

УДК 621.396.96

А.Н. Бовкун, І.С. Добринін, В.І. Писаревський, Ю.І. Рафальський,
А.В. Снегуров, В.П. Фінаєв

МЕТОД МОНОІМПУЛЬСНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ГОЛОВНИХ ПРОМЕНІВ ДІАГРАМИ СПРЯМОВАНОСТІ АНТЕНИ В ЗАСОБАХ РАДІОТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ З ДЗЕРКАЛЬНИМИ АНТЕНАМИ

Розглядається метод селекції головних променів діаграми спрямованості антени в засобах радіотехнічного контролю бланкуючого типу з використанням однієї додаткової антени, коефіцієнт підсилення якої менше, ніж коефіцієнт підсилення пеленгаційної антени в максимумах бічних пелюсток.

Постановка завдання

Для забезпечення надійного виявлення і необхідних точностей вимірювання кутових координат джерел радіовипромінювання (ДРВ) в умовах складної радіоелектронної обстановки (РЕО) у засобах радіотехнічного контролю (РТК) використовують високоспрямовані антени з великим коефіцієнтом підсилення [2, 3]. Широкий діапазон робочих частот засобів РТК обумовлює використання декількох антен, кожна з яких працює у своєму піддіапазоні. Таким чином, на обмеженій площі розташовується ряд антен або використовується антена з декількома опромінювачами, винесеними з фокуса дзеркала, настроєними на свій діапазон, і одним дзеркалом [2].

Одним з небажаних наслідків такої побудови антенної системи є збільшення рівня бічних пелюсток діаграми спрямованості (ДС) антени до $-15...-13$ дБ відносно головних максимумів. При контролі високотенційних ДРВ такий рівень бічних пелюсток може привести до виявлення сигналів не тільки головними пелюстками діаграми спрямованості, а й бічними, і навіть по фоні, що приводить до аномальних помилок вимірювання кутових координат (хибних пеленгів). Таким чином, для виключення хибних пеленгів доцільно використовувати системи селекції головного променя (ССГП) ДС.

Аналіз літератури

У радіотехнічних системах використовуються різні методи усунення грубих похибок вимірювання кутових координат ДРВ, обумовлених прийомом сигналів по бічних пелюстках ДС. Перші ґрунтуються на застосуванні автокомпенсаторів [4], інші бланкують сигнали, прийняті по бічних пелюстках ДС [3, 4], треті – алгоритмічні методи – знайшли застосування в існуючих засобах РТК. У силу особ-

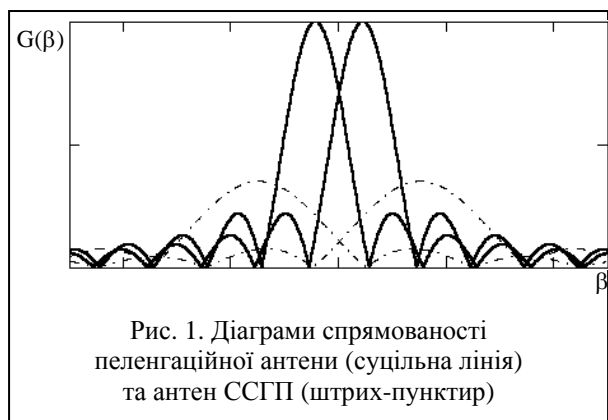
ливостей побудови і функціонування перелічених вище ССГП, на думку авторів, найбільший інтерес для засобів РТК викликають системи бланкуючого типу.

Як відомо [3, 6], основними умовами ефективної роботи бланкуючої ССГП є перекриття діаграмою спрямованості додаткової антени (антени ССГП) області бічних пелюсток пеленгаційної антени. При цьому коефіцієнт підсилення додаткової антени $G_{\text{дод}}$ повинен перевищувати коефіцієнт підсилення пеленгаційної антени по бічних пелюстках діаграми спрямованості $G_{\text{б.п}}$ на $2...4$ дБ [3].

Антени, які використовуються в засобах РТК, характеризуються високим коефіцієнтом підсилення ($25...30$ дБ) і високим відносним рівнем бічних пелюсток ($-15...-13$ дБ). Отже, як додаткову антену необхідно використовувати антену з коефіцієнтом підсилення, приблизно рівним 20 дБ. Антени з таким коефіцієнтом підсилення характеризуються вузькою діаграмою спрямованості. Тому однією додатковою антенною не можна перекрити всю область бічних пелюсток і фоні ДС пеленгаційної антени. Таким чином, для виконання основних умов ефективної роботи розглянутої ССГП необхідно використовувати кілька додаткових антен, кожна з яких перекриває свою ділянку бічних пелюсток пеленгаційної антени, як це показано на рис. 1.

Застосування декількох додаткових антен веде до використання такої ж кількості додаткових багатоканальних за частотою приймальних пристроїв, ідентичних основному, тобто в класичному варіанті побудови дана схема викликає значні апаратні витрати. При такому варіанті значно зростає обсяг апаратури і складність реалізації станції РТК.

