

## بمبهای گرافیتی و EMP و HPM

رضا ایزدی<sup>۱</sup>

### چکیده

از دیر باز بشر در آرزوی تولید سلاحی بود تا بتواند او را هر چه سریعتر به مقصود که همانا نابودی دشمن است برساند. اختراع بسیاری از سلاحها او را تا حدود زیادی به این مهم رسانید ولی با اختراع سلاحهای اتمی، مشکل دیگر یعنی کشتار بی حد و حساب موجودات زنده از طریق استفاده از این نوع سلاحها بود که روح اکثر انسانها را آزرده می نمود. سلاحهای هسته ای از قدرت تخریب بالایی برخوردارند، دیدگاه کلی در مورد انفجار هسته ای بصورت یک توده قارچی شکل و انفجار در سطح زمین است، چنین انفجاری اثرات مهلک و کشنده مختلفی همانند موج انفجار، گرما و تشعشعات را دارد که دامنه گسترش آنها به شدت انفجار بستگی دارد. اما اثرات انفجار هسته ای به این موارد محدود نمی شود بلکه پالس الکترومغناطیسی (EMP) از جمله عوامل و آثار مخرب دیگر این نوع انفجار است این نوع بمبها بسیار گران قیمت بوده و تولید و نگهداری آنها با مشکلات عدیده‌ای روبرو می باشد ولی اخیراً بشر به نوع دیگری از سلاح دست پیدا کرده که در مقایسه با بمبهای اتمی ارزانتر و نگهداری آنها بسیار آسانتر است. این سلاح در اصطلاح بمب گرافیتی نامیده می شود و هیچ یک از آثار مخرب و مهلک بمبهای اتمی را نداشته ولی کاملاً قادر به از کار انداختن ماشین جنگی دشمن می باشد.

**کلید واژه:** بمبهای گرافیتی، EMP، HPM، سوئیچینگ

## الف) معرفی بمبهای گرافیتی

اولین بار در سال ۱۹۹۹، بمبهای گرافیتی بوسیله هواپیماهای جنگنده امریکایی علیه مراکز نیروگاهی و سامانه های الکتریکی و الکترونیکی یوگسلاوی بکار گرفته شد. که ضمن خسارات بسیار سنگین ۷۰٪ کشور را در خاموشی فرو برد. همچنین در جنگ خلیج فارس علیه مراکز نیروگاهی عراق استفاده گردید و با انفجارهای خود ۸۵٪ از ظرفیت برق عراق را نابود نمود.

بمبهای گرافیتی که تا کنون مورد استفاده قرار گرفته و شناسایی شده اند از نظر مواد گرافیتی و عملکرد به دو دسته تقسیم می شوند:

(۱) بمبهای گرافیتی الیافی

(۲) بمبهای گرافیتی پودری

- بمبهای گرافیتی عموماً دارای وزنی در حدود ۹۵۰ پوند بوده و از نظر قیمت در مقایسه با بمبهای جنگی بسیار ارزان قیمت می باشند. عملکرد این بمبها همانند بمبهای ناپالم است بطوریکه بعد از رها شدن از هواپیما، پوسته خارجی آن ترکیده و در نوع الیافی آن حدود ۲۰ الی ۴۰ کپسول که هر کپسول حاوی ۱۰۰ الی ۲۰۰ دوک نخ الیاف که بسیار سبک وزن و نرم است و طول هر رشته نخ الیاف آن به ۴۰ متر می رسد و در مقابل حرارت تا ۳۰۰۰ درجه مقاوم است از آن خارج شده و در فضا منتشر می شود و به تدریج بر روی کابلهای برق فشار قوی و محل اتصالات در مراکز نیروگاهی فرود می آید و ایجاد جرقه و در نهایت آتش سوزی نموده و باعث خسارت و صدمه سنگین به اینگونه مراکز می گردد.

- در نوع پودری آن، کپسولها که دو قسمتی هستند به وسیله چتر فرود می آیند و در میانه راه قسمت پایین کپسول جدا شده و پودر ذغالی بسیار نرم و سبکی از آن خارج شده که در فضا منتشر می شود و به تدریج روی محل اتصالات مراکز نیروگاهی و سوئیچینگ می نشیند و به صورت یک عایق الکتریسته عمل نموده و منجر به قطع تمام مدارات و جریانات

ارتباطی می گردد و برطرف نمودن اثرات آن بسیار مشکل و مستلزم صرف وقت و هزینه بالایی می باشد.

