

Fotocopiato in proprio, distribuito gratuitamente, è gradita la collaborazione dei lettori

Redazione: Ezio Mognaschi, v.le Gorizia, 63 - 27100 Pavia, tel. (0382) 539522, posta elettronica mognaschi@pavia.infn.it

=====

Notizie

* Vengono qui di seguito pubblicati, con il loro consenso, gli indirizzi degli interessati all'attività in VLF per favorire contatti e scambi di informazioni:

Ezio Mognaschi (indirizzo in testata),

Roberto Canobbio, v. Meucci, 7 - 27020 Travacò Siccomario PV,

Renato Romero, v. Provinciale, 324 - 10040 Cumiana TO, tel. 011 9070492,

Giovanni Braga, v. Parini, 5 - 20090 Trezzano s/N MI, tel. 02 4451410,

Silvio Bernocco, c.so Trapani, 56/B - 10100 Torino, tel. 011 3853197.

Chi desiderasse far comparire il proprio nome ed indirizzo su RADIOONDE lo comunichi alla redazione.

* Si ricordano ancora le date per gli ascolti coordinati del programma VLF '96:

nel mese di marzo il 2 e 3, il 9 e 10 alle ore 0500 UTC, il 16, 17, 23 e 24 alle ore 0500 e alle 0600 UTC, il 30 e 31 marzo ed il 6 e 7 aprile alle 0500 UTC. In ciascun giorno è cioè prevista una sessione tra le 0500 e le 0506 UTC, mentre nei sabati e nelle domeniche immediatamente prima e dopo l'equinozio è prevista anche una seconda sessione tra le 0600 e le 0606 UTC.

* Pag. 1 - 4: un articolo che, inviato a Radiorama, non è stato pubblicato da quella rivista.

* Pag. 5: schema della più recente versione del ricevitore per segnali radio naturali RS-4.

* Pag. 6: fac simile di un log per ricezioni VLF. Può essere fotocopiato ed utilizzato per il programma VLF '96.

La bomba elettromagnetica, un'arma di pace?

di Ezio Mognaschi

Sia all'estero, sia in Italia la stampa asservita al potere cerca di far credere che siano necessari sempre maggiori quantitativi di energia elettrica e che il mezzo più economico per produrla sia, attualmente, quello nucleare. Chi conosce un po' in dettaglio il funzionamento di un reattore nucleare non può credere alla favola, che maldestramente ci raccontano i giornali, secondo la quale lo scopo di un reattore nucleare sarebbe quello di produrre energia e che, come sottoprodotto, generi scorie radioattive di difficile e costoso trattamento, ma sa invece che il prodotto principale di un reattore ad uranio è il plutonio 239 e, come sottoprodotto, energia sotto forma termica, solo una parte della quale viene convertita in energia elettrica con turbine a vapore di tipo convenzionale. Il plutonio 239 è la materia prima per la fabbricazione di alcuni modelli di bombe atomiche di tipo relativamente economico.

In base a questa breve premessa il lettore comincerà a considerare da un nuovo punto di vista la corsa alla costruzione di centrali nucleari non solo nei paesi industrializzati, i quali affermano di aver bisogno di molta energia elettrica (anche questa affermazione può essere però messa in dubbio), ma anche nei paesi del Medio Oriente e dell'Asia. Sappiamo molto bene dagli avvenimenti degli ultimi anni che i governanti di paesi come l'Iran, l'Iraq, la Corea del Nord, il Pakistan sono molto più amanti della guerra piuttosto che dello sviluppo industriale ed economico del proprio paese e che tutto il loro interesse per le centrali atomiche e le tecnologie nucleari nasconde pericolose ed irresponsabili mire di egemonia per mezzo delle armi nucleari. Si ripete per questi paesi la corsa agli armamenti nucleari come avvenne circa cinquant'anni fa tra Stati Uniti, URSS, Gran Bretagna e Francia.

D'altra parte i paesi già in possesso di armi nucleari considerano una lesione del loro predominio il proliferare di armamenti nucleari e a questo problema, più di tutti, è sensibile il paese che è maggiormente coinvolto nella politica e nelle strategie mondiali.

