

УДК 621.396.67

В. В. Павлюк, к. т. н., Р. Л. Ставісюк, О. Л. Сидорчук

ПРОБЛЕМАТИКА ВЕДЕННЯ РАДІОТЕХНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В НАДВИСОКОЧАСТОТНОМУ ДІАПАЗОНІ

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова Національного авіаційного університету

У статті проведено аналіз використання надвисокочастотного діапазону сучасною радіотехнічною апаратурою цивільного та військового призначення. Визначено проблемні питання ведення радіотехнічного моніторингу джерел радіовипромінювання сантиметрового діапазону хвиль. Запропоновано один із шляхів удосконалення станцій радіотехнічного моніторингу, суть якого - розробка опромінювача дзеркальної антени на базі жолобкового хвилеводу.

Вступ. Розвиток радіотехніки, апаратури зв'язку, телекомунікаційного обладнання та супутникових мереж постійно потребує освоєння все більш високого діапазону частот. До недавнього часу легальне використання частотного діапазону обмежувалось значеннями частот не більше 40 ГГц. Після прийняття в 2005 році Федеральною комісією зв'язку (США), а в 2006 році Європейською конференцією адміністрацій пошти та телекомунікації ряду документів щодо ліцензування з'явилися перші радіосистеми, які використовували частотний діапазон в межах від 70 до 90 ГГц [1]. Освоєнню все більш високого діапазону частот сприяли наступні обставини: частотне перевантаження найбільш активно використовуюваного діапазону (6-38 ГГц); розробка нового покоління мультимедійних широкосмугових систем зв'язку з надвисокими швидкостями передачі інформації; впровадження нових схемотехнічних і технологічних рішень при створенні нової приймально-передавальної апаратури.

Перехід до даного діапазону характеризується такими перевагами: можливість реалізації антенних систем малих розмірів із високим коефіцієнтом підсилення та високою спрямованістю; збільшення смуги пропускання антенної системи, що в свою чергу забезпечує збільшення енергетичної ефективності каналу передачі інформації; зменшення потужності випромінюваного сигналу.

У зв'язку із розширенням частотного діапазону в різних сферах обслуговування: цифрові радіорелейні системи, телекомунікаційні системи, супутникові системи, навігаційні системи та широкосмугові системи передачі даних іноземних країн виникає проблема ведення радіотехнічного моніторингу (РТМ) за умов не відповідності діапазону частот джерел радіовипромінювання та засобів радіотехнічного моніторингу, що використовуються [2]. Тому актуальним завданням є створення сучасної чи удосконаленні існуючої апаратури РТМ.

Метою даної статті є визначення проблемних питань ведення РТМ в надвисокочастотному (НВЧ) діапазоні та формування пропозицій щодо їх вирішення.

Аналіз останніх досліджень та постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень у сфері військової та цивільної діяльності показує, що прикладами сучасних засобів цивільного спрямування, що працюють у НВЧ діапазоні є [3]: система безпроводного цифрового зв'язку PPS-70/80 та PPS-95/92, що працюють в діапазонах 71-76 ГГц, 81-86 ГГц, 92-95 ГГц; міжсупутникові лінії зв'язку з не геостационарними штучними супутниками Землі (Ірідіум, Теледесик, Celestrу та ін.); системи широкосмугового доступу, що працюють у діапазоні частот 27-60 ГГц – служба LDMS (багатоточкова розподільча служба, США); багатоточкова служба розподілу телебачення MVDS (Англія); мікрохвильова телекомунікаційна розподільча служба МТРС (Україна). Прикладами новітніх зразків озброєння іноземних країн є наступне: бортова радіолокаційна станція літака F-16 Fighting Falcon (США); радіолокаційна станція NanoSAR, встановлена на безпілотному літальному апараті Scan Eagle (США); радіолокаційна станція, встановлена на безпілотному літальному апараті «ДОЗОР-100» компанії «Р.Е.Т. Кронштадт» (Росія); радіолокаційна станція розвідки рухомих цілей «Борсук» (Україна); малогабаритна бортова радіолокаційна станція «Когитор» (МФ-2) (Росія); радіолокаційна станція виявлення повітряних та надводних цілей «Фрегат-М2ЭМ» (Росія); радіорелейна станція «Меридіан» (Росія) [4]. На рис. 1 зафарбованими зонами показано діапазони робочих частот перерахованих зразків озброєння.

Проведено аналіз засобів РТМ, що прийняті на озброєнні на сьогоднішній день нашої країни та країн-сусідів. До них відносяться наступні станції РТМ: «Кольчуга», «Валерія», «Охота», «Оріон», «Вега». На рис. 2 зафарбованою областю, що лежить в межах від 0,5 до 20 ГГц, показано діапазон частот станцій радіотехнічного моніторингу. Порівняльний аналіз показує, що робочий діапазон частот не відповідає робочому діапазону існуючих джерел радіовипромінювання.

Отже, інтенсивне використання НВЧ діапазону вимагає розширення робочої смуги частот засобів РТМ.