### ب) معرفی EMP :

گسترش روزافزون سیستمهای الکترونیکی، در حوزه نظامی، غیر نظامی و تجاری باعث شده است که بسیاری از فعالیتهای عملیاتی، وابستگی تام و یا بسیار زیادی به مدارات الکترونیکی داشته باشد. در حال حاضر بسیاری از بانکها، موسسات تجاری، سیستمهای موشکی، شبکه های مخابراتی مراکز کسب اطلاعات و پستهای فرماندهی و کنترل، وابستگی بسیار زیادی به سیستمهای الکترونیکی دارد. حتی امروزه برای افزایش سرعت و دقت توپخانه ساده، استفاده از سیستمهای کنترل آتش الکترونیکی یک امر معمول و متداول می باشد.

در پی این وابستگی تکنولوژیکی، تهاجم به مدارات الکترونیکی نیز در برنامه های نظامی و استراتژیکی قرار گرفته است. در شبکه های مخابراتی و کامپیوتری، تهاجم ممکن است به صورت نرم افزاری نیز انجام شود، اما تخریب و اختلال کلان در مدارات الکترونیکی، با سلاح انرژی مستقیم الکترومغناطیسی امکان پذیر می باشد.

سلاحهای هسته ای از قدرت تخریب بالایی برخوردارند، دیدگاه کلی در مورد انفجار هسته ای بصورت یک توده قارچی شکل و انفجار در سطح زمین است، چنین انفجاری اثرات مهلک و کشنده مختلفی همانند موج انفجار، گرما و تشعشعات را دارد که دامنه گسترش آنها به شدت انفجار بستگی دارد. اما اثرات انفجار هسته ای به این موارد محدود نمی شود بلکه پالس الکترومغناطیسی (EMP) از جمله عوامل و آثار مخرب دیگر این نوع انفجار است که موضوع بحث در این بخش می باشد.

علاوه بر تولید این پالس بوسیله انفجارات هسته ای، ابزار دیگری نیز وجود دارند که توانایی ایجاد پالس با دامنه زیاد در مدت کوتاه را دارند ضمن اینکه فاقد سایر اثرات مخرب سلاح های هسته ای می باشند. قدرت اختلال کلان EMP که در بسیاری از مواقع موجب تخریب

کامل و جبران نا پذیر در سیستم ها و تجهیزات می گردد و همچنین عدم وجود سایر اثرات مخرب از جمله موج انفجار، آتش سوزی، تلفات انسانی و ... باعث شده است که این فن آوری به عنوان یک سلاح نو و جدید در جنگهای آتی مورد توجه قرار گیرد.

تصور کنید زندگی روزمره در یک کلان شهر در جریان است. فرودگاهها، بنادر، مراکز کنترل، راه آهن، مترو، رادیو و تلویزیون، ادارات دولتی، شرکتهای خصوصی و ... فعال هستند. ناگهان همه فعالیتها متوقف می شود، پخش برنامه های تلویزیون قطع می شود، پرواز هواپیماها مختل می شود، سیستمهای ارتباطی از کار می افتد، چراغهای فلورسنت و تلویزیون ها با وجود خاموش بودن شروع به نور افشانی در محیط می کنند، با ذوب شدن سیمها و خطوط تلفن نوعی بوی سوختگی به مشام می رسد، موتورهای پیستونی درونسوز دچار اختلال رادیویی، مایکروویو و دچار اختلال و صدمه دائمی می شوند. نه صدای انفجاری نه موج انفجار و نه تخریب فیزیکی مشهود ... حدس بزنید چه اتفاقی افتاده است؟! آیا ممکن است تهاجم الکترومغناطیسی رخ داده باشد؟ و سامانه های هشدار دهنده از قبیل رادار، دیده بان، آژیر اعلام خطر و ... هیچگونه هشدار نداده باشند؟ آری چون ممکن است سامانه های یاد شده نیز کارایی خود را از دست داده باشند.

سلاحهای انرژی مستقیم الکترومغناطیسی با انتشار پالسهای الکترومغناطیسی در حوزه فرکانس باند پایه و مایکروویو به عنوان یک سلاح موثر بر ضد سیستمهای الکترونیکی مطرح هستند، امواج قدرتی منتشر شده، با نفوذ به قسمتهای مختلف آنتن ها، محفظه ها، سیستمها، کابلها، مدارات چاپی و نیمه هادی ها، می توانند باعث تخریب قطعات و اختلال در سیستم های الکترونیکی شوند.