Per questo motivo nel 1993 Harold Smith, assistente del segretario per la difesa degli Stati Uniti ha dichiarato: "Oggi abbiamo bisogno di un'arma in grado di arrestare un reattore nucleare, ma che non contamini l'atmosfera", mentre Ashton Carter, assistente del segretario della difesa incaricato della controproliferazione nucleare ha dichiarato: "Dobbiamo compiere una nuova missione" e, per compierla, le autorità statunitensi hanno autorizzato lo sviluppo di una nuova bomba che produce un intensissimo impulso elettromagnetico in grado di distruggere, nel suo raggio d'azione,

qualsiasi equipaggiamento elettronico e quindi di arrestare a distanza qualsiasi centrale nucleare, senza produrre una precoce ricaduta di materiale radioattivo. Questa nuova bomba è chiamata *electromagnetic pulse weapon (EMPW)* e la parte interessata alla sua realizzazione la definisce un'arma di pace.

Come funziona

La EMPW, come la bomba al neutrone dalla quale è derivata, è basata su di un concetto molto semplice e fondamentale nell'ingegneria nucleare. La differenza sostanziale riguarda solo la resa, l'intensità dell'esplosione e lo schermo esterno della radiazione. Allo scopo di ottimizzare la resa della EMPW, si deve massimizzare la produzione di radiazione gamma prodotta istantaneamente. Il termine "istantaneamente" non è scientificamente rigoroso, vuole solo fare riferimento a radiazione prodotta in un intervallo di tempo così breve da non essere misurabile. La radiazione gamma istantanea è la sola radiazione gamma emessa con una potenza sufficiente a creare nell'atmosfera una separazione di cariche elettriche, cioè una ionizzazione delle molecole, e la conseguente produzione, attraverso un meccanismo che vedremo, di un impulso elettromagnetico così intenso da avere effetti distruttivi. Quanto più corto è l'intervallo di tempo nel quale avviene la fissione nucleare, tanto maggiore sarà sia l'intensità del campo elettromagnetico sia la sua frequenza. Solo circa il 3.5% dell'energia di una fissione nucleare viene emessa sotto forma di radiazione gamma istantanea. Dati pubblicati solo di recente mostrano che il borraggio di una bomba a fissione (cioè quell'insieme di materiali che resistono per una piccolissima frazione di secondo in modo che il materiale attivo possa generare all'interno una grandissima pressione e usati solitamente per riflettere indietro i neutroni nella zona ove si sviluppa la reazione di fissione al fine di protrarre il processo di esplosione ed aumentare la percentuale di massa fissionata e quindi la resa totale) assorbe più dell'85% della radiazione gamma istantanea. Per raggiungere gli obiettivi desiderati è stata progettata una bomba ad implosione, basata unicamente sulla fissione e priva di un borraggio ad uranio pesante. L'assenza di borraggio lascia invece espandere il nucleo della EMPW e la reazione viene quindi smorzata appena dopo che è stata generata un'energia equivalente ad un kiloton di tritolo. Gli effetti dell'esplosione con un'energia di un kiloton, all'altezza di 500 m dal suolo, sono identici a quelli di una bomba a neutroni per quanto riguarda l'onda d'urto, la ricaduta radioattiva e gli effetti termici a terra che sono quasi trascurabili. La differenza consiste nel fatto che, mentre la bomba a neutroni è un sistema term nucleare complesso progettato per massimizzare la produzione della radiazione neutronica per distruggere tutte le forme di vita, ma lasciare intatte strutture ed infrastrutture del luogo colpito, la EMPW è fondamentalmente un semplice sistema a pura fissione nel quale è stata massimizzata la resa relativa dell'emissione di radiazione gamma istantanea. Le bombe EMPW usano uranio 235 altamente arricchito invece che plutonio in quanto, in questo modo, sono molto più sicure e di minor costo di stoccaggio. Inoltre la concentrazione di uranio 235 necessaria, una volta ingerita, per causare un danno da radiazione è molto maggiore di quella necessaria per produrre un avvelenamento chimico ai reni.