Мета статті – обґрунтування рішення, при якому забезпечується надійна робота ССГП без вико-



нання однієї з традиційних вимог – $G_{\text{дод}} > G_{\text{б.п}}$ – і використанні однієї слабоспрямованої додаткової антени.

Основний матеріал

Показники якості традиційної ССГП при невиконанні умови $G_{\text{дод}} > G_{\text{б.п}}$. Бажання обійтися мінімальною кількістю каналів у пеленгаторі обумовлює застосування додаткової антени з діаграмою спрямованості порядку $100...120^\circ$, що дозволяє виключити з обробки сигнали, прийняті бічними пелюстками ДС пеленгаційної антени. Використання додаткової антени з настільки широкою діаграмою спрямованості веде до того, що її коефіцієнт підсилення менше коефіцієнта підсилення основної антени в бічних пелюстках на $0...7$ дБ.

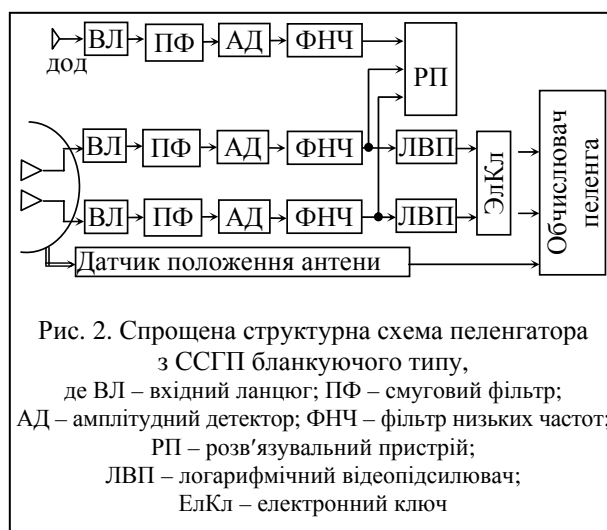
Для використання розв'язувального пристрою, який описаний у [3, 6], у складі ССГП двоканального пеленгатора, структурна схема якого наведена на рис. 2, його довелося змінити (дати ще один аналогічний канал і елемент «І»). Схема зміненого розв'язувального пристрою наведена на рис. 3.

Стисло нагадаємо логіку роботи цієї схеми. Сигнали з виходів ФНЧ (рис. 2) $z_l(t, \beta) = s_l(t, \beta) + n_l(t)$, де $s_l(t, \beta) = a_l(\beta)s_0(t)$, $a_l(\beta)$ – амплітуда сигналу l -го каналу, $s_0(t)$ – вид сигналу, $n_l(t)$ – детектований внутрішній шум l -го каналу, $l = 1$ і 2 для пеленгаційних каналів та $l = 3$ для додаткового каналу, надходять на свої входи розв'язувального пристрою. Сигнали з пеленгаційних каналів надходять безпосередньо на порогові пристрої ПП1 і ПП4, які виконують роль виявлювачів сигналу в основних каналах, і на схемі різниці $\Delta 1$ і $\Delta 2$. Імовірність хибної тривоги F задається напругою $U_{\text{П1}}$, що надходить на опорні входи ПП1 і ПП4. Сигнал з виходу ФНЧ додаткового каналу надходить на схемі різниці $\Delta 1$ і $\Delta 2$. Різницеві сигнали $\Delta z_{1,2}(t, \beta) = z_{1,2}(t, \beta) - z_3(t, \beta)$ надходять на порогові пристрої ПП2 і ПП3 відповідно. Порогові пристрої ПП2 і ПП3 призначені для селекції го-

ловного променя і бланкування сигналів по бічних пелюстках діаграми спрямованості. Ознакою наявності сигналу в головних променях або в бічних пелюстках діаграми спрямованості є перевищення $([\Delta z_1(t, \beta) \geq U_{\text{П2}}] \cap [\Delta z_2(t, \beta) \geq U_{\text{П2}}])$ або, навпаки, не перевищення $([\Delta z_1(t, \beta) < U_{\text{П2}}] \cap [\Delta z_2(t, \beta) < U_{\text{П2}}])$ порога. У випадку перевищення всіх порогів на виході РП з'являється логічна одиниця, що дозволяє подальшу обробку сигналів. Надалі з метою спрощення запису аргументи, що стоять у дужках, будемо опускати.

Поріг $U_{\text{П1}}$ вибирається за умови припустимої хибної тривоги виявлення сигналів у пеленгаційних каналах. Поріг $U_{\text{П2}}$ вибирається із суперечливих вимог – мінімальних енергетичних втрат при прийомі сигналу по основних пелюстках ДС (поріг $U_{\text{П2}}$ необхідно зменшувати) і мінімальної імовірності хибних пеленгів при прийомі сигналу по бічних пелюстках ДС (поріг $U_{\text{П2}}$ необхідно збільшувати).

Для обґрунтування вибору $U_{\text{П2}}$ розглянемо показники якості одноканальної ССГП з розв'язувальним пристроєм, наведеним на рис. 2.



