

**Міністерство освіти і науки України  
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова**

**Четверта міжнародна  
науково-практична конференція  
“ІНФОКОМУНІКАЦІЇ – СУЧАСНІСТЬ  
ТА МАЙБУТНЄ”**

**30-31 жовтня 2014 року**

**Збірник тез**

**Частина 1**

Одеса  
**ОНАЗ**  
2014

УДК 621.39:004.9

**Інфокомунікації – сучасність та майбутнє:** матеріали четвертої міжнар. наук.-пр. конф. м. Одеса 30-31 жовт. 2014 р. – Ч.1. – Одеса: ОНАЗ, 2014. –  
180 с.

**ISBN 978-617-582-015-5**

Даний збірник містить тези матеріалів, що представлені на четверту міжнародну науково-практичну конференцію “**Інфокомунікації – сучасність та майбутнє**”, що проводиться 30-31 жовтня 2014 р. в Одеській національній академії зв’язку ім. О.С. Попова.

У збірник включені тези доповідей за такими напрямками:  
– сучасні системи мобільного зв’язку та широкосмугового радіо доступу;  
– мультисервісні засоби телекомунікацій та телекомунікаційні мережі.

Робочі мови конференції – українська, російська, англійська.

**ISBN 978-617-582-015-5**

© ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2014

*Корсак В.Ф.**Український державний центр радіочастот**korsak@ucrf.gov.ua**Наритник Т.М., Войтенко О.Г., Поринев В.Л.**СП «Інститут електроніки та зв'язку УАННП»**director@mitris.com**Лутчак О.В.**Національний технічний університет України «КПІ», РТФ**office@mitris.com*

## ЧАСТОТНОВИБІРКОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ РАДІОМОНІТОРИНГУ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ CDMA-800

**Анотація.** Представлені результати розробленого пристрою з підвищеною частотною вибірковістю на базі смугопронускаючого фільтра з використанням високо добротних коаксіальних резонаторів з перехресними зв'язками для контролю рівнів побічних випромінювань базових станцій стільникового зв'язку стандарту CDMA-800 з використанням аналізатора спектру Advantest U3772.

### Вступ

На Україні в суміжних смугах частот працюють системи стільникового зв'язку стандартів GSM-900 та CDMA-800, тому є велика ймовірність створення завад від позасмугового випромінювання передавачів базових станцій (БС) CDMA-800 (робочі частоти у смузі 869...890 МГц) приймачам БС GSM-900 (робочі частоти у смузі 890...915 МГц). Ситуація ускладнюється тим, що базові станції цих стандартів часто розташовані недалеко одна від одної і використовують зустрічно направлені антени.

Український державний центр радіочастот (УДЦР) при видачі дозволу на роботу БС CDMA-800 указує в особливих умовах експлуатації вимоги щодо обмеження позасмугового випромінювання у смузі 890..915 МГц на рівні не вище –80 дБм на виході її передавача (вимірюється у смузі 100 кГц). Але використовувані підрозділами УДЦР засоби вимірювання мають чутливість по входу на рівні –100 дБм (у смузі 100 кГц) і допускають максимальну вхідну потужність не більше 100 мВт, тому вони підключаються до виходу передавача через атенуатор на 30...40 дБ, в результаті позасмугове випромінювання нижче –60...–70 дБм (у смузі 100 кГц) не може бути виміряне.

### Опис схеми, принципу роботи пристрою та його технічні характеристики

Пристрій (комплект вимірювального обладнання) призначений для контролю рівнів побічних випромінювань БС стандарту CDMA-800 з використанням аналізатора спектру Advantest U3772 спроектовано на базі смугопронускаючого фільтра з використанням високо добротних коаксіальних резонаторів з перехресними зв'язками. Комплект складається з набору з'єднуючих кабелів і частотновибіркового моноблоку (в подальшому – прилад) з входом 1 та трьома виходами (рис. 1). Вхід 1 приладу підключається каліброваним кабелем до виходу передавача БС. Вихід 2 приладу – транзитний; підключається кабелем до передавальної антени БС, щоб не змінювався режим роботи передавача. Вихід 3 підключається до апаратури контролю роботи БС (рівень потужності понижений резистивним дільником). Вихід 4 – вимірювальний, частотно-вибірковий, підключається каліброваним кабелем до аналізатора спектру Advantest U3772. В комплект обладнання входять різні переходи, що дає змогу переходити від рознімань N-типу (кінцеві рознімання каліброваних кабелів) на рознімання 7/16 та SMA. Все це забезпечує зручність проведення вимірювань на місці розташування БС.

