

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ СУМІСНОСТІ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЗІ ЗМІННОЮ ПРОСТОРОВОЮ КОНФІГУРАЦІЄЮ

В статті проведено пошук можливих шляхів щодо розв'язання науково-технічних питань, пов'язаних з дослідженням забезпечення енерго-інформаційної сумісності РТЗ зі змінною просторовою конфігурацією. В роботі розглянуті методи, які можуть бути реалізовані на етапах функціонування РТЗ. Розроблені пропозиції, на відмінність від існуючих, базуються на використанні можливості частотно-фазового погодження взаємодії радіоелектронних пристроїв та систем в інтересах підвищення ефективності їх функціонування. Запропоновані заходи можуть бути реалізовані в різноманітних складних системах з НВЧ випромінюванням.

**Ключові слова:** енерго-інформаційна сумісність, радіотехнічна система, діаграма, поляризація, просторова конфігурація, електромагнітна сумісність, радіоелектронні засоби.

### Вступ

Постійне збільшення щільності розміщення радіоелектронних засобів (РЕЗ) при обмеженому частотному ресурсі призводить до збільшення рівня взаємних завад, що порушують нормальну роботу цих засобів. В зв'язку з цим досить гостро стоїть проблема електромагнітної сумісності РЕЗ розташованих на одному об'єкті, тому тематика роботи, яка направлена на вирішення цієї проблеми є актуальною і потребує детального дослідження.

**Мета.** Розв'язання комплексу науково-технічних питань, пов'язаних з дослідженням методики аналізу та забезпечення ЕМС РЕЗ розташованих на одному об'єкті.

**Об'єкт дослідження.** Сучасні радіоелектронні засоби розташовані на одному об'єкті.

**Предмет дослідження.** Методика аналізу та вирішення питання електромагнітної сумісності РЕЗ.

**Постановка задачі.** Вирішувалися за допомогою теоретичних основ інформації, антенних пристроїв, електродинаміки та поширення радіохвиль, а також електромагнітної сумісності і завадостійкості.

### Основна частина

Радіотехнічні пристрої, які розглядаються, складаються з передавальних пристроїв (РПП) та антенно-фідерної системи, призначеної для генерації несучого гармонійного коливання, його модуляції й випромінювання за допомогою передавальної антени [1,4].

Крім основного (корисного) радіовипромінювання, на виході антени РПП присутні неосновні (небажані) випромінювання. Ці випромінювання можуть заважати для приймачів інших РЕЗ, створюючи їм ненавмисні завади й погіршуючи ЕМС РЕЗ. Класифікацію випромінювань на виході антени РПП й приклад розподілу їхньої спектральної щільності потужності представлено на рис. 1.

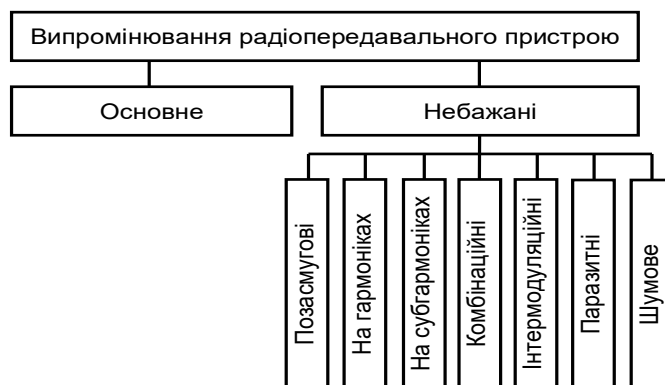


Рис. 1. Класифікація випромінювань РПП

На практиці важливо також мати інформацію про форму обвідної спектра й про швидкість збудження спектральних складових позасмугового випромінювання за межами необхідної смуги

частот. Із цією метою вводиться поняття ширини смуги частот на рівні  $-X$  дБ щодо рівня основного випромінювання, прийнятого за 0 дБ ( $B_x$  на рис. 2). За межами смуги  $B_x$  інтенсивність будь-яких дискретних спектральних складових або спектральна щільність потужності позасмугового випромінювання ослаблена щодо рівня основного випромінювання (у смузі  $B_n$  на рис. 2) не менш ніж на  $X$  дБ. Звичайно, за нижній рівень вимірюваної потужності приймається рівень, розташований на 60 дБ ( $X = -60$  дБ) нижче рівня основного випромінювання (0 дБ на рис. 2). Використання декількох вимірювальних рівнів ( $X = -30, -40, -50$  і т.д.) дозволяє контролювати форму й швидкість зменшення позасмугового випромінювання. Оцінка займаної смуги частот за критерієм відносного рівня  $-X$  дБ для класів випромінювань *A3E, H3E, R3E, J3E* краще і точніше характеризує спектр сигналу в порівнянні з енергетичним критерієм [2, 3, 5].