Пеленгатор зі ССГП будемо характеризувати наступними показниками якості [5]:

- імовірністю виявлення D ;
- програшем в еквівалентній чутливості пеленгатора зі ССГП у порівнянні з ідентичним пеленгатором без ССГП.

Зазначені показники залежать від ряду факторів. Основними є:

- відношення сигнал–шум (ВСШ) на входах розв'язувального пристрою;
- структура розв'язувального пристрою;
- різниця коефіцієнтів підсилення основної і додаткової антен у головному промені і бічних пелюстках відповідно.

Імовірність виявлення сигналу можна знайти як імовірність виконання випадкових подій – спрацювання порогових пристроїв ПП1, ПП2, ПП3 і ПП4 (рис. 3):

$$D = P\{[z_1 \geq U_{П1}] \cap [\Delta z_1 \geq U_{П2}] \cap [z_2 \geq U_{П1}] \cap [\Delta z_2 \geq U_{П2}]\}. \quad (1)$$

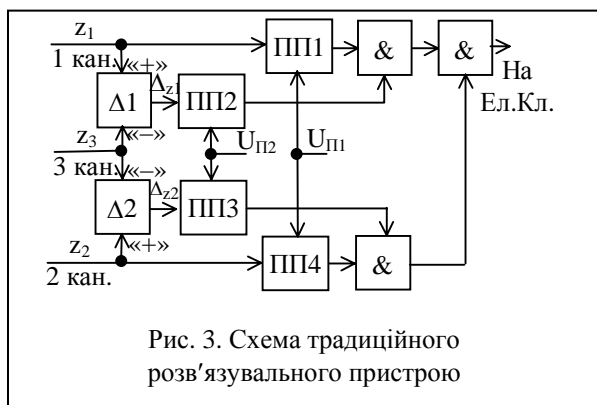


Рис. 3. Схема традиційного розв'язувального пристрою

При розгляді імовірності D необхідно враховувати, що сигнали на виходах схем $\Delta 1$ і $\Delta 2$ є різницями сигналів, які приймаються по основних і додаткових каналах, і, в загальному випадку, випадкові події спрацювання порогових пристроїв ПП1 і ПП2, ПП3 і ПП4 відповідно є залежними. Однак, як показано в [4], кореляцію можна не враховувати, якщо ВСШ в основних каналах у кілька разів більше, ніж у додатковому, або навпаки. Ця умова практично завжди виконується. Отже, вираз (1) можна записати у вигляді

$$D = P_1 P_2 P_3 P_4, \quad (2)$$

де P_{1-4} – імовірність спрацювання відповідного порогового пристрою.

При розрахунку імовірностей P_{1-4} врахуємо, що сигнали на входи розв'язувального пристрою надходять на відеочастоті (див. рис. 2). Оскільки сигнали спостерігаються на фоні внутрішнього шуму, то закон розподілу випадкового процесу на вході детектора вважаємо нормальним, а на виході детектора маємо узагальнений закон Релея. Однак при порівняно великому ВСШ він досить добре апроксимується нормальним законом.

Таким чином, при надходженні на входи розв'язувального пристрою випадкових процесів z_1 , можна стверджувати, що дисперсії цих процесів однакові і рівні σ^2 (усі приймальні канали ідентичні). Тоді дисперсії різницевих випадкових процесів і амплітудні значення різницевих сигналів відповідно рівні $2\sigma^2$ і $\Delta a_{1,2} = a_{1,2} - a_3$. Отже, імовірності спра-

цювання порогових пристроїв можна знайти з наступних простих виразів

$$P_{1,4} = \frac{1}{2} \left(1 - \Phi \left(\frac{U_{П1} - a_{1,2}}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right);$$

$$P_{2,3} = \frac{1}{2} \left(1 - \Phi \left(\frac{U_{П2} - \Delta a_{1,2}}{2\sigma} \right) \right),$$

де $\Phi(\bullet)$ – функція Крампа [6].

Для аналізу показників якості ССГП розрахуємо залежність імовірності виявлення сигналу, який приймається по рівносигнальному напрямку, і максимум першої бічної пелюстки ДС від ВСШ – Q на входах 1 і 2 РП. Вихідні дані для проведення розрахунків наступні:

діаграма спрямованості антени апроксимована функцією $\sin x/x$;

імовірність хибної тривоги $F = 10^{-2}$;

імовірність хибного спрацювання ПП2 і ПП3 $F_{ПП2} = F_{ПП3}$ дорівнює 0,01, 0,1 і 1 (ССГП відключена);

$G_{\text{дод}} - G_{\text{б.п}} = -7$ дБ.

