پدافند در مقابل بمب‌های گرافیتی

بابک توکلی‌مقدم[1]، مهدی چیت‌ساز دهخوارقانی[1]

تاریخ دریافت: ۸۸/۰۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۸۸/۰۷/۲۸

چکیده

بمب گرافیتی جزو بمب‌های نرم محسوب می‌شود. این بمب‌ها برای از کار انداختن نیروگاه‌ها و تاسیسات برق بدون ایجاد صدمات عمرانی ناشی از انفجار مواد طراحی شده‌اند. مقابله با چنین تهدیدات احتمالی و شناخت راهکارهای مقابله، از اهم موضوعات دفاع غیرعامل کشور می‌باشد.
موضوع مقابله با بمب‌های گرافیتی را می‌توان به چهار مرحله کلی ۱- آشکارسازی و ردگیری تهدیدات ۲- مهندسی استتار برای شبکه‌های الکتریکی قدرت، رادارها و برج‌های مخابراتی ۳- استفاده از روش‌های مهندسی پیشرفته، شامل کابل کشی زیرزمینی، سقف‌های محافظ فلزی، توری‌های پلیمری درجهت محافظت خطوط فیبرنوری، جمع‌آوری الیاف و جلوگیری از اتصال کوتاه، استفاده از چترهای محافظ فیبرنوری، عایق‌سازی ساختمان نیروگاه، تدابیری برای اتاق کنترل، استفاده از خطوط فیبر الکترواستاتیک و... در نیروگاه‌های برق و ۴- آموزش نیروی انسانی متخصص به منظور مدیریت شرایط بحرانی و جمع‌آوری توری‌ها و چترهای محافظتی از روی خطوط فیبر نوری الیاف و وصل مجدد برق بعد از حمله تقسیم نمود:
در این مقاله راهکارهای مطرح شده در مرحله سوم، مورد بررسی قرار گرفته و نتایج عملی برخی از موارد ارائه گردیده است.

کلیدواژه‌ها: بمب‌های گرافیتی و پدافند بمب نرم، نیروگاه برق، جنگ کوزوو، جنگ خلیج فارس

۱- جهاد کشاورزی مرکز آذربایجان شرقی، پژوهشکده مهندسی، گروه الکترو استاتیک و الکترو مغناطیس E-mail: Info@tjerc.ir

مقدمه

مهمات استفاده شده در جنگ‌های دهه‌های اخیر دارای ویژگی‌های منحصر به فردی می‌باشند. از جمله تاثیرات استراتژیک آن می‌توان به تخریب در زیرساختهای دشمن اشاره نمود. این در حالی است که امکان پدافند هوایی موثری نیز برای این زیرساخت‌ها وجود ندارد. با توسعه روزافزون تسلیحات هوشمند، توانایی کشورها در نبردها افزایش یافته، بطوری که عدم شناخت تهدیدها و آگاهی از چگونگی مقابله با چنین تهدیداتی می‌تواند موجب زوال یک کشور در مدت کوتاهی گردد که نمونه آن را می‌توان در جنگ خلیج فارس و یا پس از آن در جنگ کوزوو مشاهد نمود. بمب‌های گرافیتی نیز که به همراه سلاح‌های هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرند از این قاعده مستثنی نیستند.

در جنگ جهانی دوم، تراشه‌ها و باریکه‌های فلزی کوچک موسوم به چف در هوا رها شده و بدین ترتیب باعث ایجاد اغتشاش و انحراف در سیستم‌های شناسایی رادارهای دشمن می‌شدند. در سال ۱۹۸۰ در یک تمرین نظامی مربوط به نیروی دریایی آمریکا، این تراشه‌ها به طور تصادفی باعث قطع برق و خاموشی در منطقه عملیاتی شدند که منجر به تسلیحاتی شدن آنها گردید.

الف) سابقه استفاده از بمب‌های گرافیتی

۱- جنگ خلیج فارس

در طی عملیات طوفان صحرا در جنگ خلیج‌فارس در سال ۱۹۹۱ میلادی، الیاف گرافیتی در کلاهک جنگی موشک تام هوک KIT-2 بر علیه تاسیسات برق عراق به کار رفت. در این مرحله، اتصالات ناشی از الیاف گرافیت، ۸۵٪ ظرفیت تولید برق عراق را از کار انداخت. اهداف مورد نظر در این حمله بیشتر پست‌های توزیع و سوئیچینگ برق بود تا خود نیروگاه‌های تولید برق. عراق برای مقابله با این سلاح مجبور شد تا قبل از اصابت موشک‌های مزبور، سیستم‌های تولید و انتقال برق خود را غیر فعال نمایند.

