

УДК 533.9

О.М. Єгоров¹, Б.М. Гавриленко², М.В. Грушенко², В.В. Жук¹, В.І. Карась¹,
Ю.Ф. Лонін¹, В.І. Чумаков¹

¹Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

СПЕЦИФІКА ВЗАЄМОДІЇ ІМПУЛЬСНОГО НАДШИРОКОСМУГОВОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

В статті розглядаються проблеми проходження потужного імпульсного НВЧ-випромінювання, визначення критеріальних рівнів функціонального ураження як напівпровідникової елементної бази, так і систем радіоелектронного керування в цілому є головними задачами в створенні НВЧ-озброєння (НВЧО) для боротьби з високоточною зброєю (ВТЗ).

потужне імпульсне НВЧ-випромінювання, функціональне ураження, радіоелектронні пристрої, безлунний канал

Вступ

Постановка проблеми. У сучасних воєнних конфліктах відбувається суттєве збільшення масштабів взаємного радіоелектронного впливу протидіючих сторін. При цьому проглядається пряма залежність ефективності вогневих ударів від ступеня радіоелектронного придушення радіовипромінювальних засобів, а також зростання рівня реалізації можливостей авіації та ракетних військ, зокрема, за рахунок використання озброєння на перспективних фізичних принципах. Так, під час війни проти Іраку (2003 р.) було застосовано декілька видів такої зброї, таких як електромагнітна бомба. Подібна зброя здатна впливом потужного потоку радіочастотного електромагнітного випромінювання виводити з ладу різні електронні пристрої.

Аналіз літератури. Вивчення проблеми проходження потужного імпульсного НВЧ-випромінювання [1, 2], визначення критеріальних рівнів функціонального ураження як напівпровідникової елементної бази, так і систем радіоелектронного керування (РЕК)

в цілому [3, 4] є головними задачами в створенні НВЧ-озброєння (НВЧО) для боротьби з високоточною зброєю (ВТЗ). Ці задачі взаємозв'язані, оскільки знання критеріальних рівнів функціонального ураження полегшує визначення дальності дії НВЧО та навпаки. Слід відмітити, що теоретичні оцінки дальності та рівнів функціонального ураження сталим ЕМВ систем РЕК [2,4], суттєво відрізняються від експериментальних даних, отриманих при опромінюванні РЕА імпульсними НВЧ-пристроями, тому для розв'язання зазначених задач вкрай потрібні додаткові як експериментальні, так і теоретичні дані (що і є предметом нашої роботи).

Виклад основного матеріалу

Експериментальні дослідження проходження потужного імпульсного НВЧ-випромінювання через антено-фідерні пристрої РЕА виконувались на експериментально-випробувальній базі ННЦ ХФТІ, що описана у роботі [3] і деякі характеристики якої наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Основні характеристики випробувальних стендів

Назва стенду		Е, МВ	І, кА	t, с	Р _{пучка} , Вт	Тип випромінювання
ВС-1	Астра	0,5	20	$4 \cdot 10^{-8}$	10^{10}	НВЧ, (0,1÷10) кВ/см
ВС-2	Агат	0,3	4	$(4 \div 6) \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^9$	НВЧ, (0,1÷1) кВ/см
ВС-3	Темп-Б	1,0	~100	$2,5 \cdot 10^{-6}$	10^{11}	НВЧ, (0,1÷20) кВ/см

Схема проведення експериментальних досліджень та загальний вигляд випробування антен на випробувальному стенді ВС-3 наведені на рис. 1, 2.

Однією з основних задач при проведенні випробувань було зменшення впливу відбитого сигна-

лу, котрий міг би суттєво спотворювати реальний сигнал.

Як показано на рис. 2 мінімальний вплив відбитого сигналу досягався за рахунок використання так званого безлунного каналу.

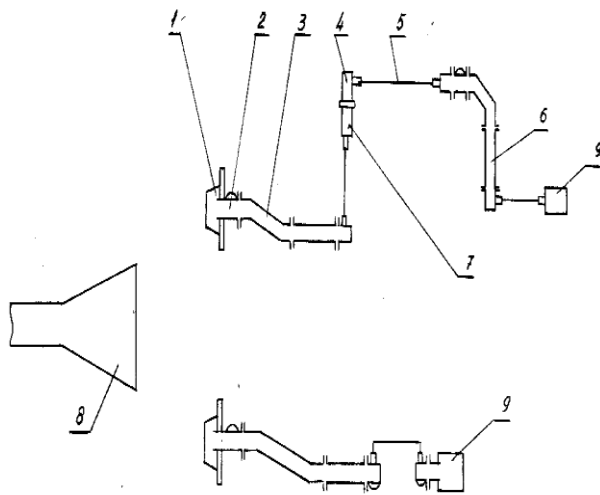


Рис. 1. Схема проведення досліджень: 1 – випробувана антена; 2 – узгоджувач; 3 – кутовий хвильоводний перехід; 4 – коаксіально-хвильоводний перехід; 5 – кабель; 6 – хвильовод; 7 – хвильоводний гермоввод; 8 – рупор випромінюючої антени; 9 – реєструючий пристрій

Обговорення отриманих результатів

Випробувальні стенди використовувались для досліджень процесів деградації виробів електронної техніки (ВЕТ) та інших елементів радіоелектронної апаратури (РЕА) при дії потужних імпульсних електромагнітних полів та розв'язанні проблем електромагнітної сумісності РЕА. Були експериментально визначені порогові рівні напруженості електричного поля, які приводять до деградацій різного ступеню враження ВЕТ, їх залежності від амплітудно-часових характеристик опромінювання, досліджені особливості механізмів деградації при дії випромінювання ультракороткої тривалості (ВУКТ) (10^{-7} – 10^{-9} с).

