

УДК 621.391

Ю. П. Белокурський, В. М. Захаров, В. Є. Козлов, О. О. Щербіна

АНТЕННА СИСТЕМА ЗАГЛУШЕННЯ КАНАЛІВ РАДІОКЕРУВАННЯ ВИБУХОВИМИ ПРИСТРОЯМИ ДЛЯ ПОВІТРЯНОГО НОСІЯ

Розглядається варіант побудови антенної системи генератора завад для блокування радіоканалу керування вибуховими пристроями з установкою на повітряному носії (вертоліт, прив'язний аеростат, повітряний змій, безпілотний літальний апарат).

Постановка проблеми. Військові підрозділи при виконанні миротворчих і поліцейських функцій в нестабільних регіонах світу можуть бути атаковані з боку терористів і членів незаконних збройних формувань (НЗФ). Бойовики використовують автоматичну зброю, снайперські гвинтівки, ручні гранатомети, радіокеровані та дистанційно керовані і автономні (сенсорні) фугаси, саморобні міни з ударним ядром.

Статистика показує, що вибухові радіокеровані пристрої все більш широко застосовують в усьому світі. Перевага застосування дистанційного керування по радіо вибуховими пристроями перед іншими методами керування диверсійними засобами полягає у можливості розташування терориста, який здійснює управління підривом, на достатньому віддаленні від місця закладеного вибухового пристрою, що забезпечує йому безпеку. При цьому терорист може візуально контролювати обстановку навколо замінованого об'єкта для вибору часу підриву. До того ж звичайні способи протидії терористам безсилі перед дистанційно керованими по радіо вибуховими пристроями. Актуальність проблеми вимушує шукати способи протидії, в тому числі й радіотехнічні, таким засобам тероризму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досвід операцій в Іраку, Афганістані і Лівані вказує на те, що атаки із застосуванням керованих по радіо вибухових пристроїв можливі як в міських кварталах, так і поза населеними пунктами. Як правило, це відбувається під час пішого патрулювання, патрулювання на автомобілях (бронетехніці), руху військових колон, інженерної розвідки маршрутів, супроводу конвоїв з гуманітарними вантажами, конвоїв VIP-категорій, охорони місць розмінування мінних полів. Для захисту людей, техніки, вантажів від керованих по радіо вибухових пристроїв широко використовуються генератори завад, що встановлюють на транспорті та бронетехніці. Деякі заходи з підвищення ефективності заглушення радіоканалу керування вибуховими пристроями були запропоновані в [1...4]. Застосування радіоелектронних засобів, в тому числі й засобів радіоелектронного заглушення при виконанні завдань внутрішніх військ МВС України розглянуто у [5]. Питання протидії терористичним групам або НЗФ під час виконання завдань із захисту особливо важливих об'єктів із використанням засобів радіоелектронної боротьби розглянуто у [6]. У [7] розглянуто розміщення засобів заглушення на повітряному носії та обґрунтовано тактичні переваги: можливість супроводжування невеликих, необладнаних засобами заглушення транспортних колон, швидкісного транспорту, оперативна організація супроводження.

Таким чином, нагальним є питання розробки радіотехнічних методів протидії дистанційно керованим по радіо вибуховим пристроям. Одним із варіантів такої протидії може бути застосування передавача радіоелектронних завад, що можливо установити на повітряному носії (вертоліт, прив'язний аеростат, повітряний змій, безпілотний літальний апарат, авіаційна модель). В узагальненому вигляді передавач радіоелектронних завад можна подати у вигляді послідовно сполучених генератора завад, ширококутового підсилювача потужності і антенної системи.

Мета статті – обґрунтування варіанта антенної системи передавача радіоелектронних завад для заглушення радіоканалу керування вибуховими пристроями з установкою антени на повітряному носії.

