

УДК 621.391

Ю. П. Белокурський, О. М. Горбов, О. Ю. Іюхов, В. Є. Козлов, О. О. Щербина

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІМПРОВІЗОВАНИХ АНТЕН КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ПІДРОЗДІЛІВ СИЛ ОХОРОНИ ПРАВОПОРЯДКУ

Розглянуто питання аналітичного моделювання випромінювачів імпровізованих антен для системи радіозв'язку сил охорони правопорядку.

К л ю ч о в і с л о в а: охорона правопорядку, радіозв'язок.

Постановка проблеми та аналіз публікацій. Тактика підрозділів сил охорони правопорядку (СОП) у ході виконання службово-бойових завдань визначена умовами їх застосування: необхідністю захисту радіоканалів зв'язку, радіомаскування і заглушування радіозв'язку порушника в локалізованому просторі обмежених розмірів. Це своєю чергою обумовлює вимоги до системи зв'язку, зокрема до використовуваних антен. Антенні системи для виконання зазначених завдань можуть бути спільними. Як такі антени можна використовувати імпровізовані пристрої, діаграмоутворюючими поверхнями яких слугують поверхні автобронетехніки та (або) спорядження бійців підрозділів СОП [1, 2, 3]. Для потреб зв'язку можна використовувати засоби діапазонів UHF, GSM 900, GSM 1800; порушник також має можливість використовувати засоби Hi-Tech. Енергетика сигналів захисту і заглушування визначається відстанню, характеристиками направленості антен, динамічним діапазоном приймальної апаратури, втратами на трасі проходження радіохвиль, обумовленими рельєфом, забудовою, наявністю рослинності, людей, а також розміщенням самих засобів заглушування – з одного, двох, трьох напрямків, зверху, під кутом, на площині. Обов'язковою умовою є дотримання чинних екологічних норм і забезпечення електромагнітної сумісності: мінімізація завад засобам державних військових формувань та установ, радіозасобам цивільного призначення.

Усе викладене обумовлює **актуальність і мету статті** – визначити напрямки удосконалення імпровізованих антен системи радіозв'язку підрозділів СОП.

Виклад основного матеріалу. Антенний пристрій ультракороткого та вищих діапазонів зазвичай складається з металевого дзеркала і лінійного випромінювача у вигляді одного або декількох оснащених контррефлекторами симетричних електричних або щілинних вібраторів, розташованих уздовж фокальної осі дзеркала [4, 5]. В імпровізованій антені як дзеркало можна використовувати протиударний щит типу “Форт-ЩП” вітчизняного виробництва [6], виготовлений з алюмінієвого сплаву. Розрахунки показують, що форма циліндричної поверхні щита практично не відрізняється від поверхні параболічного циліндра. Така подібність поверхонь зумовлює практичну ідентичність направлених властивостей випромінювача з дзеркалом у вигляді циліндра або параболічного циліндра за рівних апертур та інших ідентичних умов. Також зазначимо, що характеристики направленості параболічного циліндра і антени з кутиковим дзеркалом таких самих розмірів приблизно однакові, їх розраховують за однаковими формулами [5, с. 279]. Натурний експеримент показав, що діаграма направленості імпровізованої антени з випромінювачем – штировою антеною радіостанції “Kenwood”, дещо відрізняється від теоретичної.

Розглянемо варіант побудови імпровізованої антени з симетричним вібратором, закріпленим на металевому екрані за допомогою металевого ізолятора, та живленням через коаксіальний кабель.

Безпосереднє приєднання коаксіального кабелю до пліч вібратора порушує симетрію струмів і призводить до появи струму на зовнішній поверхні екрана кабелю [4]. Тому доцільно використовувати симетруючий пристрій, як показано на рис. 1: центральний провідник кабелю з'єднується з правою половиною вібратора 1 і з металевим стрижнем 2, довжина якого $h = \lambda/4$, та який з'єднаний з дзеркалом 3 антени, як і екран коаксіального кабелю. Таким чином, обидві половини вібратора симетричні відносно оболонки коаксіального кабелю.