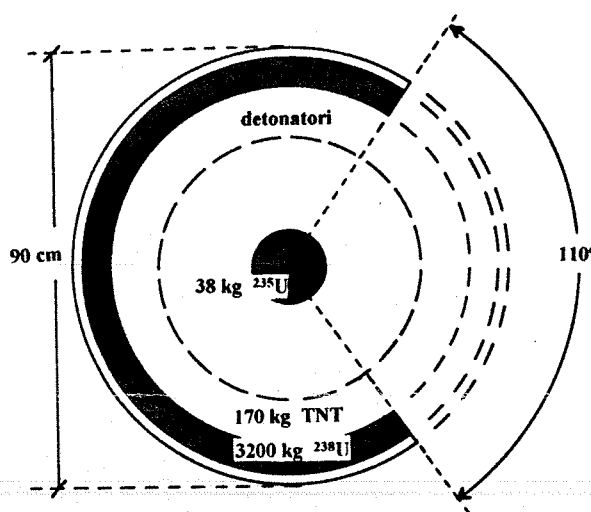
Ora che è stato spiegato il meccanismo di produzione dei raggi gamma, vediamo come si possano utilizzare questi raggi per produrre un impulso elettromagnetico. Il principio è semplice: la radiazione gamma istantanea subisce, nell'atmosfera che circonda la bomba, in media ogni 300 m, un evento di diffusione. Il meccanismo di diffusione è basato sull'effetto Compton, scoperto dal fisico americano Arthur Holly Compton nel 1920. Nell'effetto Compton i fotoni della radiazione gamma, incidendo sulle molecole dell'atmosfera, possono compiere urti con gli elettroni esterni, un evento di urto fra particelle viene detto diffusione della particella incidente, in questo caso il fotone gamma. Se l'energia dei fotoni incidenti è molto maggiore dell'energia di legame al nucleo degli elettroni esterni, questi elettroni possono venir strappati dalla molecola ed essere anche dotati di un'elevata velocità. Quando un elettrone viene strappato da una molecola quest'ultima rimane ionizzata con carica positiva e, poiché un elettrone ha una massa a riposo molte migliaia di volte inferiore a quella degli ioni, la sua velocità sarà molto superiore alla loro. In questo modo si crea una separazione tra le cariche: quelle positive, delle molecole, che rimangono quasi ferme e quelle negative, degli elettroni, che si allontanano a grande velocità e che costituiscono una corrente elettrica, la cosiddetta corrente Compton. È questa separazione di cariche che genera il campo elettrico che, secondo le leggi dell'elettromagnetismo, è più grande nella direzione perpendicolare al movimento delle cariche. Un'esplosione nucleare di tipo convenzionale in aria produce anch'essa un impulso elettromagnetico, cioè delle onde elettromagnetiche, solo a causa del gradiente di densità dell'atmosfera in funzione dell'altezza, e quindi produce un corrente Compton con debole asimmetria, in senso verticale. La corrente Compton sarebbe invece isotropa in assenza di gradiente di densità e, in questo caso, non si avrebbero emissioni elettromagnetiche. Tutti sappiamo che un'antenna verticale ha un minimo di emissione lungo la propria direzione e quindi si comprende facilmente come un'esplosione nucleare di tipo convenzionale nell'atmosfera produca un minimo di campo elettromagnetico proprio sotto il punto di esplosione, mentre il campo con la massima intensità si ha in una regione circolare attorno al punto di esplosione. Una corrente con asimmetria in senso radiale è invece la caratteristica della EMPW, essenziale per l'emissione di onde radio. In altre parole, per mezzo dell'effetto Compton, viene attivata un'antenna trasmittente virtuale di grande potenza, orientata orizzontalmente. Nella EMPW viene prodotta un'asimmetria artificiale nella corrente Compton per mezzo di un particolare costruttivo che consente l'assorbimento della sola radiazione gamma istantanea che si propaga verso l'alto o verso il basso, questo artificio costruttivo è costituito da un opportuno schermo. La

radiazione gamma istantanea si produce, per una bomba da 1 kiloton entro 10^{-8} s dall'inizio del processo nucleare e quindi molto prima che la bomba distrugga lo schermo con il calore e la pressione generati dall'esplosione. L'idea di introdurre nelle armi nucleari un'asimmetria nella corrente Compton fu messa in pratica per la prima volta negli esperimenti nucleari sotterranei effettuati a Mining Blade, nel Nevada nel 1974. Molto importanti ai fini dello sviluppo della EMPW furono anche gli esperimenti del 1975 a Dining Car, sempre nel Nevada, nei quali equipaggiamenti militari di vario genere furono intenzionalmente sottoposti, per la prima volta, all'impulso elettromagnetico di un'esplosione nucleare. Risultò che i componenti microelettronici largamente impiegati in tutti i moderni circuiti (calcolatori, sistemi di telecomunicazione e di controllo, ecc.) vengono distrutti con un'energia di solo 8×10^{-5} J, l'esplosione di diversi tipi di detonatori viene innescata da impulsi elettromagnetici di energia compresa tra 2×10^{-5} J e 6×10^{-4} J, mentre per mettere fuori uso una valvola termoionica occorrono da 1 a 2 J. Per chi non fosse familiare con la misura dell'energia in unità J (joule) ricordo che 1 J è l'energia che si può ricavare dalla combustione di 6.1×10^{-5} g di zucchero, cioè di 61 microgrammi di zucchero o che si deve spendere per sollevare di 10.2 cm un oggetto di un chilogrammo.

