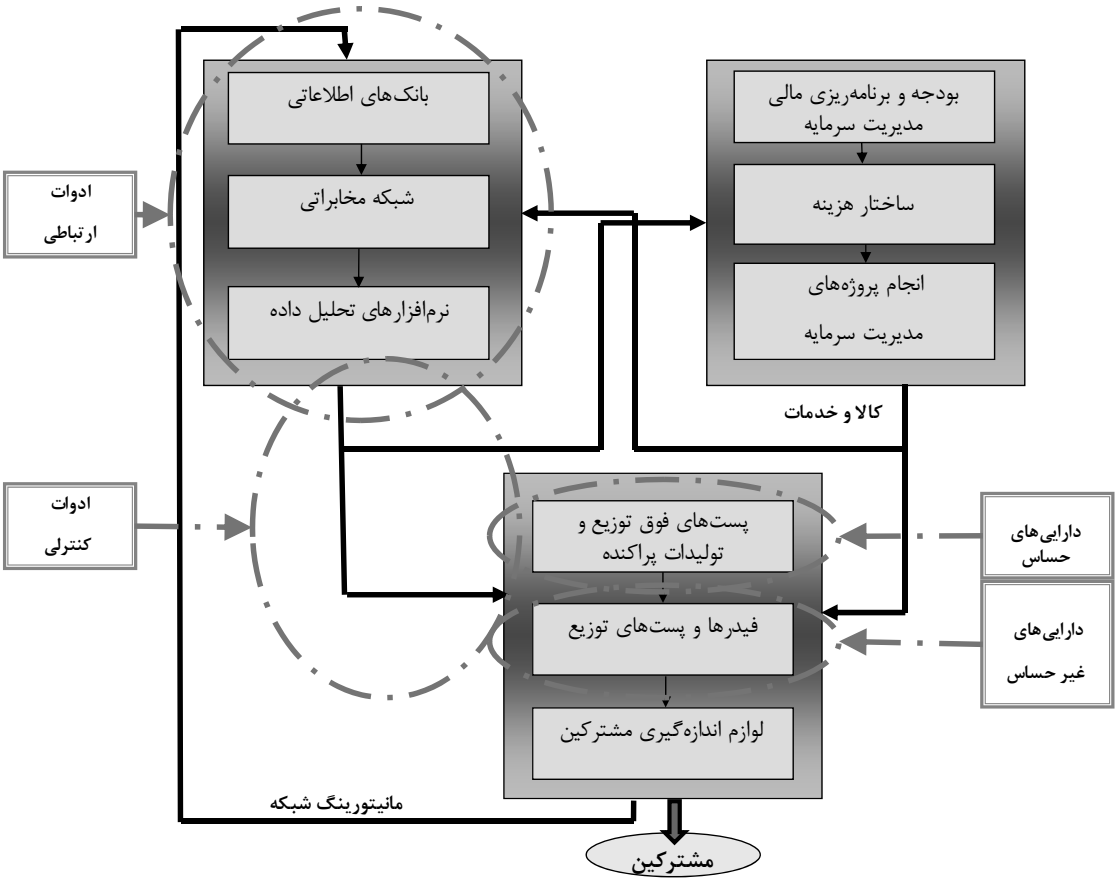
در این بین، فعالیت‌های خرابکارانه دیگر چون رشد ناگهانی بار، ضربه به مدیریت و اقتصاد سیستم توزیع در این مقاله مورد بحث قرار نمی‌گیرند. گرچه رشد ناگهانی بار که با تشویق گروه‌های تروریستی و خرابکار توسط مشترکین اتفاق می‌افتد و می‌تواند شبکه‌های انتقال و سراسری را در خاموشی فرو ببرد، اما راه حل آنها در المان‌های حفاظتی توزیع نیست و ادوات حفاظتی فوق توزیع به بالا می‌بایست به این امر مهم بپردازند و در صورت مشاهده چنین رشد بارهایی که در کوتاه‌مدت اتفاق می‌افتد نسبت به قطع بار اقدام نمایند.

۶- راهکارهای کاهش سطح آسیب ناشی از تهدیدها در سیستم‌های توزیع انرژی برق

مدل ارائه‌شده در این مقاله نقاط آسیب‌پذیر را به‌صورت شکل (۴) جمع‌بندی می‌کند.