۲- جنگ کوزوو

در جنگ ناتو علیه یوگسلاوی سابق نیز، نیروهای متحدین از بمب‌های گرافیتی (BLU -114/B) مشهور به بمب‌های نرم بر علیه تأسیسات برق صرب‌ها استفاده نمودند. در دوم ماه می سال ۱۹۹۹ در عملیات Allieed Force، هواپیماهای ناتو، شش ایستگاه بزرگ ولتاژ بالای سیستم برق رسانی یوگسلاوی را با بمب‌های گرافیتی ۲۵۰ کیلوگرمی بمباران کردند. به دنبال این حمله ۷۰٪ برق کشور یوگسلاوی به مدت ۷ ساعت قطع شد. این حمله توسط جنگنده‌های F-117 استیلث انجام گرفت و در نهایت موجب شکست این کشور از نیروهای ناتو گردید.

۳- جنگ عراق

آمریکا در مارس ۲۰۰۳ میلادی تجهیزات توزیع نیروی برق عراق را هدف گرفت و به جای استفاده از بمب‌های قابل انفجار که تلفات فراوان به جا می‌گذاشت از بمب‌های حاوی الیاف کربن استفاده نمود که خرابی هایی به مراتب کمتر بر جا می‌گذاشت. بسیاری از حملات به تجهیزات ترانسفورمری در النصیریا و ایستگاه‌های تقویت لیزری برق صورت پذیرفت که برق این مناطق بمدت ۳۰ روز قطع بود.

کارکردهای تسلیحات گرافیتی عبارتنداز:

۱- قطع برنامه‌های تلویزیون و رادیو
۲- اختلال درسیستم ناوبری پروازها و حرکت قطارها
۳- از کار افتادن پمپ‌های بنزین
۴- ازکار افتادن سایت کامپیوتری مراکز حساس
۵- از کار افتادن چرخ صنعت در شهرهای بزرگ و کارخانه‌ها
۶- از کار افتادن دستگاه‌های الکترونیکی حساس در بیمارستان‌ها
۷- قطع ارتباطات و عدم اطلاع رسانی
۸- از کار افتادن تمامی فعالیت‌های سیستم‌های کنترلی حساس
۹- اختلال در عملکرد شبکه‌های بانکی و پولی کشور
۱۰- از کار افتادن سیستم‌های تصفیه آب
۱۱- قطع آب و گاز

عملکرد بمب‌های گرافیتی

تکنولوژی به‌کار رفته در این بمب‌ها مشابه بمب‌های خوشه‌ای است که حاوی تعداد زیادی بمب کوچک (حدود ۲۰۰ عدد بمبلت) می‌باشد. این بمب‌های کوچک با استفاده از یک فیوز سنسوری ارتفاعی، در ارتفاع مناسبی بمب را فعال کرده و

سپس این بمب‌ها در هوا پخش شده و محدوده‌ای بـه مـساحت ۳ برابر زمین فوتبال را تحت پوشش قرار می‌دهد. در هر یـک از بمب‌های کوچک تعداد زیادی قرقره (۱۴۷ عدد) وجود دارد که با انفجار بمبلت، الیاف گرافیت را از قرقره‌ها باز کـرده و در هـوا پخش می‌کند (شکل ۱) [۴]. این سلاح‌های خاموشـی تـا کنـون در دو نوع الیاف و پودر استفاده شده‌اند و تحقیقات نظامی برای یافتن مدل‌های دیگـری در برخـی کـشورها در حـال گـسترش می‌باشند.