Результати розрахунків наведені на рис. 4. Їх аналіз показує, що величина втрат D в області голо-

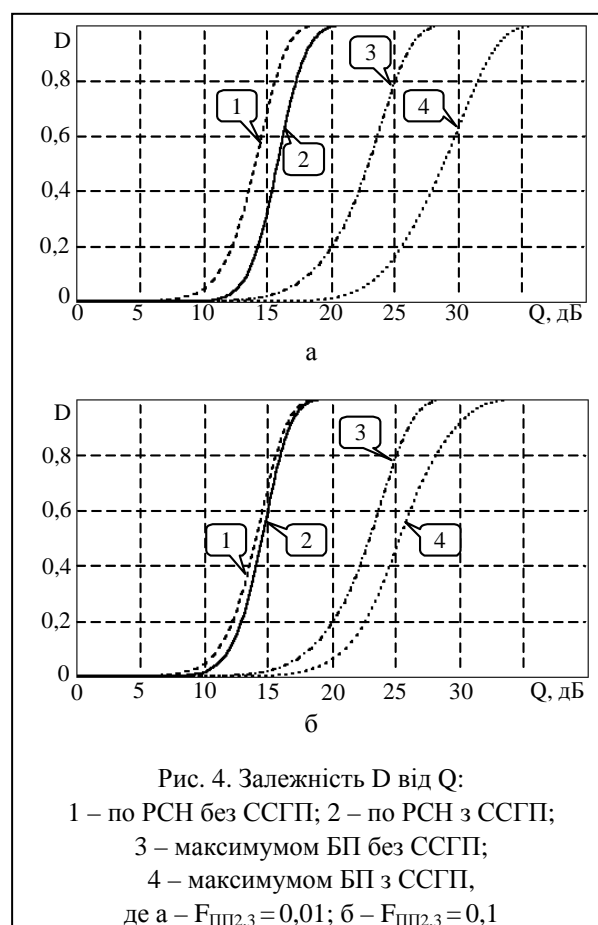


Рис. 4. Залежність D від Q :
 1 – по РСН без ССГП; 2 – по РСН з ССГП;
 3 – максимумом БП без ССГП;
 4 – максимумом БП з ССГП,
 де а – $F_{ПП2,3} = 0,01$; б – $F_{ПП2,3} = 0,1$

вних пелюсток ДС $D_{\text{гол}}$ і імовірність хибних пеленгів (значення D в області бічних пелюсток $D_{\text{б.л}}$) нерозривно пов'язані між собою. Чим нижче імовірність хибних пеленгів, тим більше втрати $D_{\text{гол}}$.

Використання ССГП з однією додатковою антеною, коефіцієнт підсилення якої на 7 дБ менше, ніж коефіцієнт підсилення пеленгаційної антени в максимумі бічних пелюсток, приводить до погіршення еквівалентної чутливості пеленгатора за рівнем $D = 0,5$ при імовірності хибного перевищення порога $U_{\text{П2}}$, рівної 0,01, на 2 дБ, при цьому імовірність виявлення сигналу по максимуму бічної пелюстки при ВСШ, рівному 25 дБ, знижується з 0,8 до 0,18. Це еквівалентно погіршенню еквівалентної чутливості пеленгатора по бічних пелюстках ДС на 6 дБ. При збільшенні $F_{\text{ПП2}}$ і $F_{\text{ПП3}}$ до 0,1 та незмінних інших показників втрати в еквівалентній чутливості пеленгатора по рівносигнальному напрямку не більше 0,5 дБ, однак, при цьому погіршення еквівалентної чутливості по максимуму бічної пелюстки знижується до 3 дБ.

Таким чином, використання у складі ССГП додаткової антени з коефіцієнтом підсилення на 7 дБ менше, ніж коефіцієнт підсилення в максимумі бічних пелюсток пеленгаційної антени і найпростішого розв'язувального пристрою, не забезпечує упевненого бланкування сигналів, прийнятих по бічних пелюстках ДС в області Q більше 20 дБ. Тому доцільно шукати інші варіанти побудови розв'язувальних пристроїв, що забезпечують ефективне бланкування сигналів, прийнятих по бічних пелюстках пеленгаційної ДС, при невиконанні найважливішої умови побудови ССГП $G_{\text{дод}} > G_{\text{б.л}}$ [3].

Показники якості ССГП із роздільною обробкою сильних і слабких сигналів. Як було показано вище, для якісної роботи ССГП $U_{\text{П2}}$ необхідно знижувати при знаходженні ДРВ у головних пелюстках ДС і збільшувати при знаходженні ДРВ у бічних пелюстках ДС. Для розв'язання цього протиріччя бажано мати «плаваючий» поріг $U_{\text{П2}}$, що автоматично змінюється в залежності від того, по яких пелюстках ДС приймається сигнал. Зниження $U_{\text{П2}}$ нижче визначеного рівня еквівалентно відключенню ССГП. Отже, для зниження втрат у чутливості пеленгатора потрібно розділити функції обробки сильних і слабких сигналів у РП.

Для цього в додатковий канал прийому досить додати виявлювач сигналів, що при відсутності сигналу в додатковому каналі прийому заборонить роботу ССГП, а при наявності сигналу дозволить. Схема такого РП наведена на рис. 5. На відміну від

попередньої схеми в цю схему введений додатковий пороговий пристрій ПП5, завданням якого є виявлення сигналу в додатковій антені. Оскільки значення $U_{\text{П3}}$ безпосередньо впливає на імовірність виявлення сигналу в додатковій антені, то воно є критерієм інтенсивності сигналу. Якщо амплітуда сигналу перевищує величину порога, то сигнал вважається сильним, якщо не перевищує, то слабким, тобто категорії сильного і слабого сигналу є умовними.