در این دوره از زمان که آنرا عصر اطلاعات و دانایی می نامند و اهمیت داده ها و پردازش آنها و همچنین برای دستیابی به منابع اطلاعات، اغلب کشورها به رقابت می پردازند و بودجه های کلان در این راه صرف می نمایند. اختلال در پردازش اطلاعات می تواند ضرر جبران

ناپذیری وارد سازد. تخریب و یا اختلال بوسیله سلاح EMP می تواند یک ابزار نو و تقریباً غیر قابل کنترل در این رقابت باشد. بعنوان مثال مسئولین شهر رایانه ای بنگلور در کشور هندوستان وقتی این تهدید را احساس کردند، در جهت مطالعه و حفاظت در مقابل تهدیدهای ناشی از EMP، بودجه های کلانی را تصویب کردند که خود می تواند دلیل محکمی بر جدی بودن این تهدید و اثرات جبران ناپذیر آن باشد.

با توجه به اینکه سیستم های ارتباطی، تجهیزات مخابراتی (بیسیمها و رادیو رله ها با فرکانسهای مایکروویو، UHF، VHF، HF، LF و مراکز تلفن و سیستمهای تله تایپ و فاکس و رمز) و رایانه ای مراکز حیاتی و حساس سازمان های غیر نظامی و همچنین سیستمهای دفاعی کشور به خصوص تجهیزات پدافند هوایی عامل و سیستمهای انتقال قدرت و سیستمهای کنترل از راه دور و سیستمهای پردازش و نشاندنده ها و اسکوپ ها و سیستمهای کنترل صنعتی و تولیدی و سیستمهای علائم و کنترل راه آهن و فرودگاهها و بنادر و کلیه عناصر شامل ترانزیستورها، دیودها، IC ها و تجهیزات جنگ الکترونیکی و انواع رادارها و سیستمهای شنود و پست فرماندهی از جمله هدفهای با ارزش در حملات سلاح های الکترومغناطیس هستند، تأکید طرحهای اجرایی پدافند غیر عامل در مقابله با این نوع تهدیدات از ضروریات حتمی است و چنانچه با برنامه ریزی صحیح و اصولی انجام شود کمربند حفاظتی حیات و بقا سیستمهای آسیب پذیر را تشکیل می دهند.

### (۱) تاریخچه و سوابق کاربرد عملی EMP:

در سال ۱۹۲۵ میلادی، آرتور کامپتون هنگام مطالعه در اتمها، ایده بمبهای الکترونیکی را مطرح کرد. کامپتون معتقد بود که با تحریک یک جریان فوتونی با انرژی بسیار بالایی، می توان جریان الکترون پرتابی ایجاد نمود. این پدیده در مورد اتمهایی که عدد اتمی آنها کوچک است، صادق می باشد.

اثر EMP برای اولین بار، در امریکا هنگام آزمایش سلاحهای هسته ای که در ارتفاع بالا منفجر شد، مشاهده گردید. یکی دیگر از آزمایشهای اولیه مربوط به آزمایش هسته ای موسوم به Shot star fish در سال ۱۹۶۲ می باشد که در آن یک بمب به وزن ۱۴۰۰ کیلو تن، در ارتفاع ۴۰۰ کیلومتری جزیره جانسون در اقیانوس آرام منفجر شد و در نتیجه آن، سیستمهای الکترونیکی در جزیره هاوایی با ۱۳۰۰ کیلومتر فاصله مختل شده و همچنین در فواصل دورتر بر روی چراغهای خیابان و فیوزها و سیستم تلفن تأثیر گذاشته یا آنها را از کار انداخته است. در آزمایشهای دیگر که با قدرت کمتری انجام شد، سیستم ناوبری هواپیمایی در فاصله ۳۰۰ کیلومتری محل انفجار، دچار اختلال شد. شوروی سابق نیز، در خلال برنامه ها و آزمایشهای اتمسفری خود، آزمون های مشابهی انجام داد. به طور مثال در یک آزمون، تمام وسایل حفاظتی در خطوط مخابراتی هوایی تا فاصله ۵۰۰ کیلومتری دچار آسیب شدند و در آزمایشی مشابه، موجب قطع شدن خطوط برق در فاصله ۱۰۰۰ کیلومتری گردید.

همچنین بنابر گزارشهای منتشر شده در مورد جنگ خلیج فارس، از بمب الکترومغناطیس EMP، با قدرت پالس حدود ۱۶ مگاوات، بر علیه تجهیزات الکترونیکی عراق استفاده شده است. در ۲۹ ژوئن ۱۹۶۷ گزارشی در مورد، اثرات تابش EMP بر تجهیزات الکترونیکی، از سوی نیروی هوایی امریکا منتشر گردید. بر اساس این گزارش، تعدادی از هواپیماهای جنگی امریکا در ویتنام شمالی منهدم شده اند. این حادثه ۷۲ میلیون دلار خسارت و ۱۳۴ کشته بر جای گذاشت.

