

УДК 621.396.6

А.В. КОБЗЄВ, В.В. РОМАНЕНКО, А.С. РИБ'ЯК

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПЕРЕНЕСНИХ (ПОРТАТИВНИХ) ЗАСОБІВ РАДІОМОНІТОРИНГУ

Проведено порівняльний аналіз сучасних перенесених засобів радіомоніторингу, які випускаються промисловістю різних країн, та їх технічних характеристик: діапазону робочих частот, кількості антен, діапазону робочих температур, напруги живлення, ваги, габаритів. На основі проведеного аналізу визначено загальні властивості перенесених засобів радіомоніторингу щодо частотного діапазону, використання декількох антен для пеленгації джерел радіовипромінювання, застосування скануючих приймачів, які забезпечують пошук джерел за частотою, а також застосування конверторів з антеною.

Ключові слова: радіомоніторинг, радіоелектронні засоби, частотний діапазон, конвертор.

Вступ

Перенесні засоби радіомоніторингу застосовуються як малогабаритний інструмент для оперативного спостереження за ефіром в інтересах виконання завдань різними силовими структурами (міністерства оборони, внутрішніх справ, служби безпеки та ін.). За допомогою цих засобів вирішуються такі завдання [1, 2]: виявлення і оцінка параметрів радіовипромінювань, що заважають роботі деяких радіоелектронних засобів (РЕЗ) (наприклад, несанкціонованих передавачів); встановлення факту випромінювання і визначення параметрів сигналів радіозасобів, що належать конфронтуючим збройним формуванням (військовому супротивникові, терористичним групам і т.д.); визначення напрямку (пеленгація) на джерела радіовипромінювань (ДРВ), що представляють інтерес; забезпечення руху в сторону виявлених передавачів за принципом «полювання на лисиць» (за аналогією з радіоспортом); оцінка рівня паразитного радіовипромінювання РЕЗ на заданих відстанях від передавача з погляду виконання встановлених вимог до рівнів паразитного випромінювання; визначення місця розташування радіопередавачів при використанні двох і більше засобів радіомоніторингу; оцінка рівня паразитного радіовипромінювання РЕЗ на заданих відстанях від передавача з точки зору виконання встановлених вимог до рівнів паразитного випромінювання.

На теперішній час знаходять застосування перенесні засоби двох основних типів, які відрізняються наявністю або відсутністю можливості визначити напрямок на передавач, що випромінює. Якщо в такому засобі передбачена функція визначення напрямку на джерела радіовипромінювання (пеленгація), то його прийнято називати перенесним радіопеленгатором.

Метою статті є проведення порівняльного аналізу сучасних перенесених засобів радіомоніторингу та визначення загальних властивостей та найбільш важливих відмінних рис.

Основна частина

До складу сучасного перенесеного засобу радіомоніторингу (радіопеленгатора) входять наступні основні елементи: антена; радіоприймальний пристрій з органами керування та індикації результатів спостереження; модуль цифрової обробки сигналів (спектральний аналіз, вимірювання параметрів і т.д.); датчик напрямку орієнтування антени (наприклад, електронний компас); пристрій слухового контролю (наушники, динамік); джерело живлення (акумулятор); засоби перенесення (сумка, футляр).

До основних характеристик перенесених засобів радіомоніторингу відносяться наступні: діапазон робочих частот; число антен, що використовуються для контролю всього діапазону робочих частот; діапазон робочих температур; напруга живлення; вага; габарити.

Крім відзначених, до важливих характеристик РПП і модуля цифрової обробки відносяться: динамічний діапазон вхідних сигналів; смуга миттєвого аналізу й швидкість огляду за частотою; види демодулюючих сигналів при слуховому контролі.

В даний час налагоджена розробка, виробництво й продаж на зовнішніх ринках портативних засобів радіомоніторингу у вигляді перенесених радіопеленгаторів (РП) або основної його складової частини (скануючий приймач) у таких країнах як Німеччина, Японія, Україна, Російська Федерація. Існуючі зразки радіопеленгаторів, що носяться, відрізняються не тільки своїми характеристиками, але й технічними способами побудови. Проведемо порівняльний

аналіз цих засобів і відзначимо при цьому їх найбільш важливі відмінні риси.

Основні типи й характеристики переносних РП [3 – 8] наведені в табл. 1.

