

6. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. Москва. Радио и Связь, 1986. С. 325.
7. Стручев В.Ф. Методы цифровой обработки РЛС сигналов. Москва. Радио и связь, 1984. С. 288.

Бычков В.Е., Мрачковский О.Д., Правда В.И. Современные устройства оптимальной фильтрации для активной радиолокационной системы. Рассмотрен принцип построения согласованного фильтра и коррелятора, для активной радиолокационной системы использующей широкополосный псевдошумовой сигнал. Представлен пример построения тракта на базе микросхем программируемой логики.	Bychkov V.E., Mrachkovsky O.D., Pravda V.I. Modern devices of optimum filtration for the active radar system. The principle of construction the matched filter and correlator, for the active radar system operating with a broadband noise signal is esteemed. The example of construction a chan-nel of processing on the basis of microcircuits of a programmed logic (PLD) is shown.
--	--

Надійшла до редакції 20 травня 2006 року

УДК 621.396

ВИКОРИСТАННЯ ПАСИВНИХ РАДІОПОДОВЖУВАЧІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ В МІСЦЯХ З ВАЖКОДОСТУПНИМ ПРОХОДЖЕННЯМ РАДІОХВИЛЬ

Корбут В.М., Піддубний В.О.

Розглянуто питання побудови пасивних радіоподовжувачів стільникових систем зв'язку. Описані конструкції антенно-фідерних пристроїв, приведені їх основні характеристики.

Вступ

Дециметрові хвилі (ДЦХ), в діапазоні яких працюють стільникові системи зв'язку NMT (453 - 457,5 МГц та 463 - 467,5 МГц), GSM - 900 (890 - 915 МГц та 935 - 960 МГц) та GSM - 1800 (1755 - 1765 МГц та 1850 - 1860 МГц), мають значний коефіцієнт згасання при проходженні крізь бетонні стіни приміщень. Це завдає ряд незручностей користувачам мобільних телефонів, тому що навіть в місцях, де розгорнуто декілька мереж та покриття стільниками достатнє, є зони, в яких зв'язок нестійкий або відсутній взагалі. В таких приміщеннях для забезпечення зв'язку слід шукати зону з достатнім для роботи телефону рівнем сигналу, що досить незручно, а іноді і неможливо.

Це пояснюється тим, що при майже однаковій чутливості приймачів базової (БС) та мобільної (МС) станцій, потужності їх передавачів значно відрізняються. Рівень сигналу БС, в більшості випадків, достатній для про-

ведення сеансу зв'язку з МС навіть після проходження крізь стіну. В той же час слабкий вихідний сигнал МС затухає настільки, що його рівня не достатньо для стійкого зв'язку з БС. Тому доводиться шукати таку зону в приміщенні, в якій сигнал, що випромінюється МС, в напрямку БС був би послаблений мінімально, наприклад, біля вікна.

Навіть на території з гарантованим покриттям існують місця, в яких досягти гарантованого зв'язку навіть зміною зони розташування МС не можливо. Це практично радіонепрозорі залізобетонні підвали, в яких дуже часто розташовуються різні заклади, наприклад кафе, офіси, різні контори та інше.

Постановка задачі

Забезпечення гарантованого зв'язку в таких випадках здійснюється ретрансляторами-репітерами (РР). Використання РР для багатьох користувачів мобільних телефонів не завжди можливе з фінансових міркувань, тому що вартість РР лежить в межах від 500 до 700 \$. Для невеликої групи користувачів зв'язок можна забезпечити за допомогою пасивних радіоподовжувачів (ПРП). Відомі ПРП [1] в своєму складі мають направлену високопідняту та слабконаправлену внутрішню антени, які з'єднанні між собою коаксіальним кабелем. Таке рішення обмежує користувачів в виборі оператора мобільного зв'язку, тому що не дозволяє одночасно працювати з кількома операторами.

Теоретичні відомості

При роботі в зонах гарантованого прийому відсутня необхідність в установці високопіднятої направленої антени. В цих умовах можна використовувати антени з круговою діаграмою спрямованості - вертикальні чвертьхвильові несиметричні антени, в яких один вібратор встановлено вертикально, а роль іншого грає земля або спеціально встановлені противаги (труба, диск, хрест або чаша) [2].

Нехай високопіднята антена ($A1$) працює як приймальна. В антені наводиться е.р.с

$$U_1 = h_{\partial 1} \cdot E_1,$$

де $h_{\partial 1}$ – діюча висота антени $A1$, E_1 – напруженість поля в місці прийому.

Е.р.с. на виході випромінюючої антени ($A2$) становить

$$U_2 = U_1 \cdot K_{\phi}, \quad K_{\phi} = K_{\phi n} \cdot L,$$

де K_{ϕ} – втрати в фідері, $K_{\phi n}$ - питомі втрати, L – довжина фідера.

Ця е.р.с. на відстані r від антени $A2$ створює напруженість поля

$$E_2 = (30 \cdot m \cdot h_{\partial 1} \cdot h_{\partial 2} \cdot E_1 \cdot K_{\phi}) / (r \cdot R_{a2}),$$

де $h_{\partial 2}$ – діюча висота антени A_2 , m – хвильовий коефіцієнт, R_{a2} – опір антени A_2 .