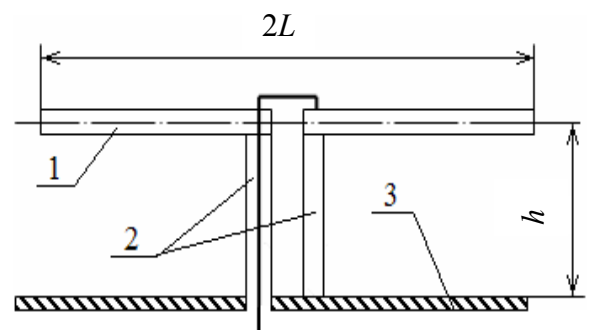


Рис. 1

Експеримент, проведений за допомогою ЕОМ, показав, що в розглянутому частотному діапазоні існує високий рівень неузгодженості антени з п'ятидесятичним кабелем. Отже, необхідно розширити смугу пропускання (робочих частот). Для цього зазвичай використовують випромінювачі зі зменшеним за рахунок збільшення поперечного перерізу хвильовим опором (рис. 2): *a* – циліндричні; *б* – дротяні; *в* – трикутні суцільнометалеві; *з*, *д* – трикутні дротяні.

На практиці надають перевагу дротяним вібраторам трикутної форми з кутом при вершині 60° (рис. 3). Довжина вібратора $2L = 0,39\lambda_0$, довжина центральної частини $0,1\lambda_0$.

У ході експерименту змінювали висоту *h* вібратора над екраном. Результати розрахунків наведено в табл. 1. Як видно з табл. 1, у діапазоні зміни висоти вібратора над екраном $(0,3... 0,38)\lambda_0$ комплексний вхідний опір змінюється незначно, залишаючись індуктивним, але при значенні $h \geq 0,38\lambda_0$ значно розширюється діаграма направленості в *H*-площині. Крім того знижується коефіцієнт підсилення і співвідношення випромінювання “вперед-назад” *F/B*, що визначає захищеність антени у цих напрямках. Для $h = 0,38\lambda_0$ вхідний опір вібратора складає $(65,7 + i11,4)$ Ом, що відповідає вхідній провідності $(0,971 - i0,029)$ Сім.

Ескізні розрахунки показують, що вхідна провідність короткозамкненого відрізка довгої лінії порядку $(0,35... 0,38)\lambda_0$ має уявну частину такого ж порядку, але протилежного знака. Включення такого відрізка між плечима вібратора забезпечує часткову компенсацію і, як наслідок, розширення смуги робочих частот.

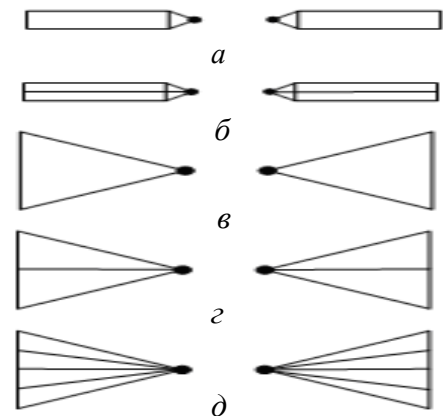


Рис. 2

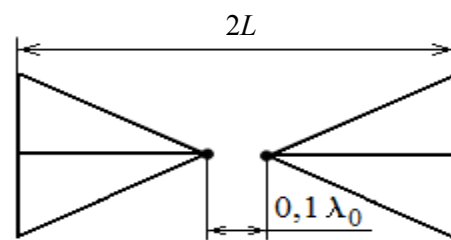


Рис. 3

Таблиця 1

h/λ_0	$R_{вх}, \text{ Ом}$	$X_{вх}, \text{ Ом}$	$K_{СТ}$	$G_a, \text{ дБ}$	$F/B, \text{ дБ}$	$2\theta_H, ^\circ$	$2\theta_E, ^\circ$
0,20	70,1	+52,6	2,51	8,38	15,28	170	104
0,25	77,8	+38,7	2,11	7,97	14,37	180	104
0,30	77,4	+25,0	1,80	7,32	12,90	220	112
0,35	71,8	+14,9	1,54	6,31	10,81	230	120
0,38	65,7	+11,4	1,40	5,46	9,16	250	120

Закріплення пліч дротяного вібратора над екраном так, як показано на рис. 1, забезпечує симетрування. Вхідний опір чвертьхвильових закорочених на кінці металевих ізоляторів, як відомо, теоретично дорівнює нескінченності. Їх вхідна провідність компенсує реактивність вхідної провідності випромінювача. Найкращі результати широкосмугового погодження отримані за умови, коли довжина плеча вібратора $0,195\lambda_0$, а висота стійок дорівнює $0,375\lambda_0$ (3/8 середньої довжини хвилі).

Для розглянутого вібратора, розраховані в результаті машинного експерименту параметри, в залежності від висоти *h* розміщення над екраном та від довжини хвилі λ , наведені відповідно в табл. 2 і 3.

