УДК 62-758.3+537.5

П.П. Кальницький, М.М. Ясечко

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ ЗЕНІТНОГО ОЗБРОЄННЯ ВІД ПОТУЖНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЗБРОЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ

Анотація. *В роботі проведений аналіз існуючих методів захисту радіоелектронної апаратури зенітного озброєння від потужних електромагнітних випромінювань електромагнітної зброї та обґрунтування вимог до засобів захисту.*

Ключові слова: електромагнітний захист, плазмові технології, озброєння та військова техніка.

Abstract. *The paper analyzes the existing methods of protecting the radio-electronic equipment of anti-aircraft weapons from powerful electromagnetic radiation of electromagnetic weapons and substantiates the requirements for protection means.*

Keywords: electromagnetic protection, plasma technologies, weapons and military equipment.

В сучасних умовах ведення бойових дій і військових конфліктів крім модернізації традиційних видів зброї, з метою покращення їх тактико-технічних характеристик, по перш за все, спостерігається інтенсивний розвиток та застосування високотехнологічної зброї, електромагнітної зброї (ЕМЗ), яка призначена для ураження радіоелектронних засобів (РЕЗ) зразків озброєння та військової техніки наземного типу, а також має вплив на живу силу противника. До такої передової зброї нового покоління відноситься радіочастотна, оптична зброя та зброя електромагнітного імпульсу (ЕМІ), яка на даний час серед новітніх зразків є найперспективнішою. Забезпечення розробки зброї ЕМІ вже застосовується у таких країнах світу як Росії, Китаю, Франції, США, Великобританії та інших.

Застосування розроблених зразків ЕМЗ значно загострює проблему забезпечення живучості об’єктів озброєння та військової техніки протиповітряної оборони Сухопутних військ (ОВТ ППО СВ). Крім того, наявність, розробка, створення та застосування власних зразків ЕМЗ обумовлюють необхідність в створенні ефективного захисту РЕЗ зразків (комплексів, систем) ОВТ від її деструктивного впливу. Виходячи з цього, одним з ключових у розвитку, модернізації та застосуванні наземних об'єктів ОВТ стає підвищення ступеня захищеності РЕЗ ОВТ ППО СВ, які входять до їх складу, від зброї ЕМІ .

Розробці методів та засобів захисту РЕЗ від впливу потужного ЕМВ присвячена велика кількість робіт, але існуючі методи та засоби не здатні забезпечити за своїми характеристиками необхідну ефективність захисту РЕЗ ОВТ, насамперед, через відсутність ідеальних екранів (без дефектів), неможливість створення (наявність конструктивних отворів, щілин, швів, місць з’єднань в корпусах, місць введення кабелів живлення, ліній зв’язку,) або застосування герметичних екранів по відношенню до ЕМВ (за рахунок наявності антенних входів), нездатність існуючих обмежувачів витримувати імпульсні перенапруги під впливом ЕМВ сучасних видів ЕМЗ, недостатню швидкодію та неприйнятні масогабаритні характеристики.

Таким чином, з огляду на важливість забезпечення захисту наземних об'єктів ОВТ ППО СВ від деструктивного впливу імпульсного потужного ЕМВ ультракороткої тривалості (УКТ) на основі використання плазмових технологій видно, що напрямок роботи є актуальним та визначає необхідність зниження впливу потужного імпульсного ЕМВ УКТ на працездатність РЕЗ ОВТ ППО СВ на основі захисту РЕЗ ОВТ ППО СВ від впливу ЕМЗ з використанням природоподібних технологій.

Аналіз наукових наробок, присвячених методам та засобам захисту РЕЗ від впливу ЕМВ, показав, що створення захисту базується на методах, класифікація яких представлена на рис. 1. Відповідно до цих методів розроблені відповідні способи та пристрої захисту.

Використання конкретного методу або сукупності методів залежить від обраних комплексів заходів захисту та стадії розробки об'єкта захисту. Цілком зрозуміло, що здійснення захисту об'єкта на етапі його експлуатації можливе лише на основі застосування конструкційних методів.

В якості основного з конструкційних методів розглядається метод екранування, що заснований на поглинанні або відбитті (відводі) вражаючої енергії.

З фізичної точки зору екранування полягає в наступному, ЕМВ частково відбиваються від зовнішньої поверхні екрану, частково поглинаються матеріалом екрану, а решта випромінювання проходить через екран.

Одним з найбільш поширених методів захисту РЕЗ ОВТ ППО СВ є роз'єднувачі, до них відносять запобіжники, реле і схеми швидкісного захисту, які можна рахувати стійкими елементами. Вони призначені для відключення менш стійких схем від джерел потужності на початку перехідного процесу, до того як трапиться катастрофічне пошкодження. Однак ці прилади являються дуже інертними.