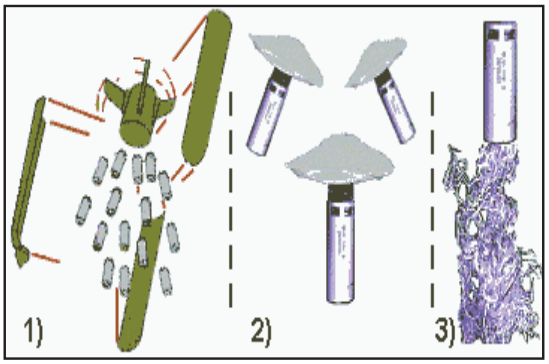
پیش‌بینی می‌شود در جنگ‌های آینده سلاح‌های غیرمرگبار کـه آثار سوء روانی داشته و توان اقتصادی کشور را فلـج مـی‌نمایـد تنوع بیشتری پیدا کند. اما عملاً هدایت و کنترل دقیق بمب‌هـا، نیازمند کمک سیستم‌های ماهواره‌ای، هواپیماهـای ضـد رادار و یا موشک‌های کـروز بـا تجهیـزات بـسیار پیـشرفته اسـت. ایـن تجهیزات شامل هواپیماهای پیشرفته جاسوسی و مافوق صـوت، ماهواره‌های جاسوسی، کمان‌یاب‌های GPS، سنسورهای مـادون قرمز و سـایر تجهیـزات از جملـه کامپیوترهـای نظـامی بـسیار پیشرفته هستند. لذا با توجه به اهمیت تهدید مذکور و با عنایت به اهمیت انرژی الکتریکی در کـشور ایـران از دیـدگاهای روش عمل بمب‌های گرافیکی بر روی اهـداف اقتـصادی، اجتمـاعی و روانی، لازم است تا راه‌های مقابله با ایـن نـوع تهدیـد بررسـی و شناسایی شوند.

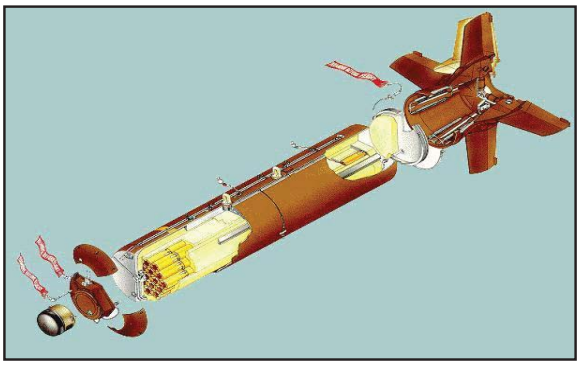
ب) اهداف مورد تهدید بمب‌های گرافیتی

۱- نیروگاه‌های برق و خطوط انتقال

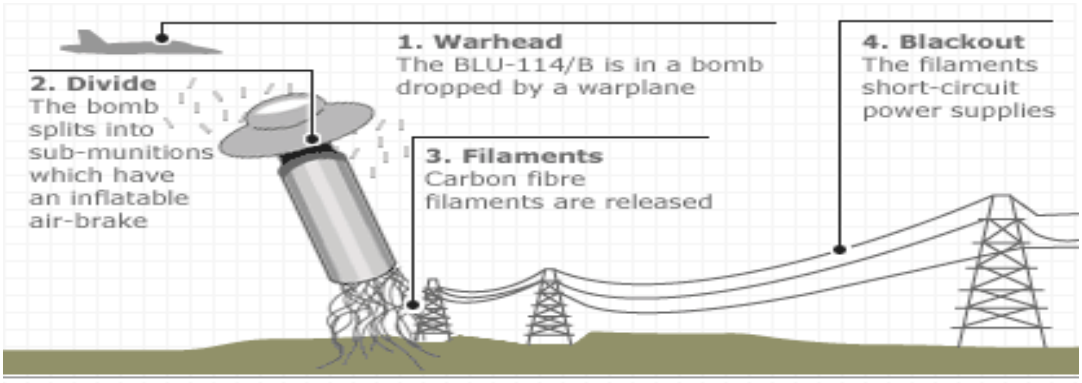
در جنگ‌های اخیر، در حمله به شبکه‌های قدرت یک کـشور بـا استفاده از بمب‌های گرافیتی، الیاف کربنی پخـش شـده از ایـن بمب‌ها، توده ابری را تشکیل می‌دهد کـه بـه طـور آرام بـر روی نیروگاه و تاسیسات مربوط به آن فرود آمـده و بـا هـر برخـورد، شوکهای شدید الکتریکی به جود می‌آورد که منجر به قطع برق و صدمه زدن به دستگاه‌ها، وسـایل و تاسیـسات مربـوط بـه آن می‌شود. پخش شدن الیاف کربنی در محیط یک نیروگـاه باعـث اتصال کوتاه ترانسفورماتور و سایر اجزای پست‌های فـشار قـوی شده و کـار دسـتگاه‌هـا و سیـستم‌هـای کنتـرل، انـدازه‌گیـری، حفاظت و غیره موجود در شبکه‌های قدرت را مختـل مـی‌کنـد. آتش‌سوزی، انفجار و اغتشاش از جمله اثرات این بمب‌ها بـشمار می‌رود.