З таблиці видно, що верхня межа діапазону робочих частот у більшості засобів дорівнює 3000 МГц (за виключенням РП PR100+HE300). Нижня межа частотного діапазону може складати від 0,01 МГц до 20 МГц. Особливістю російського РП типу АРК-НК є те, що діапазон частот може бути розширений до 18000 МГц. Однак, при цьому буде необхідно до складу комплекту додатково ввести ще одну антену й прийомний модуль для діапазону 3000...18000 МГц. За аналогічним принципом побудований РП фірми Rohde&Schwarz PR100+HE300, в якому діапазон робочих частот розширений до 18000 МГц за рахунок додаткового модуля з антеною (конвертора). Помітимо, що радіопеленгатори німецької фірми Rohde&Schwarz не мають загальної назви. Вони комплектуються із приймача PR100 (або EB200) (рис. 1) і набору антен типу HE300 (або HE200) (рис. 2).

Поява на ринку пеленгатору PR100 відноситься до 2007 року [9]. Він відрізняється від попередньої моделі EB200+HE200 тим, що в ньому збільшена верхня межа частотного діапазону з 3000 МГц до 7500 МГц, зменшені габарити і вага прийомного пристрою, а також дещо змінена конструкція рукоятки пристрою кріплення антенного модуля.

Крім того, у вигляді додаткової опції в цьому пеленгаторі, як і в російському АРК-НК, верхня частота може бути збільшена до 18000 МГц за рахунок застосування субблока, що представляє собою антену й конвертор.

Передбачено зміну вигляду поляризації (вертикальна чи горизонтальна) сигналу, що приймається, шляхом повороту осі логоперіодичної антени на 90°. Вихід конвертора з'єднується із входом приймача PR100.

Примітною особливістю більшості наведених в табл. 1 засобів є використання скануючих приймачів, не призначених спеціально для застосування в переносних РП. Так, наприклад, фірма Rohde&Schwarz в своїх РП використовує приймачі власної розробки PR100 або MINIPORT EB200, які можуть також знаходити застосування в мобільних і стаціонарних засобах радіомоніторингу [10]. До складу пеленгатора «Філін» (Україна) і НП-5/3.0 (Росія) входять відповідно скануючі приймачі IC-R10 і IC-R20, вироблені Японією. Пеленгатор «Азимут» (Росія) побудований на базі російського скануючого приймача «Авангард».



Рис. 1. Скануючий приймач PR100 фірми Rohde&Schwarz



Рис. 2. Комплект антен HE300 фірми Rohde&Schwarz

Таблиця 1

Основні характеристики переносних радіопеленгаторів

№ з/п	Характеристики	PR100+HE300	MINIPORT EB200+HE200	АРК-НК	«Азимут»	«Філін»	НП-5/3.0
1.	Країна-виробник	Германія	Германія	Росія	Росія	Україна	Росія
2.	Тип РПП	PR100	EB200	АРГАМАК	«Авангард»	IC-R10	IC-R20
3.	Діапазон частот МГц	0,01..7500 (18000)	0,01..3000	25(1,5)..3000 (18000)	20.....3000	1,5...1300	1.....3000
4.	Кількість антен	4(5)	4	4(5)	5	4	3
5.	Діапазон робочих температур	-10°...+50°	-10°...+50°	-20°...+50°	5.....+45	–	–
6.	Напруга живлення, В	15	10...30...30	12	12	12	12
7.	Вага комплекту, кг	9,5	10,5	5	7	4	4

Виключенням є тільки РП типу АРК-НК (Росія), у якому приймач АРГАМАК спеціально розроблявся для переносних засобів радіопеленгації. Однак, цей приймач також може знаходити застосування й в мобільних засобах радіомоніторингу.

Слід окремо відмітити РП «Азимут» (Росія), в якому крім скануючого приймача використовується кишеньковий персональний комп'ютер (КПК) типу Palm WorkPad C3 [10]. Цей КПК виконує роль модуля цифрової обробки, а також пристрою керування, індикації і реєстрації результатів спостереження. Такий варіант побудови РП цікавий тим, що дозволяє легко вдосконалювати алгоритми обробки, керування й індикації шляхом доопрацювання програмного забезпечення.

Кількість антен у комплекті РП пов'язана як із шириною діапазону робочих частот, так і з умінням розроблювачів створювати широкосмугові антени. В цьому сенсі найкращими зразками РП варто визнати PR100+ HE300 (Німеччина) і НП-5/3.0 (Росія). Звідси, зокрема, видно, що для перекриття діапазону частот від 1 МГц до 3000 МГц потрібно не менше трьох антен.