به همین دلیل نقاط آسیب‌پذیر سیستم توزیع را به چهار دسته به شرح ذیل تقسیم می‌کنیم:

الف) دارایی‌های حساس: این دارایی‌ها به آن دسته از تجهیزات سیستم صنعت برق گفته می‌شود که دارای درجه اثرگذاری بالایی است. طبق توضیحات ارائه‌شده، دارایی‌های حساس به آن دسته از تجهیزات صنعت برق گفته می‌شود که برای سیستم توزیع به منزله یک منبع عمل نماید. در نتیجه، تولیدات پراکنده، پست‌های فوق توزیع و همچنین به نوعی کلیه ادوات انتقال و تولید جزو دارایی‌های حساس به حساب می‌آیند.



شکل ۴- جمع‌بندی نقاط آسیب‌پذیر سیستم توزیع

ب) دارایی‌های مهم: این دسته از دارایی‌ها به تجهیزاتی از صنعت برق گفته می‌شود که دارای درجه اثرگذاری پایینی باشند. با آسیب دیدن این دارایی‌ها منطقه جغرافیایی کوچکی خاموش می‌شود. این دارایی‌ها دارای ارزش پایین بوده و با آسیب دیدن آنها به سرعت و با هزینه کمی قابل جایگزینی است. این دسته از دارایی‌ها عمدتا به دارایی‌های سیستم توزیع اطلاق می‌شود که شامل فیدرهای فشار متوسط و پست‌های توزیع می‌باشند.

ج) ادوات کنترلی: ادوات کنترلی به نوعی جزو تجهیزات جانبی سیستم توزیع شمرده می‌شوند که توسط آنها مدیریت بهره‌برداری سیستم توزیع و مدیریت شارش انرژی صورت می‌پذیرد. با استفاده از این ادوات می‌توان امکان تغییر مسیر تغذیه و یا حفاظت از دارایی‌های سیستم توزیع را فراهم کرد. کنترل و حفظ شاخص‌های شبکه‌ای و مدیریتی سیستم توزیع در راستای حفظ امنیت انرژی برق از وظایف اصلی این ادوات می‌باشد. از جمله این ادوات می‌توان به کلیدها و ادوات حفاظتی شبکه چون فیوزها، رله‌ها و... اشاره نمود.

د) ادوات ارتباطی: ادوات ارتباطی سیستم توزیع به موازات شبکه‌های توزیع برق توسعه می‌یابند. ادوات ارتباطی وظیفه انتقال اطلاعات از شبکه و یا مراکز خدماتی به مراکز تحلیل و فرمان را بر عهده دارند. همچنین تحلیلگرهای اطلاعات و یا نرم‌افزارهای جمع‌آوری و تولید اطلاعات نیز جزو ادوات ارتباطی به‌شمار می‌روند. لذا ادوات ارتباطی دارای سه جزء اصلی می‌باشند. این سه جزء عبارت‌اند از: ۱) دیسپاچینگ‌ها، ۲) شبکه مخابراتی و بانک‌های اطلاعاتی، ۳) نرم‌افزارها. ادوات ارتباطی به نوعی مجموعه اجزای سیستم شارش اطلاعات می‌باشند که وظیفه تصمیم‌سازی جهت مدیریت شاخص‌های شبکه را برعهده دارند.

برای هریک از نقاط آسیب‌پذیر سیستم توزیع ذکرشده در بخش قبل و دسته‌بندی‌شده در بالا می‌بایست راهکارهای جداگانه‌ای جهت کاهش سطح آسیب ارائه گردد. به همین منظور این راهکارها به سه دسته اصلی به شرح ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف) مدیریت قبل از ضربه: این دسته از راهکارها عمدتا به‌منظور مقاوم‌سازی نقاط آسیب‌پذیر شبکه توزیع در برابر تهدیدات به کار می‌روند. همان‌طور که از این تعریف برداشت می‌شود این دسته از

راهکارها عمدتا جهت ناکارا شدن تهدیدات به کار می‌رود. با بکارگیری این مدیریت، خطرات تهدیدات گروه‌های متخاصم بسیار کاهش یافته و در نتیجه، نوبت به اعمال دو مدیریت دیگر نمی‌رسد؛ به این معنی که مدیریت قبل از ضربه، اولین مرحله از مراحل کاهش سطح آسیب می‌باشد. مدیریت قبل از ضربه را می‌توان به‌صورت جدول (۱) جمع‌بندی نمود.