Виклад основного матеріалу. Антенна система передавача радіоелектронних завад, яка призначена для розміщення на повітряному носії, має відповідати таким загальним вимогам:

- проста конструкція і мінімальна вага;
- мінімальний аеродинамічний опір;
- конічна діаграма спрямованості;
- прийнятний рівень узгодження ($K_{ст}$ не більше 2).

Таким вимогам відповідає наведена на рис. 1 директорна антена із трьох хрестоподібних конструкцій.

Розміри антени для діапазону частот 900 – 1100 МГц такі.

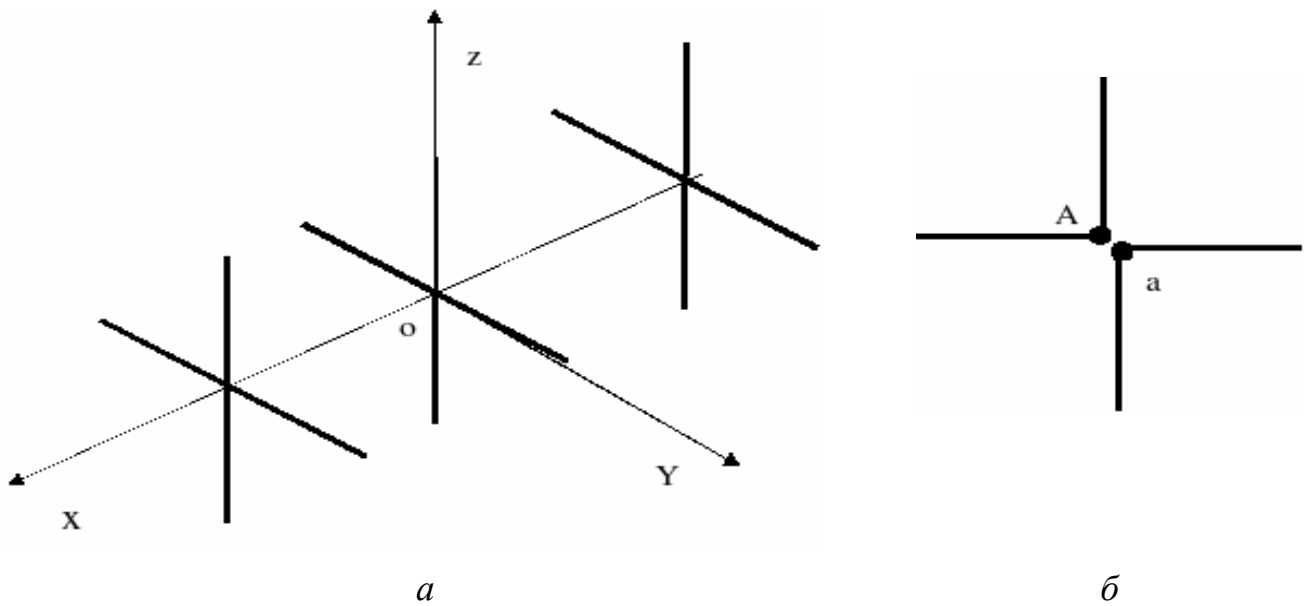


Рис. 1. Директорна антена: *a* – спрощений загальний вигляд, *б* – точки живлення активного елемента

Довжина кожного елемента хрестоподібних конструкцій: першої – 132 мм, другої – 140 мм, третьої – 152 мм. Відстань між першою і другою хрестоподібними конструкціями – 36 мм, між другою і третьою – 60 мм.

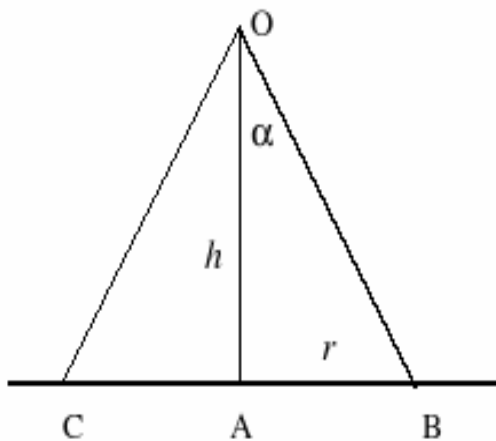


Рис. 2. Зона покриття антени

Рівень випромінювання антени у напрямі О-А (рис. 2) максимальний. У точці А густина потоку потужності визначається потужністю передавача P_e , коефіцієнтом посилення антени G_a і висотою підйому антенної системи h .