Особливістю більшості зразків РП є відсутність гарантії працездатності при низьких температурах (менше – 10°C). На відміну від них в РП типу АРК-НК нижня межа температурного діапазону становить –20°C. Помітимо, що забезпечення працездатності будь-якої радіоелектронної апаратури при низьких температурах спричиняє необхідність застосування спеціальної дорогої елементної бази. Найбільш чутливими до зниження температури являються такі елементи, як рідкокристалеві індикатори, мікросхеми й акумулятори. Тому вжиті заходи по зниженню робочої температури до –20 ..–40° обов'язково позначаються на вартості виробу в цілому.

Розходження у вагових характеристиках обумовлені, в основному, вагою прийомного пристрою (з урахуванням акумулятора), тому що вага антен і їхніх габаритних розмірів приблизно однакові для всіх типів РП. Зазначимо, що габарити, а так само вагу антен принципово неможливо зменшити, оскільки розмір рамки пов'язаний з довжиною хвилі прийнятого сигналу [2].

В табл. 1 не наведені точнісні характеристики пеленгації. Такі характеристики, як правило, відсутні у рекламних проспектах. Пояснюється це тим, що середньоквадратичні помилки (СКП) пеленгації залежать від багатьох факторів (несучої частоти сигналу, рівня сигналу, особливостей місцевості та ін.). Точність пеленгації в різних типах переносних РП приблизно однакова і СКП знаходиться в межах 5°..20°. Найменші помилки вдається одержати на високих частотах і в районі, де поблизу відсутні об'єкти, що перевідбивають.

Окремо розглянемо основні характеристики скануючих приймачів, які можуть використовуватися в складі переносних РП. В цей час на ринку пропонується до продажу кілька десятків різновидів скануючих приймачів, які розрізняються за діапазоном робочих частот, вагою, габаритними й функціональними можливостями. Під функціональними можливостями розуміється динамічний діапазон, швидкість сканування, ступінь автоматизації рішення більшості завдань (виявлення, вимір параметрів, демодуляція й т.д.). Для розгляду виділимо тільки ті з них, які мають найбільший частотний діапазон, помірну або малу вагу й досить широкі функціональні можливості.

Основні характеристики шести типів скануючих приймачів [3 – 8] наведені в табл. 2 (прочерк в таблиці означає, що про даний параметр відомості відсутні).

Відмітимо, що в більшості приймачів верхня робоча частота не перевищує 3305 МГц, а нижня 10 кГц. Як вже відмічалось, виключення складає приймач PR 100, в якого верхня частота становить 7500 МГц. Цю обставину варто враховувати, якщо прийняти рішення про використання в складі переносного РП скануючого приймача, як готового (покупного) виробу.

Динамічний діапазон приймачів наведений у таблиці з урахуванням наявності на вході керованого атенюатора, призначеного для ослаблення сильних сигналів.

Швидкість сканування прийнято відображати в числі обслуговуваних каналів в секунду. Для приймачів PR100 і EB200 цю характеристику виробник не приводить. Однак, в рекламних проспектах [11]

Таблиця 2

Основні характеристики скануючих приймачів

№ з/п	Характеристики	PR100 (Німеччина)	EB200 (Німеччина)	AP ONE (Японія)	IC-R20 (Японія)	AR8200MK 3 (Японія)	«Авангард» (Росія)
1.	Діапазон частот, МГц	0,01...7500	0,01...3000	0,01...3300	0,15...3305	0,1...3000	0,5...3000
2.	Динамічний діапазон, дБ	140	140	90	–	–	100
3.	Швидкість сканування (число каналів/с)	–	–	25	100	37	50
4.	Живлення, В	15	10...30...30	11...16...16	4,85	12	10,4...13...13,4
5.	Габарити, мм	320×192×62	210×88×270	157×58×270	60×142×35	143×61×39	–
6.	Вага з акумулятором, кг	3,5	5,5	2,2	0,32	0,335	1,5

вказується, що час перемикання синтезатора частот гетеродина не перевищує 3 мс, а типовим є значення 1 мс. Тому, на обслуговування одного каналу з урахуванням витрат часу на спектральний аналіз буде витрачатися 3–5 мс. А це означає, що приймач EB200 може мати швидкість сканування у декілька сотень каналів (200–300) в секунду. За цим параметром ці приймачі є найкращими серед малогабаритних скануючих приймачів.

