

Р.Г. Сидоренко, В.І. Грідін, Г.В. Мегельбей, А.І. Резніченко

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ОСНОВНІ НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ СИЛОВОЇ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ ДЛЯ УРАЖЕННЯ РІЗНОТИПНИХ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

*Розглянуто стан розвитку систем силової радіоелектронної боротьби з наведенням основних механізмів впливу та значень енергії потужного електромагнітного випромінювання для ураження елементної бази різнотипних радіоелектронних засобів. На основі аналізу стану існуючих розробок електромагнітної зброї сформульовано загальну схему її класифікації та виявлено динаміку розвитку зазначеної зброї. Показано найбільш пріоритетні напрями досліджень в області розробки потужних електромагнітних випромінювачів на найближчі роки.*

**Ключові слова:** силова радіоелектронна боротьба, електромагнітні засоби ураження, радіоелектронні засоби.

### Вступ

В даний час сфера можливостей і впливу радіоелектронної боротьби на боротьбу протиборчих сторін в значній мірі розширилася і стає основою інформаційного аспекту збройної боротьби, зачіпаючи практично всі процеси виявлення, збору, передачі, обробки і використання інформації. Поява комплексних багаторівневих систем радіо-радіотехнічної розвідки, бойового управління, радіоелектронної боротьби (РЕБ) та високоточної зброї визначила різко збільшену залежність ходу і результату бойових дій від готовності та ефективності функціонування цих систем. Метою РЕБ стало не лише вирішення завдань по порушенню функціонування систем управління зброєю і військами (силами) противника, але і досягнення рішучої переваги над ним в оперативності, стійкості і якості управління.

Поряд з еволюційним розвитком засобів РЕБ, у зв'язку з сучасним рівнем розвитку методів генерації потужних електромагнітних імпульсів та способів формування радіовипромінювання, на теперішній час в провідних країнах світу ведуться роботи щодо створення і розгортання нового класу техніки – комплексів електромагнітної зброї (ЕМЗ), на основі розробки генеруючих пристроїв з надпотужним випромінюванням направленої дії в надвисокочастотному (НВЧ) діапазоні, що можливо визначити як силова радіоелектронна боротьба для ураження різнотипних РЕЗ.

**Постановка проблеми.** Динамічність та масовість сил та засобів, що застосовуються в сучасних бойових діях, вимагають значного скорочення часу, необхідного для ураження об'єктів (цілей). Виникає проблемна ситуація між зростаючою роллю інформаційних, комунікаційних та керуючих систем, які застосовуються в збройній боротьбі, та необхідніс-

тю ефективного протистояння їм. Розв'язання цієї ситуації може полягати в створенні засобів, які б мали можливість миттєво впливати на різноманітні об'єкти (цілі) та здійснювати їх ураження. До таких засобів відносяться електромагнітні засоби ураження, фактором впливу яких є енергія електромагнітного випромінювання (ЕМВ), що миттєво доставляється до об'єктів (цілей).

Світовий досвід розробок та застосування зазначених засобів свідчить про інтенсивний розвиток цього напрямку. На цей час вже реалізуються зразки ЕМЗ радіо та оптичного діапазонів довжин хвиль, призначених для вирішення завдань військового характеру, поліцейських функцій, спеціальних дій та миротворчої діяльності. Але основна кількість зразків ЕМЗ розробляється для потреб збройних сил.

Тому вдосконалення методів генерації потужного електромагнітного випромінювання для створення силових систем радіоелектронного подавлення різного типу РЕЗ і, особливо, систем сучасної високоточної зброї (ВТЗ) є актуальною і важливою проблемою в розвитку перспективного озброєння та військової техніки (ОВТ).

**Аналіз останніх досягнень та публікацій.** В даний час за кордоном проводяться інтенсивні дослідження по створенню засобів функціонального ураження з використанням потужних НВЧ генераторів різного діапазону хвиль, що свідчить про актуальність дії потужного електромагнітного випромінювання на РЕЗ, як засобів силової радіоелектронної боротьби [1–10].

Аналіз наявних результатів робіт із створення НВЧ засобів ураження (ЕМЗ) показує, що найбільш активні роботи в даній області розгорнуті в США. Останніми роками дослідження по даному напрямку

були розгорнуті також у Росії, Франції, Англії, Германії, Ізраїлі, Японії, Китаї та Швеції.