ب) مدیریت زمان ضربه: مدیریت زمان ضربه، به مجموعه راهکارهایی اطلاق می‌شود که در زمان بوجود آمدن تهدید و مثمر ثمر نبودن راهکارهای مدیریت قبل از ضربه، انجام می‌شود تا از شدت اثر آسیب بکاهد. در این نوع مدیریت، آسیب به‌طور قطع صورت پذیرفته است اما به کمک دارایی‌های موجود شبکه و ارتقاء زیرساخت‌های لازم در آن همچنان می‌توان امنیت شبکه و یا نیرورسانی به بارهای حساس و مهم را حفظ نمود. وجود اطلاعات به‌روز دارایی‌ها و تقویت ادوات کنترلی و همچنین اتوماتیک کردن و هوشمند نمودن اقدامات و تصمیمات به‌عنوان مهم‌ترین راهکارهای مدیریت زمان ضربه شمرده می‌شود. همانطور که از توضیحات داده‌شده مشخص است علی‌رغم اینکه مدیریت زمان ضربه به‌عنوان فرآیند بعد از مدیریت قبل از ضربه در نظر گرفته می‌شود اما زیر ساخت‌های لازم آن می‌بایست قبل از وقوع حادثه ایجاد و تقویت گردد. مدیریت زمان ضربه را می‌توان به‌صورت جدول (۲) جمع‌بندی نمود.

ج) مدیریت بعد از ضربه: مدیریت بعد از ضربه به مجموعه اقداماتی اشاره دارد که پس از موثر بودن تهدیدات و وارد آمدن آسیب‌های کلی به شبکه انجام می‌شود تا بقای اجتماعی را تداوم بیشتر بخشد. نیرورسانی به بارهای حساس و مهم به هر طریق ممکن و قطع استمرار تهدیدات، از جمله اقدامات بسیار مهم در مدیریت بعد از ضربه می‌باشد. وجود این دسته اقدامات باعث می‌شود گروه‌های اتفاقات و بحران در شرکت‌های توزیع همواره مانند آتش‌نشان به صورت آنلاین و آنکال آماده به خدمت باشند و در صورت ایجاد هرگونه مشکلی، نسبت به عادی‌سازی وضعیت اقدام نمایند. مدیریت بعد از ضربه را می‌توان به‌صورت جدول (۳) جمع‌بندی نمود.

جدول ۱- جمع‌بندی فعالیت‌های قبل از ضربه

شماره اصل	نام اصل	مدیریت قبل از ضربه			
		دارایی‌های حساس	دارایی‌های مهم	ادوات کنترلی	ادوات ارتباطی
اول	استتار و پنهان‌سازی	مشابه‌سازی با مبلمان شهری، مسقف نمودن	احداث فیدرهای بارهای حساس به‌صورت زمینی، پست‌های کیوسکی	-	پنهان، دور از دسترس گروه‌های تروریستی و خرابکار
دوم	مقاوم‌سازی	ساختمانی (دیوار آتش) و الکتریکالی (بارگذاری و سرویس مناسب)	ساختمانی (تیرآهن به‌صورت ضربدر) و الکتریکالی (ساختار شبکه، مدیریت بار، مدیریت حفاظت و مدیریت تعمیرات)	هوشمندسازی، ارتقاء کیفیت تجهیزات و ارتقاء کیفیت منابع انسانی	سازه‌ای (دیسپاچینگ‌های سیستم توزیع و ایستگاه‌های اطلاعاتی) و ارتباطی (استفاده از قفل‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، مستحکم سازی شبکه‌های مخابراتی، کنترل ورود و خروج اطلاعات)
سوم	مکان‌یابی	زیر زمین و یا درون ساختمان‌ها	عدم عبور فیدرها از عرض خیابان‌های اصلی، احداث پست‌ها در داخل ساختمان‌ها	احداث کلیدخانه	در درون ساختمان اصلی سیستم توزیع و یا در زیرزمین و یا منطقه‌ای حفاظت شده
چهارم	کوچک‌سازی	پست‌ها و نیروگاه‌های با ظرفیت کم و تعداد زیاد	کوچک‌سازی پست‌های توزیع، شبکه‌های فشار ضعیف، کاهش طول فیدرهای فشار متوسط	-	ایجاد مراکز کنترل و فرمان محلی، دیسپاچینگ‌های فشار ضعیف
پنجم	پراکنده‌سازی				