Схема підключення обладнання до БС наведена на рис. 1, його структурна схема – на рис.

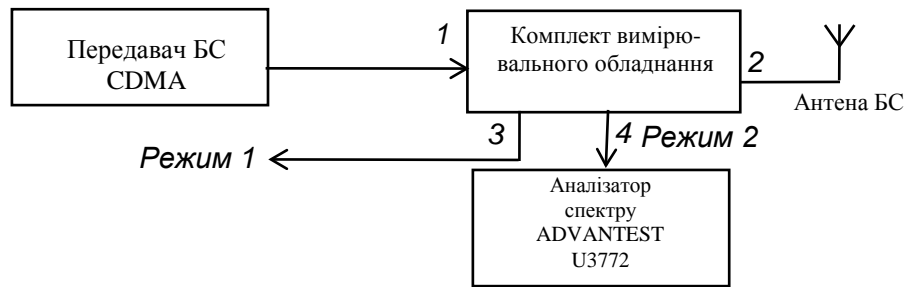


Рис. 1. Схема підключення обладнання до БС

Сигнал від передавача базової станції CDMA через вхідний роз'єм N-типу та феритовий вентиль ФПВНЗ-319-09 потрапляє на направлений відгалужувач ANAREN типу ЗА412. Вентиль забезпечує необхідне КСХН по входу обладнання та забезпечує додаткове поглинання потужності, яка відбивається від входу фільтра у смузі загородження і може завадити роботі передавача БС. З прямого виходу направленного відгалужувача сигнал через вентиль ФПВНЗ-319-09 потрапляє на смуговий фільтр. Сумарне загасання обох вентилів складає  $\sim 50$ дБ, тому, з урахуванням 3 дБ направленного відгалужувача, потужність, яка може поступити на вхід передавача, буде складати  $\sim$  мінус 11 дБмВт. Ця потужність, на наш погляд, не може завадити роботі передавача БС.

Смуговий фільтр, розрахований згідно з [1, 2] з використанням теорії фільтрів с перехресними зв'язками [3], забезпечує проходження потужності позаполосних випромінювань передавача БС з входу 1 на вихід 2 з втратами  $\sim 1 \dots 1,5$  дБ та загасання в смузі загородження не менше ніж 35дБ, що дає змогу підключати до виходу 2 через феритовий вентиль аналізатор спектру ADVANTEST U3772. Максимальна потужність, яка може поступити на вхід 2 аналізатора, складає 5 дБм. Феритовий вентиль ФПВНЗ-308-88 забезпечує необхідне КСХН по виходу обладнання та необхідне КСХН по виходу фільтра, незалежно від зовнішнього навантаження.