**Метою статті** є розгляд питання стану і перспектив застосування систем силової радіоелектронної боротьби (електромагнітних засобів ураження).

### Виклад основного матеріалу

Створенням НВЧ засобів ураження займаються практично всі розвинуті країни світу. При цьому для тактичних НВЧ засобів (НВЧ-генератори, потужні підсилювальні модулі і антенні системи, джерела енергопостачання і тому подібне) характерне функціональне зближення або уніфікація з перспективною радіолокаційною технікою та засобами радіоелектронної боротьби. Зокрема, в розробках тактичної НВЧ-зброї розглядається концепція комплексу, що проводить в режимі зниженої потужності радіолокаційне виявлення і супровід цілі, а в режимі максимальної потужності – її функціональне або силове ураження. У якості типових об'єктів ураження потужним НВЧ випромінюванням розглядаються:

- цифрові спеціальні обчислювачі тактичних та оперативних ракет;
- системи зведення і запобігання бойового оснащення ракет;
- електричні пристрої підриву мін та фугасів;
- навігаційні приймачі систем геолокації;
- радіолокаційні станції систем протиповітряної оборони (ППО);
- радіотехнічні засоби та електронні пристрої головок самонаведення керованої зброї;
- радіотехнічні засоби та електронні пристрої наземних пунктів управління та зв'язку.

Аналіз існуючих та тих, що розробляються, видів НВЧ зброї, способів її бойового застосування, дозволив сформувати загальну схему їх класифікації та виявити загальну динаміку розвитку таких систем в США на період до 2018 року (табл. 1).

Проведений аналіз останніх досягнень та публікацій [1–2] та даних табл. 1 дає можливість показати, що загальна динаміка розробок в області створення ЕМЗ на основі НВЧ-генераторів за кордоном базується, в основному, на базі створення наступних типів джерел потужного НВЧ випромінювання:

- джерела на основі НВЧ-генераторів різних діапазонів хвиль та фазованих антенних решіток, що концентрують потужності окремих НВЧ-генераторів у вузьконаправлений пучок НВЧ випромінювання;
- НВЧ-генератори на релятивістських електронних пучках;
- джерела квазіізотропного, у тому числі і ширококутового НВЧ випромінювання на основі вибухомагнітних генераторів;
- НВЧ-генератори на основі спеціальних ядерних боєприпасів надмалої потужності.

Таблиця 1

Загальна динаміка розвитку існуючих видів НВЧ-силових систем, що розробляються в США

Роки		
до 2002	2002–2009	2010–2018
НВЧ-системи для захисту об'єктів ОБТ		
Демонстрація: – малогабаритного ширококутового джерела радіовипромінювання високої потужності – вузькосмугового джерела радіовипромінювання з високою імпульсною енергією	Демонстрація: – можливостей малогабаритних систем НВЧ-зброї по ураженню повітряних цілей	Демонстрація: – корабельних комплексів НВЧ-зброї для захисту від високоточної зброї; – систем НВЧ-зброї для ураження боєприпасів, бойових частин ракет
НВЧ-системи для ураження засобів управління, зв'язку та розвідки		
Георетичні і експериментальні дослідження, технічні розробки	Наземні випробування	Випробування у складі засобів повітряного базування
НВЧ-системи для ураження РЕЗ ППО		
Демонстрація малогабаритного вузькосмугового джерела НВЧ-випромінювання високої потужності	НВЧ-системи озброєння одноразової дії вибухового типу	Імпульсні системи багаторазової дії
НВЧ-системи космічного базування для ПРО і ПКО		
Георетичні та експериментальні дослідження, аналіз ефектів	Моделювання і імітація для розвитку концепції бойового застосування	Наземні випробування комплексів для ураження оперативно-тактичних, міжконтинентальних балістичних ракет і космічних апаратів

В якості джерел НВЧ-випромінювання гігаватних рівнів потужності можуть розглядатися релятивістські імпульсно-періодичні генератори, а для комплексів з меншим рівнем імпульсної потужності – традиційні нерелятивістські електровакуумні прилади. Багатоканальні випромінюючі системи з нерелятивістськими приладами забезпечують більший рівень середньої потужності, управління параметрами випромінювання, електронне сканування променем. Проте, в порівнянні з релятивістськими вони складніше і мають великі масогабаритні характеристики.