Com'è costruita

La Fig. 1 mostra la sezione verticale di una EMPW. La parte centrale è formata da 38 kg di uranio 235 che, data l'alta densità dell'uranio, occupano il volume di una sfera del raggio di soli 8 cm.

Fig. 1 - sezione verticale di una bomba nucleare elettromagnetica. La radiazione gamma istantanea viene emessa da un'apertura circolare laterale allo scopo di massimizzare la corrente Compton orizzontale nell'atmosfera. La bomba è sferica, ha un diametro di 90 cm ed una massa complessiva di 3500 kg; quella sganciata su Hiroshima era lunga 3 m ed aveva una massa di 4100 kg.



Bisogna tener presente che la configurazione mostrata è quella raggiunta appena prima dell'innesco delle reazioni nucleari, non quella di stoccaggio. Infatti la massa critica dell'uranio 235 è di circa 5 kg e quindi, per evitare un'esplosione prematura, la massa totale di 38 kg viene suddivisa in diverse parti, almeno una dozzina, disposte inizialmente sulla parete interna di una superficie sferica la cui traccia nel piano della sezione è tratteggiata in Fig. 1 e tenute lontane tra loro. Le dodici parti in cui è divisa la massa centrale devono venir avvicinate e poste a contatto tra loro in un tempo inferiore ad un microsecondo, altrimenti si hanno reazioni locali che distruggono la bomba prima che abbia sfruttato tutta la sua massa di combustibile nucleare. È questo l'aspetto costruttivo più delicato e più difficile da realizzare. La spinta necessaria per avvicinare rapidamente le dodici masse di uranio viene fornita da altrettanti detonatori costituiti da cariche di tritolo per una massa complessiva di ben 170 kg di esplosivo chimico. Il movimento delle masse di uranio deve avvenire senza attrito apprezzabile ed è pensabile che ciò venga realizzato facendole scivolare su lamine di gas compresso dalla stessa esplosione del tritolo. Un involucro a forma di guscio sferico in uranio 238 circonda da ogni parte la bomba, tranne che in corrispondenza di un'apertura circolare, sottesa da un angolo al centro di 110° . Questo involucro, formato da 3200 kg di uranio, ha la funzione di schermare la radiazione gamma istantanea, tranne che in corrispondenza della finestra dalla quale fuoriesce producendo un fascio di radiazione diretta orizzontalmente e, di conseguenza, una corrente Compton sempre in direzione orizzontale. Lo spessore dell'involucro di uranio è di circa 10 cm; al suo esterno una struttura di acciaio, progettata per sostenere il peso considerevole della bomba, racchiude il tutto. Il diametro esterno della EMPW è di soli 90 cm. Se, oltre all'impulso elettromagnetico, si vuole generare un fascio di neutroni diretto verso il basso, basta lasciare un foro anche nella parte più bassa della bomba. L'angolo di 110° risulta da una soluzione di compromesso. Aumentando questo angolo aumenterebbe la quantità di radiazione emessa, ma diminuirebbe l'asimmetria della corrente Compton; diminuendolo si avrebbe un aumento di asimmetria, ma anche una diminuzione di intensità. Con un'apertura di

110° circa un sesto della radiazione gamma istantanea prodotta viene emessa nell'aria. La bomba deve essere dotata di un sistema giroscopico di stabilizzazione in modo che, dopo essere stata sganciata ad alta quota, mantenga il suo assetto per emettere la radiazione gamma in direzione orizzontale.