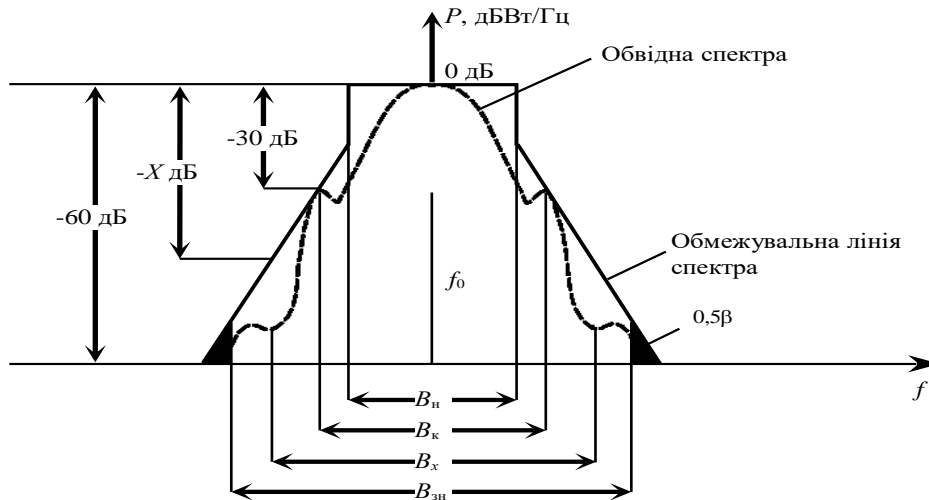


Рис. 2. Характеристики основного й позасмугового випромінювання РПП

Контроль і нормування позасмугового випромінювання здійснюється за допомогою контрольної ширини смуги частот випромінювання  $B_k$ , за нижньою й верхньою межами якої будь-яка спектральна складова ослаблена на 30 дБ (в 1000 разів) і більше стосовно максимального значення випромінюваної потужності. Значення контрольної ширини смуги частот використовується при розподілі й присвоєнні номінальних частот радіостанціям і при розрахунках частотного рознесення між сусідніми станціями.

Лінія, що проходить через допустимі значення рівнів  $X$  випромінювання, називається обмежувальною (рівні 0, -30, - $X$ , -60 дБ на рис. 2). Вона визначає верхню межу максимально допустимих значень складових спектра позасмугового випромінювання. Обвідна реального спектра потужності випромінювання не виходить за межі встановленої обмежувальної лінії. Значення ширини смуг частот ( $B_n, B_k, B_x, B_{зн}$ ) нормовані для різних класів випромінювання [1, 2, 6].

Діаграма направленості антени (ДНА) визначає кутовий розподіл амплітуд напруженості електричного поля антени  $E(\varphi)$  у дальній зоні в двох ортогональних площинах при фіксованому віддаленні. Загальний вид ідеалізованих ДНА за основною поляризацією та крос-поляризацією в прямокутних координатах наведено на рис. 3.

Суцільна крива відповідає ДНА в площині основної поляризації, а пунктирна крива - ДНА в площині крос-поляризації. На рис. 3 показано основні параметри ДНА: головний пелюсток - частина ДНА, що лежить в секторі кутів  $\varphi''_{01} < \varphi < \varphi'_{01}$ , де  $\varphi''_{01}$  і  $\varphi'_{01}$  - кути, що відповідають першому нулю ДНА в різні сторони від осі;  $\varphi_{0,5}$  - ширина ДНА по половинній потужності, тобто при  $F^2(\varphi) = -3$  дБ; бічні пелюстки (БП) і кути  $\varphi_{1\acute{a}\ddot{a}}, \varphi_{2\acute{a}\ddot{a}}, \dots$ , що відповідають максимумам відповідних БП; задній пелюсток (ЗП); кути  $\varphi_{01}, \varphi_{02}, \varphi_{03}$ , що відповідають нулям ДНА.