В теперішній час найбільша імпульсна потужність досягнута в генераторах на сильноточових релятивістських електронних пучках, сформованих холодними катодами, що працюють на принципі вибухової емісії.

Високий рівень потужності можна отримати в генераторах з релятивістською резонансною лампою бігучої хвилі (ЛБХ). У резонансній ЛБХ електронна гармата, що формує трубчастий пучок великого діаметру, і колектор винесені з простору взаємодії. Це визначає високу потужність приладу. Зворотний зв'язок в електродинамічній структурі для забезпечення адаптивних властивостей генератора може здійснюватися за допомогою брегівських рефлекторів на вході і виході структури. Прогнозується дуже високий коефіцієнт корисної дії (ККД) до 30–35 %. Підвищення ККД можливо дозволить підвищити потужність до 3 ГВт.

Для комплексів, що працюють в дециметровому та довгохвильовій частині сантиметрового діапазону довжин хвиль, можна розглядати використання релятивістських магнетронних генераторів. Ці прилади мають досить високий ККД (до 30 %), хороші масогабаритні характеристики, фазову стабільність.

Ще одним класом надпотужних НВЧ-генераторів є генератори з віртуальним катодом – віркатори, досить прості у виготовленні, здатні працювати без фокусуєчого магнітного поля та в широких межах змінювати частоту коливань. Зокрема, саме на магнітоізованому віркаторі в США на початку 90-х років була досягнута рекордна, недоступна доки для генераторів інших типів, потужність 22 ГВт.

Перспективним напрямом досліджень є розробка НВЧ-генераторів на лініях з магнітною ізоляцією Magnetically Insulated Line Oscillators (MILO).

Поряд з релятивістськими генераторами у якості джерел потужного НВЧ-випромінювання можуть розглядатися традиційні нерелятивістські імпульсні генератори (магнетрони і підсилювальні клістри).

Переваги магнітного генератора – компактність конструкції, найбільша питома потужність на одиницю маси, високий ККД, низька вартість. Імпульсна потужність магнетронів складає порядку 1 МВт та 10 МВт на частотах 10 ГГц та 2 ГГц відповідно, шпаруватість імпульсів – порядку 1000, тривалість імпульсів 1–5 нс. Коефіцієнт корисної дії потужних магнетронів досягає 30–50 %. Магнетрони працюють в автогенераторному режимі. Робоча частота ряду магнетронів може перебудовуватися в невеликих межах (~1 %). Імпульсний магнетрон може розглядатися як генератор, що задає для формувачів потужного короткоімпульсного випромінювання методом активної компресії.

На клістрах можливо отримати вищі рівні потужності. Клістри можуть працювати в підсилювальному режимі з коефіцієнтом підсилення більше 40 дБ. Проте масогабаритні характеристики клістра гірші, ніж у магнетрона, особливо помітно це виявляється для клістронів потужністю більше 0,5–1 МВт. Клістри переважно використовують як елементи багатоканальних передавальних систем ФАР, та в системах з фазуванням різночастотних генераторів.

Дослідження механізмів ураження ОБТ знаходяться на етапі опрацювання можливості використання потужного ЕМВ з рівнями енергії набагато меншими, ніж потрібно для реалізації руйнівних механізмів дії для ураження ОБТ. Виявлена наявність різних проявів дії потужного ЕМВ на радіотехнічні засоби і електронні пристрої, що обумовлено складністю конструктивного рішення, елементною базою, відмінностями в призначенні, широким діапазоном електромагнітних частот, що використовуються і так далі.

Завершена більшість теоретичних і експериментальних робіт із створення бази даних механізмів і граничних рівнів функціонального ураження (ФУ) та функціонального подавлення (ФП) основних видів ОБТ [11–12].

Основні механізми впливу та значення енергії потужного електромагнітного випромінювання для ураження елементної бази різнотипних РЕЗ ОБТ наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Значення енергії потужного електромагнітного випромінювання для ураження елементної бази різнотипних РЕЗ ОБТ