مهمتـرین بخـش‌هـای یـک نیروگـاه کـه ممکـن اسـت در اثـر حملات بمـب‌هـای گرافیتـی دچـار آسـیب گردنـد عبارتنـد از: ترانسفورمرهای داخل محوطه نیروگاه و پست‌هـای فـشار قـوی، خطوط انتقال برق، ایزولاتور (مقره)، شین سیستم، کلیـد فـشار قوی، سیستم‌های کنترل، فرمان و سوئیچینگ.





شکل ۱- ساختمان و نحوه عملکرد بمب گرافیت



شکل ۲- فرود الیاف بر روی خطوط انتقال

۲- سیستم مخابرات پایه

بخش‌های مهم سیستم‌های مخابراتی عبارتند از: سیستم‌های سوئیچینگ، سیستم‌های ارسال و دریافت مخابره و سیستم‌های انتقال کابل و فیبر نوری.

سیستم‌های سوئیچینگ شامل تجهیزات است که در اتاقک‌ها و محیط‌های بسته نصب شده‌اند. این محیط‌ها با بیرون کاملا ایزوله هستند و در شرایط استاندارد از لحاظ دما، فشار، رطوبت، و... قرار دارند. بمب گرافیتی تهدیدی برای این قسمت از مرکز مخابرات نمی‌باشد. اگرچه تجهیزات این قسمت با برق شهر تغذیه می‌شود و مجهز به منابع تغذیه و ژنراتور سوختی می‌باشد، اما در صورت قطع برق ارتباطات تلفنی قطع نمی‌شود.

ارسال و دریافت شامل دکل‌ها و آنتن‌ها و ریپیترها می‌باشند. هر دکل شامل تعداد زیادی آنتن است. این آنتن‌ها دارای پوششی هستند که آن ها را از عوامل خارجی مثل باد و باران در امان نگه می‌دارد. وجود الیاف کربن و گرافیت نمی‌تواند هیچ اتصال کوتاهی در آنها ایجاد نماید اما موجب ایجاد نویز و اختلال در ارتباطات تلفنی می‌گردد. زیرا این الیاف به دلیل هادی بودن قسمتی از توان ارسالی و دریافتی توسط این آنتن‌ها را جذب می‌نمایند.

در صورتی که از کابل و فیبرنوری برای انتقال اطلاعات استفاده گردد، امکان هیچ‌گونه نویز و اختلال وجود ندارد. نتیجه اینکه اخلال در سیستم‌های مخابراتی برابر است با قطع ارتباط افراد، شهرها، کشورها، قطع برنامه‌های تلویزیون، رادیو و غیره. عملاً ناتوانایی در ارتباطات منجر به اثرات سوء در زندگی مردم خواهد شد.

۳- سیستم‌های رادار

بمب گرافیتی اهداف دروغین برای رادار ایجاد می‌نماید و موجب می‌شود تا دشمن راحت تر به حملات خود ادامه دهد، چون در این صورت رادار قادر به ردیابی سایر اهداف نخواهد بود. امروزه هواپیماهایی ساخته شده‌اند که سطح مقطع‌هایی به صورت تکه تکه دارند؛ مانند: (F-117) و امواج برخوردی از رادار به آنها که در زوایای مختلف منتشر می‌گردد و در نتیجه امواج برگشتی به رادار قابل تشخیص نیست.

روش مقابله با بمب‌های گرافیتی

شناخت تهدیدات از طریق دستیابی به سیستم‌ها و روش‌های جدید، کسب اطلاعات از سلاح‌های فوق پیشرفته و مکانیسم عملکرد آنها (از جمله بمب‌های گرافیتی) امکان پذیر می‌گردد. دستیابی به راه‌های پیشگیری به جز شناخت کامل تهدیدات مقدور نمی‌باشد. بمب‌های گرافیتی از طریق هواپیماهای پیشرفته،B-2،F-117،F-16،F-15،FA/8-A،B-1 توسط پرتابه‌های گلایدری AGM – 154A، بمب‌های دارای فیوزهای سنسوری مختلف و یا توسط کلاهک جنگی موشک‌های هواپایه یا دریاپایه کروز به سوی هدف پرتاب می‌شوند.