Рівень випромінювання у напрямках О-А, О-С, О-В розподіляється відповідно до форми діаграми спрямованості антени. На величину густини потоку випромінювання антени в точці В, віддаленої від точки А на відстань r , також впливає більша ніж h відстань ОВ, що дорівнює $h/\cos\alpha$. Збільшення відстані ОВ зменшує значення густини потоку випромінювання антени у 1,4 рази при куті $\alpha = 45^\circ$. Радіус зони покриття r при такому куті дорівнює висоті підйому антенної системи h .

На рис. 3 та 4 наведені обчислені залежності активного та реактивного складників вхідного опору антени від частоти.

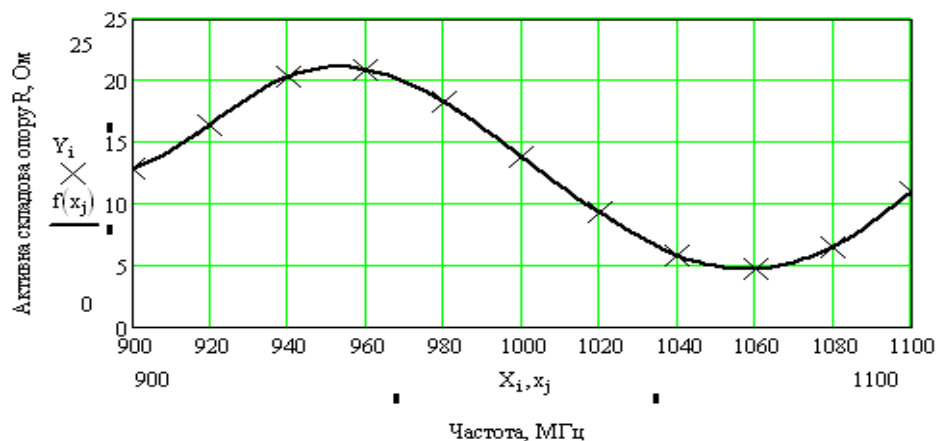


Рис. 3. Залежність активного складника вхідного опору антени $R_{вх}$ від частоти

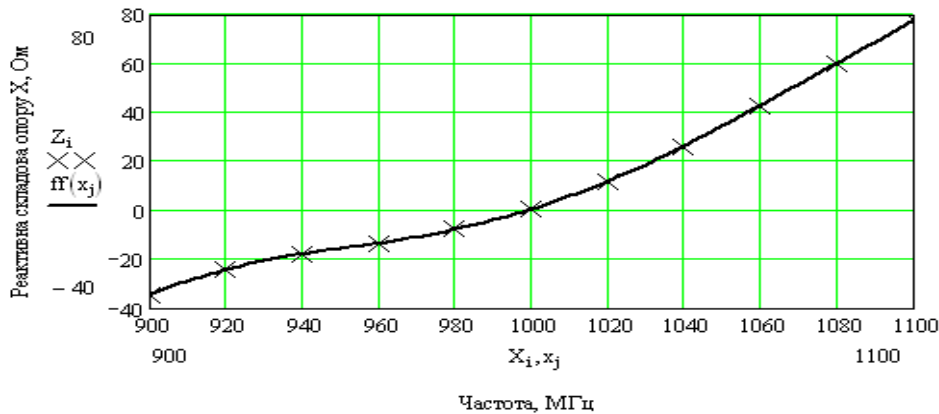


Рис. 4. Залежність реактивного складника вхідного опору антени $X_{вх}$ від частоти

У необхідності узгодження антени з кабелем живлення не має сумніву. Найпростішою схемою такого узгодження є Γ -подібний ланцюг з двох реактивних елементів [8] – паралельного $X_{пар}$ і послідовного $X_{посл}$ (рис. 5).