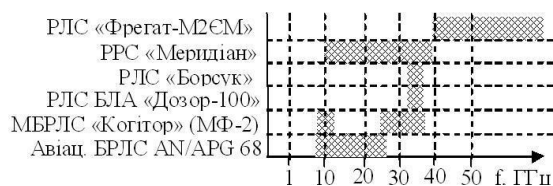


Рисунок 1 – Робочі діапазони частот джерел радіотехнічного моніторингу іноземних країн.

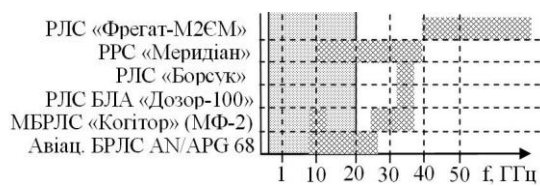


Рисунок 2 – Робочі діапазони частот джерел радіовипромінювання іноземних країн.

Частотні характеристики станцій РТМ визначаються властивостями та параметрами антенних систем, що на них встановлені, тобто напряму від них залежать. Перекриття смуги частот більше 20 ГГц можна забезпечити шляхом встановлення на існуючі комплекси РТМ великої кількості антен різного діапазону. Дана ідея не є раціональною, оскільки збільшення кількості антен передбачає погіршення тактико-технічних характеристик зразка озброєння [5]: радіолокаційна помітність (збільшення ефективної поверхні розсіювання), погіршення радіолокаційної сумісності, збільшення масогабаритних характеристик.

Тому актуальним напрямком сучасних досліджень науки і техніки є розробка нових ширококутових антенних систем НВЧ діапазону, параметри яких будуть не гірше існуючих.

Виклад основного матеріалу. Антени сучасних радіотехнічних засобів, будучи однією із найважливіших систем, значною мірою визначають їх ефективність в цілому. Вдосконалення радіотехнічних засобів та розширення повноти охоплення ними об'єктів випромінювання можливо при відповідному вдосконаленні антенних систем.

В даній статті пропонується удосконалення антенної системи, а саме розширення смуги її робочих частот при збереженні основних характеристик направленості та заданій конструкції.

Регламентуючими обмеженнями виступають: масогабаритні характеристики антенної системи; умови розташування на об'єкті встановлення; характер та ступінь експлуатаційних впливів; потужність, що використовується елементами приводу та управління; фінансові затрати на виготовлення.

Аналіз показує, що поширеним типом антен, які використовуються в станціях РТМ, є дзеркальна антена [2]. Тому, для вдосконалення, у якості прототипу доцільно буде обрати даний тип антени. Відомо, що характеристики дзеркальної антени в значній мірі залежать від типу опромінювача, який на ній встановлено [2]. Завдяки простоті конструкції, великій діапазонності, легкості отримання діаграми направленості потрібної форми та малого бокового випромінювання найпоширеніше у якості опромінювача використовується хвилеводно-рупорна антена. Самостійно даний тип антени використовується у лабораторних установках, вимірвальних приладах, в технічних засобах медицини та інших галузях. У зв'язку із більш інтенсивним використанням частотного ресурсу основною вимогою до проектування хвилеводно-рупорних антен є їх ширококутовість. Рішенням питання досягнення необхідних параметрів є використання структур із складним поперечним перерізом. Приклади таких антен наведені в табл. 1. Тому, удосконалення дзеркальної антени можна провести шляхом розробки ширококутового опромінювача НВЧ діапазону зі складною формою поперечного перерізу. В порівнянні з хвилеводами простих перерізів (прямокутній та круглий) вони мають більшу робочу смугу частот на нижчому типі хвилі, менші габарити та масу, нижчий хвильовий опір при малій дисперсії [6].

Вимоги до антенного елемента зі складним поперечним перерізом, які забезпечать вирішення проблемних питань ведення РТМ, є забезпечення діапазону робочих частот від 1 до 40 ГГц, лінійної поляризації, отримання малих значень шумової температури, що в свою чергу забезпечить збільшення добротності антени.

Таблиця 1

Основні характеристики сучасних хвилеводно-рупорних антен

№ з/п	Маркув. антени	Діапазон частот, ГГц	Коефіцієнт підсилення, дБ	Імпеданс, Ом	Тип поляризації
1.	QRH40	4 - 40	>15	50	Вертикальна та горизонт.
2.	DRH-118	1 - 18, 18 - 40	>17	50	Лінійна
3.	DRH40	4 - 40	>12	50	Вертикальна та горизонт.
4.	АН-640	26,5 - 40	>15	50	Лінійна
5.	П6-130	18 - 40	20	-	Кругова
6.	WBH18-40	18 - 40	12 - 14	-	Вертикальна та горизонт.
7.	HF907	0,8 - 18	5 - 14	50	Лінійна
8.	TADR-40180	4 - 18	6 - 16	50	Кругова

Перспективним видом хвилеводу зі складним поперечним перерізом є жолобковий хвилевід [7]. Зовнішній вигляд та розподіл електричного та магнітного полів в ньому зображено на рис. 3 [8].