Таблиця 2

h/λ_0	$R_{вх}, \text{ Ом}$	$X_{вх}, \text{ Ом}$	$K_{СТ}$	$G_a, \text{ дБ}$	$F/B, \text{ дБ}$	$2\theta_H, ^\circ$	$2\theta_E, ^\circ$
0,20	56,9	+34,1	1,90	8,52	15,58	170	100
0,30	99,1	+99,8	4,30	6,74	11,85	206	132
0,35	105,9	+29,0	2,32	6,02	10,28	236	124
0,38	91,2	+12,7	1,87	5,24	8,70	256	132
0,45	62,8	+5,1	1,28	5,02	4,23	260	132
0,50	49,4	+9,0	1,20	5,29	*	270	130

* Провал головної пелюстки діаграми направленості до рівня -10 дБ.

Таблиця 3

λ/λ_0	R_{ex} , Ом	X_{ex} , Ом	K_{CT}	G_a , дБ	F/B , дБ	$2\theta_H$, °	$2\theta_E$, °
1,17	127,0	-64,0	3,29	6,10	11,55	220	130
1,11	100,0	-29,0	2,13	5,93	11,12	224	130
1,06	91,7	-6,9	1,85	5,70	10,60	230	130
1,0	88,7	+8,3	1,80	5,45	10,00	234	130
0,975	88,1	+21,0	1,91	5,29	9,30	240	130
0,936	88,9	+32,5	2,10	5,21	8,38	248	130
0,9	92,8	+41,6	2,30	5,18	7,37	250	130
0,836	97,5	+53,7	2,68	5,52	7,30	**	130

** Провал головної пелюстки діаграми направленості до рівня -2 дБ.

Порівняння результатів, наведених у табл. 1 і 2, показує їх незначну розбіжність. З табл. 3 також випливає, що отриманий коефіцієнт перекриття за частотою, який дорівнює 1,4, достатній для практичного використання антен.

Розрахунки також показали, що ширина полотна, наприклад, кутикової антени, за якої мінімізується випромінювання у зворотному напрямку, повинна на 20 % перевищувати довжину вібратора випромінювача. Довжину полотна вибирають в межах $(0,5 \dots 2,0)\lambda$. У табл. 4 наведена залежність між кутом φ розкриття і відстанню S від кута антени до випромінювачів, яка справедлива і для імпровізованих антен.

Таблиця 4

φ	Межі вибору S
45°	$0,5 < S/\lambda < 1$
60°	$0,35 < S/\lambda < 0,75$
90°	$0,18 < S/\lambda < 0,4$
180°	$0,1 < S/\lambda < 0,3$

Висновки

Методом аналітичного моделювання з використанням ЕОМ досліджено характеристики декількох варіантів симетричних випромінювачів на основі півхвильового вібратора, що можуть бути використані як одиночні або як випромінювачі антенної решітки кутикових антен, антен з циліндричною, параболічною або плоскою поверхнею дзеркала, а також в імпровізованих антенах для захисту інформації, радіозв'язку, радіомаскування і заглушування засобів зв'язку порушників.

Список використаних джерел

1. Белокурський, Ю. П. Антенна система заглушення радіокерованих вибухових пристроїв [Текст] / Ю. П. Белокурський, В. Є. Козлов, В. В. Поповський, О. О. Щербіна // Збірник наукових праць Академії ВВ МВС України. – 2007. – Вип. 1–2 (9–10). – С. 20–23.
2. Захист інформації у каналах управління підрозділами внутрішніх військ МВС України [Текст] / Ю. П. Белокурський, О. М. Горбов, О. Ю. Іохов та ін. // Збірник наукових праць Академії ВВ МВС України. – 2013. – Вип. 1(21). – С. 63–65.
3. Белокурський, Ю. П. Дослідження імпровізованих діаграмоутворюючих пристроїв для захисту інформації [Текст] / Ю. П. Белокурський, В. Є. Козлов, В. В. Лищенко, О. О. Щербіна // Зб. тез наук.-практ. конф. Акад. внутр. військ МВС України, Харків, 30 березня 2011 р. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2011. – С. 65.
4. Антенны УКВ [Текст] : в 2 ч. / под ред. Г. З. Айзенберга. Ч. 2. – М. : Связь, 1977. – 384 с.
5. Кочержевский, Г. И. Антенно-фидерные устройства [Текст] / Г. И. Кочержевский. – М. : Связь, 1972. – 472 с.
6. Оружие [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.liveinternet.ru>. – Название с экрана.

Стаття надійшла до редакції 06.09.2014 р.