Gli effetti

L'esplosione della bomba viene provocata automaticamente da un sistema che, per sicurezza, è composto da una combinazione di sensori di posizione sia barometrici, sia radar. Essa deve avvenire a 500 m di quota, in modo da evitare una precoce ricaduta a terra di materiale radioattivo ed ottenere un impulso elettromagnetico uniforme sulla superficie terrestre sotto il punto di esplosione, v. Fig. 2.

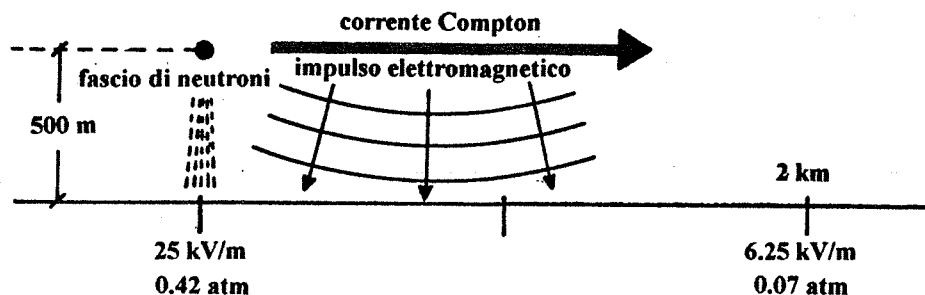


Fig. 2 - la bomba nucleare elettromagnetica viene utilizzata come la bomba a neutroni, a differenza di quest'ultima ha effetti minimi sulla popolazione, ma effetti distruttivi sui sistemi elettronici in quanto libera una grande quantità di energia elettromagnetica in un singolo impulso. Viene così indotta una enorme corrente nelle condutture, nei cavi, nelle linee, nelle antenne e vengono danneggiate tutte le apparecchiature elettroniche nel raggio di alcuni chilometri.

Questo tipo di bomba produce un campo elettromagnetico con un ampio spettro di frequenze che presenta un massimo intorno a 100 MHz. L'intensità del campo elettrico a terra è di 25 kV/m su di una superficie di 1 km², cioè in un raggio di circa 600 m. A distanze maggiori il campo diminuisce con l'inverso della distanza ed è ad esempio di 6.25 kV/m a 2 km e di 2 kV/m a 6 km. L'intensità di questi campi non è tale da provocare la rottura elettrica (*breakdown*) dei materiali isolanti, né gassosi, né liquidi, né solidi, e quindi non produce direttamente cortocircuiti negli impianti e nella strumentazione. Invece vengono indotte nei conduttori delle correnti elettriche enormi, in grado di fondere i componenti elettronici a stato solido e di danneggiare, con il riscaldamento sviluppato nelle fusioni, anche gli altri componenti dei circuiti. L'effetto è quindi quello di mettere istantaneamente fuori uso tutti gli impianti controllati elettronicamente e tutte le apparecchiature elettroniche non solo del bersaglio, ma anche quelle civili in un ampio raggio. Se, oltre a distruggere i sistemi elettronici di una centrale si desidera anche eliminare il personale che vi lavora, basta tenere aperto il foro esistente nella parte inferiore della bomba ed il fascio di neutroni che ne uscirà provvederà alla bisogna.

Il Pentagono disporrà tra breve della EMPW e sostiene che sia un'arma di pace.

A questo punto, ammesso che si debba mettere fuori uso per motivi che non voglio discutere, una centrale, un reattore od un impianto nucleare nemici, sorge spontanea la domanda: cosa succede ad un obiettivo di questo tipo quando tutti i sistemi elettronici e quindi anche quelli di controllo, automatici o manuali, sono stati messi fuori uso? L'esperienza di Chernobyl ci ha mostrato le tragiche conseguenze della perdita di controllo di una centrale nucleare. Inoltre, in considerazione della vulnerabilità, oltre che della intrinseca pericolosità degli impianti nucleari, si deve riflettere sull'opportunità di costruirne, in futuro, di nuovi.

È un'arma di pace la EMPW? Dipende da cosa si intende per pace e c'è da sperare che serva solo come deterrente.

Bibliografia

La maggior parte delle notizie sopra riportate sono state tratte da un articolo di Nigel Cook apparso sul numero di novembre 1994 di *Electronic World*; altre informazioni, indispensabili per capire il funzionamento della EMPW, sono state reperite sparse in diversi testi di ingegneria nucleare di cui sarebbe troppo lungo fornire l'elenco.