مرحله اول مقابلــه LRHGI: بـاز شـدن الیـاف گرافیـت یـا بسته‌های محتوی پودر، بایـستی بـر روی منـاطق مـورد هـدف صورت گیرد و این در صورتی است که این نوع تهدیدها در ابتدا توسط رادارهای قوی شناسایی شوند تـا پدافنـد مـوثر بـر روی آن‌ها اعمال شـود. بـر ایـن اسـاس لازم اسـت تـا تکنیـک‌هـای آشکارسازی و ره‌گیری ادوات و سیستم‌های حمل و پرتاب ایـن بمب‌ها مورد شناسایی قرار گیرند تا بتوان به نحوی موثر پدافند لازم بر روی آنها انجام داد. در کل می‌توان گفت که تـصور یـک سیستم دفاعی هوشمند برای مقابله بـا بمـب‌هـای هوشـمند از جمله بمـب‌هـای گرافیـت، بـدون برخـورداری از سیـستم‌هـای راداری با امکانات پیشرفته، بسیار دور از ذهن می‌باشد.

مرحله دوم مقابله: شامل استتار ادوات و تجهیزات استراتژیک و آسیب‌پذیر است تا حداکثر فریـب در هـدف‌گیـری دقیـق بـه عمـل آیـد. ایـن کـار بـا اسـتفاده از سیـستم‌هـای پـشتیبانی الکترونیکی ESM است که جهت کسب اطلاعات از دشمن بکار می‌رود. ESM در واقع اطلاعات لازم برای انجام عملیـات ECM و ECCM را فراهم می‌کند. مراحل عملکرد یک سیـستم ESM عبارت است از جستجو در حوزه فرکانـسی و زوایـای عمـودی و مماسی، آشکارسازی سیگنال راداری، مشخص کـردن سـیگنال رادار با ویژگی‌های ارسـال آن، تعیـین اهمیـت و اولویـت‌بنـدی سیگنال‌ها، انتخاب تکنیک ECM مناسب، اعمال ECM انتخاب شـــده [۵، ۶ و ۷] اخلالگرهـــا و روش چـــف [۱، ۲ و ۴] روش RGPO و VGPO [۸]، روش Cross-Eye [۴و۹] و اخلاگرهـــای دوربرد و فریـب دهنـده[۳]، اخـلال گرهـای مـصرفی – هـوایی [۱۰ و ۱۱] از جمله تکنیک‌های ECM بشمار می‌آیند.

مرحله سوم مقابله:شامل جلوگیری از تمـاس الیـاف گرافیـت و پودرهای کربن با هدف مـورد نظـر بـه روش‌هـای مختلـف از قبیل سقف‌های توری، چترهای باز و بـسته شـونده، فیلترهـای الکترواستاتیک و لاک‌های عایق می‌باشد.

در این مرحله باید دو موضوع الیاف گرافیت و پودرهای گرافیـت به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرند.

الف)تشریح مرحله سوم مقابله، جلوگیری از تماس الیاف گرافیت با هدف مورد نظر

۱- استفاده از سقف‌های فلزی، توری یا پلاستیکی بـرای جلوگیری از فرود الیاف گرافیت

امروزه از سقف‌های محافظ بزرگ و ارزان قیمت، برای برگـزاری نمایشگاه‌ها و نگهداری وسایل و تجهیزات بـه طـور گـسترده‌ای اسـتفاده مـی‌شـود. بـرای محوطـه نیروگـاه‌هـای بـرق و نقـاط استراتژیک نیز از این سقف‌های ارزان قیمت مـی‌تـوان اسـتفاده نمود. بهترین نوع آنها، سقف‌های توری‌شکل پارچه‌ای اسـت کـه براحتی قابل نصب در ارتفـاع مناسـب از سـطح زمـین نیروگـاه می‌باشند. برای حفاظت کل مجموعه از اثرات بمب‌های گرافیتی می‌توان از سقف‌های فلزی یا پلاستیکی نیـز اسـتفاده نمـود. در شکل (۳) دو نمونه از این نوع سقف هـا را مـشاهده مـی‌کنیـد. استفاده از پوشش تور برای قسمت‌های مختلف داخـل نیروگـاه نیز مفید خواهد بود.