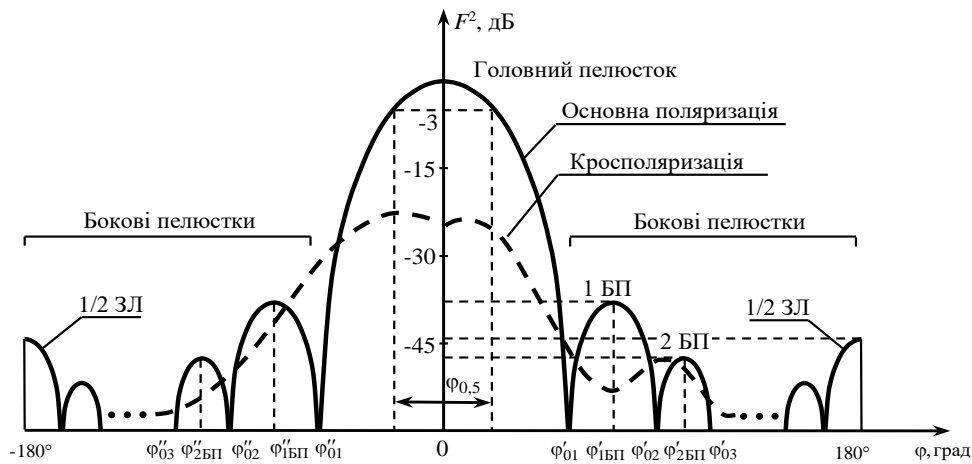


Рис. 3. Загальний вид ідеалізованих ДНА на основній поляризації й крос-поляризації в прямокутних координатах

Вид реальних ДНА на основній поляризації (А) і на крос-поляризації (Б) у полярних координатах.

Забезпечення енерго-інформаційної сумісності РТЗ з просторовою конфігурацією вимагає детального аналізу характеристик поширення радіохвиль. Під час поширення радіохвиль від систем радіозв'язку в атмосфері рівень радіосигналу, прийнятого після його проходження каналом поширення від передавальної антени, залежить від характеристик місцевості та мінливості тропосфери (іоносфери) залежно від пори року, часу доби й ряду інших умов. Внаслідок цього радіосигнал на вході приймача має паразитні амплітудно-фазові випадкові зміни, які, як загальне явище, прийнято називати завмираннями. Уряді випадків залежно від специфіки умов поширення радіосигналу завмирання мають конкретні назви, наприклад, загальні завмирання, частотно-селективні завмирання і т.д.

Для забезпечення енерго-інформаційної сумісності РТЗ зі змінною конфігурацією необхідно забезпечити наступні умови поширення радіохвиль, а саме: через тропосферний хвилевід, за допомогою «прямої» хвилі й відбитих хвиль від різних поверхонь і неоднорідностей атмосфери, або за рахунок дифракції, шляхом тропосферного розсіювання, у межах прямої видимості та уникнути розсіювання гідрометеорами. На рис. 4 схематично показані основні форми ДНА з урахуванням перерахованих вище умов поширення сигналів. При цьому на рис. 4а показано форму ДНА під час тропосферного розсіювання. На рис. 4б показано форму ДНА під час аномальних умов, таких, як інверсна зміна температури з висотою. Дані випадки поширення сигналу розглянуті з точки зору короткостроковості дії і не підлягають впливу енергетичних завад та перекрученню інформації.