جدول ۲- جمع‌بندی فعالیت‌های زمان ضربه

شماره اصل	نام اصل	مدیریت زمان ضربه			
		دارایی‌های حساس	دارایی‌های مهم	ادوات کنترلی	ادوات ارتباطی
چهارم	کوچک‌سازی	جزیره سازی	جزیره‌های محلی	مراکز کنترل محلی	مراکز کنترل محلی
پنجم	پراکنده‌سازی		تغییر ساختار تغذیه		
ششم	حرکت و جابجایی	کلیدزنی و هوشمندسازی	کلیدزنی و تغییر مسیر تغذیه	هوشمندسازی	هوشمندسازی

جدول ۳- جمع‌بندی فعالی‌تهای بعد از ضربه

شماره اصل	نام اصل	مدیریت بعد از ضربه			
		دارایی‌های حساس	دارایی‌های مهم	ادوات کنترلی	ادوات ارتباطی
چهارم	کوچک‌سازی	حوزه‌های فرماندهی		مراکز کنترل محلی	
پنجم	پراکنده‌سازی				
ششم	حرکت و جابجایی	ژنراتورها و پست‌های موبایل		سناریوهای کلیدزنی محلی	
هفتم	حیله و فریب	ساختار شبکه، ساختار تغذیه موبایل (متناسب با مبلمان شهری و تغذیه چندگانه)		دیسپاچینگ‌های پشتیبان	

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله پس از ارائه یک مدل شارش در سیستم توزیع برق، به بیان نقاط ضعف پرداخته شد. پس از آن دشمن‌شناسی صورت پذیرفت و بر اساس عوامل تهدیدزا، تهدیدشناسی انجام شد. بر اساس تهدیدشناسی صورت‌گرفته، نقاط آسیب‌پذیر سیستم توزیع و در نهایت، راهکارهای کاهش سطح آسیب براساس اصول پدافند غیرعامل ارائه گردید. راهکارهای بهبود فعالیت‌های اجرایی برای شرکت‌های توزیع به‌منظور تحقق اهداف پدافند غیرعامل را می‌توان به‌صورت زیر جمع‌بندی نمود:

- شناسایی دقیق بارهای حساس و مهم
- ایجاد ساختار واحد مناسب برای تغذیه بارهای حساس و مهم
- تدوین سناریوی بحران برای بارهای حساس و مهم
- مقاوم‌سازی شبکه‌های بارهای حساس در برابر عوامل جوی
- اصلاح فرسودگی شبکه‌های توزیع بارهای حساس و مهم
- توسعه تولیدات پراکنده در مکان‌های بارهای حساس و مهم
- تجهیز حفاظت در پست‌های توزیع بارهای حساس و مهم
- انجام تعمیرات هدفمند شبکه بارهای حساس و مهم
- رفع پرباری پست‌ها و فیدرهای تغذیه‌کننده بارهای حساس و مهم
- حذف کلیدهای نگیر در فیدرهای فشار متوسط بارهای حساس و مهم
- تجهیز شرکت‌های توزیع به پست‌ها و ژنراتورهای موبایل
- تهیه نقشه شماتیک شبکه‌های توزیع برق به‌روز منطبق با نقشه‌های شهری
- پیاده‌سازی مانیتورینگ و اتوماسیون شبکه
- احداث شبکه مخابراتی و دیسپاچینگ‌های توزیع پیشرفته
- توسعه هوشمند کلیدها و نقاط مانور به‌منظور بازیابی بار بهینه
- مشابه‌سازی دارایی‌های حساس با مبلمان شهری و مسقف نمودن آنها
- احداث فیدرهای بارهای حساس به‌صورت زمینی، پست‌های کیوسکی
- احداث ادوات ارتباطی به‌صورت پنهان و دور از دسترس گروه‌های تروریستی و خرابکار
- مقاوم‌سازی سازه‌ای و احداث دیوار آتش بارگذاری و سرویس مناسب دارایی‌های حساس
- مقاوم‌سازی سازه‌ای و نصب تیرآهن به‌صورت ضربدر در دیواره پست‌های توزیع
- انتخاب ساختار مناسب شبکه، مدیریت بار، مدیریت حفاظت و مدیریت تعمیرات دارایی‌های مهم
- هوشمندسازی
- ارتقاء کیفیت تجهیزات در دارایی‌های حساس و مهم
- ارتقاء کیفیت منابع انسانی
- مقاوم‌سازی سازه‌ای دیسپاچینگ‌های سیستم توزیع و ایستگاه‌های اطلاعاتی
- استفاده از قفل‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری
- مستحکم‌سازی شبکه‌های مخابراتی
- کنترل ورود و خروج اطلاعات در سیستم اطلاعات توزیع
- احداث دارایی‌های حساس در زیر زمین و یا درون ساختمان‌ها
- عدم عبور فیدرها از عرض خیابان‌های اصلی
- احداث پست‌ها در داخل ساختمان‌ها
- احداث کلیدخانه
- احداث ادوات ارتباطی در درون ساختمان اصلی سیستم توزیع و یا در زیرزمین و یا منطقه‌ای حفاظت‌شده
- احداث دارایی‌های حساس با ظرفیت کم و تعداد زیاد
- کوچک‌سازی پست‌های توزیع، شبکه‌های فشار ضعیف ، کاهش طول فیدرهای فشار متوسط
- ایجاد مراکز کنترل و فرمان محلی
- احداث دیسپاچینگ‌های فشار ضعیف
- ایجاد امکان جزیره‌سازی
- ایجاد امکان جزیره‌های محلی
- ایجاد امکان تغییر ساختار تغذیه بارهای حساس و مهم
- کوچک‌سازی و محلی‌سازی حوزه‌های فرماندهی
- تهیه ژنراتورها و پست‌های موبایل