Габарити й вага приймачів – характеристики, зв'язані між собою. Вони прямо залежать від функціональних можливостей і його технічних параметрів. Так, наприклад, приймачі PR100 і EB200 мають найбільші вагу й габарити і відповідно – найбільші можливості серед розглянутих. Їхніми відмінними рисами є такі: можливість обміну інформацією й керування через локальну мережу і комп'ютер, що дозволяє використовувати їх в стаціонарних і мобільних системах радіомоніторингу; наявність як аналогових так і цифрових смугових фільтрів з безліччю смуг пропускання (від 150 Гц до 150 кГц), що забезпечує високу відбірковість і чутливість приймачів; високі точнісні установки частоти (найменший крок 1 Гц) і виміру рівня сигналу (помилка менше 1,5 дБ), це робить такі приймачі придатними для точного оцінювання параметрів взаємних завад при рішенні завдань електромагнітної сумісності різних радіоелектронних засобів; великий динамічний діапазон (140 дБ) за рахунок регулювання коефіцієнта передачі як у тракці проміжної частоти (110 дБ), так і в тракці несучої частоти (30 дБ); наявність вбудованої системи самоконтролю, що дозволяє виявляти неприпустимі відхилення характеристик від заданих.

Приблизно такі ж характеристики притаманні приймачу AR ONE, який помітно програє приймачам PR100 і EB200 лише по динамічному діапазону. Однак, по вазі він виграє більш, ніж в 1,5 – 2 рази.

Значні переваги за вагою та габаритам мають приймачі AR-8200MK3 і IC-R20.

Незважаючи на малі вагу і габарити, ці приймачі мають достатньо великі можливості. Особливої уваги заслуговує приймач IC-R20. Відзначимо його основні особливості [5].

Приймач IC-R20 є малогабаритним професійним широкодіапазонним скануючим РПП з можливістю реєстрації прийнятого сигналу на вбудований цифровий магнітофон і одночасного контролю двох частот (прийом на частоті каналу місцевої служби безпеки і каналу керування повітряним рухом), контроль радіообміну міжміських перевезень або прослуховування звукового супроводу місцевого ТВ каналу й радіопередачі. В приймачі передбачене цифрове запам'ятовування 1250 каналів, з яких 1000 звичайних каналів, що запам'ятовуються, 200 автоматично запам'ятованих окремих частот (каналів) для сканування й 25 піддіапазонних проміжків, за-

даних парою частот (початкової й кінцевої) для сканування. Застосування штатного літєво-іонного акумулятора забезпечує 11 годин безперервної роботи на прийом. Можливе застосування трьох алкалайнових батарейок типу ААА. Заряд штатного акумулятора або робота від зовнішнього джерела живлення може здійснюватися через адаптер постійного струму або через кабель живлення від бортової мережі автомобіля, що підключається до гнізда прикурювача.

IC-R20 є одним із високошвидкісних сканерів (швидкість сканування становить 100 каналів в секунду). Можливе об'єднання в банки пам'яті кожні 100 зафіксованих каналів (максимально 26 банків пам'яті) і об'єднання різного типу банків сканування. IC-R20 дозволяє припинити сканування й здійснювати повернення до раніше відсканованих частот.

Власний спектроскоп дозволяє візуально контролювати прийнятий сигнал і відслідковувати сусідні з ним частоти. Додаткова функція спектроскопа полягає в можливості визначення виду модуляції сигналів.

Прийом сигналів тонової телеграфії є стандартною функцією приймача IC-R20. Приймач спроможний швидко розпізнати кожний із прийнятих сигналів. Вбудований цифровий магнітофон (32-х мегабайтний) може протягом чотирьох годин безперервно здійснювати запис прийнятого сигналу, зберігати прийняті з ефіру радіопередачі і дозволяє перезаписувати їх через USB-порт в ПЕОМ. Завдяки функції запису сигналу на вбудований магнітофон можливо робити запис трансляції з бездротового (радіо) мікрофона під час переговорів. Через USB-порт можна здійснити перезапис в комп'ютер прийнятої передачі або переслати за призначенням.

Інші особливості приймача IC-R20: автоматичне керування порогом чутності при шумоподавленні; пріоритетний прийом напівдуплексного каналу; вбудований аттенуатор і автоматичне підстроювання частоти гетеродина під частоту сигналу; можливість підключення комп'ютера через інтерфейс СТ-17; наявність вбудованої феритової антени для прийому АМ-радіомовлення; можливість використання міні-телефону в якості антени FM-діапазону (спеціальне гніздо); автовимикання і перехід у режим енергозбереження при тривалій відсутності керуючих команд; обертається ручка перестройки частоти й кнопки перестройки частоти «вверх-вниз» по діапазону.

