

УДК 621.372.8.01

С.М. Шостко, І.С. Шостко

АНАЛІЗ ЗАГРОЗ РАДІОЛОКАЦІЙНИМ ЗАСОБАМ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЗБРОЇ

Проаналізовані фактори, що впливають на результати ураження радіолокаційних станцій, та оцінені зони ураження радіолокаційних станцій типу РПН зенітного ракетного комплексу С-300 при застосуванні електромагнітних бомб (ЕМІ-бомб), що побудовані на базі МК-84.

Постановка проблеми

Суттєвий прогрес у розробці надпотужних мікрохвильових джерел в останні роки дозволяє стверджувати, що використання електромагнітної зброї у майбутніх бойових діях стає реальністю, з якою потрібно рахуватися.

Найбільш уразливими для цієї зброї є такі системи, як радіолокаційні станції, лінії зв'язку, комп'ютерне обладнання, яке набуло широкого розповсюдження в різних сферах нашого життя.

Тому найбільш вагомим втрач від електромагнітної зброї зазнають такі установи, які насичені електронним обладнанням.

До них, у першу чергу треба віднести керівництво країни та систему державного керування, промислове виробництво, транспортну мережу та Збройні Сили держави.

У Збройних Силах найбільш вагомим втрач зазнають, у першу чергу, зенітні ракетні та радіотехнічні війська, які насичені радіолокаційними засобами. Тому стає актуальним виявлення реальних загроз для цих засобів при застосуванні противником електромагнітної зброї.

Мета статті – аналіз факторів, що впливають на результати ураження радіолокаційних станцій (РЛС) та оцінювання очікуваних зон ураження РЛС при використанні ЕМІ-бомб.

Основні матеріали дослідження

Найбільш уразливими елементами приймальних трактів РЛС слід вважати напівпровідникові змішувальні діоди. Критеріальні фактори ураження таких діодів залежать, у першу чергу, від тривалості приймальних мікрохвильових імпульсів. При тривалостях імпульсу більш 10 нс вихід з ладу цих приладів обумовлено величиною пікової потужності імпульсу.

При імпульсах меншої тривалості ефект ураження буде обумовлений енергією приймального імпульсу. Порогові значення пікової потужності для імпульсів з тривалістю $\tau > 10$ нс залежать від частоти коливань. На частотах, що менше 10 ГГц, вона досягає ~5 Вт, на більш високих частотах її величина знижується на порядок.

Слід зауважити, що у разі дії послідовності декількох імпульсів потрібні рівні потужності також будуть зменшуватися.

Потрібні для ураження потужності імпульсів зменшуються у разі скорочення тривалості імпульсів. Це скорочення сприяє і рішенню таких проблем, як:

полегшення умов виведення випромінювання з генератора та його розповсюдження без пробую повітря;

можливості переборювання систем захисту вхідних трактів радіолокаційних станцій, які поки що мають достатньо велику інерційність спрацювання.

Таким чином, результати ураження значною мірою залежать від параметрів електромагнітного імпульсу. Для подальшого аналізу будемо розглядати конкретні параметри ЕМІ-бомб, побудованих на базі фугасних бомб МК-84, які мають вагу 900 кг, довжину 3,8 м, діаметр 0,46 м.

Варіант побудови такої бомби та розміщення основних її елементів розглянутий в [1, 2] та зображений на рис. 1.

Основними елементами цієї бомби, від параметрів яких залежить дальність її дії, є первинне джерело електричної енергії – 1, вибухово-магнітний генератор – 2, віркатор – 3 (генератор надвисокочастотних коливань з віртуальним катодом) та двозахідна спіральна антена – 4.