ایالات متحده در سال ۱۹۹۹ از تأسیسات استراتژیک یوگسلاوی به عنوان یک میدان آزمایش برای سلاحهای الکترومغناطیسی تهاجمی استفاده نمود. در نقطه مقابل، روسها نیز از بمب های الکترومغناطیسی، بر علیه ابرایانه های امریکا استفاده کردند.

**(۲) EMP و اثرات آن:**

انفجارات هسته ای دارای اثرات مرگباری از قبیل نور کورکننده، گرمای شدید، تشعشع هسته ای اولیه، موج انفجار بسیار شدید، آتش سوزی های اولیه (که به سبب پالس حرارتی ایجاد می شود) و آتش سوزی ثانویه (که در اثر تخریب به وقوع می پیوندد) می باشد و همچنین این نوع انفجارات حاوی مواد رادیواکتیو می باشد که بوسیله باد تا صدها کیلومتر دورتر می تواند منتقل شود. علاوه بر پدیده های فوق الذکر، انفجار یک سلاح هسته ای می تواند سبب ایجاد یک پالس الکترومغناطیسی گردد.

EMP، پالسی است که بر اثر امواج الکترومغناطیسی ناشی از یک انفجار اتمی یا الکترومغناطیسی به وجود می آید. به عبارتی می توان گفت EMP، تابش ناگهانی موج الکترومغناطیسی در زمان بسیار کوتاه می باشد که طیف بزرگ فرکانسی را با دامنه زیاد می پوشاند، طرز عمل این پالس شبیه یک صاعقه است اما به مراتب قویتر، سریعتر و کوتاهتر.

در حقیقت پالس الکترومغناطیسی را می توان تأثیر موج الکترومغناطیسی نامید، این پالس، انرژی شدیدی را در میدان الکترومغناطیسی محدوده انفجار بمب به وجود می آورد. میدان مغناطیسی حاصل، آنقدر قوی است که قادر است هزاران ولت را به صورت آنی بر رساناهای الکتریکی موجود، نظیر سیمها، مدارات و لوازم الکتریکی و الکترونیکی وارد آورد. پالس الکترومغناطیس با توان بالا می تواند باعث اختلال و یا تخریب سیستمهای الکتریکی، الکترونیکی، مخابراتی و پردازشگرهای اطلاعاتی شود. این پالس در ظاهر دارای ضرر مشهودی بر بدن انسان نیست اما در اصل دارای اثرات اختلالی خاصی بر هرگونه سیستم الکتریکی است. لذا می تواند بر سیستم عصبی موجودات زنده تأثیر بگذارد که نمونه ای از ضررهای بیولوژیکی این نوع پالس می باشد.

بمبهای الکترومغناطیسی از نظر تقسیم بندی جزو سلاحهای غیر اتمی محسوب می شوند که به جای مواد منفجره از یک منبع تغذیه جهت تأمین انرژی لازم برای تولید میدان الکترومغناطیسی فوق العاده قوی در نزدیکی اهداف مورد نظر استفاده می شود.

### (پ) سلاحهای HPM (مایکروویو نیرومند)

این سلاح پیشرفته، قادر است بدون تحمیل صدمات و تلفات جانی، دستگاه های الکترونیکی را از کار بیندازد، سلاح مایکروویو توان بالا، نخستین بار در سال ۱۹۹۹ توسط ارتش امریکا با موفقیت آزمایش شد. HPM همانند یک صاعقه الکتریکی عمل می کند و قادر است در یک لحظه بیش از ۲ میلیارد وات نیروی الکتریکی که معادل تولید برق یک سد بزرگ آبی طی ۲۴ ساعت است را تولید و رها کند و لذا این صاعقه مصنوعی بجای یک پالس الکترومغناطیسی (EMP) قدرتمند است که می تواند در یک لحظه سیستم های الکترونیکی / مخابراتی و تجهیزات رایانه ای را مختل یا تخریب نماید.

سطحی بودن خسارات جانبی و همچنین پرهیز از تلفات انسانی غیر ضروری، انگیزه ای است که می تواند این فن آوری را به سلاحی پیشرفته و کارا در جنگهای نوین تبدیل کند و لذا اهمیت و کاربرد نظامی آن مورد توجه قرار گرفته است.

امواج مایکروویو توان بالا اثرات قابل توجهی دارند. مثلاً گزارش شده است که تابش امواج با فرکانس حدود 400MHZ و توان 5KW که از انتهای باز موج بری با ابعاد ۱۵\*۶ اینچ، ساطع شده است، باعث ترکیدن چراغهای برق شده است. دیگر اثرات مشاهده شده در این حادثه، شامل آتش گرفتن لامپهای فلورسنت در فاصله ای از انتهای باز این موج برو انفجار قوس الکتریکی براده فولاد تحت تابش، بوده است.