Всі розглянуті приймачі дозволяють демодулювати сигнали з основними видами передачі – одна бічна смуга (ліва й права), амплітудна модуляція (АМ), частотна модуляція (ЧМ), безперервна несуча (БН). Також є можливість слухового контролю й індикації на РК дисплеї рівня прийнятих сигналів. Зазначена особливість дозволяє вирішувати завдання пеленгації по мінімуму або максимуму сигналу за умови, що замість штирьових антен використовуються рамкові або логоперіодичні антени.

Із проведеного аналізу випливає, що стосовно до завдань, розглянутих в даній роботі, кращими для застосування в складі переносних РП є скануючі приймачі типу PR100, AR ONE або IC-R20.

Висновок

Проведено порівняльний аналіз сучасних переносних засобів радіомоніторингу, які випускаються промисловістю різних країн. Загальною властивістю таких засобів є їх робота в частотному діапазоні від десятків кГц (одиниць МГц) до ≈ 3000 МГц, використання декількох антен для пеленгації джерел радіовипромінювання й застосування скануючих приймачів, що забезпечують пошук джерел по частоті. В залежності від типу скануючого приймача загальна вага засобу радіомоніторингу може лежати в межах від 3 до 10 кг. Для розширення частотного діапазону до 18000 МГц в деяких моделях застосовуються конвертори з антеною.

Література

1. Кулес І.С. *Основи радіопеленгації* / І.С. Кулес, М.Е. Старик. – М.: Сов. радио, 1964. – 640 с.
2. Рембовский А.М. *Радиомониторинг: задачи,*

методы, средства / А.М. Рембовский, А.В. Ашихмин, В.А. Козьмин; под ред. А.М. Рембовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 492 с.

3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: Rohde-schwarz. <http://www.rohde-schwarz.com>.
4. ООО Адалин [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.adalin-radio.com>.
5. ЗАО «Научно-производственный центр Фирма «НЕЛК» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nelk.ru>.
6. БНТИ [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.bnti.ru>.
7. Концерн Алекс [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.alexradio.com.ua>.
8. Группа компаний "СвязьПромИндустрия" [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.security.radiostancii.ru>.
9. Introduction into Theory of Direction Finding [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.rodhe-schwarz.com>.
10. Новости Rohde&Schwarz [Електронний ресурс]. – 2007. – № 194. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.rohde-schwarz.ru>.
11. Рембовский А.М. *Носимые средства автоматизированного радиомониторинга* / А.М. Рембовский, А.В. Ашихмин, А.Р. Сергиенко // *Специальная техника*. – 2004. – № 4. – С. 39-47.

Надійшла до редакції 25.11.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРЕНОСНЫХ (ПОРТАТИВНЫХ) СРЕДСТВ РАДИОМОНИТОРИНГА

А.В. Кобзев, В.В. Романенко, А.С. Рыбьяк

Проведен сравнительный анализ современных переносных средств радиомониторинга, которые выпускаются промышленностью различных стран, и их технических характеристик: диапазона рабочих частот, количества антенн, диапазона рабочих температур, напряжения питания, веса, габаритов. На основе проведенного анализа определены общие свойства переносных средств радиомониторинга, касающиеся частотного диапазона, использования нескольких антенн для пеленгации источников радиоизлучения, применения сканирующих приемников, которые обеспечивают поиск источников по частоте, а также применения конверторов с антенной.

Ключевые слова: радиомониторинг, радиоэлектронные средства, частотный диапазон, конвертор.

ANALYSIS OF MODERN STATE OF THE MOVABLE (PORTABLE) RADIOMONITORING MEANS

A.V. Kobsev, V.V. Romanenko, A.S. Rubyak

There has been made a comparative analysis of the modern movable radiomonitoring means produced by industries of different countries and their technical characteristics: conducted: range of workings frequencies, amount of aeriels, range of workings temperatures, tension of feed, weight, sizes. On the basis of taken analysis there has been assigned general features of movable radiomonitoring mean: frequency range, use of a few aeriels for DF of sources of radiation, are certain, applications of sweepable receivers which provide the search of sources on frequency, and also application of converters with aerial.

Key words: radiomonitoring, facilities of radios electronic, frequency range, converter.

Кобзев Анатолий Васильевич – д-р техн. наук, професор, провідний науковий співробітник, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна.

Романенко Владислав Володимирович – канд. техн. наук, начальник відділу, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна.

Риб'як Анатолий Степанович – канд. техн. наук, молодший науковий співробітник, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна, e-mail – anattoliy@mail.ru.