

І.В. Бурлай, ад'юнкт (Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля)

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕНО-ФІДЕРНИХ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ

В роботі розглядається проблема дослідження існуючих конвенціональних систем радіозв'язку аварійно-рятувальних підрозділів та знаходження шляхів для підвищення їх експлуатаційних характеристик.

Актуальність роботи. Створення нових підходів до організації та удосконалення системи управління оперативною діяльністю підрозділів Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (МНС) в багаторівневій структурі сучасних телекомунікаційних систем є в даний час однією із актуальних проблем і дає можливість значного резерву підвищення ефективності управління аварійно-рятувальними підрозділами МНС [1]. Важливою ланкою в автоматизованих системах управління (АСУ) є засоби передачі інформації. Апаратура передачі інформації необхідна в спеціалізованих інформаційних системах, таких як автоматизована система оперативного управління (АСОУ) підрозділами оперативно-рятувальної служби (ОРС) МНС. На сьогодні дослідження і вирішення питань, пов'язаних зі створенням методики аналізу системи зв'язку та її модернізацією, є необхідним кроком в напрямку покращення технічного оснащення оперативно-рятувальної служби.

Постановка та аналіз проблеми. Діяльність підрозділів ОРС пов'язана з виконанням широкого спектра завдань, які вимагають відповідного інформаційного забезпечення. Для організації оперативного зв'язку найбільш широко застосовуються системи професійного рухомого радіозв'язку (СПР або PMR - Private mobile radio – приватний (професійний) рухомий радіозв'язок).

Проте, стан забезпеченості професійним мобільним радіозв'язком та його якість в МНС знаходиться на рівні середини ХХ сторіччя за технічним оснащенням та за рівнем організації. Тому є малоімовірною, у випадку виникнення надзвичайної ситуації великого масштабу, організація якісного зв'язку з чітко визначеною ієрархією в межах однієї служби, не кажучи вже про організацію взаємодії між декількома службами, наприклад підрозділами МНС, Міністерства внутрішніх справ та підрозділами швидкої допомоги. Тому постає питання розробки та впровадження таких систем зв'язку, які адекватні завданням, що покладено на аварійні підрозділи.

Можливим варіантом розвитку систем радіозв'язку є використання СПР на базі цифрових транкових систем (Tetrapol, APCO 25, TETRA тощо), які розроблялися із врахуванням досвіду експлуатації систем радіозв'язку силовими підрозділами.

Не можна розглядати як альтернативу СПР використання загальнодоступних засобів стільникового зв'язку. Так наприклад під час руйнування Всесвітнього торгового центру в Нью-Йорку у вересні 2001 року компанія Verizon, найбільший провайдер послуг зв'язку, втратила 200 тис. телефонних ліній, 150 тис. ліній відомчих автоматичних телефонних станцій, 3,7 млн. ліній передачі даних (data circuits) і 10 стільникових ретрансляторів. Ці втрати стосувалися понад 30 тис. абонентів [2].

Проте, розгортання повномасштабної системи цифрового транкового радіозв'язку потребує значних капіталовкладень та часу. Тому в даний час, *постає проблема дослідження існуючих конвенціональних систем радіозв'язку ОРС МНС та знаходження шляхів для підвищення їх експлуатаційних характеристик.*

Уточнення завдання. В підрозділах ОРС експлуатується конвенціональна система радіозв'язку в ультракороткохвильовому (УКХ) діапазоні. Для організації зв'язку

використовуються стаціонарні базові станції та мобільні радіостанції встановлені на автомобілях.

Базові антенні пристрої (рис. 1а) є широкодіапазонними, тобто забезпечується прийнятний рівень експлуатаційних характеристик в достатньо широкому радіочастотному діапазоні (до 30 МГц). Це дозволяє використовувати їх при перестроюванні з основних робочих частот на резервні, або при роботі на інших частотах при взаємодії з підрозділами МВС, швидкої допомоги тощо, без погіршення тактико-технічних характеристик комплексів радіозв'язку в цілому. Для забезпечення роботи мобільних радіостанцій використовують в основному вертикальний чвертьхвильовий штир (рис. 1 б, рис. 2).