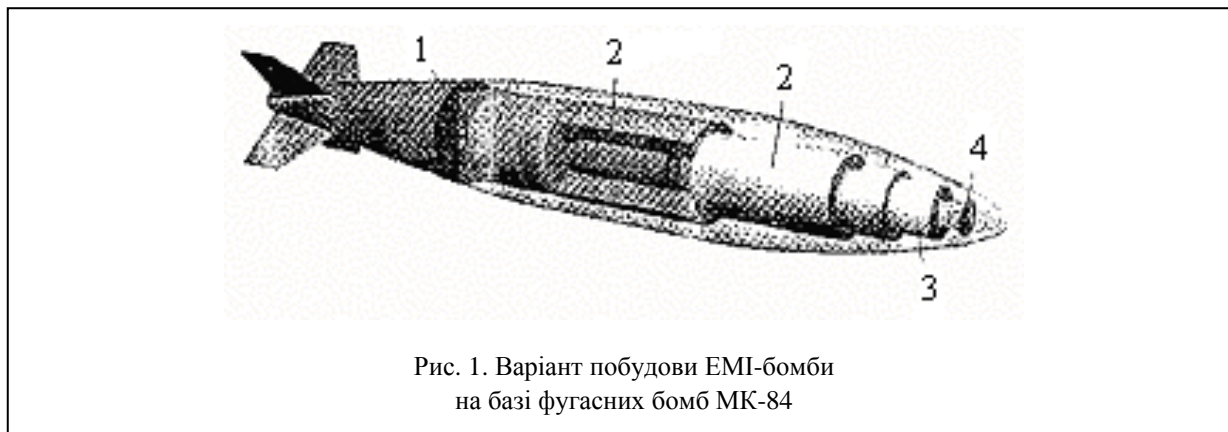


Рис. 1. Варіант побудови ЕМІ-бомби на базі фугасних бомб МК-84

Потужність ЕМІ-бомби [1, 2] дорівнює 10 ГВт, частота коливань – 5 ГГц ($\lambda = 6$ см). Тривалість імпульсів сучасних віркаторів дорівнює десяткам наносекунд. Тому для оцінювання будемо вважати, що величина порогової потужності для виведення з ладу змішувальних діодів дорівнює 5 Вт.

Для аналізу зон ураження РЛС потрібно знати ширину діаграми спрямованості $2\Theta_{0,5}$ спіральної антени ЕМІ-бомби та величину її коефіцієнта направленої дії D . Для розрахунку цих параметрів скористаємось відомими співвідношеннями [3]:

$$2\Theta_{0,5} = \frac{52}{\frac{L}{\lambda} \sqrt{\frac{NS}{\lambda}}}; \quad (1)$$

$$D = 7,5 \left(\frac{L}{\lambda}\right)^2 N \frac{S}{\lambda}, \quad (2)$$

де L – довжина витка спіральної антени;

λ – довжина хвилі;

N – кількість витків спіральної антени;

S – крок спіралі.

Звісно, що для забезпечення випромінювання ЕМІ-бомби вздовж осі спіральної антени потрібно виконання рівняння

$$\frac{L}{\lambda} = 0,7, \dots, 1,2.$$

Будемо вважати, що

$$\frac{L}{\lambda} = \frac{S}{\lambda} = 1.$$

Тоді для $N = 2$ (впливає з конструкції ЕМІ-бомби на рис. 1) відповідно до (1), (2) маємо

$$2\Theta_{0,5} = 36,8^\circ \text{ та } D = 15.$$

Дальність дії функціонального ураження

ЕМІ-бомби можна оцінити за відомим співвідношенням

$$R_\Phi \leq \sqrt{\frac{P_i G_{\text{пер}} A_{\text{ефпр}} q_{\text{пер}} q_{\text{пр}} K_y}{4\pi P_{\text{пор}}}}, \quad (3)$$

де P_i – імпульсна потужність ЕМІ-бомби, Вт;

$G_{\text{пер}}$ – коефіцієнт підсилення спіральної антени;

$A_{\text{ефпр}}$ – ефективна площа спіральної антени об'єкта ураження, м^2 ;

$q_{\text{пер}}$ ($q_{\text{пр}}$) – відносні коефіцієнти підсилення антен передавача (приймача) у напрямку один до одного;

K_y – коефіцієнт утрат мікрохвильової енергії в тракці РЛС;

$P_{\text{пор}}$ – критеріальний рівень ураження напівпровідникових приладів, Вт.

Величина K_y залежить від того, попадає спектр випромінювання ЕМІ-бомби в смугу прозорості приймального тракту РЛС (смугова дія) або не попадає (позасмугова дія). У першому випадку втрати енергії не перевищують 10...15 дБ, у другому – можуть досягати 20...40 дБ.

Як об'єкт ураження розглянемо радіолокатор типу ПРН зенітного ракетного комплексу С-300, розміри полотна антени якого складають $2,6 \times 2,6 \text{ м}^2$.

Оцінимо дальність дії ЕМІ-бомби при $G_{\text{пер}} = D = 5$; $A_{\text{ефпр}} = 2,6 \times 2,6 = 6,76 \text{ м}^2$; $q_{\text{пер}} = q_{\text{пр}} = 1$ (співвісні антени); $P_i = 10 \text{ ГВт}$; $P_{\text{пор}} = 5 \text{ Вт}$ та $K_y = 10^{-3}$ (найбільш неприємний випадок позасмугової дії ЕМІ-бомби). Тоді дальність ураження РЛС, згідно з (3), дорівнює $R_\Phi = 4 \text{ км}$.