Проведемо аналіз показників якості РП, схема якого зображена на рис. 5. Імовірність виявлення і невиявлення сигналів у додатковій антені складають повну групу подій. При цьому, якщо сигнал у додатковій антені не виявляється, то імовірність виявлення слабких сигналів амплітудним пеленгатором визначається імовірностями виявлення сигналу по основних каналах, тобто

$$P_{\text{сл}} = P\{(z_3 < U_{\text{П3}}) \cap (z_1 \geq U_{\text{П1}}) \cap (z_2 \geq U_{\text{П2}})\}. \quad (3)$$

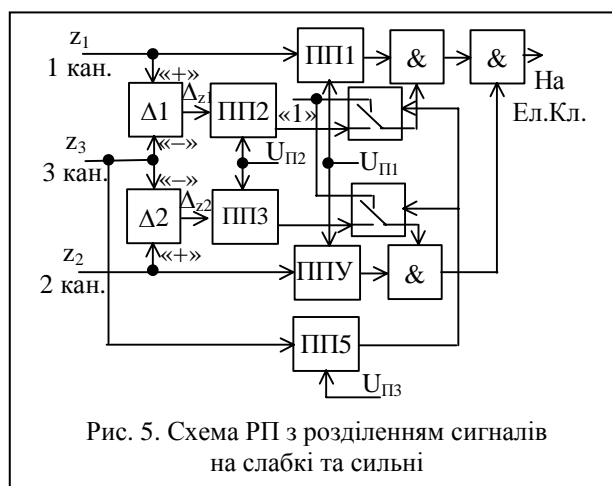


Рис. 5. Схема РП з розділенням сигналів на слабкі та сильні

При виявленні сигналу в додатковій антені, імовірність виявлення сигналу амплітудним пеленгатором визначається добутком імовірностей виявлення сигналу в першому і другому каналах та імовірностей перевищення різницевого сигналів Δz_1 і Δz_2 величини порога $U_{\text{П2}}$. Імовірність виявлення сильного сигналу дорівнює

$$P_{\text{сил}} = DP\{z_3 \geq U_{\text{П3}}\}, \quad (4)$$

де D – імовірність виявлення сигналу пеленгатором із традиційної ССГП (див. рис. 3). Тоді імовірність виявлення сигналів пеленгатором зі ССГП, у якій здійснюється роздільна обробка сильних і слабких сигналів, визначається наступним простим співвідношенням

$$D_5 = P_{\text{сл}} + P_{\text{сил}}. \quad (5)$$

При обчисленні $P_{\text{сл}}$ і $P_{\text{сил}}$ вважатимемо, що на

вхід ПП5 надходить випадковий процес z_3 , який характеризується щільністю імовірності, розподіленою за узагальненим законом Релея, з низькою інтенсивністю сигналу (за умовою розв'язання задачі), тому апроксимація розподілу величини z_3 законом Гаусса неприпустима. З огляду на незалежність z_1 , z_2 і z_3 , значення імовірностей $P_{сл}$ і $P_{сил}$ визначимо із співвідношень:

$$P_{сл} = \frac{1}{4} \left(1 - \Phi \left(\frac{U_{П1} - a_1}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right) \times \left(1 - \Phi \left(\frac{U_{П1} - a_2}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right) P_p(U_{П3}, a_3); \quad (6)$$

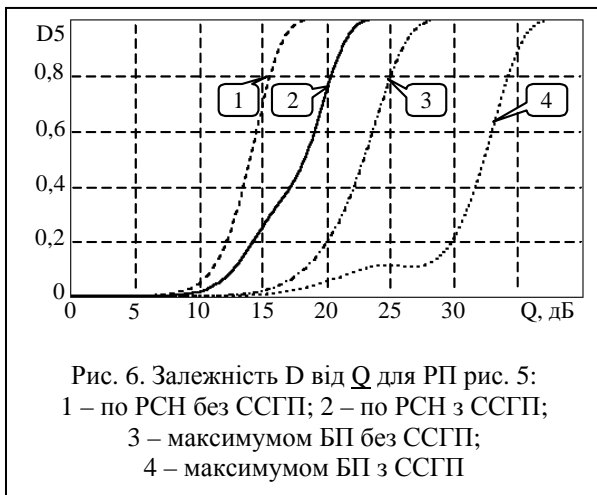
$$P_{сил} = D(1 - P_p(U_{П3}, a_3)), \quad (7)$$

де $P_p(U_{П3}, a_3) = \frac{1}{\sigma^2} \int_0^{U_{П3}} x e^{-\frac{x^2+a_3^2}{2\sigma^2}} I_0\left(\frac{xa_3}{\sigma^2}\right) dx$ – імо-

вірність того, що випадковий процес z_3 не перевищить величини порога $U_{П3}$;

$I_0(\bullet)$ – модифікована функція Бесселя.