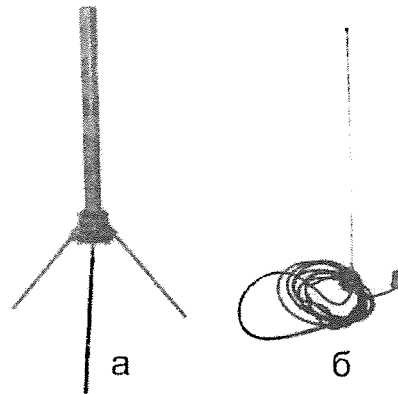


Рис. 1. Антенні пристрої: а – базової радіостанції, б – мобільної радіостанції

Довжина чвертьхвильового штиря розраховується на одну робочу частоту. Але зважаючи на особливості діяльності підрозділів ОРС, може виникати необхідність роботи на суміжних частотах або в певному радіочастотному діапазоні для забезпечення взаємодії з спеціальними службами. Таким чином, виникає необхідність дослідження характеристик антенно-фідерних пристроїв мобільних радіостанцій в межах розширеного діапазону, необхідного для забезпечення сумісної роботи підрозділів ОРС зі службами взаємодії.

Вирішення завдання. Чвертьхвильовий штир складається із вертикально розміщеного вібратора, електрична довжина якого рівна $\lambda/4$ (λ - довжина електромагнітної хвилі, м). Як відомо, найкоротша передавальна антена повинна мати довжину $\lambda/2$.

$\lambda/4$ штир також є напівхвильовим випромінювачем; чвертьхвильовий відрізок вібратора, якого немає, утворюється дзеркальним відображенням антени (рис. 2).

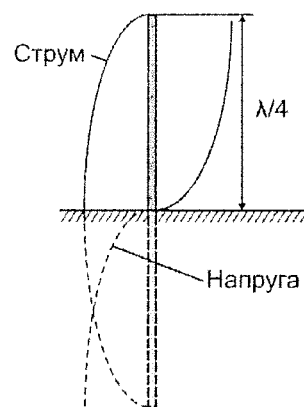


Рис. 2. Вертикальний чвертьхвильовий штир

В основу систем радіозв'язку АСОУ ОРС покладено енергетичний розрахунок умов забезпечення встановлення зв'язку, який проводиться за формулою Введенського [3]:

$$E = \frac{4\pi\sqrt{60P \cdot D}}{\lambda r^2} h_1 h_2,$$

де E – напруженість електричного поля, створюваного радіопередавачем в точці прийому, $мкВ/м$; P – потужність, яка випромінюється антеною радіопередавача, $Вт$; h_1 та h_2 – висоти підйому антени передавача та приймача, $м$; r – відстань між передавачем та приймачем, $км$; D – коефіцієнт спрямованої дії передавальної антени.

З виразу видно, що умови забезпечення радіозв'язку перебувають в залежності від потужності P передавача, яка може бути суттєво знижена в тракці антено-фідерної лінії, внаслідок поганого узгодження лінії передачі з антеною (рис. 3).

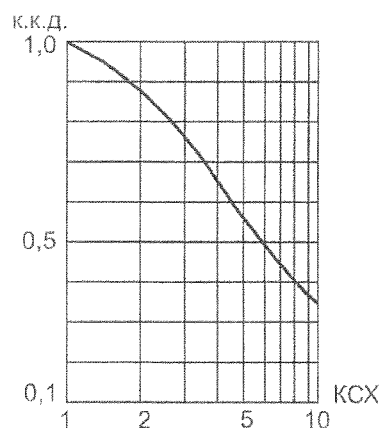


Рис. 3. Коефіцієнт корисної дії потужності лінії передачі в залежності від неузгодження між генератором та навантаженням [4]

Показником, який характеризує ступінь узгодження генератора та лінії передачі є коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ). В свою чергу, КСХ залежить від узгодження електричних розмірів вібратора з частотою генератора (за умови відповідності даних параметрів $\hat{E}\hat{N}\hat{O} \rightarrow 1$ [4]).

Для розрахунку УКХ чвертьхвильових вібраторів використовують спрощену формулу [4]:

$$l = \frac{141}{2f}, \quad (1)$$

де l - довжина вібратора, $м$; f - частота, $МГц$.

Для вирішення завдання дослідження характеристик антено-фідерних пристроїв мобільних радіостанцій шляхом комп'ютерного моделювання було використано оболонку MMANA 2.03 з обчислювальним ядром MININEC3. Достовірність отриманих даних в результаті комп'ютерного моделювання підтверджується багаторічною професійною перевіркою на практиці [5].

Крок 1. Спочатку перевірялася точність формули (1) для розрахунку геометричних розмірів антен. В оболонці MMANA 2.03 була створена модель чвертьхвильового вібратора (рис. 4), матеріал – залізо, товщина вібратора – 1,5 $мм$. За формулою (1) для діапазону робочих частот 145-150 $МГц$ з кроком 1 $МГц$ знайдено відповідні довжини вібраторів l (табл.1).