РЕЗ	Енергія ЕМВ, що викликає ФУ, Дж	Енергія ЕМВ, що викликає тривале або короточасне ФП, Дж
Потужні вимикачі	–	$1 \cdot 10^2$
Пневмоконтактори	$1 \cdot 10^2$	$10^3 \cdot 1$
Тиристри	$1 \cdot 10^3$	$10^3 \cdot 10^{-1}$
Z-діоди та спеціальні випрямлячі	1-10	$10^{-1} \cdot 1$
Реле	–	$10^{-5} \cdot 10^{-3}$
Композитні резистори	$10^{-1} \cdot 1$	–
Потужні транзистори	$10^3 \cdot 1$	$10^6 \cdot 10^{-3}$
Сигнальні діоди та випрямлячі	$10^4 \cdot 10^3$	$10^5 \cdot 10^4$
Плівкові резистори	$10^3 \cdot 10^{-1}$	–
Геркони	$10^5 \cdot 10^3$	$10^7 \cdot 10^5$
Високочастотні транзистори	$10^6 \cdot 10^5$	$10^7 \cdot 10^6$
Інтегральні схеми	$10^6 \cdot 10^4$	$10^{10} \cdot 10^7$

## Висновки

Таким чином до найбільш пріоритетних напрямків досліджень в області розробки систем потужних електромагнітних випромінювань на найближчі 5–10 років слід віднести:

– розробку напівпровідникових генераторів, що забезпечують формування на відстанях до десятків метрів надкоротких імпульсів електромагнітного випромінювання тривалістю порядку 50 пс з амплітудою напруженості електричного поля до 50 кВ/м та імпульсів тривалістю 100–300 пс, амплітудою напруженості електричного поля до 500 кВ/м з частотою повторення до 10 кГц;

– розробку генераторів надкоротких імпульсів на основі електровакуумних приладів, що забезпечують середню потужність випромінювання до одиниць МВт при тривалості імпульсу порядку 1 нс і частоті їх слідування понад 1 ГГц;

– створення релятивістських пучково-плазмових НВЧ-генераторів з імпульсною потужністю понад 1 ГВт, що забезпечують перебудову несучої частоти випромінювання, в діапазоні 1–10 ГГц та працюють в імпульсно-періодичному режимі з частотою слідування імпульсів до 1 кГц;

– розробку вибухомагнітних генераторів, що забезпечують при підриванні вибухової речовини генерацію послідовності декількох імпульсів;

– розробку пучково-плазмових випромінювачів, що живляться від вибухомагнітних генераторів;

– розробку випромінювачів надкоротких електромагнітних імпульсів, що живляться від вибухомагнітних генераторів;

– розробку фазованих антенних решіток, випромінюючих імпульси тривалістю до 10 мкс гігаватного рівня потужності.

## Список літератури

1. Электромагнитные системы и средства преднамеренного воздействия на физические и биологические объекты / Р.П. Быстров, В.Г. Дмитриев, А.А. Потапов, Ю.М. Перунов, В.А. Черепенин. // РЭНСИТ – 2014. – Том 6. – Номер 2. – С. 129-169.
2. Зброя на нетрадиційних принципах дії (стан, тенденції, принципи дії та захист від неї): моногр. / О.П. Ковтуненко, В.В. Богучарський, В.І. Слюсар, П.М. Федоров. – Полтава: ПВІЗ, 2006. – 247 с.
3. Пасивні засоби радіоелектронного захисту об'єктів від впливу сучасних та перспективних засобів ураження / Р.Г. Сидоренко, Г.В. Акулінін, О.О. Скопінцев // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХНУПС, 2017. – № 1. – С. 165-159. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.31>.
4. Показатель оценки эффективности применения артиллерийских, реактивных снарядов и ракет, которые оснащены боевыми частями электромагнитного действия / А.М. Сотников, В.А. Лупандин, Я.Н. Кожушко, Р.Г. Сидоренко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2010. – Вип. 1. – С. 22-24.
5. Катунін А.М. Основні напрямки створення лазерних бойових систем / А.М. Катунін, Р.Г. Сидоренко, С.О. Авчінніков // Системи обробки інформації. – 2009. – Вип. 3. – С. 35-38.
6. Военный энциклопедический словарь. – Редкол.: А.П. Горкин, В.А. Золотарев и др. – М.: Большая Российская энциклопедия, «РИПОЛ КЛАССИК», 2002. – 1664 с.
7. Рикетс Л.У. Электромагнитный импульс и методы защиты / Л.У. Рикетс, Дж.Э. Бриджес, Дж. Майлетта; пер. с англ.; под ред. Н.А. Ухина. – М.: Атомиздат, 1979. – 327 с.
8. Кравченко В.И. Электромагнитное оружие / В.И. Кравченко. – Х.: НТУ «ХПИ», 2008. – 185 с.
9. Військовий стандарт 02.104.001. Видання 1. Боротьба радіоелектронна. Терміни та визначення. – Х.: ОНДІ ЗС, 2006. – 32 с.
10. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем / В.Д. Добыкин, А.И. Куприянов, В.Г. Пономарев, Л.Н. Шустов; под ред. А.И. Куприянова. – М.: Вузовская книга, 2007. – 487 с.
11. Основні тенденції створення електромагнітної зброї / О.М. Черниш, Г.В. Певцов, В.А. Лупандін, С.О. Авчінніков // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2008. – № 4 (16). – С. 5-15.
12. Исследования физических механизмов деградации изделий электронной техники в мощных электромагнитных полях / И.И. Магда, С.Б. Блудов, Н.П. Гадецкий, К.А. Кравцов, С.С. Пушкарев и др. // Материалы 3-й Крымской конф. «СВЧ-техника и спутниковый прием»: В 6 т. – Севастополь, 1993. – Т. 5. – С. 523-526.