- تدوین سناریوهای کلیدزنی محلی
- مناسب‌سازی ساختار شبکه و ساختار تغذیه موبایل با مبلمان شهری و تغذیه چندگانه برای مواقع ضربه
- احداث دیسپاچینگ‌های پشتیبان

مراجع

۱. سیاست‌های کلی پدافند غیرعامل، مجمع تشخیص مصلحت نظام، (**۱۳۸۹**).
۲. گلکار، م.؛ سیستم‌های توزیع انرژی الکتریکی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، (**۱۳۸۲**).
۳. دشتی، رضا؛ فلسفه برنامه‌ریزی توزیع انرژی برق، رساله دکتری دانشگاه تهران، (**۱۳۸۹**).
۴. دشتی، رضا؛ پروژه کسر خدمت «پدافند غیرعامل در سیستم‌های توزیع انرژی برق»، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، (**۱۳۹۰**).
۵. ستاره، علی‌اکبر؛ مدیریت ریسک در پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، (**۱۳۹۰**).
۶. ابهری، مریم؛ مدیریت بحران نظامی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، (**۱۳۸۸**).
۷. موحدی‌نیا، جعفر؛ اصول و مبانی پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، (**۱۳۸۸**).
۸. جی هومز، ادوارد؛ لام، خوآن؛ حفاظت شبکه‌های توزیع، ترجمه: حقی‌فام، محمودرضا؛ شیخ‌الاسلام، محمدکاظم؛ (**۱۳۸۹**).
۹. زایپ، گوانتر؛ تأسیسات الکتریکی، تأمین انرژی بر شهری، تدابیر و مقررات ایمنی، ترجمه: سلطانی، مسعود؛ انتشارات دانشگاه تهران، (**۱۳۸۹**).
۱۰. چالش‌های خصوصی‌سازی سیستم توزیع ایران، معاونت برق وزارت نیرو، (**۱۳۸۷**).
۱۱. چالش‌های جداسازی فعالیت‌های سیم‌داری و بازرگانی، شرکت توزیع نیروی برق نواحی استان تهران، (**۱۳۸۸**).
۱۲. مباحثی ویژه در مدیریت سیستم‌های توزیع برق، شرکت توزیع نیروی برق استان بوشهر، (**۱۳۸۶**).
۱۳. نظامنامه مدیریت بحران و پدافند غیرعامل، وزارت نیرو، (**۱۳۸۷**).

Passive Defense in Power Distribution Systems

R. Dashti[1]

Abstract

This article intends to identify and provide passive defense courses of action for power distribution systems in order to reduce vulnerability level when struck and threatened by insurgent and threatening groups. In this regard, a model of critical flow of the distribution system is firstly presented. Then by determining the vulnerable points of the power distribution system of Iran and by considering various kinds of threat factors, threats are verified. Later, mitigation methods of vulnerability level before, while and after being struck, will be examined and analyzed.

Key Words: *Power Distribution Systems, Passive Defense, Strike, Threat, Vulnerability*

1- Assistant Professor and Academic Member of Iran's Science and Technology University (rezadashti83@yahoo.com)