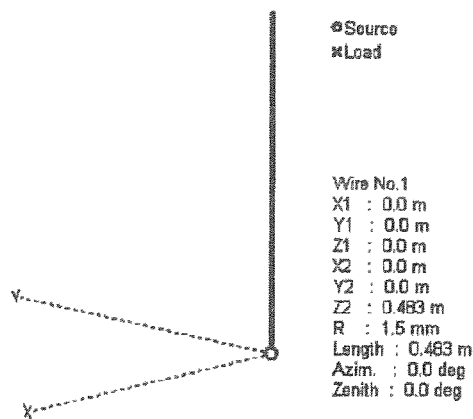


Рис. 4. Модель чвертьхвильового вібратора представлена в оболонці MMANA 2.03

Крок 2. Після цього в оболонці MMANA 2.03 на ядрі MININEC3 було проведено моделювання роботи чвертьхвильового штиря із розрахованими значеннями довжини на відповідних частотах. Як результат, отримано значення КСХ для кожного випадку комп'ютерного моделювання, результати занесено до таблиці 1.

Таблиця 1

Отримані за допомогою комп'ютерного моделювання значення КСХ для вібраторів розрахованих за формулою (1)

| № п/п | Робоча частота, МГц | Довжина вібратора, м | КСХ |
|-------|---------------------|----------------------|------|
| 1 | 145 | 0,4862 | 1,41 |
| 2 | 146 | 0,4829 | 1,41 |
| 3 | 147 | 0,4796 | 1,41 |
| 4 | 148 | 0,4764 | 1,41 |
| 5 | 149 | 0,4732 | 1,41 |
| 6 | 150 | 0,4700 | 1,41 |

Крок 3. За допомогою вбудованої в оболонку функції оптимізації антено-фідерних систем було проведено розрахунку з метою підвищення к.к.д. системи. Отримані результати було зведено до таблиці 2.

Таблиця 2

Отримані за допомогою оптимізації значення КСХ та геометричні розміри для чвертьхвильового вібратора

| № п/п | Робоча частота, МГц | Довжина вібратора, м | КСХ |
|-------|---------------------|----------------------|------|
| 1 | 145 | 0,4966 | 1,28 |
| 2 | 146 | 0,4932 | 1,28 |
| 3 | 147 | 0,4898 | 1,28 |
| 4 | 148 | 0,4865 | 1,28 |
| 5 | 149 | 0,4832 | 1,28 |
| 6 | 150 | 0,4800 | 1,28 |

Крок 4. За результатами порівняння даних таблиці 1 та 2 було зроблено поправку розрахункової формули для визначення довжини антени типу чвертьхвильовий штир:

$$l = \frac{144}{2f} \quad (2)$$

Крок 5. Наступним етапом дослідження антено-фідерних пристроїв системи рухомого радіозв'язку стало дослідження моделей антен з метою виявлення максимальної ширини робочої смуги на якій зберігаються прийнятні характеристики узгодження лінії передачі та генератора ($\hat{E}\tilde{N}\tilde{O} < 2$).

В якості першої антени досліджувалася модель з такими характеристиками: резонуюча частота – 148,5 МГц; геометрична довжина – 0,4848 м; товщина вібратора – 1,5 мм; матеріал – залізо. Для обох випадків в якості землі використовувалися реальні значення діелектричної проникності середовища $\epsilon = 13$ та провідності $mS/m = 5$ (середня якість землі).

В результаті комп'ютерного моделювання отримано графік залежності КСХ антени від частоти генератора в досить широкому діапазоні 137,5-159,5 МГц (рис. 5).

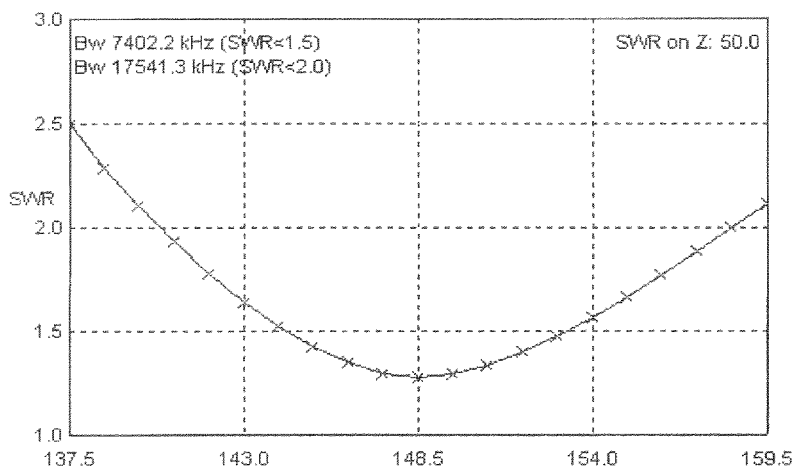


Рис. 5. Графік залежності КСХ АФП від частоти для вібратора товщиною 1,5 мм

В інших випадках проводилося моделювання вібратора із збільшеною товщиною до 10 та 15 мм. При цьому, було проведено оптимізацію геометричних розмірів антени з метою приведення їх до резонуючої частоти 148,5 МГц (рис. 6).