طی گزارش دیگری که از اثرات تابش HPM بر تجهیزات الکترونیکی، در ۲۹ ژوئن ۱۹۶۷ در نیروی هوایی امریکا اتفاق افتاده حاکی از آن است که در آن زمان، تعدادی از هواپیماهای جنگی در ویتنام شمالی منهدم شدند. بعضی از این جت های شکاری بیش از ۷۰۰



سورتی پرواز داشته اند. در خلاصه گزارش چنین آمده است: بر روی عرشه یکی از کشتی ها، چندین جت که سوختگیری شده و هر کدام هزار پوند بمب، موشک هوا به زمین و موشک هوا به هوا داشته اند، قرار داشته است. از قرار معلوم کانکتور کابل یکی از موشکها درست شیلد نشده بود لذا موقعی که این کابل تحت تابش امواج رادار کشتی قرار می گیرد ولتاژهای RF در کانکتور معیوب القاء شده و در نتیجه یکی از موشکها عمل کرده و به هواپیماهای مجاور اصابت می کند. سپس انفجارهای بعدی رخ می دهد و باعث می شود تا سایر هواپیماها، موشکها و بمبهای روی عرشه، در آتش شعله ور شوند. در این حادثه که بیانگر نمونه ای از اثرات تخریبی EMP می باشد. حدود ۷۲ میلیون دلار خسارت و ۱۳۴ کشته به جای گذاشته است.

بطور کلی، اثرات HPM شامل سه اثر حرارتی، بیولوژیکی و الکتریکی است. امواج HPM با سرعت نور حرکت می کنند، عموماً به وضعیت آب و هوایی حساس نیستند و دارای پتانسیل بی اثر کردن دستگاههای الکترونیکی در کسری از ثانیه می باشند. دستگاههای الکترونیکی حتی هنگامی که خاموش هستند نیز ممکن است در برابر این سلاح ها آسیب پذیر باشند، با کوچک شدن اندازه دستگاههای الکترونیکی و فشرده تر شدن آنها، حساسیتشان نسبت به HPM زیادتر می شود. بنابراین سیستمهای الکترونیکی پیشرفته، آسیب پذیرترین دستگاهها هستند. اگرچه مقاوم سازی دستگاهها در برابر این سلاح، امکان پذیر است، ولی انجام آن برای طیف گسترده این سلاح ها تاکنون عملاً غیر ممکن بوده است. در ضمن این سلاح ها عموماً برای انسان بی خطر بوده و فقط بر اهداف الکترونیکی اثر دارند. این سلاح ها به دلیل دارا بودن مشخصات زیر، مخرب تر و تهدید کننده تر از سلاحهای متداول دیگر می باشند:

(۱) احتمال زیاد اصابت به هدف، در مقایسه با سلاحهای معمولی (چون با انتشار پرتو تابشی RF، موج به کل هدف می‌تابد و نیازی به هدف‌گیری دقیق نیست).

(۲) کل اثرات هم‌زمان و با سرعت نور به هدف، اعمال می‌شود.

(۳) نسبت به موشکها و سلاحهای معمولی، منطقه جغرافیایی بزرگتری تحت تأثیر قرار می‌گیرد (امکان حمله هم‌زمان به چند هدف).

هدف اصلی استفاده از این سلاحها، از کار انداختن سیستمهای وابسته به سیگنالهای الکترونیکی است. میزان سطح تهدید تابش HPM بر روی تجهیزات الکترونیکی با اندازه‌گیری چگالی توان در حوزه‌ی زمان که به صورت انرژی در واحد سطح بیان می‌شود، مشخص می‌گردد. اگر انرژی این سلاح از حد مشخصی بیشتر باشد، قطعات نیمه رسانای حساس سیستمهای الکترونیکی خواهند سوخت در این زمینه نیمه رساناهایی که دارای سطح پیوند کوچکتری هستند بیشتر تهدید می‌شوند. به عنوان مثال، آشکارسازهای مادون قرمز یا میکروویوی که در انتهای قسمت جلویی رادار قرار دارند و یا جستجوگرهای مادون قرمز یا RF موشک، از این قبیل قطعات هستند. HPM های خیلی قوی حتی ممکن است کلاهکهای موشکها، بمبها، یا حتی بعضی از انبارهای مهمات را منفجر کند.