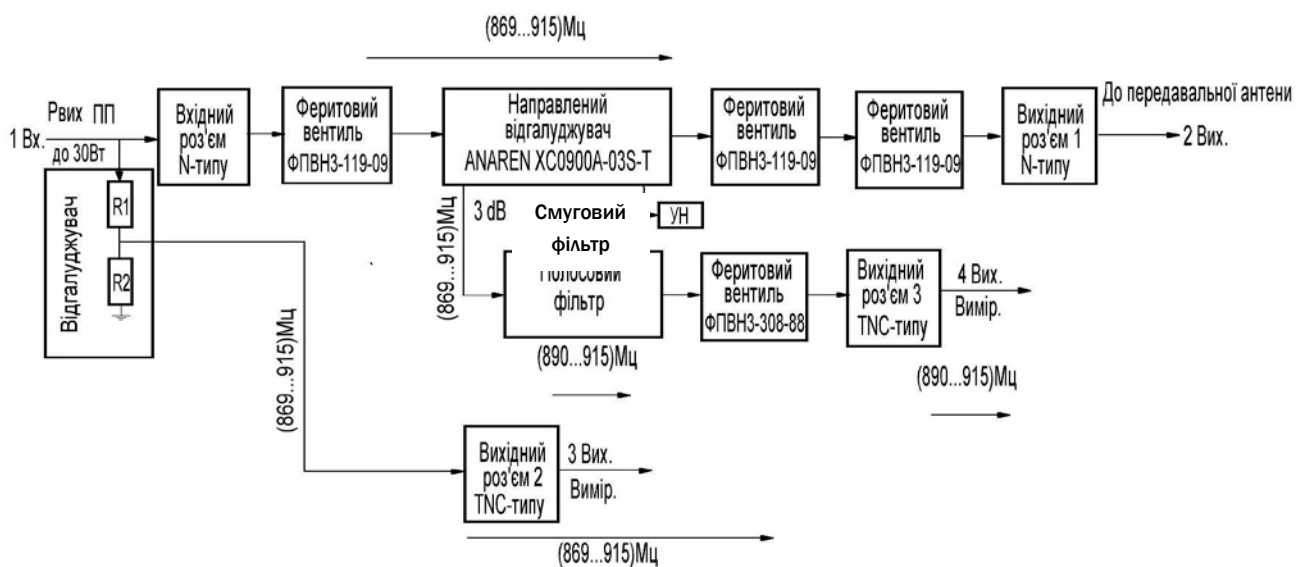


Рис. 2. Структурна схема пристрою

Пристрій забезпечує наступні технічні характеристики, наведені в таблиці

Таблиця 1

Найменування характеристики	Вимоги ТЗ
1. Діапазон робочих частот, МГц:	869...915
2. Максимальна вхідна потужність, Вт, не більше	30
3. Загасання сигналу в діапазоні частот 869...915 МГц від входу 1 до виходу 2, дБ не більше,	4,5
4. Загасання сигналу в діапазоні частот 869... 888 МГц від входу 1 до виходу 3, дБ не менше	35
5. Загасання сигналу в діапазоні частот 869.. 888 МГц від входу 1 до виходу 4, дБ не менше	35
6. Загасання сигналу в діапазоні частот 890...915 МГц від входу 1 до виходу 4, дБ не менше	8
7. Загасання сигналу в діапазоні частот 890...915 МГц від виходу 2 до виходу 4, дБ, не менше	60
8. КСХНвх1, не більше(тракт 50 Ом, 869...915 МГц)	1,3
9. КСХНвих2, не більше (тракт 50 Ом, 869...915 МГц)	1,3
10. КСХНвих3, не більше (тракт 50 Ом, 869...915 МГц)	1,3
11. КСХНвих4, не більше (тракт 50 Ом, 890...915 МГц)	1,3

Технічний результат добре узгоджується з показниками описаного в роботі [4] фільтра з смугою пропускання 1770-1785 МГц, що на частотах 1768,25 МГц і 1787.5 МГц мав загасання 36.5 дБ.

### Висновки

Розроблений частотно-вибірковий пристрій з підвищеною частотною вибірковістю (крутизна амплітудно-частотної характеристики на рівні 17дБ/МГц за рахунок використання високо добротних коаксіальних резонаторів з перехресними зворотним зв'язками) дає змогу вимірювати позасмугове випромінювання базових станцій стандарту CDMA-800 з використанням аналізатора спектру Advantest U3772, оскільки він придушує основне випромінювання не менш ніж на 35 дБ, а позасмугове – лише на 5 дБ.

Пристрій може бути використано підрозділами УДЦР при проведенні первинного технічного контролю базових станцій стандарту CDMA-800 перед їх введенням у експлуатацію.

### Література

1. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс М.Е.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи – М.: Связь.-1972.-Т.2.-394 с.
2. Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу. Навчальний посібник/За редакцією д-ра технічних наук, проф. Кривуци В.Г.-К.: ДУІКТ.-2012 – 596 с.
3. John B/ Ness: "A Unified Approach to the Design, Measurement, and Tuning of Coupled-Resonator Filters", IEEE Transactions on on Microwave Theory and Techniques,, Vol 46, No 4, April 1998.
4. J.-S.Hong, M.J.Lancaster"8-pole superconducting guasi-elliptic function filter for mobile communication application," IEEE MTT-S Digest, 1998, pp.367-370.

## УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ РАДИОСТАНЦИЕЙ СВЧ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ РАБОТЫ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

*Аннотация.* Рассматривается мобильная цифровая радиостанция СВЧ предназначенная для работы в особых условиях и чрезвычайных ситуациях. Приведено краткое режимов работы станции и ее основные технические характеристики.

В Украине второй и третий кварталы 2014 года связаны с активно ведущимися антитеррористическими действиями, причиной которых стал захват террористами отдельных районов и городов на востоке Украины. В сложившейся ситуации вооруженные силы и спецподразделения не контролируют полностью всю зону проведения боевых действий. В указанный период силами украинской армии устойчиво контролировались только часть региона: юг и запад Донецкой и север Луганской областей. Поскольку полевые узлы связи пунктов управления находятся на определенном удалении от стационарных узлов связи, то возникает задача установления связи через районы, не контролируемые нашими войсками. Из наземных типов связи единственным решением может быть развертывание загоризонтных линий связи, состоящих из цифровых тропосферных станций.

