

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ
ПЕРСПЕКТИВНЫХ
БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ
(ЭМС – 2017)**

**Сборник научных трудов второй международной научно-
технической конференции
Харьков 23 -24 мая 2017 г.**

Харьков 2017

Вторая международная научно-техническая конференция Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ СИСТЕМ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ UMTS ТА ШИРОКОСМУГОВОГО РАДІОДОСТУПУ: РОЗРОБКА, КОНТРОЛЬ, СЕРТИФІКАЦІЯ

Корсун В.І., Корсак В.Ф.

**Український державний центр радіочастот
просп. Перемоги, 15 км, м. Київ, 03179, Україна
тел. +38(044) 422-81-01, 422-81-03
e-mail:korsak@ucrf.gov.ua**

Наритник Т.М., Войтенко О.Г., Лутчак О.В., Поршнев В.Л.

**СП «Інститут електроніки та зв'язку УАННП»
просп. Л.Курбаса, 2-Б, 03148, Україна,
тел. +38(044) 407-65-47
e-mail:director@mitris.com**

The results of the study development and equipment with high frequency selectivity based on bandpass filter to measure in operation in the band 1920-1980 MHz band emissions levels of base station radio broadband radio access systems. The resulting extremely high steepness of amplitude-frequency response (at 23dB / MHz) through the use of high good-quality coaxial resonators with cross feedback.

Вступ. В Україні в смугах частот 1920-1980МГц активно впроваджуються системи стільникового зв'язку стандарту UMTS, тому є велика ймовірність створення завад від позасмугового випромінювання передавачів базових станцій широкосмугового радіо доступу, що працюють в смузі частот вище 1980 МГц. Ситуація ускладнюється тим, що базові станції цих стандартів часто розташовані недалеко

одна від одної і використовують зустрічно направлені антени.

Тому дослідження і вирішення проблеми електромагнітної сумісності базових станцій стандарту UMTS та системи широкосмугового радіодоступу шляхом розробки спеціального обладнання для вимірювання в робочому режимі у смузі частот 1920-1980 МГц рівнів позасмугових випромінювань базових станцій широкосмугового радіодоступу для систем радіомоніторингу є актуальною задачею.

Суть проблематики з розвитком технічного прогресу використання радіочастот значно розширило

сферу їх застосування. Класифікація всіх застосовуваних радіочастот дана в [1,2], де подібні за технічними параметрами і за способами використання радіоелектронні засоби (РЕЗ) розділені по радіослужбах (наприклад радіомовлення, супутниковий зв'язок, мобільний зв'язок, навігація і т.п.), кожній з яких виділені для роботи конкретні смуги частот. Розподіл смуг частот між службами зроблено з урахуванням можливості мінімізації взаємного впливу РЕЗ різних радіослужб, що працюють спільно або в сусідніх смугах частот. При цьому на технічні характеристики окремих РЕЗ накладаються певні обмеження, характерні для конкретної радіослужби, а на органи державного регулювання використання радіочастот на національному рівні покладаються функції контролю за виконанням користувачами радіочастотного ресурсу цих обмежень.

В Україні існує практика ліцензування суміжних смуг частот для операторів зв'язку, що використовують різні радіотехнології, без виділення захисних інтервалів. Таким чином, зустрічаються випадки, коли, наприклад, смуга частот нижче певної конкретної частоти проліцензована для роботи на прийом базових станцій системи мобільного зв'язку стандарту UMTS, а безпосередньо примикає до неї смуга частот вище цієї частоти, що проліцензована для роботи на передачу базових станцій системи широкосмугового радіодоступу. При цьому базові станції

цих систем, як правило, розташовуються на дахах будівель і мають антенні системи, що забезпечують передачу і прийом сигналів з усіх напрямків. Нерідкі випадки коли базові станції різних систем розташовуються на одних і тих же об'єктах і їх антенні системи «дивляться» один на одного. Для усунення (мінімізації) впливу РЕЗ один на одного в таких випадках регулятором встановлюються додаткові вимоги, зокрема, до рівнів позасмугового випромінювання передавачів БС однієї технології в смузі частот роботи приймачів БС іншої технології.