در سطوح پایین تر انرژی، امواج میکروویوی می‌توانند علیه مدارهای الکترونیکی و در جهت ناتوان سازی دستگاههای الکترونیکی استفاده شوند. جذب انرژی میکروویوی موجب از کار افتادن قطعات نیمه هادی شده که منجر به تولید حرارت اضافی در آن می‌گردد. با توجه به ثابت زمانی حرارتی کم دستگاههای نیمه هادی توان پایین، عموماً فقط یک میکروثانیه زمان لازم است تا محل پیوند آن گرم شود. برای یک منبع انرژی مشخص، مولدهای پالس با عرض پالسی حدود میکروثانیه تا کمتر، تهدید حرارتی جدی تری به حساب می‌آید. از طرفی ولتاژ و جریان القاء شده در محل پیوندها می‌تواند از حد مجاز عناصر بیشتر شده و باعث تخریب آنها شود.

سلاحهای HPM که به آنها سلاح های RF و سلاح های با پهنای طیف فوق العاده زیاد (UWB) نیز گفته می شود، اغلب شامل یک منبع تغذیه اولیه انفجاری یا الکتریکی، یک مولد RF و یک هدایت کننده پرتو آنتن می باشد. محدوده فرکانسی این سلاح ها ۱۰ مگاهرتز تا ۱۰۰ مگاهرتز است و با تابش باند باریک و باند پهن، چندین فرکانس هم زمان ایجاد کرده و سطح توانی در حدود ۱۰۰ مگاوات تا ۱۰۰ گیگاوات دارند.

### تقسیم بندی سلاحهای الکترومغناطیسی و اثرات آن بر بدن انسان

#### الف) تقسیم بندی سلاحهای الکترومغناطیسی:

سیستمهای سلاح انرژی مستقیم الکترومغناطیسی، در یک گروه بندی به دو دسته عمده پالسهای باند پایه و پالسهای با کاریر مایکروویو تقسیم می شوند:

(۱) **پالسهای باند پایه:** با زمان صعود حدود چند نانو ثانیه با ایجاد میدان الکتریکی قوی در حد  $50 \text{ Kv/m}$  می توانند از طریق کابلها، بدنه و ... وارد سیستم شده و موجب تخریب شوند.

(۲) **پالسهای با کاریر مایکروویو:** عمدتاً از طریق آنتن ها، روزنه ها و درزها، به سیستم وارد شده و المانهای الکترونیکی را تخریب می کنند.

از نظر عملکرد سیستمی، منابع موج توان بالا به سه دسته عمده تقسیم می شوند:

#### الف) انفجارات هسته ای:

پالسهای ناشی از انفجارات هسته ای که از نوع باند پایه می باشد. در صورت انفجار در ارتفاعات بالاتر از جو زمین، گستره تخریب بسیار وسیع داشته و در حدود چند صد کیلومتر می باشد، شدت این پالسها بسیار قوی و موثر است.

**(ب) بمبهای الکترومغناطیسی انفجاری:**

در نوع انفجاری و یا اصطلاحاً یکبار مصرف، دو نوع پالس در باند پایه و مایکروویو بر حسب تنوع سیستم ها وجود دارد که در هر صورت، سیستم تنها یک پالس از خود صادر می کند. بکارگیری این سلاح عمدتاً بصورت بمب، راکت و یا پرتابه ای است.

فن آوری تولید پالس الکترومغناطیسی نیرومند و تکنولوژی مایکروویو توان بالا موجب طراحی، توسعه و تولید بمبهای الکترومغناطیسی به عنوان یک اسلحه مخرب عملی برای استفاده غیر هسته ای شده است.

بمبهای الکترومغناطیسی از نظر تقسیم بندی جزء سلاحهای غیر اتمی محسوب می شوند که به جای مواد منفجره از یک منبع تغذیه جهت تأمین انرژی لازم برای تولید میدان الکترومغناطیسی بسیار قوی استفاده می کنند بطوریکه این میدان، قادر است چندین هزار ولت را به تجهیزات و مدارات داخلی اهداف مورد نظر القاء نماید و بدینوسیله موجب تخریب آنها گردد.

بمبهای مذکور در حوزه های تاکتیکی و استراتژیکی کاربرد عملی دارند. این بمبها از جمله سلاحهای الکترومغناطیسی هستند که می توانند یک منبع کنترل شده از EMP باشند. به جرأت می توان گفت هر کشوری که حتی از نظر تکنولوژی در سطح دهه ۱۹۴۰ جهان باشد، قادر به ساختن این بمب ها می باشد. ترس و وحشت ساخته شدن این بمبها و همه گیر شدن آنها در سطح کشورها و حتی تبهکاران بسیار قطعی است. حتی گفته می شود با صرف مبلغ حدود ۴۰۰ دلار، یک مدل پایه از آن را می توان ساخت.

**(پ) توپهای الکترومغناطیسی با تغذیه الکتریکی:**

توپهای الکترومغناطیسی بعنوان یک سلاح چند بار مصرف است، که پالس خروجی در این سیستم می تواند از هر نوع باند پایه (1HZ) و مایکروویو باشد. (فرکانس های مایکروویوی این سلاح از حدود 1GHZ تا حدود 15GHZ گزارش شده است).