Пристрої швидкісного захисту відрізняються від плавких запобіжників і реле. Такі пристрої повністю замикають провідники. Для запуску цих пристроїв необхідно мати тригер чи чутливий елемент. Розрізняють два основних види захисних розрядників – "м'які" і "жорсткі" обмежувачі. "М`які" обмежувачі – це конденсатори, нелінійні опори, що залежать від напруги (варистори). "Жорсткі" обмежувачі – це прилади з пробоєм. До їх складу входять газові розрядники, вугільні загороджувачі, зенерівські і випрямні діоди.

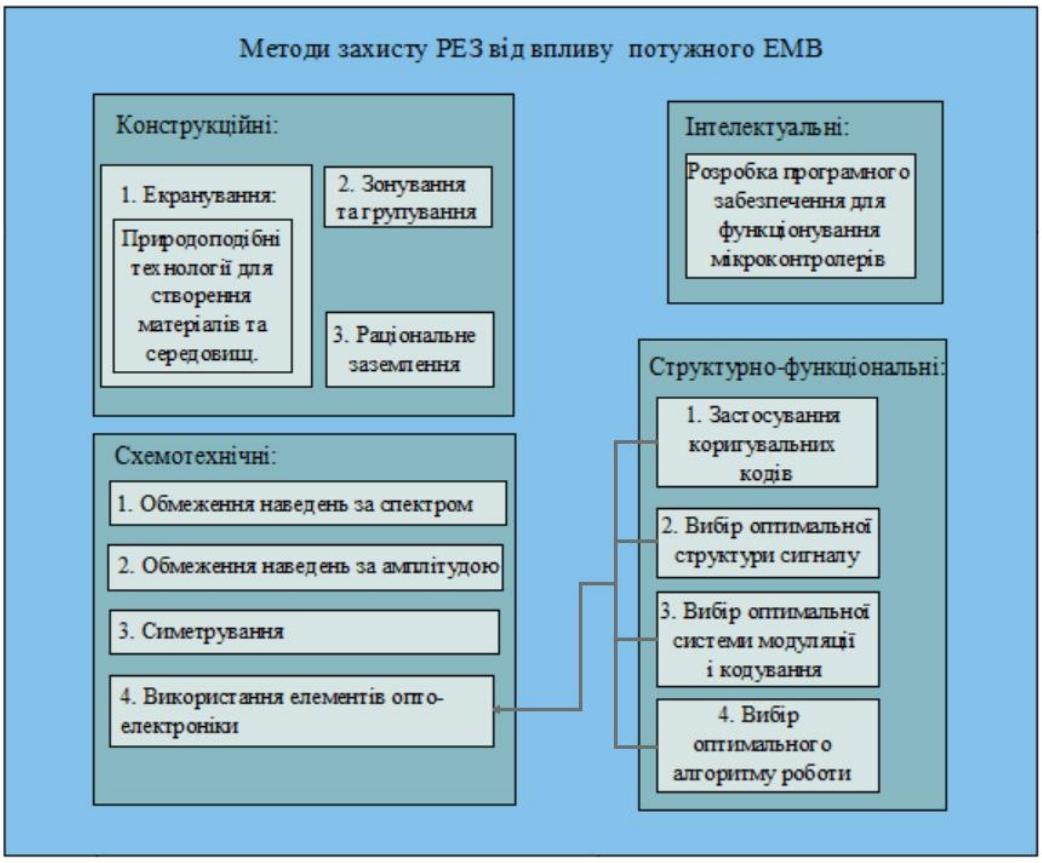

Рисунок 1. Класифікація існуючих методів захисту РЕЗ від ЕМВ

Характеристика імпульсного пробою газових розрядників розглядалась 10 кВ/нс, а для ідеалізованих ліній електричних мереж вона складає в 3 … 10 разів більше.

Недоліками захисних розрядників є великий час спрацювання, роз'єднувачів – велика інертність та можливість використання в обмежених випадках, фільтрів, трансформаторів і дроселів – необхідність відводу енергії, і всіх без виключення вищезазначених приладів –

недостатня стійкість до енергетичної дії ЕМІ.

Розроблені до теперішнього часу методи і засоби захисту не здатні забезпечити за своїми характеристиками необхідну ефективність захисту РЕЗ ОВТ, що знаходяться на озброєнні в ППО СВ ЗС України, насамперед, через відсутність ідеальних екранів (без дефектів), неможливість створення (наявність конструктивних отворів, щілин, швів, місць з'єднань в корпусах, місць введення кабелів живлення, ліній зв'язку) [8].

Для захисту РЕЗ ОВТ ППО СВ доцільно використовувати, в першу чергу, такі фізичні механізми як поглинання та замикання ЕМВ з подальшим його відведенням. Це забезпечить зменшення впливу відбитого ЕМВ на інші РЕЗ, що знаходяться на відповідній відстані.