Проведемо аналіз показників якості роботи пеленгатора зі ССГП, до складу якої входить розв'язувальний пристрій, схема якого наведена на рис. 5. Вихідні дані для розрахунків виберемо такими ж, як і в попередньому випадку. Результати розрахунків наведені на рис. 6.



Аналіз кривих показує, що при виявленні порогових сигналів величина D_5 мало відрізняється від імовірності виявлення пеленгатором без ССГП. Позитивним моментом також є зниження еквівалентної чутливості пеленгатора по бічних пелюстках ДС за рівнем $0,5D_5$ на 10 дБ. Однак застосування розв'язувального пристрою з роздільною обробкою слабких і сильних сигналів у ССГП не дозволяє бланкувати сигнали, прийняті бічними пелюстками ДС у всьому діапазоні Q . Це пояснюється тим, що зі зростанням потужності приймального сигналу збільшуються різниці напруги $\Delta z_{1,2} = bs_0(G_{б.п1,2} - G_{дод})$, тому що різниця $(G_{б.п1,2} - G_{дод})$ – завжди позитивна величина за умовою побудови ССГП. При збільшенні $\Delta z_{1,2}$ до величини, яка дорівнює $U_{П2}$, розв'язувальний пристрій «втрачає» здатність розрізняти сигнали, прийняті по головних і бічних пелюстках ДС.

Таким чином, поділ інтенсивності сигналів на слабкі і сильні не дозволяє повною мірою задовольнити суперечливі вимоги, які ставляться до ССГП. Отже, доцільно розглянути розбиття інтенсивності сигналів на слабку, середню і високу.

Показники якості ССГП з роздільною обробкою сигналів низької, середньої і високої інтенсивності. Реалізувати в РП ССГП роздільну обробку сигналів низької, середньої і високої інтенсивності можна шляхом введення в додатковий канал прийому вимірювача рівня сигналу й додаткової «гілки» бланкування, настроєної на обробку сильних сигналів. Структурна схема такого розв'язувального пристрою наведена на рис. 7. Виявлювач сигналу в додатковій антені ПП5 призначений, як і в попередньому випадку, для відключення ССГП при прийомі слабких сигналів. Додатково введений пороговий пристрій ПП6 призначено для розрізнення сигналів середньої і великої інтенсивності.

Як і раніше, розподіл інтенсивності сигналу на низьку, середню і високу є відносним. Критерієм, щодо якого визначається інтенсивність сигналів, є порогові напруги $U_{П3}$ і $U_{П5}$. Якщо амплітуди сигналів у додатковій антені менше $U_{П3}$, то такі сигнали відносяться до сигналів низької інтенсивності, якщо амплітуди сигналів у додатковій антені більше $U_{П3}$, але менше $U_{П5}$, то такі сигнали вважаємо сигналами середньої інтенсивності, і якщо $z_3 > U_{П5}$, то такі сигнали вважаємо сильними.

Стисло розглянемо принцип роботи цього РП. При прийомі сигналів низької інтенсивності, коли вони не виявляються в додатковому каналі, робота ССГП забороняється, і імовірність виявлення сигналу цілком визначається імовірностями виявлення сигналу по основних каналах та описується виразом (6).

При виявленні сигналу в додатковій антені приймається рішення про те, що діє сигнал середньої або високої інтенсивності. У цьому випадку провадиться порівняння миттєвого значення випад-