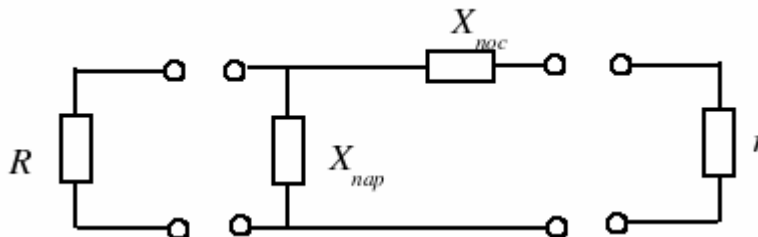


Рис. 5. Загальна схема Γ -подібного ланцюга узгодження

Застосуємо таку схему для узгодження хвильового опору кабелю живлення Z_b вхідним опором антени Z_a . На центральній частоті $F = 1000$ МГц величина опору Z_a дорівнює

$$Z_a = R_a + X_a = 13,8 + j \cdot 0,4 \text{ Ом.}$$

Тоді реактивні опори можуть бути обчислені за формулами:

$$X_{посл} = \sqrt{(R - r)r} = \sqrt{(50,0 - 13,8)13,8} = 22,4 \text{ Ом,}$$

$$X_{пар} = \frac{R}{\sqrt{\frac{R - r}{r}}} = \frac{50}{\sqrt{\frac{50,0 - 13,8}{13,8}}} = 30,9 \text{ Ом.}$$

За відомими $X_{посл}$ та $X_{пар}$ визначають величини індуктивності і ємності, які реалізують значення реактивних елементів.

Якщо $X_{пар}$ реалізований ємністю, то $X_{посл}$ – індуктивністю, і навпаки. Зауважимо, що обидві схеми еквівалентні за своїми трансформуючими властивостями. Таким чином, можна обчислити значення C і L для варіанта схеми, в якій ємність включена паралельно, а індуктивність – послідовно:

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_{пар}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^9 \cdot 30,9} = 5,1 \text{ пФ;}$$

$$L = \frac{X_{посл}}{2\pi \cdot f} = \frac{22,4}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^9} = 3,6 \text{ нГн.}$$

Для іншого варіанта схеми маємо: $X_{посл} = 7,1$ пФ; $X_{пар} = 4,9$ нГн.

Остаточню вибираємо схему, в якій послідовним реактивним елементом є індуктивність. З урахуванням того, що вхідний опір антени Z_a має невеликий індуктивний складник $X_{вх} = 0,4$ Ом,

величина послідовної індуктивності практично не зміниться після урахування значення $X_{вх}$. Отже, для узгоджувального ланцюга маємо $C = 5,1$ пФ, $L = 3,6$ нГн. Такі значення можуть бути реалізовані застосуванням мікросмугових або SMD-елементів.

У табл. 1 наведені розраховані характеристики антени в смузі частот 900...1100 МГц. Використовувані позначення: $R_{вх}$ – активний складник вхідного опору антени; $X_{вх}$ – реактивний складник вхідного опору антени; G – коефіцієнт підсилення антени відносно ізотропного випромінювача; F/B – відношення випромінювання вперед/назад.; $K_{ст\ ну}$ – коефіцієнт стоячої хвилі неузгодженої антени; $K_{ст\ уа}$ – коефіцієнт стоячої хвилі узгодженої антени.