Однак проконтролювати виконання цих вимог є непростим завданням з огляду на те, що різниця між рівнем випромінювання передавача БС і рівнем, що обмежує позасмугове випромінювання цього ж передавача, може досягати 90 - 100 дБ. У той же час, вимірювальні прилади, що використовуються контролюючими організаціями, мають обмеження за рівнем сигналу, що подається на його вхід (максимальна допустима вхідна потужність не більше 100 мВт), і їх динамічний діапазон не перевищує 80 дБ. Тобто підключати їх можливо до виходу передавача тільки через атенуатор з загасанням в 30 дБ, але при цьому на цю ж величину зменшується і рівень позасмугових випромінювань передавача, які надходять на вхід вимірювального приладу і стають нижче рівня реальної чутливості вимірювального приладу. Таким чином, для проведення подібних вимірів необхідно використовувати обладнання, яке дозволяло би в робочому режимі передавача базової станції послабити основне випромінювання передавача в смузі частот вище виділеної частоти на величину 30 дБ і більше, в той же час, пропускаючи позасмугове випромінювання передавача в смузі частот нижче цієї частоти з мінімальним загасанням.

Схема підключення такого обладнання до базової станції системи широкопasmового радіодоступу наведена на рис. 1, його структурна схема – на рис. 2.



Рисунок 1. - Схема підключення обладнання до базової станції

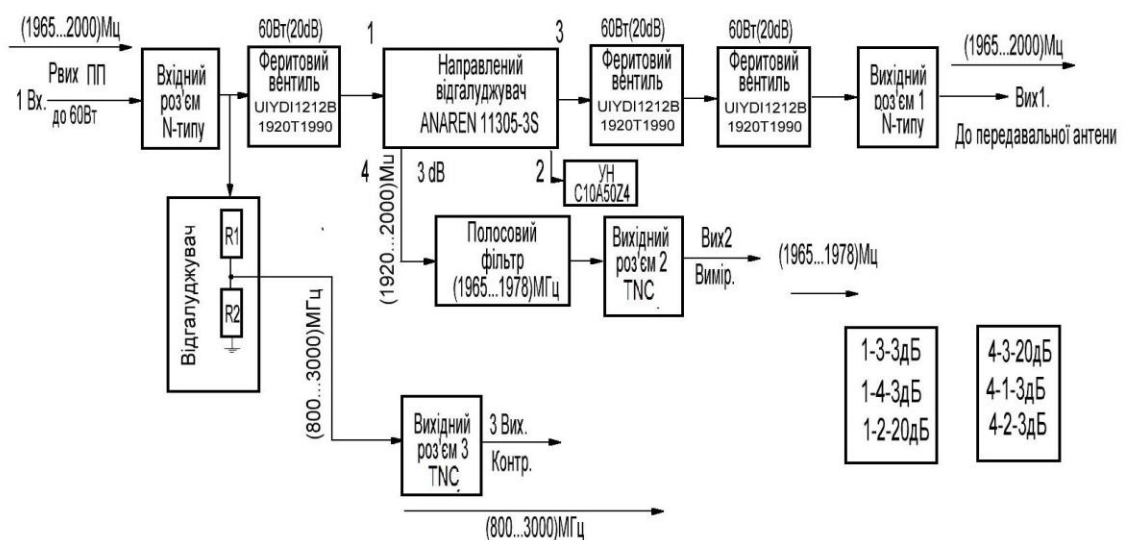


Рисунок 2. - Структурна схема обладнання

Принцип роботи обладнання Принцип роботи обладнання полягає в наступному:

- На вхідний роз'єм 1 (тип N) подається сигнал з виходу передавача контрольованої станції.

- Ослаблений ~ на 5,5дБ сигнал надходить на вихідний роз'єм 1 (тип N), до якого приєднується антенний кабель базової станції.

- Ослаблений на ~ 40 дБ сигнал діапазоні частот 800...3000МГц надходить на вихідний роз'єм 3 (тип TNC) для контролю основних параметрів передавача контрольованої станції широкосмугового радіодоступу.

- Ослаблений на ~ 3,5 дБ сигнал в діапазоні частот 1965 ...1978МГц надходить на вхід смугового фільтра.

- Фільтр налаштований на центральну частоту 1971,5МГц (рисунок 3). Смуга пропускання фільтра 13МГц. Кількість резонаторів – 7 з перехресними зв'язками. Загасання при відстройці на 2 МГц від краю смуги пропускання на частоті 1980МГц складає більше ніж 35 дБ. Паразитні продукти випромінювання передавача широкосмугового радіо доступу, які розташовані в діапазоні частот 1965 ...1978МГц, надходять на вихідний роз'єм 2 (тип TNC).