Найбільш доцільним для захисту РЕЗ є використання в існуючих зразках ОВТ ППО СВ екрануючих засобів. Реалізація визначених фізичних механізмів можлива в корпусах-екранах у вигляді твердотільного плазмового покриття, а в конструктивних отворах та кабельних каналах введення – у вигляді штучно створеного під впливом потужного ЕМВ високопровідного каналу.

Реалізація фізичних механізмів поглинання потужного імпульсного ЕМВ УКТ в плазмових твердотільних матеріалах можлива за рахунок забезпечення потрібних комплексних діелектричної та магнітної проникності матеріалу. Для цього може бути використана діелектрична або напівпровідникова матриця, в яку для забезпечення комплексної діелектричної проникності необхідно додати елементи радіоактивної речовини для здійснення іонізації та виникнення нерівноважного стану електронної підсистеми. Для забезпечення комплексної магнітної проникності необхідно ввести відповідні гексаферитові включення. Використання елементів радіоактивної речовини та гексаферитових включень відповідних розмірів забезпечить також розсіювання ЕМВ [1-6].

Відбиття лазерного випромінювання можливе на основі створення умов та використання відповідних теплофізичних характеристик твердотільного плазмового матеріалу.

Однією з простіших реалізацій методу захисту РЕЗ від потужного ЕМВ УКТ, що впливає через конструктивні отвори та кабельні канали введення, є нанесення на внутрішню поверхню стінки отвору радіоізотопної плівки, яка є слабким радіоактивним джерелом. Приклад хвилевода РЕЗ ОВТ ППО СВ, де розміщується засіб захисту від потужного ЕМІ наведений на рис. 2. Використання джерела іонізації у вигляді радіоізотопної плівки призводить до виникнення в повітряному проміжку слабоіонізованої плазми $n_{e0}=10^3…10^5$, $см^{-3}$), яка за своїми властивостями в разі використання для захисту антенного хвильоводного каналу не буде призводити до виникнення неоднорідності в координатному просторі та, відповідно, до спотворення корисного сигналу.

Рисунок 2. Зразок хвилевода РЕЗ ОВТ ППО СВ, де розміщується засіб захисту від потужного ЕМІ

Під впливом імпульсного потужного ЕМВ концентрація заряджених часток слабоіонізованої плазми буде зростати, що за певних умов призведе до виникнення штучно створеного високопровідного каналу, що уявляє собою електричний пробій повітряного проміжку між стінками отвору або між кабелем та стінками отвору [9-11].

Таким чином, в результаті створення високопровідного каналу відбудеться замикання або відбиття та відведення імпульсного потужного ЕМВ від отворів екранів-корпусів.

Найновіши модифікації зенітно-ракетних комплексів (ЗРК), що є на озброєнні ЗСУ, були прийняті на озброєння більше сорока років тому. З'ясовано методи захисту РЕЗ, що застосовуються у комплексі. Зроблені висновки щодо вразливості апаратури бойової машини (БМ) до ЕМЗ через застарілість засобів захисту, що використані при його побудові.

Проведено аналіз принципів побудови, функціонування та основних характеристик зброї ЕМІ, радіочастотної та оптичної зброї. Визначено основні тенденції їх розвитку, вдосконалення і бойового застосування. Встановлено, що на даний час зроблені значні кроки та відбувається інтенсивний розвиток в створенні потужних, малогабаритних і ефективних генераторів, які є основою для створення зброї ЕМІ, радіочастотної та оптичної зброї, завдяки яким ця зброя за своїми характеристиками здатна успішно вирішувати завдання бойових дій на різній відстані як на землі, так і в повітрі.

Визначено основні фізичні механізми впливу потужного імпульсного ЕМВ УКТ на РЕЗ ОВТ та обґрунтовано напрямок захисту РЕЗ ОВТ, пов'язаний з заходами, проведеними на об'єкті захисті. Показано, що найбільш універсальними є заходи, що проводяться на об'єкті захисту, спрямовані на зменшення впливу на РЕЗ і кола електрообладнання ОВТ до рівня їх граничної електромагнітної стійкості шляхом створення та використання електрогерметичних до імпульсного потужного ЕМВ УКТ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Iasechko M. M. Advanced technologies of radio electronic equipment(means) protection from powerful electromagnetic radiations with ultra short duration of pulses exposure / M. M. Iasechko, O. M. Sotnikov // Engineering sciences: development prospects in countries of Europe at the beginning of the third millennium : collective monograph. — Riga : Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2018. — Volume 2. — pp. 356—384.

2. Protecting of radio electronic facilities is from influence of powerful electromagnetic radiation / M. M. Iasechko, O. M.Sotnikov // General and complex problems of technical sciences: experience of EU countries fnd implementation in the practice of Ukraine : Collective monograph. — Riga : Izdevnieciba "Baltija Publishing", 2019. — P. 283—299.