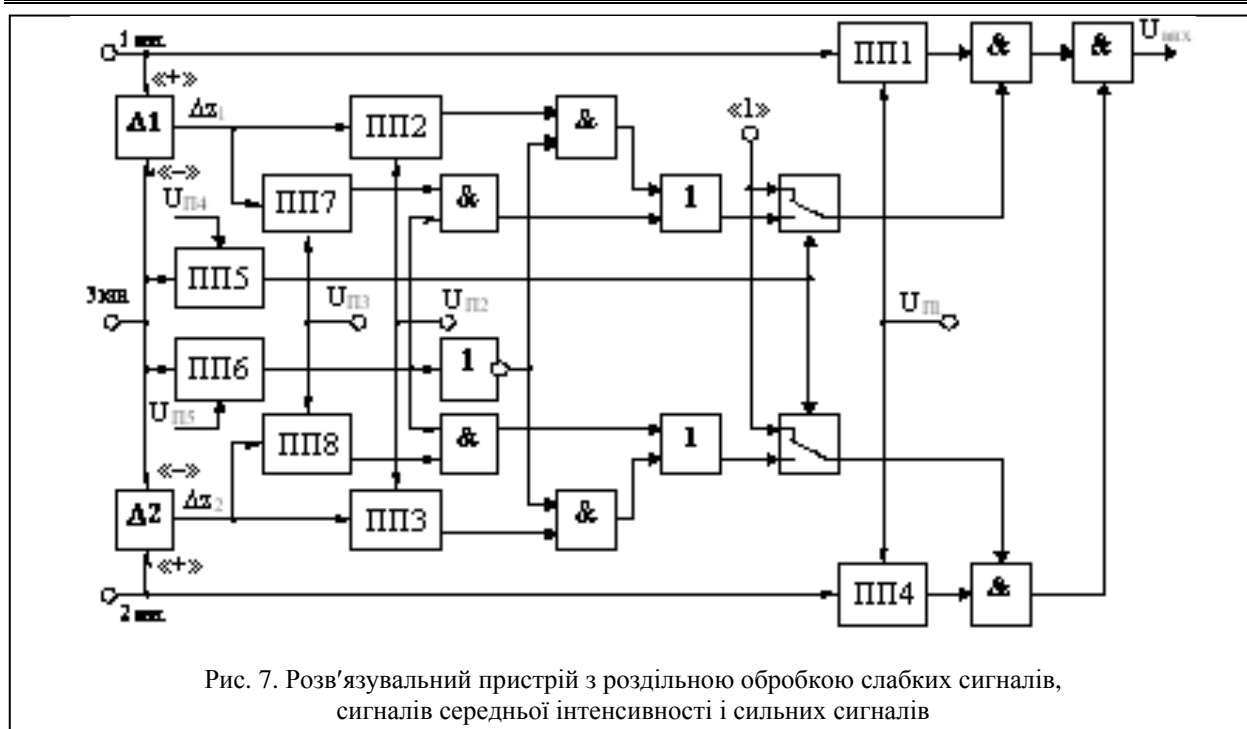


Рис. 7. Розв'язувальний пристрій з роздільною обробкою слабких сигналів, сигналів середньої інтенсивності і сильних сигналів

кового процесу z_3 з порогом $U_{П5}$ для вибору кола бланкування сигналу. При прийомі сигналу середньої інтенсивності, коли амплітуда сигналу менше $U_{П5}$, рішення про прийом сигналів по головних або бічних пелюстках ДС приймається колом, яке складається зі схем різниці $\Delta 1, \Delta 2$ і порогових пристроїв ПП2 та ПП3. При цьому імовірність виявлення знаходимо, як імовірність спрацьовування порогових пристроїв ПП1, ПП2, ПП3, ПП4 і неспрацьовування ПП6. Враховуючи те, що вимірювач рівня призначений для оцінки рівня середньої і високої інтенсивності, будемо вважати, що на вхід ПП6 надходить випадковий процес, розподілений за законом Гауса. Тоді імовірність виявлення сигналів середньої інтенсивності визначається виразом

$$P_{cp} = D \left(1 - P_p(U_{П3}, a_3) \right) \left(1 + \Phi \left(\frac{U_{П5} - a_3}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right). \quad (8)$$

При прийомі сигналів високої інтенсивності (миттєві значення перевищують $U_{П5}$) рішення про знаходження цілі у головних або бічних пелюстках пеленгаційної ДС приймається іншою «гілкою» розв'язувального пристрою, до складу якої входять схеми різниці $\Delta 1, \Delta 2$ і порогові пристрої ПП7 та ПП8. Імовірність виявлення сильних сигналів визначається, як імовірність одночасного виявлення сигналів по основних каналах прийому і спрацьовування порогових пристроїв ПП7 та ПП8 і дорівнює

$$P_{сил} = \frac{1}{32} \left(1 - P_p(U_{П3}, a_3) \right) \left(1 - \Phi \left(\frac{U_{П5} - a_3}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right) \times$$

$$\times \left(1 - \Phi \left(\frac{U_{П4} - \Delta a_1}{2\sigma} \right) \right) \left(1 - \Phi \left(\frac{U_{П4} - \Delta a_2}{2\sigma} \right) \right) \times$$

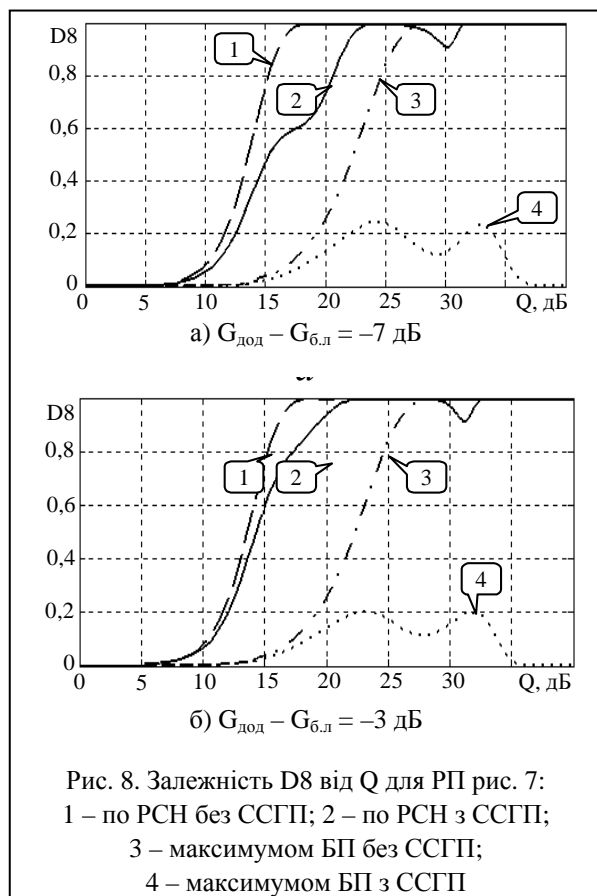
$$\times \left(1 - \Phi \left(\frac{U_{П1} - a_1}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right) \left(1 - \Phi \left(\frac{U_{П1} - a_1}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right). \quad (9)$$