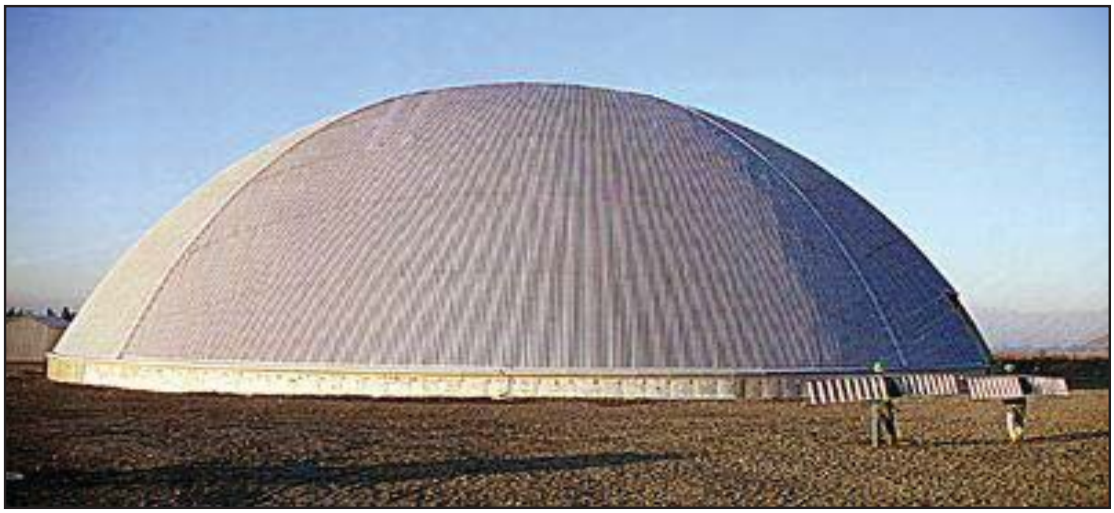
۲- استفاده از چتر برای جمع‌آوری الیاف گرافیت

برای انجام آزمایشات و تصوری دقیق از چگونگی عمکرد الیـاف گرافیت، ماکتی از نیروگاه برق طراحی و ساخته شد. این ماکـت دقیقا عملکرد بمب گرافیتی رادر مختل نمـودن نیروگـاه نـشان می‌دهد.

روش پیشنهادی در این مورد بـرای جلـوگیری از پخـش شـدن الیاف بر روی مناطق مورد حمله، استفاده از چترهای پارچـه‌ای باز و بسته شونده هوشمند می‌باشد. نمونه بـارز ایـن چترهـا در اطراف مسجدالنبی(ص) در شهر مدینه کشور عربستان سعودی برای محافظت زائران از نور آفتاب به کار گرفته شده است. برای نیروگاه‌ها و برج‌های مراقبت فرودگاه‌هـا، یـا مراکـز مخـابراتی و برخی مناطق استراتژیک که می‌تواند مورد هجوم بمب گرافیتی قرار گیرد می‌توان از این چترها برای محافظت استفاده نمود.

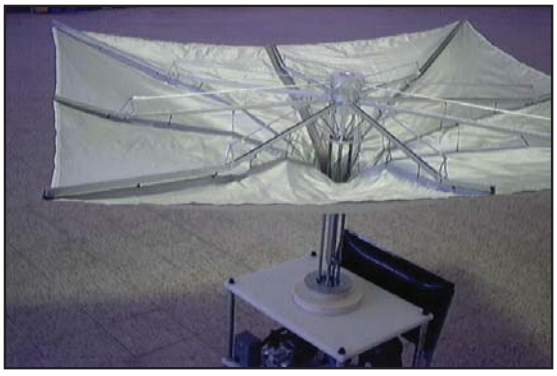
در مرکـز تحقیقـات مهندسـی، نمونـه آزمایـشی چترهـای جمع‌کننده الیاف گرافیت، طراحی و ساخته شده است.

یـک نمونـه از ایـن چترهـا، نیومـاتیکی و نمونـه دوم بـه روش هیدرولیک کار می‌کند. شکل‌های (۴ و ۵) این چترهـا را نـشان می‌دهد. شکل(۶) چتر با سیستم نیوماتیکی را در کنـار ماکـت نیروگاه نشان می‌دهد.