## References

1. Byistrov, R.P., Dmitriev, V.G., Potapov, A.A., Perunov, Yu.M. and Cherepenin, V.A. (2014), “Elektromagnitnyie sistemy i sredstva prednamerennogo vozdeystviya na fizicheskie i biologicheskie ob'ekty” [Electromagnetic systems and tools of intentional impact on physical and biological objects], *RENSIT*, Vol. 6, No. 2, pp. 129-169.
2. Kivtunenکو, O.P., Boghucharskyj, V.V., Sljusar, V.I. and Fedorov, P.M. (2006), “Zbroja na netradycijnykh pryncypakh diji (stan, tendenciji, pryncypy diji ta zakhyst vid neji: mongraphiia)” [Weapon on non-traditional principles of actions (state, trends, principles of action and protection against it)], *PVIZ*, Poltava, 247 p.
3. Sydorenko, R.Gh., Akulinin, Gh.V., Skopincev, O.O. (2017), “Pasyvni zasoby radioelektronnogho zakhystu ob'ektiv vid vplyvu suchasnykh ta perspektyvnykh zasobiv urazhennja” [Passive facilities of radio electronic defense of objects from influence modern and perspective decimators], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(26), pp. 156-159. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.31>.

4. Sotnikov, A.M., Lupandin, V.A., Kozhushko, Ya.N. and Sidorenko, R.G. (2010), "Pokazatel otsenki effektivnosti primeneniya artilleriyskikh, reaktivnykh snaryadov i raket, kotorye osnashcheny boevyimi chastyami elektromagnitnogo deystviya" [Factor of using efficiency estimate for artillery and reactive projectile and rockets, which are equipped by combat parts of the electromagnetic action], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 1(23), pp. 22-24.
5. Katunin, A.M., Sydorenko, R.Gh. and Avchinnikov, Je.O. (2009), "Osnovni napravlyeniya stvorenniya lazernykh bojovykh system" [The basic directions of fighting laser systems creation], *Information Processing Systems*, No. 3(77), pp. 35-38.
6. Gorkin, A.P. and Zolotarev, V.A. (2002), "Voennyiy entsiklopedicheskiy slovar" [*Military Encyclopedic Dictionary*], Bolshaya Rossiyskaya entsiklopediya, RIPOL KLASSIK, Moscow, 1664 p.
7. Rikets, L.U., Bridzhes, Dzh.E. and Mayletta, Dzh. (1979), "Elektromagnitnyy impuls i metody zaschityi" [*Electromagnetic pulse and methods of protection*], Atomizdat, Moscow, 327 p.
8. Kravchenko, V.I. (2008), "Elektromagnitnoye oruzhie" [Electromagnetic weapons], NTU «HPI», Kharkiv, 185 p.
9. Vijskovyiy standart 02.104.001. (2006), "Vydanija 1. Borotjba radioelektronna. Terminy ta vyznachennja" [*Military standard 02.104.001. Edition 1. Electronic warfare. Terms and definitions*], ONDI ZS, Kharkiv, p. 32.
10. Dobyikin, V.D., Kupriyanov, A.I., Ponomarev, V.G. and Shustov, L.N. (2007), "Radioelektronnaya borba. Silovoe porazhenie radioelektronnnykh system" [*Electronic warfare. Power defeat of radio electronic systems*], Vuzovskaya kniga, Moscow, 487 p.
11. Chernysh, O.M., Pievtsov, Gh.V., Lupandin, V.A. and Avchinnikov, Je.O. (2008), "Osnovni tendenciji stvorenniya elektromagnitnoyi zbroji" [Basic tendencies of creation of electromagnetic weapons], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 4(16), pp. 5-15.
12. Magda, I.I., Bludov, S.B., Gadetskiy, N.P., Kravtsov, K.A. and Pushkarev, S.S. (1993), "Issledovaniya fizicheskikh mekhanizmov degradatsii izdeliy elektronnoy tehniki v moschnykh elektromagnitnykh polyah" [Research on the physical mechanisms of degradation products of electronic technics in a powerful electromagnetic fields], *Crimean Conference: Microwave technology and satellite reception, Sevastopol*, Vol. 5, pp. 523-526.