Однако не стоит исключать и вариант, когда одна сторона линии связи или обе стороны должны быть привязаны к стационарным узлам связи, например, объектам Укртелекома. Такую привязку в полевых условиях осуществляют средствами радиосвязи с помощью радиорелейных станций прямой видимости.

Поэтому, в настоящий момент актуальна задача создания мобильной цифровой станции связи, которая одновременно работает в 2-х режимах: загоризонтной связи и прямой видимости.

В докладе представлена мобильная цифровая станция СВЧ, которую в дальнейшем будем именовать мобильная цифровая тропосферно-радиорелейная станция (МЦТрРРС), и которая может использоваться не только в условиях вооруженных конфликтов, антитеррористических операций, но и при техногенных катастрофах, стихийных бедствиях, в сложной пересечённой местности, горной местности, в труднопроходимых местах, где узлы фиксированной связи отсутствуют или сильно удалены от центров управления. Производство таких станций может быть освоено отечественной промышленностью.

Разработанная МЦТрРРС работает в двух частотных диапазонах:

- в тропосферном режиме – 4,4 ... 4,8 ГГц;
- в радиорелейном режиме – 7,9 ... 8,4 ГГц.

При создании станции учитывалась специфика функционирования линии загоризонтной связи. В основе построения линий загоризонтной связи лежат два механизма распространения радиоволн:

- на интервалах 50-80 км – дифракционное распространение радиоволн;
- на интервалах более 80 км – рассеяние радиоволн на неоднородностях тропосферы.

Заметим, что на интервалах меньше 50 км распространение радиоволн может осуществляться при прямой видимости при размещении антенн на высокоподнятых башнях или мачтах. В МЦТрРРС используется две телескопические мачты высотой 25 м. Особенностью линий загоризонтной связи является то, что на них используется разнесенный прием сигналов. В данной станции используется пространственно разнесенный прием и система связи с адаптацией по частоте и мощности.

В МЦТрРРС, как в тропосферном, так и в радиорелейном режимах используется дуплексный метод передачи/приема. Обмен информацией между двумя корреспондентами осуществляется одновременно в двух частотных диапазонах для приема и передачи отдельно.

Пропускная способность тропосферного режима станции 8 Мбит/сек, а радиорелейного режима станции – 155 Мбит/сек.

В МЦТрРРС предложен следующий вариант использования антенн:

- для тропосферной части станции применяются две неосесимметричные однозеркальные антенны диаметром 2,5 м, представляющий собой вырезку из параболоида вращения диаметром 5 м с фокусным расстоянием 1,25 м и коэффициентом усиления 36 дБ;

- для радиорелейной части станции применяются две осесимметричные однозеркальные параболические антенны диаметром 0,9 м с коэффициентом усиления 35 дБ.

Основные параметры антенн и системы управления ими приведены в [1].

Варианты работы станции:

- вариант I – окончательный режим работы тропосферной части станции и окончательный, или ретрансляции, или узловой (ретрансляция с выделением сигналов в точке ретрансляции) режимы работы радиорелейной части станции (в этом варианте тропосферная часть станции работает на «своего» корреспондента, а радиорелейная часть станции – на «своего» корреспондента);

- вариант II – окончательный режим работы тропосферной части станции или окончательный режим работы радиорелейной части станции (в этом варианте передающий СВЧ тракт используется в составе двух передатчиков или для тропосферной связи, или для радиорелейной связи);

- вариант III – тропосферная часть станции и радиорелейная часть станции работают в единой комбинированной тропосферно-радиорелейной линии связи, при этом тропосферная часть станции работает в окончательном режиме, а радиорелейная часть станции может работать либо в окончательном режиме, либо в режиме ретрансляции, либо в узловом режиме.

Управление МЦТрРРС осуществляется с единого для тропосферного и радиорелейного режимов работы пульта управления. Пульт управления позволяет:

- обеспечивать функционирование станции в одном из трех вариантов ее работы;
- осуществлять инструментальную проверку ВЧ-стволов станции;
- сигнализировать об аварии приемников, передатчиков, возбудителя-гетеродина, модема, мультиплексоров, системы электропитания;
- управлять антеннами станции с индикацией их положения;
- сигнализировать об аварии системы охлаждения оборудования, систем кондиционирования и вентиляции;
- управлять служебными каналами.