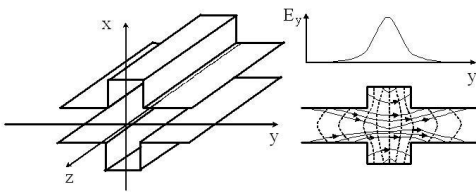


Рисунок 3 – Зовнішній вигляд симетричного жолобкового хвилеводу із прямокутними жолобами та картини силових ліній електричного (-) та магнітного (---) полів.

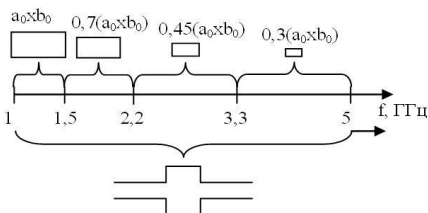


Рисунок 4 – частотні смуги чотирьох прямокутних хвилеводів, що перекриваються одним жолобковим

Жолобковий хвилевід в порівнянні з іншими простими хвилеводами має велику кількість переваг, важливих для їх практичного застосування. А саме, широку робочу смугу частот в одномодовому режимі, низькі втрати, простота та малі економічні затрати на виготовлення. Найбільш цінною властивістю жолобкового хвилеводу є його можливість до фільтрації вищих (паразитних) типів хвиль.

З рис. 4 видно, що робочі смуги частот прямокутних хвилеводів з розмірами $a_0 \times b_0$ см, $0.7 \times (a_0 \times b_0)$ см, $0.45 \times (a_0 \times b_0)$ см, $0.3 \times (a_0 \times b_0)$ см, які разом займають

діапазон частот від 1 до 5 ГГц, перекриваються одним жолобковим хвилеводом з встановленими розмірами.

Така властивість даного хвилеводу спостерігається і при використанні його в смузі більш високих частот.

У зв'язку із різними значеннями опору хвилеводу і навколишнього середовища відкритий кінець хвилеводу погано узгоджений з зовнішнім простором. Для покращення показників спрямованості та узгодження із зовнішнім простором проводять збільшення розмірів відкритого кінця хвилеводу в залежності від типу хвилі, яка використовується.

Доцільно виконати опромінювач дзеркальної антени на базі жолобкового хвилеводу у вигляді рупорної антени. Опромінювач у вигляді рупорної антени забезпечить наступні переваги: краще узгодження із зовнішнім простором, високий рівень коефіцієнту корисної дії, низький рівень бокових пелюсток, широкосмуговість за входним опором, стабільність напрямку та форми головного максимуму, простота конструкції.

Теоретичні дослідження жолобкового хвилеводу ведуться по сьогоднішній день. Розрахунок даного хвилеводу є складним процесом і на даний час не має узагальненої методики розв'язання внутрішньої задачі. Подальші дослідження планується проводити в напрямку знаходження електромагнітних характеристик жолобкового хвилеводу та створення методики розв'язання прямої та зворотної задач в жолобковому хвилеводі.

Висновки. Таким чином, у статті визначено проблемні питання ведення РТМ в НВЧ діапазоні та сформульовано пропозиції щодо їх вирішення. Проаналізовано перспективи освоєння діапазону частот, що перевищують 20 ГГц. Встановлено, що робочі діапазони частот існуючих станцій РТМ не відповідають вимогам сучасності.

З метою збільшення повноти охоплення об'єктів випромінювання НВЧ діапазону станцією РТМ запропоновано удосконалити антенну систему шляхом розширення її частотного діапазону при заданій конструкції та збереженні основних характеристик направленості.

Список літератури

1. И. Викулов. Беспроводные системы связи осваивают четырехмиллиметровых диапазон // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – 2/2009. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/0/article_177_748.pdf.
2. Г. В. Хохолов. Антенные системы радиоэлектронных средств. Учебник М.: Воениздат, 1978. 368 с. сил.
3. Вишневский В., Фролов С., Шахнович И. Радиорелейные линии связи в миллиметровом диапазоне и новые горизонты скоростей. // Электроника. №1(00107). 2011г. [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.electronics.ru.
4. Цифровая радиорелейная система РРС «Меридиан». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://telekom.kiev.ua>.
5. Д. И. Воскресенский, Р. А. Грановская, Н. С. Давыдова, и др.. Антенны и устройства СВЧ (Проектирование фазированных антенных решеток) : Учебн. пособие для вузов. Под ред. Д. И. Воскресенского. – М.: Радио и связь, 1981, 432 с., ил.
6. Г. Ф. Заргано, В. П. Ляпин, В. С. Михалевский и др. Волноводы сложных сечений – М.: Радио и связь, 1986. – 124 с.: илл.
7. Arthur A. Oliner. Scannable millimeter wave array // Final Technical Report – Politechnic University, 1989. – 283 p.
8. Обзор по электронной технике. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1989, вып. 7(1451). с. 1-65