**(ب) اثرات امواج بر بدن انسان:**

امواج الکترومغناطیسی از نظر ماهیت دارای دو مولفه میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی هستند. علاوه بر این، فرکانس نیز پارامتری دیگر از امواج می باشد بدین ترتیب چنانچه جسمی در میدان الکترومغناطیسی واقع شود متناسب با سه مولفه موج (میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و فرکانس) مورد بررسی قرار می گیرد.

نظر باینکه بدن انسان از مواد گوناگونی ساخته شده است و پراکندگی و ترکیب مواد در کالبد آدمی متفاوت می باشد بنابراین هر بخش از آن در مواجهه با میدان الکترومغناطیسی رفتار و عکس العمل خاصی را خواهد داشت. از طرفی همه مواد تشکیل دهنده بدن انسان خنثی نیستند به عنوان مثال سلولهای عصبی، مراکز کنترل حرکت قلب و ... از جمله نقاطی هستند که همیشه دارای میدان الکترومغناطیسی بوده و بنابراین خنثی نمی باشند.

عصب در حال سکون تنها دارای داپیل الکتریکی DC است ولی به محض تحریک، پلاریته آن عوض می شود و سیگنال الکتریکی متغیری با سرعت های متفاوت انتقال می یابد بنابراین میدان الکترومغناطیسی تولید و منتشر میشود.

شناخت پارامترهای مختلف هر جزء بدن انسان هنوز مراحل اول علمی را می گذراند اما به هر حال آزمایشات نشان می دهد که امواج می توانند اثرات نامطلوبی بر بدن انسان داشته داشته باشند بدین ترتیب که کل بدن انسان را می توان مشابه یک تشدید کننده دی الکتریک در نظر گرفت که دارای قطر، ارتفاع و ... است. حداکثر جذب انرژی الکترومغناطیسی زمانی است که طول بدن تقریباً  $0.4$  طول موج میدان بوده و جهت میدان

الکتریکی موج، موازی قامت بدن انسان باشد بنابراین می توان گفت که قدرت جذب بدن انسان بستگی به پارامترهای مختلفی دارد از جمله طول بدن انسان که موازی یا عمود بر میدان الکتریکی باشد، طول موج، میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی و ...

اما در مورد اثرات EMP بر بدن انسان تا کنون گزارش خاصی منتشر نشده است لذا در اینجا فقط استناد به گزیده هایی از مقالات مختلف می شود:

(۱) پالس EMP در ظاهر دارای ضررهای مشهودی بر بدن انسان نیست اما در اصل دارای اثرات اختلالی خاصی بر هرگونه سیستم الکتریکی است.

(۲) سطحی بودن خسارات جانبی و همچنین پرهیز از تلفات انسانی غیر ضروری انگیزه ای است که می تواند این فن آوری را به سلاحی پیشرفته و کارا در جنگهای نوین تبدیل کند (۳) اگرچه این سلاحها مخرب تر و تهدید کننده تر از سلاحهای متداول تر هستند اما عموماً برای انسان بی خطر می باشند.

(۴) گرچه احتمال آسیب رساندن EMP به اکثر مردم کم است اما اشخاصی که از دستگاههای تنظیم ضربان قلب یا دیگر وسایل الکتریکی در بدنشان استفاده می کنند از آن آسیب خواهند دید.

(۵) بدلائل فنی پیچیده، احتمال اثرات EMP بر نیروهای انسانی در انفجارات هسته ای که در ارتفاع ۲ تا ۳۰ کیلومتری سطح زمین اتفاق می افتد بسیار کم است.

(۶) اگر افرادی در لحظه آسیب رسانی EMP بصورت فیزیکی، خازنهای فلزی همانند کابلها و خطوط راه آهن را لمس کنند، بصورت مستقیم به وسیله EMP مجروح خواهند شد.

(۷) تمام افراد یک یگان رزمی بایستی از لوازم و تجهیزات خود که ممکن است مانند آنتن برای جذب امواج الکترومغناطیس عمل کند آگاهی داشته و نسبت به کاهش آسیب پذیری EMP اقدام کنند.