В умовах дії довгоімпульсного випромінювання деградаційні ефекти виникають у областях, для яких визначальним є тепловий механізм, тобто на ділянках максимального поглинання та розсіювання електромагнітної енергії.

Пороговий характер дії ВУКТ обумовлений електричним пробоем на ділянках з максимальною концентрацією електричного поля (в області р-п переходів, неоднорідностей структури).

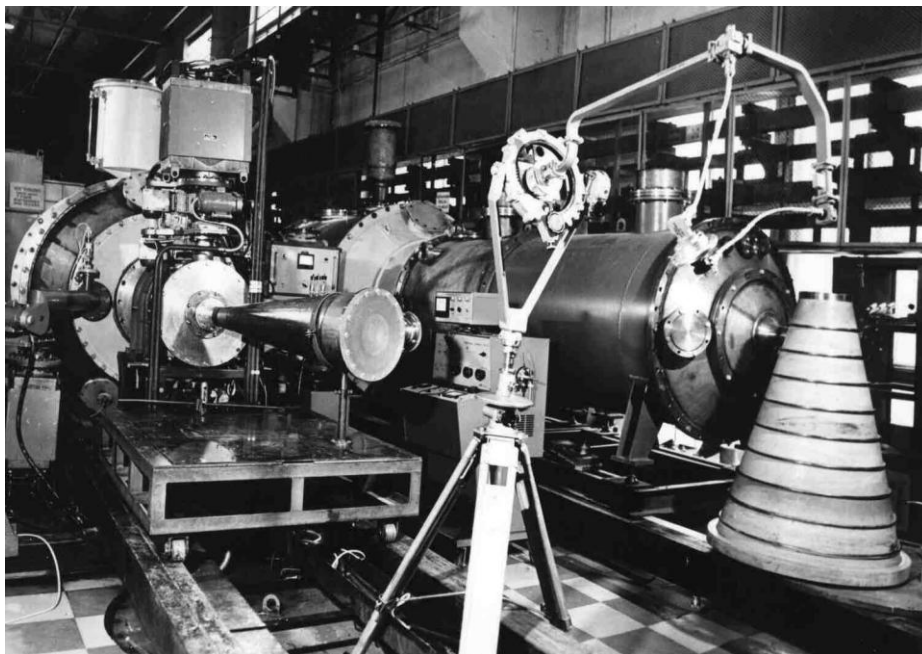


Рис. 2. Загальний вигляд випробування антен на ВС-3

Виникнення одночасно великої кількості ушкоджень пов'язано зі скінченністю часу розвитку локальних деградацій.

По своєму характеру деградації можна розділити на три ступеня: (1) нетривалі функціональні порушення, (2) перманентні стійкі зміни параметрів ВЕТ, (3) катастрофічні незворотні відмови оперування. Для 1 ступеню деградаційні ефекти полягають у: зворотних дефектах структури; електричному пробоеї; утворенню зарядового шару у структурі з наступною релаксацією; часткове оплавлення металізації. Для 2 ступеню деградаційні ефекти поляга-

ють у: зворотних дефектах структури; точковому електричному пробоеї р-п переходу або діелектрика міжшарової ізоляції; утворенню стійкого зарядового шару у структурі; часткове ушкодження у області контактних площин. Для 3 ступеню деградаційні ефекти полягають у: електричному пробоеї р-п переходу з повним руйнуванням області переходу; електричному пробоеї міжшарової ізоляції; розплавлення та ушкодження металізації; випаровування резисторів. Знайдені експериментально напруженості електричного поля, що відповідають цим ступеням деградації ВЕТ.

Висновки

Результати проведених досліджень показали, що найбільш чутливими до дії електромагнітного випромінювання є напівпровідникові елементи, для яких порогові рівні напруженості електричного поля складають біля 100 В/см. Особливістю дії електромагнітного випромінювання з крутим переднім фронтом та ультракороткою тривалістю є польовий механізм, для якого характерні такі прояви: пороговий характер утворення деградацій, велика чисельність пошкоджень навіть протягом однієї експозиції, зонний характер розподілу деградацій на поверхні складних ВЕТ.

Таким чином випробувальні стенди ННЦ ХФТІ з потужними НВЧ-генераторами дозволяють досліджувати фізичні механізми дії потужного електромагнітного випромінювання на РЕА та різні речовини як у режимі довгого імпульсу, так і ультракороткого імпульсу з крутим переднім фронтом.

Список літератури

1. Небабин В.Г., Кузнецов И.Б. Защита РЛС от противорадиолокационных ракет // *Зарубежная радиоэлектроника*. – 1990. – № 5. – С. 67-81.
2. К исследованиям электромагнитной стойкости при короткоимпульсных воздействиях / В.В. Жук, Ю.Ф. Лонин, А.В. Столярчук, Н.И. Слипченко, В.И. Чумаков // *Сб. Механіка та машинобудування*. – Х.: ХДПУ. – 2005. – № 2. – С. 287-295.
3. Блудов С.Б., Гадецкий Н.П., Кравцов К.А. и др. // *Физика плазмы*. – 1994. – Т. 20, № 7,8. – С. 712-717.
4. Егоров А.М., Гавриленко Б.Н., Жук В.В., Карась В.И., Лонин Ю.Ф., Чумаков В.И. // *Сборник научных трудов ХУ ПС*. – Х.: ХУ ПС. – 2006. – № 5. – С. 51-53.

Надійшла до редколегії 19.03.2007

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. В.О. Буц, Національний науковий центр „Харківський фізико-технічний інститут” НАН України, Харків.