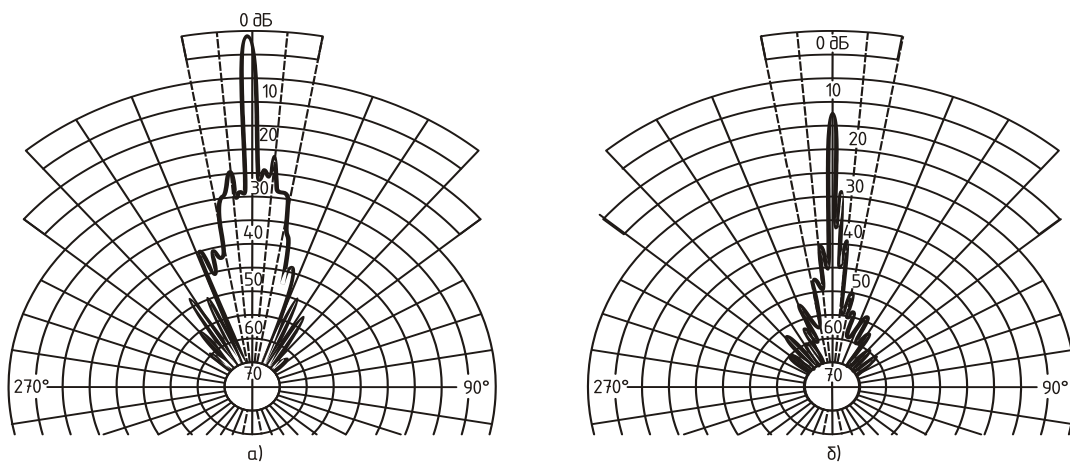


Рис. 4. Вид реальних ДНА на основній поляризації (а) і на крос-поляризації (б) у полярних координатах

Постійне збільшення щільності розміщення радіоелектронних засобів (РЕЗ) при обмеженому частотному ресурсі призводить до збільшення рівня взаємних завад, що порушують нормальну роботу цих засобів. Досить гостро проблема взаємних завад проявляється там, де цілі комплекси РЕЗ повинні розміщуватися на обмеженій території але при суворій просторовій конфігурації (суднах, будинках, вежах). Кількість антен на одному об'єкті може досягати декількох десятків, а відстані між ними можуть становити одиниці метрів і менше. Щільне розміщення антен призводить до того, що електромагнітні поля, випромінювані антенами радіопередавачів (РПД), можуть створювати в антенах радіоприймачів (РПМ) високочастотні ЕРС, які досягають десятків вольт, що може викликати перевантаження вхідних каскадів і порушення нормального функціонування РПМ або навіть вихід їх з ладу. Не менш небезпечними є одночасні впливи декількох сигналів, що породжують у вхідних каскадах РПМ і у вихідних каскадах РПД інтермодуляційні завади, які можуть потрапляти в смугу робочих частот приймачів і погіршувати умови прийому корисних сигналів.[4,7]

Тому для забезпечення енерго-інформаційної сумісності РТЗ зі змінною конфігурацією пропонується враховувати жорсткі умови на основі:

- визначення потенційно несумісних пар РЕЗ;
- розрахунок енергетичних характеристик ненавмисних радіозавад;
- визначення ступеня забезпечення ЕМС.

### Висновки

Забезпечення енерго-інформаційної сумісності РТЗ зі змінною просторовою конфігурацією можливе за умови стійкості системи до впливу зовнішніх електромагнітних полів; завад по ланцюгах живлення, управління, заземлення та усунення впливу електромагнітного випромінювання обладнання. Це можливо досягти шляхом врахування статистичних даних досліджень при формуванні вимог до діаграм направленостей антен під час роботи на випромінювання й прийом на робочих частотах; на частотах позасмугових і побічних випромінювань РПД; на частотах сусідніх і побічних каналів прийому РПМ та при часовому режимі роботи РТЗ на випромінювання й прийом.

### Література

1. Справочник по радиоконтролю. - Женева: Бюро радиосвязи МСЭ, 2002. - 585 с.
2. Ступак В.С. Долматов С.О. Основы радиочастотного контроля: практический посібник /В.С. Ступак, С.О. Долматов; за ред. д.т.н. Олійника В.Ф. – К.: 2004. – 231 с.
3. Регламент радиосвязи. Сборник рабочих материалов по международному регулированию планирования и использования радиочастотного спектра. - М.: 2004. – 560 с.
4. Быховский М.А. Круги памяти. (Очерки истории развития радиосвязи и вещания в XX столетии) / М.А. Быховский - Вып.1. – М.: Изд.: Мобильные коммуникации, 2001. - 224 с.
5. Закон України, „Про радіочастотний ресурс України від 24.06.2004 р. № 1876-IV із змінами і доповненнями.
6. Логинов Н.А. Актуальные вопросы радиоконтроля в Российской Федерации / Н.А. Логинов - М.: Радио и связь, 2000. - 240 с.
7. Рембовский А.М. Радномониторинг: задачи, методы, средства / А.В. Ашнхмин, В.А. Козьмин; под ред. А.М. Рембовского. - М.: Горячая линия-Телеком, 2006. - 492 с.

Надійшла 02.09.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Вишнівський В.В.