Тоді імовірність виявлення сигналів пеленгатора зі ССГП, у якій здійснюється роздільна обробка сигналів слабкої, середньої та сильної інтенсивності, знайдемо із суми

$$D8 = P_{сл} + P_{сер} + P_{сил}. \quad (10)$$

Розрахуємо залежність імовірності виявлення сигналів по рівносигнальному напрямку і максимуму бічних пелюсток від ВСШ. Великий обсяг проведених розрахунків дозволив установити, що при $G_{дод} - G_{б.п} = -7$ дБ і $F = 10^{-2}$ найкраще співвідношення між величиною втрат у чутливості пеленгатора зі ССГП і імовірністю хибних пеленгів досягається при імовірності хибного спрацьовування ПП2 і ПП3, рівній $5,03 \cdot 10^{-5}$, ПП7 і ПП8, рівній нулю, ПП5, рівній 0,325, і ПП6, рівній $3,2 \cdot 10^{-5}$. Зазначені залежності наведені на рис. 8,а.

Усі раніше наведені розрахунки проводилися для найгіршого випадку $G_{дод} - G_{б.п} = -7$ дБ. Однак це один із крайніх випадків, другий крайній випадок $G_{дод} - G_{б.п} = -0$ дБ розглянутий у літературі [2]. Тому доцільно розглянути показники якості для середнього випадку $G_{дод} - G_{б.п} = -3$ дБ, який можна вважати найбільш імовірним при створенні або модернізації амплітудних пеленгаторів.



Розрахунки показують, що оптимальне співвідношення між величиною втрат в еквівалентній чутливості пеленгатора зі ССГП і імовірністю хибних пеленгів, для $G_{\text{дод}} - G_{\text{б.п}} = -3$ дБ і $F = 10^{-2}$, досягається при імовірності хибного спрацювання ПП2 і ПП3, рівній $6,7 \cdot 10^{-3}$, ПП7 і ПП8, рівній нулю, ПП5, рівній 0,15, і ПП6, рівній $9 \cdot 10^{-11}$. Залежність імовірності виявлення сигналу D8 по рівносигнальному напрямку і максимуму бічних пелюсток від ВСШ наведена на рис. 8,б.

Як видно з рис. 8,а, імовірність виявлення сигналу по максимуму бічних пелюсток пеленгаційної ДС пеленгатором зі ССГП значно знижена і не перевищує значення 0,24. Втрати в чутливості цього пеленгатора за рівнем 0,5D8 складають 1,5 дБ.

Аналіз залежностей, наведених на рис. 8,б, показує, що збільшення $(G_{\text{дод}} - G_{\text{б.п}})$ до значення -3 дБ дозволяє знизити втрати в еквівалентній чутливості пеленгатора зі ССГП за рівнем 0,5D8 до 1 дБ, при

одночасному зниженні імовірності хибних пеленгів до 0,2. Подальше збільшення різниці $(G_{\text{дод}} - G_{\text{б.п}})$ до нуля дозволяє практично цілком уникнути втрат в еквівалентній чутливості пеленгатора зі ССГП і знизити імовірність хибних пеленгів до нуля.

Висновки

Багатопорогові схеми розв'язувальних пристроїв дозволяють значно знизити імовірність хибних пеленгів, при мінімальних втратах в імовірності виявлення ДРВ по головних пелюстках діаграми спрямованості пеленгаційної антени. Головною особливістю багатопорогових схем є принципова можливість використання одного додаткового просторового каналу для бланкування бічних пелюсток пеленгаційної ДС при коефіцієнті підсилення додаткової антени меншому, ніж коефіцієнт підсилення пеленгаційної антени в області бічних пелюсток. Так, розв'язувальний пристрій з роздільною обробкою сигналів зі слабкою, середньою і високою інтенсивністю має показники якості, які мало відрізняються від показників якості пеленгатора з класичною ССГП.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

3. Шифрин Я.С. Антенны. – Х.: ВИРТА ПВО, 1976. – 407 с.
- Харви Д.Х., Вуд Г.Л. Построение систем бланкирования боковых лепестков: Пер. с англ. – Х.: ВИРТА ПВО, 1982. – 21 с.
- Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.
- Пространственно-временная обработка сигналов / Под ред. И.Я. Кремера. – М.: Радио и связь, 1984. – 184 с.
- Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.
- Радиоэлектронные системы: основы построения и теория: Справочник / Ширман Я.Д., Лосев Ю.И., Минервин Н.Н. / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: ЗАО «МАК-ВИС», 1998. – 828 с.

Надійшла 11.03.2005

Рецензент: д-р техн. наук профессор Ф.М. Андреев, Харківський університет Повітряних Сил.