## حفاظت در مقابل اثرات EMP و HPM

### الف) حفاظت در برابر سلاحهای EMP و HPM:

بدلیل وجود شکاف فن آوری بین تسلیحات مدرن و پیشرفته آفندی و سیستمهای پدافند هوایی موجود، اجرای اقدامات پدافند غیر عامل لازمه بقاء بوده و حفظ منابع نظامی و غیر نظامی از ضروریات اساسی محسوب می گردد و با نگرش به سامانه های پدافند هوایی کشورهای پیشرفته دنیا که مجهز به پیشرفته ترین سیستمها و تکنولوژی روز هستند براحتی می توان دریافت علیرغم اینکه این کشورها خود سازنده سلاحهای مذکور هستند اما همواره پدافند غیرعامل را در همه ابعاد و سطوح مورد توجه قرار داده و از آن غافل نیستند و این بدان معناست که پدافند غیرعامل جزء لاینفک هر نوع عملیات تهاجمی و تدافعی است. تهاجم الکترومغناطیسی نیز همانند هر نوع آفندی نیاز به طراحی و ایجاد پدافند خاص و مناسب خود را دارد اگرچه اثرات و میزان تخریب این سلاح بر روی تجهیزات گوناگون کاملاً مشخص نشده است اما راههای مقابله اجمالی آن تا حدودی قابل بررسی است. یکی از راههای موثر و متداول که برای سایر سلاحهای آفندی نیز کاربرد دارد و در مورد بمبهای هسته ای نیز پیشنهاد شده است، جلوگیری از پرتاب مولد EMP (به عنوان مثال بمب EMP) می باشد (یعنی اجرای پدافند عامل) اما با توجه به توضیحات بالا، اینکار همیشه امکان پذیر نیست، بنابراین روی آوردن به پدافند غیر عامل امری منطقی است که دفاع همه جانبه را (حتی با داشتن دفاع عامل قدرتمند) پوشش می دهد. بطور کلی برای کاهش اثرات تخریبی HPM، در سیستمهای الکترونیکی این اقدامات می تواند موثر باشد:

- ۱) حفاظ سازی زیر سیستمها، کابلها و سیمها (و پوشاندن محل اتصال کابلهای خطوط تلفن و Data و برق به سامانه ها بوسیله خمیر یا لاکهای مخصوص غیر قابل نفوذ).
- ۲) کاهش القای خارج از باند برای فیلترها.

- ۳) ارتباط دادن زیر سیستمها بوسیله کابلهای فیبر نوری.
- ۴) استفاده از وسایل محافظ در برابر ولتاژها یا جریانهای زیاد برای جلوگیری از اثر پالسهای بزرگ (نصب فیوزهای با سرعت بالا برای سامانه های فیوزینگ تأسیسات و تجهیزات حیاتی و نیروگاه ها).
- ۵) جایگزین کردن قطعات حساس مثل تراشه های منطقی MOS با معادل‌های مقاوم شده آنها.
- ۶) کم کردن Duty Cycle فرستنده ها و گیرنده های حساس.
- ۷) بهینه سازی و اصلاح کردن مدارهای بزرگ و کم کردن تعداد عناصر آنها.
- ۸) استفاده از سیستمهای تطبیق و محافظ برای ورودی تغذیه برق سیستم (عایق بندی تابلهای برق و غیره).

### (الف) حفاظت کابلها:

برای حفاظت کابلها راهکارهای زیرین قابل استفاده می باشد:

شیلد و زمین کردن کابلها.

باندینگ مناسب در محل اتصالات (کانکتورها).

فیلترینگ مناسب در کابلهای اطلاعاتی و تغذیه.

### اختصارات

- 1-EMP: Electro Magnetic Pulse
- 2-HEMP: High Electro Magnetic Pulse
- 3-EMC: Electro Magnetic Compatibility
- 4-EMI: Electro Magnetic Interference
- 5-HPM: High Power Microwave
- 6-FCG: Flux Compression Generator



- 7-MHD: Magnetic Hydro Dynamic**
- 8-UWB:Ultra Wide Band**
- 9-FEL:Free Electron laser**
- 10-O\_TWT:Ordinary Type Traveling Wave Tube**
- 11-CFT:Cross Field Tube**
- 12-CFA:Cross Field amplifier**
- 13-UHPM:Ultra-High Power Microwave**
- 14-SE:Shielding Effectiveness**
- 15-CCD:Camouflage Concelment And Decoys**
- 16-TMA:Thermal Absorbing Materials**
- 17-RAP:Radar Absorbing painting**
- 18-NIR:Near Infrared**
- 19-LWCSS:Light Weight Camouflage Net screen System**
- 20-BDU:Battle Dress Uniform**
- 21-SCSPP:Stndard Camouflage Screening Point Patterns**
- 22-RAM:Radar Absorbing Material**
- 23-RCS:Radar Cross Section**
- 24-HSRM:High Speed Radiation Missile**
- 25-ARM:Antiradiation Missile**
- 26-ICBM:Intercontinental Ballistic Missile**
- 27-KH:Key Hole**