3. Ясечко М. М. Методика обґрунтування вимог до засобів комплексного захисту радіоелектронного обладнання озброєння і військової техніки від впливу потужного електромагнітного випромінювання ультракороткої тривалості імпульсу / М. М. Ясечко, О. М. Сотніков, В. В. Ларін, О. Б. Танцюра // Збірник наукових праць ХНУПС. — Х. : Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2019. —№ 2(12)-т. — Таємно. — Інв. № 48447.— С. 78 — 83.

4. Ясечко М. М. Метод та пристрій захисту отворів корпусів та кабельних каналів введення радіоелектронних засобів озброєння та військової техніки від впливу потужного електромагнітного випромінювання / М. М. Ясечко, О. М. Сотніков, В.А. Лупандін, О.Б. Танцюра // Наука і техніка Повітряних Сил. — Х. : Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2019 .—№ 1(9)-т. — Таємно. — Інв. № 48330. — С. 40 — 47.

5. Ясечко М. М. Обґрунтування принципів побудови та розробка рекомендацій щодо захисту отворів корпусів та кабельних каналів введення радіоелектронних засобів озброєння та військової техніки від впливу потужного електромагнітного випромінювання / М. М. Ясечко, О. М. Сотніков, Т. Л. Курсеітов, О. Б. Танцюра // Наука і техніка Повітряних Сил. — Х. : Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2019.—№ 2(10)-т. — Таємно. — Інв. № 48339. — С. 102 — 107.

6. Ясечко М. М. Методи захисту радіоелектронних засобів озброєння і військової техніки від впливу електромагнітного випромінювання зброї на нових фізичних принципах / М. М. Ясечко, Т. Л. Курсеітов, О.Я Салій // Труди університету : Збірник наукових праць. — К. :

Національний університет оборони Збройних Сил України ім. І. Черняховського, 2020.—№ 2(158)-т. — Таємно. — Інв. № 49014. — С. 58 — 67.

7. Iasechko M. Loss definition of charged particles in the discharge gap of the opening of the box-screens during the formation of a highly conductive channel / M. Iasechko, O. Tymochko, Y. Shapran, I. Trofymenko, D. Maksiuta, Y. Sytnyk // IJATCSE. — 2019. — № 8 (1.3). — pp. 1 – 9.

8. Iasechko M. Influence of ionization source onto macroscopic parameters of the air media in the holes in cops-screensof radio electronic means / M. Iasechko, V. Larin, D. Maksiuta, O. Ochkurenko, Y. Samsonov, H. Lyashenko, A. Zinchenko // APRN Journal of Engineering and Applied Sciences. — 2019. — № 14 (20). — pp. 3566 – 3571.

9. Про затвердження Державної програми розвитку озброєння та військової техніки ЗС України на період до 2015 року : Указ Президента України від 02.11.04 р. № 1338-19 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/tt4003y2004/page8. — Заголовок з екрану.

10. Кравець І. А. Метод застосування струйних цифрових приладів пневмоніки для управління безпілотних літальних апаратів в умовах дії електромагнітного імпульсу / І. А. Кравець, О. М. Воробйов // Вісник Національного університету. — 2011. — № 1. — С. 24—26.

11. Воробйов О. М. Метод розподілу елементів літака за стійкістю до дії електромагнітного імпульсу / О. М. Воробйов, В. М. Дихановський, Є. С. Лєнков // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Т. Шевченка. — 2010. — № 25. — С. 17—21.

12. Воробйов О. М. Удосконалення методу визначення ефективності, доцільності та граничних меж екранування радіоелектронних засобів від проникнення електричних і магнітних полів / О. М. Воробйов, М. М. Хомік, В. О. Косевцов // Труди Університету : зб. наук. праць НУОУ. — К., 2010. — № 5 (98). — С. 193—199.

Кальницький Павло Павлович, ад'юнкт навчально-організаційного відділу Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, місто Харків, e-mail: pavlovich.20.03@icloud.com

Ясечко Максим Миколайович, доктор технічних наук, доцент, начальник кафедри бойового застосування озброєння протиповітряної оборони Сухопутних військ факультету протиповітряної оборони Сухопутних військ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, місто Харків, e-mail: maxnik8888@gmail.com

Pavlo Pavlovich Kalnytskyi, adjunct of the educational and organizational department of the Kharkiv National University of the Air Force, Kharkiv city, e-mail: pavlovich.20.03@icloud.com

Maksym Mykolayovych Yasechko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Combat Use of Air Defense Weapons of the Ground Forces, Faculty of Air Defense of the Ground Forces of the Kharkiv National University of the Air Forces, Kharkiv city, e-mail: maxnik8888@gmail.com