Результати моделювання фільтра та технічні характеристики обладнання

Смуговий фільтр, електрична схема низькочастотного прототипу якого наведена на рис.3, розрахований згідно з 3,4 з використанням теорії фільтрів з перехресними зв'язками 5,6 . Його амплітудно-частотна характеристика та частотна характеристика коефіцієнту відбиття (рис.4) змодельована з використанням сучасного програмного забезпечення AWR Microwave office.

Для експериментальних досліджень було виготовлено блок фільтра з підвищеною частотною вибірковістю на семи високо добротних коаксіальних резонаторах (рис.5) з перехресними зворотними зв'язками. Фільтр забезпечує проходження потужності позасмугових випромінювань передавача БС з входу 1 на вихід 2 з втратами ~ 1...1,5 дБ та загасання в смузі загородження не менше ніж 35 дБ (рис.6) що дає змогу підключати до виходу 2 через феритовий вентиль аналізатор спектру ADVANVEST U3772. Максимальна потужність, яка може поступити на вхід 2 аналізатора, складає 5 дБм. Феритовий вентиль забезпечує необхідне КСХН по виходу обладнання та необхідне КСХН по виходу фільтра, незалежно від зовнішнього навантаження.

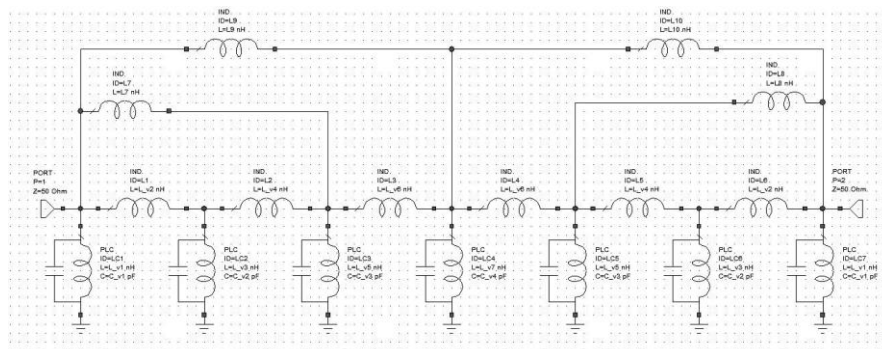


Рисунок 3. - Електрична схема низькочастотного прототипу

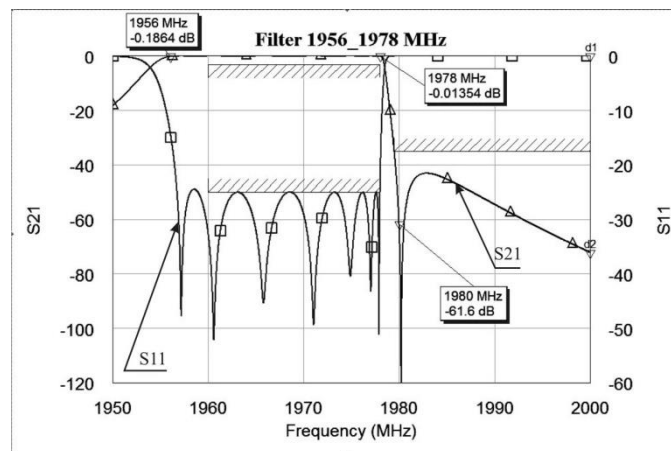


Рисунок 4. - Змодельована амплітудно-частотна характеристика та частотна характеристика коефіцієнту відбиття