Т а б л и ц я 1

Розраховані характеристики антени в смузі частот 900...1100 МГц

Характеристики антени	Частота, МГц										
	900	920	940	960	980	1000	1020	1040	1060	1080	1100
$R_{вх}$, Ом	12,9	16,4	20,3	20,9	18,3	13,8	9,3	5,8	4,7	6,5	11,0
$X_{вх}$, Ом	-34,7	-24,4	-17,8	-13,5	-7,8	0,42	11,9	26,1	42,8	60,1	77,67
G , дБі	5,21	6,74	7,19	7,26	7,37	7,67	8,19	8,68	7,92	5,59	5,15
F/B , дБ	0,76	4,73	9,09	13,98	21,02	29,10	15,56	8,59	3,40	-0,35	-2,43
$K_{ст\ ну}$	5,83	3,85	2,83	2,59	2,81	3,62	10,94	18,38	18,87	5,83	15,61
$K_{ст\ уа}$	1,48	1,40	1,33	1,28	1,24	1,21	1,21	1,25	1,30	1,37	1,45

Розрахункове значення $K_{ст\ уа}$ не перевищує 1,5. При $K_{ст\ уа} = 2$ частотна смуга антени збільшується на 50 МГц. За результатами вимірювання макета антени з ланцюгом узгодження значення $K_{ст\ уа}$ знаходиться в межах 1,4...1,8, що є прийнятним.

На рис. 6 та 7 наведені графіки розрахованих частотних залежностей коефіцієнтів підсилення і спрямованості.