Таким чином, при висоті підриву ЕМІ-бомби $H \leq 4 \text{ км}$ потужність прийнятого РЛС сигналу буде

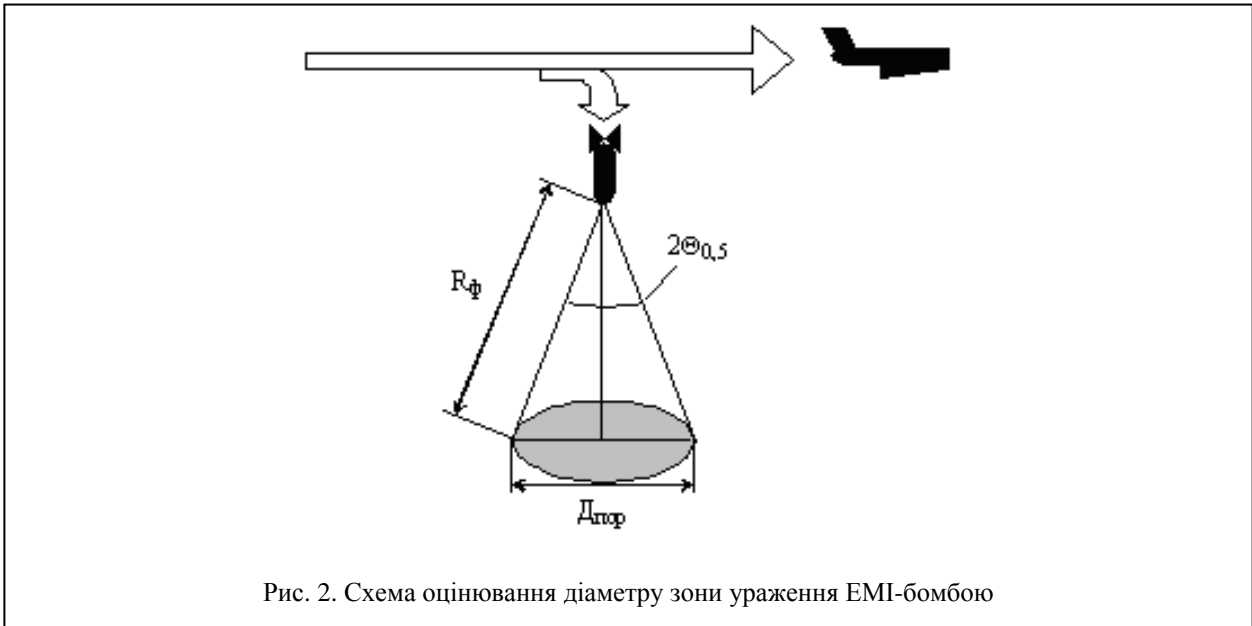


Рис. 2. Схема оцінювання діаметру зони ураження ЕМІ-бомбою

перевищувати поріг 5 Вт, необхідний для виведення з ладу змішувальних діодів приймального тракту РЛС. Якщо знаємо радіус ураження ЕМІ-бомби та ширину її діаграми випромінювання $2\Theta_{0,5}$, можна оцінити діаметр зони ураження $D_{пор}$ (рис. 2):

$$D_{пор} = 2R_{\phi} \sin \Theta_{0,5}.$$

При $R_{\phi} = 4$ км та $\Theta_{0,5} = 18,4^{\circ}$ маємо $D_{пор} = 2,5$ км.

Висновки

Загроза радіолокаційним засобам протиповітряної оборони при використанні противником електромагнітної зброї виявляється достатньо високою навіть у разі позасмугової дії потужного випромінювання. Зона ураження радіолокаційних станцій, що мають розміри приймальних антен понад 2×2 м², покриває при використанні ЕМІ-бомби МК-84 достатньо велику площу (для розглянутого прикладу діаметр зони ураження дорівнює 2,5 км).

Аналогічні результати слід очікувати також у разі попадання випромінювання ЕМІ-бомби в смугу

прозорості приймальних трактів РЛС при неспіввідноному розташуванні діаграм спрямованості на передавання та прийом.

Оскільки ЕМІ-зброя може дуже швидко завдати ураження у великих масштабах та на значних площах, слід очікувати, що проведення військових операцій буде починатися з завдання таких електромагнітних ударів по противнику. Це дозволить забезпечити безперешкодну дію бомбардувальної авіації на наступних етапах бойових дій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. М. Abrams. Dawn of the E-bomb // IEEE Spectrum. – November 2003.
2. Kopp. Carlo. The Electromagnetic bomb – a weapon of Electrical Mass Destraction // Air Chronicles Paper. – USAF CADRE Air Chronicles. – October 1996.
3. Шифрин Я.С. Антенны. – Х.: ВИРТА ПВО, 1976. – 407 с.

Надійшла 14.03.2005

Рецензент: д-р техн. наук професор В.І. Карпенко, Харківський університет Повітряних Сил.