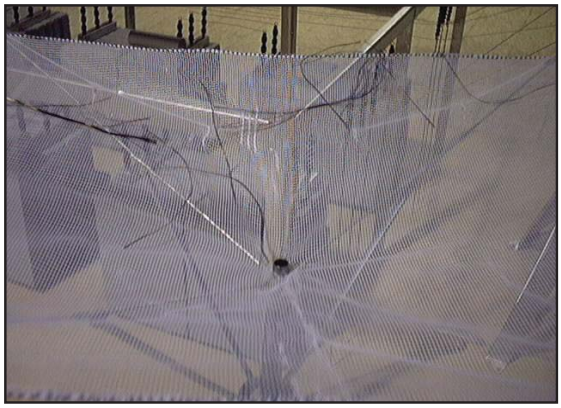


شکل ۳- دو نمونه از سقف‌های محافظ بدون درز

شکل ۴- چتر با سیستم نیوماتیکی



شکل ۵- چتر با سیستم هیدرولیکی



شکل ۶- نمونه چتر با سیستم نیوماتیکی در کنار ماکت نیروگاه برق

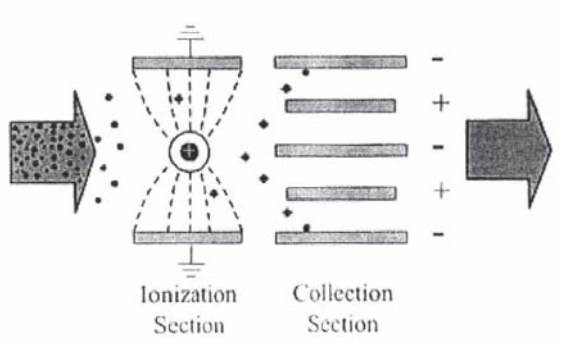
ب)- جلوگیری از تماس پودر گرافیت با هدف مورد نظر

۱- ایزولاسیون بدنه ساختمان، اتاق‌های کنترل و فرمان تاسیسات برق

بمب گرافیتی از نوع پودری در هوا پراکنده گشته، ذرات کوچک آن از طریق پنجره‌ها و درزها وارد ساختمانها می‌گردد و از آنجایی که این پودرها هادی هستند با نشستن بر روی مدارهای الکترونیکی کامپیوتر و دستگاه‌های الکترونیکی موجود در نیروگاه‌ها، بیمارستان‌ها، فرودگاه‌ها، منازل و... موجب اتصال کوتاه و در مواردی باعث آسیب دیدگی کلی دستگاه می‌گردند. بنابراین لازم است تا از ورود پودرکربن به مناطق حساس و حیاتی جلوگیری شود. بدین منظور راه‌هایی برای جلوگیری از ورود آن به داخل ساختمان توصیه می‌گردد. به عنوان مثال درزهای موجود درها و پنجره‌ها کاملا گرفته شود و از پنجره‌های چندلایه استفاده شود. به منظور پاکسازی یا ایزوله‌سازی فضای داخلی ساختمان استفاده از اتاق‌های قرنطینه که دارای چندین درب ورود و خروج می‌باشند نیز، مفید به نظر می‌رسد.

۲- استفاده از فیلتر الکترواستاتیک

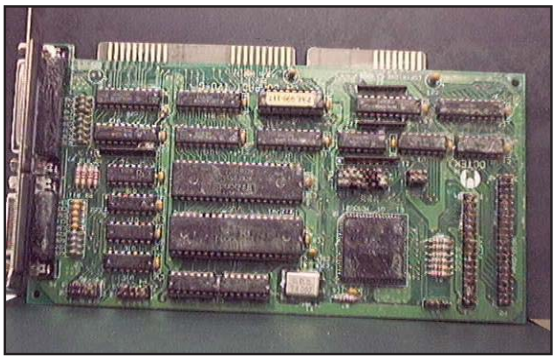
روش دیگر، استفاده از فیلترهای الکترواستاتیک است که می‌تواند بر روی دیوار ساختمان و اتاق‌های فرمان، فرودگاه‌ها، مخابرات، نیروگاه‌ها و بیمارستان‌ها نصب گردد تا تمام ذرات پودر پخش شده در هوا را جذب نموده و مانع از عملکرد آنها گردد. نمایی از عملکرد این فیلتر در شکل (۷) نمایش داده شده است.



شکل ۷- نمایی از فیلتر الکترواستاتیک

۳- عایق اسپری برای مدارات الکترونیکی

با ترکیبات خاص پلیمری، می‌توان از یک نوع مایع عایق که به صورت اسپری بر روی مدارات الکترونیکی پاشیده می‌شود و پس از خشک شدن همانند یک لاک عایق محافظ، قطعات الکترونیکی را در برابر اتصال کوتاه ناشی از پودرهای رسانا حفاظت می‌نماید استفاده کرد. در (شکل۸) نمونه لاک عایق محافظ نشان داده شده است.