В МЦТрРРС применяется пространственно-разнесенный прием, причем каждая антенна принимает как сигнал с горизонтальной поляризацией, так и сигнал с вертикальной поляризацией, а излучает только сигнал с горизонтальной поляризацией или с вертикальной поляризацией. В радиорелейном режиме каждая антенна излучает или сигнал с горизонтальной поляризацией, или сигнал с вертикальной поляризацией, а

принимает сигнал соответственно с противоположной линейной поляризацией.

Следует заметить, что передающий СВЧ тракт и возбуждатель-гетеродин являются общими для тропосферного и радиорелейного режимов работы МЦТрРРС.

Разработанная МЦТрРРС работает следующим образом.

В режиме загоризонтной связи станция работает как тропосферная станция с пространственно разнесенным приемом на две антенны I, II и использованием сигналов горизонтальной и вертикальной поляризации на передачу и прием. Сигналы с двух антенн I и II поступают через поляризационные селекторы и дуплексеры на четыре приемника СВЧ, а дальше на смесители СВЧ. На каждый смеситель СВЧ подается сигнал от возбуждателя-гетеродина, формирующего сетку частот диапазона 4,4-4,8 ГГц. Сигналы первой промежуточной частоты после смесителей СВЧ подаются на предварительные УПЧ, дальше сигналы поступают в модем, который включает: тракты второй и третьей промежуточных частот; схему автоматической постройки фазы в каждой ветви разнесения; схему обратной связи по частоте; схему управления сложением с регулировкой весовых коэффициентов; сумматор, на котором складываются сигналы четырех ветвей разнесения. Станция может принимать и передавать сигналы в режиме тропосферой связи со скоростями 64 кбит/с, 128 кбит/с, 256 кбит/с, 512 кбит/с, 1024 кбит/с, 2048 кбит/с в любых конфигурациях до уровня 4Е1.

В режиме прямой видимости станция работает как радиорелейная станция. Антенны А и Б, поднимаясь на телескопических мачтах автоматически с помощью системы управления, работают в разных направлениях с двумя корреспондентами - А и Б. Антенна А в направлении корреспондента А излучает сигнал горизонтальной поляризации, а принимает сигнал вертикальной поляризации. Антенна Б в направлении корреспондента Б излучает сигнал вертикальной поляризации, а принимает сигнал горизонтальной поляризации или наоборот. В точке развертывания станции два направления работы станции как радиорелейной будут развязаны как по поляризации, так и по частоте. Развязка по поляризации для излучающих и приемных сигналов в каждом направлении происходит с помощью поляризационного селектора. Формирование сетки частот происходит в возбуждатель-гетеродина для диапазона 7,9-8,4 ГГц. Станция может передавать и принимать сигналы от корреспондентов в режиме радиорелейной станции со скоростями 64 кбит/с, 128 кбит/с, 256 кбит/с, 512 кбит/с, 1024 кбит/с, 2048 кбит/с в любых конфигурациях до уровня STM-1 (155 Мбит/с), что эквивалентно 64 потокам Е1. В режиме ретрансляции радиорелейная часть станции может ретранслировать любое количество потоков Е1 или других цифровых каналов до уровня STM-1 по направлению А (Б) к направлению Б (А). В узловом режиме работы радиорелейной части станции может быть выделено любое количество поток Е1 или других цифровых каналов до уровня STM-1.

Отметим, что в МЦТрРРС применяются два мультиплексора: для тропосферной связи – М-Д 8 и для радиорелейной связи М-Д STM-1. Интерфейсы модема и мультиплексора предусматривают включение отечественной засекречивающей аппаратуры связи.

Таким образом, разработанная МЦТрРРС не имеет аналогов среди наземной многоканальной телекоммуникационной радиоаппаратуры, расположенной на единой мобильной платформе, по обеспечению линии связи (каналами) с пропускной способностью потока со скоростью 8 Мбит/сек на любое расстояние в интервале 0...200 км.

### **Литература**

1. Pochernyaev V., Povhlib V. MANAGING OF MICROWAVE ANTENNAS OF DIGITAL COMBINED RADIO RELAY-TROPOSCATTER STATION // Proceedings of the IX International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT), 16-20 September 2013– Odessa. – P. 544-545.