За вказаних умов ефективність ПРП визначається відношенням

$$E_2/E_1=(30 \cdot m \cdot h_{\partial 1} \cdot h_{\partial 2} \cdot K_{\phi})/(r \cdot R_{a2}).$$

Несиметричні вібраторні антени добре узгоджуються з несиметричними фідерами, зробленими на основі коаксіальних кабелів, та практично не потребують узгодження. Коефіцієнт узгодження антени та фідера близький до одиниці. Робоча смуга складає 10...15% від частоти настройки антени, що достатньо для перекриття всього діапазону частот, які використовуються в стільниковому зв'язку. Питомі втрати в фідері складають $K_{\phi n} = 0,2$ дБ/м. Коефіцієнт підсилення антени – близько $K_a = 3$ дБ.

Принцип побудови та схемно-конструкторські особливості ПРП

Розроблено декілька конструкцій ПРП, в яких використовувалися дві антени з круговою діаграмою направленості з'єднані між собою фідером. Антени взяті від радіостанції "Алтай" та модифіковані для діапазону хвиль стандарту GSM-900. В конструкціях ПРП використовувалися також коаксіальні антени типу Sleeve antenna [3] та надширокосмугові, логоперіодичні антени типу ЛПА-900 [4], розроблені на радіотехнічному факультеті НТУУ «КПІ». Антени з'єднувалися кабелями типу BELDEN H1000, 5D-FB PEEG, H155, RG-6/U та RG-58.

Результати експерименту

Для визначення ефективності використання різних типів антен та кабелів, проведено ряд досліджень конструкцій ПРП.

Перша конструкція ПРП складалась з двох ненаправлених антен з круговою діаграмою направленості від автомобільної радіостанції «Алтай» з коефіцієнтом підсилення 3дБ. Це несиметричні штирові вібратори, умисно вкорочені для роботи в діапазоні хвиль, що використовуються системою зв'язку GSM-900. Як фідер використовувався коаксіальний кабель 5D-FB PEEG довжиною 5 м, який має коефіцієнт затухання (питомі втрати) в заданому діапазоні частот 0,2 дБ/м. Одна з антен була розміщена в підвалі, в якому МС фіксувала повну відсутність зв'язку з БС, а друга – знадвору приміщення, де на індикаторі стільникового телефону сигнал був максимальний. Після монтажу ПРП в підвалі з'явився зв'язок з БС. Індикатор рівня сигналу показував 4 мітки. Експериментально встановлено, що стійкий зв'язок МС з БС забезпечується на віддалі 1,5 -2 м від внутрішньої антени.

Результати близькі до вказаних були отримані і в другій конструкції ПРП, в якій використовувалися як внутрішня так і зовнішня антени коаксіального типу Sleeve antenna (див. [3]). Ефективність ПРП, виготовлених на основі коаксіальних антен, повністю залежить від типу використаного ка-

белю. Найкращі результати отримані з кабелями типу BELDEN H1000, 5D-FB PEEG, H155. Дешеві кабелі типу RG-6/U та RG-58, виявилися практично не придатними для використання в ПРП.

Заміна внутрішньої штирової антени на направлену логоперіодичну антену типу ЛПА-900, розміщену в кутку приміщення, дозволила збільшити зону впевненого зв'язку в напрямку максимального випромінювання антени до 3 м. Індикатор вхідного сигналу мобільного телефону показав 5 міток. Перевагою логоперіодичної антени є високий коефіцієнт підсилення (до 10,5дБ) та відсутність додаткових пристроїв узгодження з фідером, функцію яких виконує сама конструкція антени. Антена типу ЛПА-900 була також випробувана як зовнішня антена ПРП. Її використання збільшило рівень сигналу БС в приміщенні та покращило стійкість зв'язку, однак зв'язок при цьому забезпечувався лише з тією БС, в бік якої була направлена антена. При проведенні досліджень використовувалися дві одночасно працюючі МС типу Nokia 1100 та Motorola SLVR с карточками різних операторів зв'язку.

Висновки

1. Використання ПРП дозволяє збільшити напруженість електромагнітного поля в радіонепрозорому приміщенні до рівня достатнього для проведення стійкого зв'язку між МС та БС.

2. Простота конструкції та низька вартість коаксіальних антен дозволяє рекомендувати їх для широкого використання.

Література

1. Корсак В.Ф., Максименко Ю.Л., Микрюков А.С., Олейник В.Ф. О использовании пассивных радиоудлинителей в сотовых системах связи.// Материалы 10 Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». – Севастополь, 2001. – 253 - 254 с.
2. Радіотехніка. Енциклопедичний навчальний довідник. За ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. - К.: Вища шк., 1999. - 838 с.
3. Ротхаммель К. Антенны.// Минск: Изд-во «Наш город», 2001.- 414 с.
4. Дубровка Ф.Ф., Глушенко В.М., Купрій О.М. Вібраторна антена. Патент України № 1 від 30.06.95. Бюл. № 2.

В.Н.Корбут, В.А.Поддубный
Использование пассивных радиоудлинителей для обеспечения связи в местах с труднодоступным прохождением радиоволн
Рассмотрены вопросы построения пассивных радиоудлинителей сотовых систем связи. Описаны конструкции антенно-фидерных устройств, даны их основные характеристики.

V.N.Korbut, V.A.Poddubny
Passive radioextenders for provision the communication in the regions difficult to access.
The problems of design of subscriber's passive antenna for cellular systems of communication were considered. Design of antennas assembly and its basic specification were considered.

Надійшла до редакції 20 квітня 2006 року