شکل ۸- نمونه مدار الکترونیکی پوشش داده شده با عایق اسپری

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

جهت جلوگیری از تماس الیاف گرافیت و پودرهای کربن با هدف مورد نظر، روش‌های مختلف از قبیل سقف‌های توری، چترهای باز شونده، فیلترهای الکترواستاتیک و لاک‌های عایق،

ایده‌آل به نظر می‌رسد. البته روش‌های دیگری را نیز می‌توان بررسی کرد. استفاده از دمنده‌های قوی با طراحی مناسب برای منحرف کردن الیاف و پودرهای گرافیت در محدوده‌ای از منطقه مورد نظر قابل بحث و بررسی می‌باشد.

آموزش نیروی انسانی متخصص برای جمع‌آوری الیاف و همچنین آموزش افراد جامعه برای مقابله با آثار قطع برق می‌تواند آثار زیانبار آن را کاهش دهد. در ضمن با در نظر گرفتن شرایط جدید که ممکن است نیروگاه را تهدید کند، تغییر تکنولوژی برای ساخت نیروگاه جدید بهترین روش می‌باشد. بدین ترتیب تهدیدات احتمالی به صفر نزدیک می‌شود. با تغییر تکنولوژی ساخت نیروگاه از روی زمین به زیر زمین و تمهیدات دیگری که برای مقابله با بمب‌های تخریبی با نفوذ بالا در نظر گرفته می‌شود، از حفاظت دکل نیروگاه می‌توان اطمینان حاصل نمود.

مراجع

۱. خلیقی، محمدعلی؛ روشهای مقابله با سیستم‌های شنود، موشکهای ضد رادار و هواپیماهای استیلث در جنگ الکترونیک؛ مجله برق؛ صفحه ۳۰-۳۸، شماره ۷۷، سال ششم، (**۱۳۷۷**).

۲. خلیقی، محمدعلی؛ نزاع بین ECM و ECCM؛ مجله برق؛ صفحه ۱۹-۲۵، شماره ۱، سال ششم (**۱۳۷۷**).

۳. فاصله‌یاب لیزری به روش زمانی برای فواصل ۱ الی ۲۰ کیلومتر با حساسیت ۵ متر؛ کنفرانس اپتیک پیشگامان دانش، دانشگاه شهید بهشتی؛ تهران ۱۵ الی ۱۷ شهریور (**۱۳۷۹**).

4. Friedman N. "World Naval Weapons Systems, 1997/98", Naval Institute Press, (**1997**).
5. http://www.fas.org/man/dod-101/sys/dumb/
6. Richardson, Doug, See But Survive:Air-Defence Radar,Armada International, Bimonthly,5/2001, pp. 14-22.
7. Stig Rehnmark 2-18 GHz ESM receiver with 2 degree Bearing Accuracy Proc. Conf. Military microwaves PP.319-324, England (**1982**).
8. Wiley RG., b"Electronic intelligenece: the analysis of radar signals "Artech house (**1993**).
9. Younkins LT. "Velocity estimation for radar systems with staggered pulse repetition frequency" IEE radar 97, 14-16 October, publication NO.449 (**1997**).
10. Shaar. A., Wood cock. CF. and Davies PA., "Prime sequences for asynchronous Pulse repetition internal agile radar "IEE transaction aerospace and electronic systems, vol.., No.2 April (**1997**).
11. D. curtis Schleher, "Introduction to electronic warfare", Artech House (**1989**).

Defense Against Graphite Bombs

Babak Tavakoli Moghaddam[1]
Mahdi Chitsaz Dehkhar Ghani[1]

Abstract

Graphite bombs belong to the soft bomb group. These bombs are designed for disabling power plants and electrical facilities without making any civil damages resulting from explosion. The defense against such probability threats and being aware of different confrontation strategies are one of the important aspects of passive defense.

The counterattack against graphite bombs can be categorized in four steps including:1- detecting and tracking the threats; 2- comouflage engineering for electrical power networks, radars and telecommunication towers; 3- applying advanced engineering methods including: underground cabling, metal shield ceilings, polymer webs to catch the fibers preventing from short circuit occurrence, fiber capturing umbrellas, plant structure insulations, control room consideration, employing electrostatic fibers and etc. in power plants; 4- training skillful experts for managing risky conditions and removing the fibers and reconnecting the power ASAP after the attack.

In this study, the counterattack strategies mentioned in the third step above will be offered and some practical results will be presented.

Key Words: *Graphite Bombs and Defense, Soft Bomb, Power Plant, Kosovo War, Persian Gulf War*

1- East Azarbaijan Center, Engineering Research Center of Agriculture Jihad, Electro-Static and electromagnetic group