Надійшла до редколегії 15.01.2018

Схвалена до друку 20.02.2018

**Відомості про авторів:**

**Сидоренко Руслан Григорович**

кандидат технічних наук старший науковий співробітник  
старший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-3097-6747>  
e-mail: rusid78@ukr.net

**Грідін Володимир Іванович**

кандидат технічних наук старший науковий співробітник  
провідний науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3014-9685>  
e-mail: greeguard@ukr.net

**Мегельбей Ганна Василівна**

кандидат технічних наук старший науковий співробітник  
старший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2873-4677>  
e-mail: las2008@ukr.net

**Резніченко Анатолій Іванович**

науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-0445-5972>  
e-mail: an.reznichenko@gmail.com

**Information about the authors:**

**Ruslan Sydorenko**

Candidate of Technical Sciences Senior Research  
Senior Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-3097-6747>  
e-mail: rusid78@ukr.net

**Volodymyr Hridin**

Candidate of Technical Sciences Senior Research  
Leading Research  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3014-9685>  
e-mail: greeguard@ukr.net

**Hanna Mehelbei**

Candidate of Sciences Senior Research  
Senior Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2873-4677>  
e-mail: las2008@ukr.net

**Anatolii Reznichenko**

Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-0445-5972>  
e-mail: an.reznichenko@gmail.com

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ  
СИЛОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ ДЛЯ ПОРАЖЕНИЯ  
РАЗНОТИПНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Р.Г. Сидоренко, В.И. Гридин, А.В. Мегельбей, А.И. Резниченко

*Рассмотрено состояние развития систем силовой радиоэлектронной борьбы. Приведены основные механизмы влияния и значения энергий мощного электромагнитного излучения для поражения элементной базы разнотипных радиоэлектронных средств. На основе анализа состояния существующих разработок электромагнитного оружия сформулирована общая схема ее классификации и обнаружена динамика развития такого оружия. Показано наиболее приоритетные направления исследований в области разработки мощных электромагнитных излучателей на ближайшие годы.*

**Ключевые слова:** силовая радиоэлектронная борьба, электромагнитные средства поражения, радиоэлектронные средства.

**BASIC DIRECTIONS OF CREATION OF SYSTEMS  
OF POWER RADIO ELECTRONIC FIGHT FOR DEFEAT OF RAZNOTIPNYKH  
RADIO ELECTRONIC FACILITIES**

R. Sydorenko, V. Hridin, A. Megelbey, A. Reznichenko

*The article considers the state of development of power electronic warfare systems. The main mechanism for the destruction of various types the elemental base of radio-electronic means is influence the energy of powerful electromagnetic radiation and the value. Based on the analysis of the state of electromagnetic weapons existing developments, a general scheme for its classification has been formulated and the dynamics of the development of such weapons have been revealed. Various modern sources of powerful microwave radiation of directed action for power electronic combat systems are considered. The dynamics of the development of these systems abroad in recent years is considered. The analysis of improvement of their constructive, dimension and radiating features, as well as methods for controlling the radiation parameters, is carried out. The method of combat employment of power electronic combat systems is analyzed. The advantages and disadvantages of various sources of powerful microwave radiation of directional action for the destruction of radioelectronic facilities are shown. The research directions of the mechanisms of destruction of weapons and military equipment by a powerful electromagnetic pulse with an energy level that is lower than necessary for the destruction of radioelements are considered. The most priority directions of researches in the field of development of powerful electromagnetic radiators for the nearest years are shown.*

**Keywords:** power electronic warfare, electromagnetic weapons, radio electronic means.