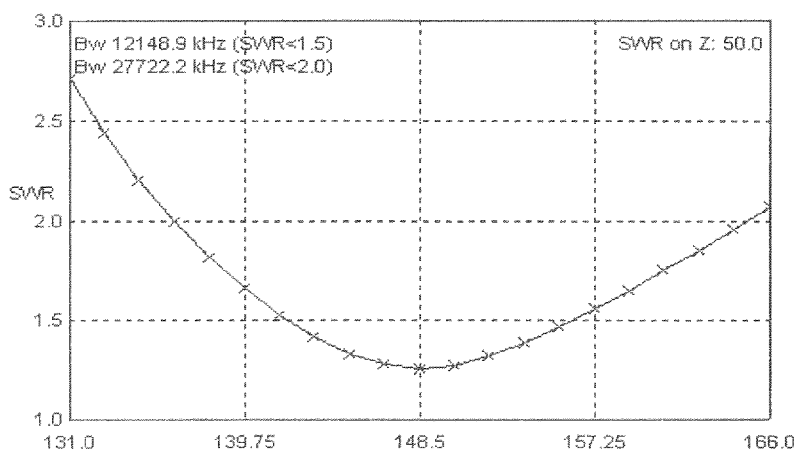


Рис. 6. Графік залежності КСХ АФП від частоти для вібратора товщиною 10 мм

Зведені характеристики роботи антено-фідерних систем отримані в результаті моделювання подано в таблиці 3.

Таблиця 3

Характеристики роботи АФП отримані в результаті комп'ютерного моделювання

| | Товщина вібратора, мм | Геометричні розміри вібратора, м | Резонуюча частота, МГц | КСХ на резонуючій частоті | Ширина діапазону де $\hat{E}\hat{N}\hat{O} < 1,5$, МГц | Ширина діапазону де $\hat{E}\hat{N}\hat{O} < 2$, МГц |
|---------------------|-----------------------------|--|---------------------------|---------------------------------|--|--|
| Модель антени №1 | 1,5 | 0,4848 | 148,5 | 1,28 | 7,4022 | 17,5413 |
| Модель антени №2 | 10 | 0,4825 | 148,5 | 1,26 | 12,1489 | 27,7222 |
| Модель антени №3 | 20 | 0,4850 | 148,5 | 1,11 | 18,9148 | 35042,1 |

Висновки. За результатами комп'ютерного моделювання, даних таблиць 1, 2, 3 та з наведених на рис. 5, 6 графіків залежності КСХ можна зробити такі висновки:

1. Для уточнення розрахункових формул геометричних розмірів антен для конкретного робочого діапазону може бути використана спеціалізована програмна оболонка ММАНА 2.03 ядра MININEC3.

2. Типові антени (товщина вібратора 1,5-2 мм) мобільних УКХ радіостанцій мають достатньо вузький діапазон робочих частот (де $\hat{E}\hat{N}\hat{O} < 2$) і не можуть задовольнити специфічних вимог продиктованих можливістю роботи радіостанцій ОРС на частотах служб взаємодії (з різницею в рознесенні частот більше 15-20 МГц).

3. Для збільшення робочого діапазону антен мобільних радіостанцій потрібно використовувати вібратор із збільшеним до 10-20 мм значенням товщини (подальше збільшення товщини вібратора ускладнене конструктивним виконанням антени та її кріплення а також особливостями експлуатації).

4. Для забезпечення сумісної роботи аварійно-рятувальних підрозділів ОРС зі службами взаємодії слід провести узгодження вибору резонуючої частоти антени та її геометричних розмірів (товщини) відповідно до Національної таблиці розподілу радіочастот (з метою охоплення робочих частот підрозділів ОРС та інших відомств робочою смугою антени де $\hat{E}\hat{N}\hat{O} < 2$).

ЛІТЕРАТУРА

1. Комплексна програма розвитку системи зв'язку, оповіщення та інформатизації МНС України на 2004-2010 роки від 04.03.04 №109-р.
2. Електронний ресурс: <http://www.sagatelecom.ru/>
3. Шаровар Ф.И. Автоматизированные системы управления и связь в пожарной охране.- М.: ВИПТШ МВД СССР/Радио и связь, 1987.- 304 с.
4. Ротхаммель К. Антенны: Пер. с нем. – 3-е изд., доп. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.
5. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ. Часть 1. Компьютерное моделирование. ММАНА. – М.: ИП РадиоСофт, Журнал «Радио», 2004. – 128 с.