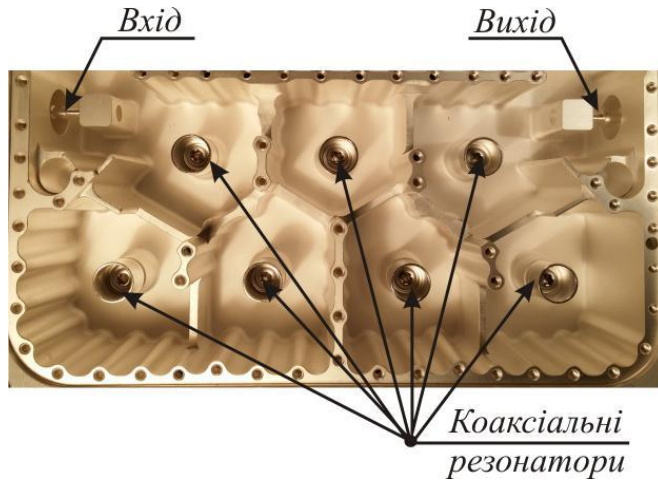
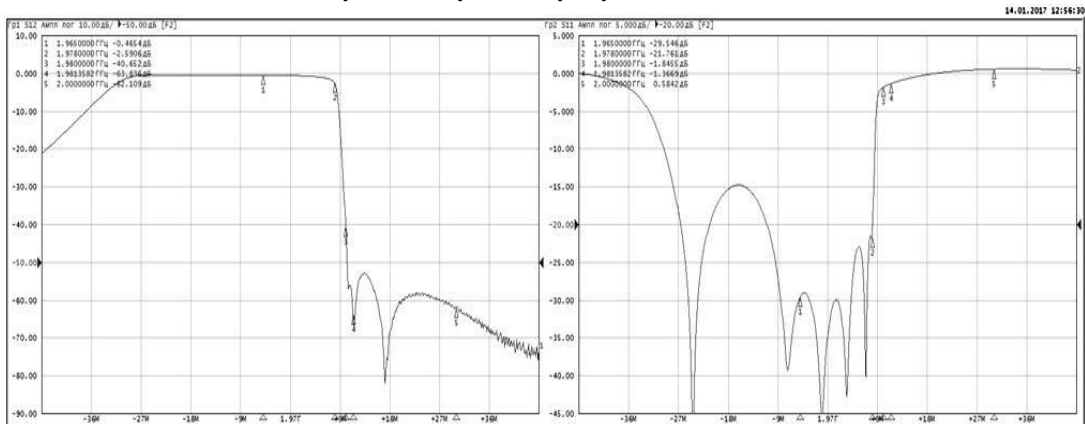


Рисунок 5. – Фото блока фільтра з підвищеною частотною вибірковістю на коаксіальних резонаторах з перехресними зв'язками



а)

б)

Рисунок 6. – Виміряна амплітудночастотна характеристика а) і частотна характеристика коефіцієнта відбиття фільтра

Сигнал потужністю до 60 Вт з виходу передавача базової станції через вхідний роз'єм N-типу і радіочастотний коаксіальний кабель поступає на блок двоканального відгалужувача з підвищеною розв'язкою між виходом та входом (рис.7).

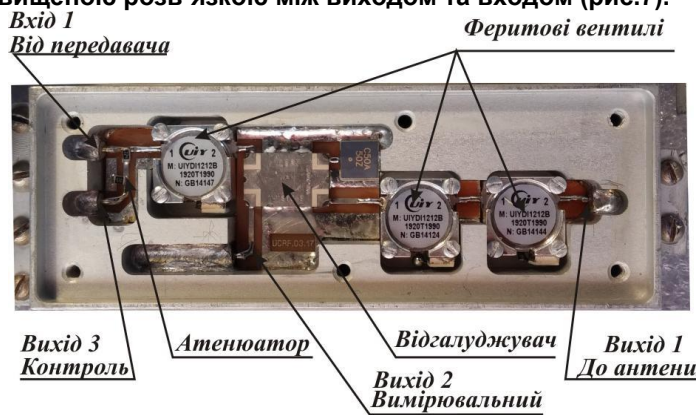


Рисунок 7. – Фото блоку двоканального відгалужувача з підвищеною розв'язкою між виходом та входом.

Цей блок містить у своєму складі феритові вентилі UIYDI1212В , направлений відгалужувач ANAREN 1W1305-3. Феритові вентилі забезпечують необхідне КСХН по входу обладнання та забезпечують додаткове поглинання потужності, яка відбивається від входу фільтра у смузі загородження і яка може завадити роботі передавача БС. З прямого виходу направленого відгалужувача сигнал через феритовий вентиль потрапляє на смуговий фільтр. Сумарне загасання обох вентилів складає ~ 50дБ, тому, з урахуванням 3 дБ направленого відгалужувача, потужність, яка може поступити на вхід передавача, буде складати не менше мінус 11 дБмВт. Ця незначна за величиною потужність не може завадити роботі передавача БС.

Розроблене на цій основі обладнання (рис.8) забезпечує наступні технічні характеристики, які наведені в таблиці .