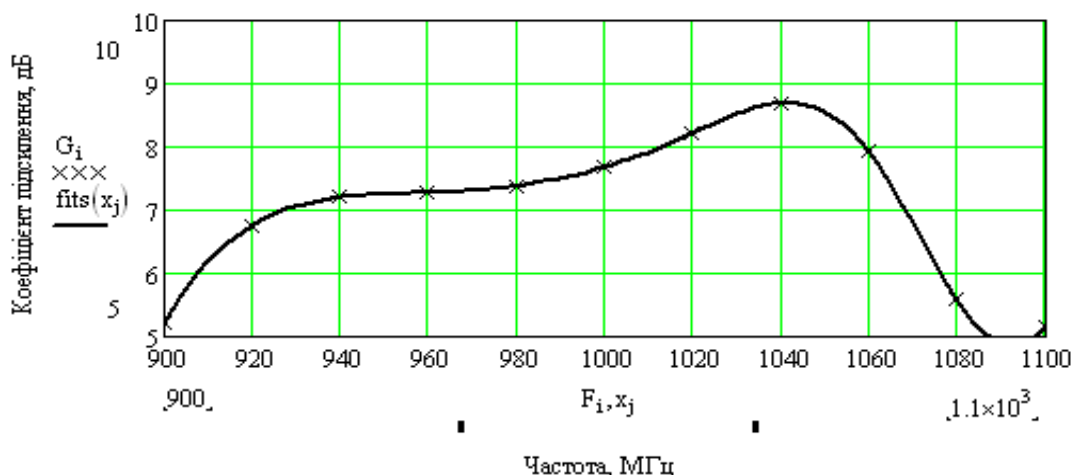


Рис. 6. Залежність коефіцієнта підсилення антени від частоти

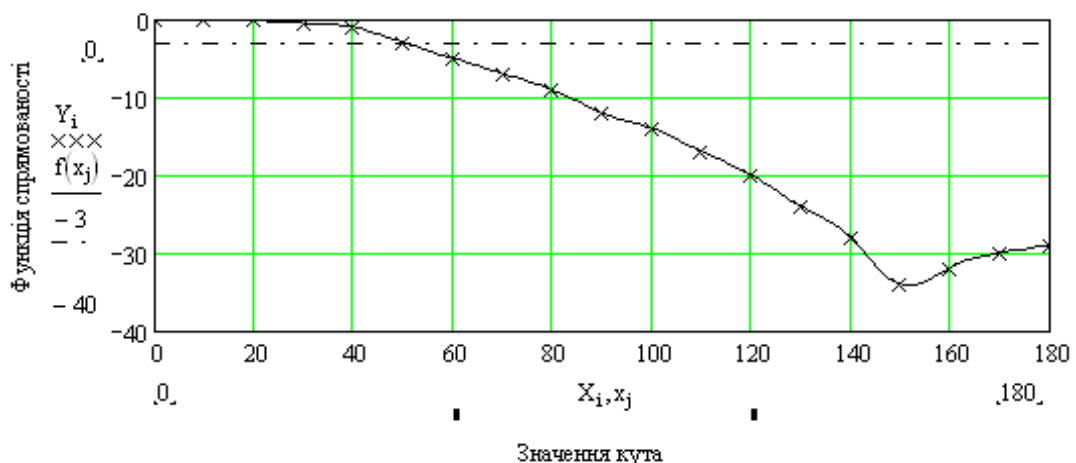


Рис. 7. Функція спрямованості антени

Загальна вага передавача радіоелектронних завад може складати близько 0,25 кг, а елементів живлення – близько 1,2 кг; габарити – приблизно 100 × 250 × 60 мм.

Висновки

Отримані результати моделювання характеристик обраного типу антени підтверджують можливість її використання як антенної системи передавача радіоелектронних завад для заглушення радіоканалу керування вибуховими пристроями. З урахуванням ваги та габаритів розглянутого передавача його можна розмістити на повітряному носії типу вітчизняного безпілотного літального апарата ХАІ-112, вантажопідйомність якого близько 10 кг. Також необхідно розробляти нові форми і способи застосування радіотехнічних методів захисту особового складу та техніки підрозділів силових структур, у тому числі внутрішніх військ МВС України, які під час виконання службово-бойових завдань можуть бути об'єктами атаки терористів або НЗФ.

Список використаних джерел

1. Белокурський Ю. П. Антенна система заглушення радіокерованих вибухових пристроїв / Ю. П. Белокурський, В. Є. Козлов, В. В. Поповський, О. О. Щербіна // Зб. наук. пр. Акад. ВВ МВС України. – Вип. 1 – 2. – Х., 2007. – С. 20 – 23.
2. Белокурський Ю. П. Аналіз ефективності засобів електронної боротьби для захисту військ на марші від радіокерованих вибухових пристроїв / Ю. П. Белокурський, В. Я. Фролов, О. О. Щербіна, А. В. Толстой // Зб. наук. пр. Одеського ін-ту сухопутних військ. – № 13. – О., 2007. – С. 18 – 20.
3. Белокурський Ю. П. Аналіз можливостей електромагнітного заглушення радіокерованих вибухових пристроїв / Ю. П. Белокурський, В. Є. Козлов, В. В. Поповський, О. О. Щербіна // Зб. тез доповідей наук.-практ. конф. Акад. ВВ МВС України. – Х. : 2007. – С. 31 – 33.
4. Певцов Г. В. Вітчизняні засоби захисту об'єктів від радіокерованого підризу та основні способи їх бойового застосування / Г. В. Певцов, С. В. Пшеничних, А. З. Поточняк // Честь і закон. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2006. – № 2. – С. 32 – 37.
5. Захаров В. М. Застосування радіоелектронних засобів при проведенні спеціальних операцій внутрішніми військами МВС України / В. М. Захаров, М. Г. Русанов // Честь і закон. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2004. – № 4. – С. 27 – 37.
6. Снігуров А. В. Особливості ведення радіоелектронної боротьби при захисті важливих об'єктів від терористичних груп / А. В. Снігуров, М. Г. Русанов, І. С. Добринін, В. М. Захаров, В. І. Писаревський, А. М. Бовкун, В. П. Фінаєв // Честь і закон. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2006. – № 1. – С. 39 – 43.
7. Аэродинамически забрасываемые передатчики помех и комплексы РЭБ на их основе: Проспект Мілех-2003. – Минск : АЗПП “Мошкарец”, 2003. – 116 с.
8. Грановская Р. А. Расчет каскадов радиопередающих устройств / Р. А. Грановская. – М. : Изд-во МАИ, 1993. – 128 с.

Стаття надійшла до редакції 13.09.2010 р.