Таблиця - Технічні характеристики обладнання

N п/п	Найменування характеристики	Фактичні показники
1.	Діапазон робочих частот, МГц	1965 ... 2000
2.	Максимальна вхідна потужність, Вт, не більше	60
3.	Загасання сигналу в діапазоні частот 1980 ... 2000МГц від входу 1 до виходу 1, дБ не більше,	5,5
4.	Загасання сигналу в діапазоні частот 800 ... 3000 МГц від входу 1 до виходу 3, дБ не менше	35
5.	Загасання сигналу в діапазоні частот 1980... 2000 МГц від входу 1 до виходу 2, дБ не менше	45
6.	Загасання сигналу в діапазоні частот 1965 ... 1978 МГц від входу 1 до виходу 2, дБ не більше	8
7.	Загасання сигналу в діапазоні частот 1965 ... 1978 МГц від виходу 1 до виходу 2, дБ, не менше	60
8.	КСВНвх1, не більше (тракт 50Ом, 1980 ... 2000МГц)	1,3
9.	КСВНвых1, не більше (тракт 50Ом, 1980 ... 2000МГц)	1,3

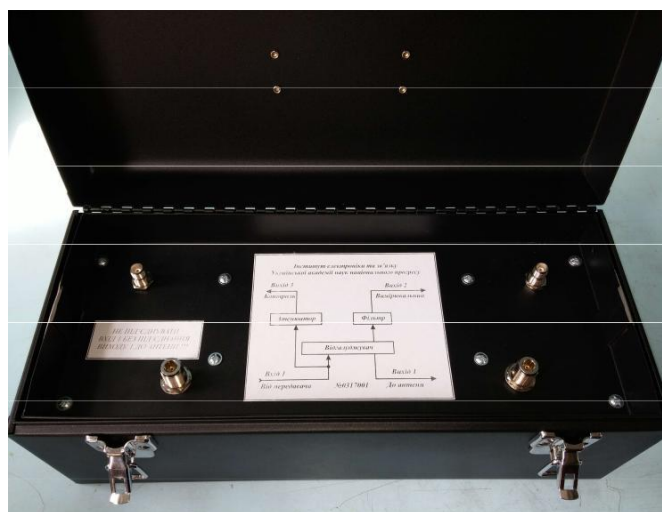


Рисунок 8. – Фото частотно-вибіркового обладнання

Технічний результат добре узгоджується з показниками описаного в роботі 7 фільтра з смугою пропускання 1770-1785 МГц, що на частотах 1768,25 МГц і 1787.5 МГц мав загасання 36.5 дБ.

Висновки. Розроблене унікальне частотно-вибіркове обладнання з підвищеною частотною вибірковістю (крутизна амплітудно-частотної характеристики на рівні 23дБ/МГц за рахунок використання високо добротних коаксіальних резонаторів з перехресними зворотними зв'язками) дає змогу вимірювати позасмугове випромінювання базових станцій широкосмугового доступу з використанням аналізатора спектру Advantest U3772, оскільки він придушує основне випромінювання не менш ніж на 45 дБ, а позасмугове – лише на рівні 5 дБ.

Обладнання сертифіковано Національним науковим центром «Інститут метрології» і може бути використано підрозділами УДЦР при проведенні первинного технічного контролю базових станцій широкосмугового доступу перед їх введенням у експлуатацію.

Література:

1. Регламент радіозв'язку. Збірник робочих матеріалів з міжнародного регулювання планування і використання радіочастотного спектра.-М.: 2004.

2. Наритник Т.Н., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи терагерцового діапазону. - Монографія.-Житомир.- :ФОП «Євенок О.О.».-2015.-394с.

3.Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс М.Е.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи – М.: Связь.-1972.-Т.2.-394 с.

4. Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу. Навчальний посібник/За редакцією д-ра технічних наук, проф. Кривуци В.Г.-К.: ДУІКТ.-2012 – 596 с.

5. John V/ Ness: "A Unified Approach to the Design, Measurement, and Tuning of Coupled-Resonator Filters", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol.46, No 4, April 1998.

6. Корсак В.Ф. Наритник Т.М. Войтенко О.Г. Поршнєв В.Л. Лутчак О.В. Частотно-вибірковий пристрій для радіомоніторингу базових станцій стільникового зв'язку стандарту CDMA-800. 4-а Міжнародна науково-практична конференція «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє».- 2014.-м.Одеса. Збірник.-частина 1.- стр.51-54.

7. J.-S.Hong, M.J.Lancaster"8-pole superconducting quasi-elliptic function filter for mobile communication application," IEEE MTT-S Digest, 1998, pp.367-370.