

**В.Т. Ковальчук, здобувач
П.М. Повідайко, к.т.н., доц.**

Житомирський державний технологічний університет

РЕЖЕКЦІЯ ТА СЕЛЕКЦІЯ ПРОСТОРОВИХ РАДІОХВИЛЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ РАДІОПРИЙОМУ

Запропоновано алгоритми режекції та селекції просторових радіохвиль для підвищення завадозахищеності радіоприйому на основі використання поточних значень сигналів на виходах елементарних антен із суміщеним фазовим центром.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Радіохвилі – це електромагнітні хвилі (ЕМХ), частоти яких довільно обмежені частотами нижче 3 ТГц, що поширюються в просторі без штучного хвильоводу.

Середовищем поширення радіохвиль є іонізовані ділянки простору. Природні радіаційні пояси (внутрішній та зовнішній) являють собою внутрішні ділянки земної магнітосфери, в яких магнітне поле Землі утримує заряджені частинки (протони, електрони, альфа-частинки), що мають значну кінетичну енергію. Стан іонізації атмосфери визначає умови поширення радіохвиль. При підвищенні електронної концентрації змінюються швидкість поширення, умови відбиття, рефракції (заломлення, переломлення) поглинання (перетворення енергії), дисперсії (спотворення форми через фазове розсіювання), інтерференції (накладання), поляризації (поперечної анізотропії), дифракції (огинання), федінгу (завмирання, шезання), розходження (зменшення енергії зі збільшенням відстані), розсіювання (зміна характеристик), затухання (втрата енергії) та зміни частоти (ефект Доплера) радіохвиль, що суттєво впливає на роботу радіоелектронних засобів (РЕЗ) [1].

Радіохвилі поділяються на прямі, поверхневі й просторові (відбиті, заломлені та розсіяні). Пряма радіохвиля поширюється безпосередньо від джерела радіовипромінювання (ДРВ) до місця прийому, поверхнева – огинає земну поверхню, а просторова – прокладає свою траєкторію між земною поверхнею та іоносферою. При цьому відбиття відбувається від перешкод (земної поверхні, тропосфери, іоносфери, залізобетонних будівель, ліній електропередач тощо), заломлення (рефракція) – на межах неоднорідних середовищ, а розсіювання – в середовищі поширення. Радіохвиля, що поширюється поблизу земної поверхні й містить пряму хвилю, хвилю, відбиту від землі та поверхневу радіохвилю називається земною, а радіохвиля, що поширюється в результаті відбиття від іоносфери чи розсіювання в ній, – іоносферною.

Таким чином, просторові радіохвилі як правило при поширенні зазнають значного впливу різноманітних чинників. При цьому спостерігаються спотворення форми сигналу, підсилення – в одних точках простору та послаблення – в інших, зсув фази, викривлення напрямків розповсюдження, зміна частоти, а також зміна поляризації з вертикальної (або горизонтальної) на інші її види. Все це знижує якість прийому – передачі, вимірювань, обчислень, обробки, аналізу та прийняття рішень. З цього випливає, що якщо сигнал доходить до місця прийому ще й просторовою радіохвилею, то для усунення вказаних негативних явищ виникає необхідність режекції, або селекції просторових радіохвиль.

Отже завдання режекції та селекції просторових радіохвиль для підвищення завадозахищеності радіоприйому:

а) є постійно необхідним (просторове поширення як природне явище, з одного боку, не усувається, а з іншого навпаки – широко використовується, наприклад для дальнього радіозв'язку);

б) є постійно актуальним (вимоги до якості радіоприйому посилюються).

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми.

Відомий ряд загальних методів подолання зазначеної проблеми, серед яких можна виділити режекцію та селекцію просторових радіохвиль на основі використання таких параметрів радіохвилі як:

- амплітуда;
- фаза;
- кут поляризації,
- її кутових координат:
- пеленг;
- кут місця,

а також поєднання деяких з них [2–8].

Використання фазових співвідношень є найбільш близьким до запропонованих алгоритмів. Прикладом є спосіб, реалізація якого полягає в наступному. Антенна система складається із сполучених в одному фазовому центрі двох вертикальних взаємно-перпендикулярних рамок, які є направленими в горизонтальній площині

відносно пеленга α та ненаправленими у вертикальній площині відносно кута місця β , причому орієнтація першої рамки “Північ–Південь”, другої “Схід–Захід”, а геометричні розміри диполів d порівняно з довжиною радіохвиль λ , такі, що $\pi d \ll \lambda$. Сигнали на виходах рамок – $u_{рпп}\{\omega t\}$ та $u_{рсз}\{\omega t\}$. Приймально-підсилювальні тракти встановлені на виходах рамок, а вимірювачі амплітуд та різниці фаз – на виходах цих трактів. Блок режекції та селекції реалізує такий алгоритм: якщо при ненульових сигналах з виходів першого та другого приймально-підсилювальних трактів значення на виходах вимірювача різниці фаз не дорівнює ні 0, ні $\pm\pi$, то радіохвиля – просторова. Цей варіант виконання стосується випадку, коли в радіохвилі переважаючою є вертикальна поляризаційна складова [4].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. З наведеного переліку методів режекції та селекції просторових радіохвиль та їх основних недоліків випливає, що серед цих методів немає однозначного лідера. Кожен з перелічених методів має ті чи інші недоліки, пов’язані з додатковими часовими та апаратними затратами, і не дає можливості якісного радіоприйому в умовах значного завантаження діапазону радіочастот за наявності завад різних типів. Найбільшими їх недоліками є необхідність ву наявності апріорних даних або суттєвих апаратних чи часових затрат.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Ціллю статті є підвищення заводо захищеності радіоприйому за рахунок режекції та селекції просторових радіохвиль.

Метою роботи є обґрунтування алгоритмів режекції та селекції просторових радіохвиль на основі використання поточних значень сигналів на виходах елементарних антен з сумішеним фазовим центром.

Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. 1. *Загальні дані.* Повна антенна система з сумішеними фазовими центрами складається з сумішених в одному фазовому центрі трьох рамок та трьох штирів. Дві рамки розміщені вертикально взаємно перпендикулярно, а одна – горизонтально. Штирі – навпаки: два горизонтально взаємно перпендикулярно, а один – вертикально. В горизонтальній площині (відносно пеленга α) вертикальний штир та горизонтальна рамка є ненаправленими, а дві вертикальні рамки та два горизонтальні штирі – направлені. При цьому орієнтація направлених перших рамки та штиря – “Північ–Південь”, других – “Схід–Захід”. У вертикальній площині (відносно кута місця β) ненаправленими є тільки горизонтальні штирі, причому тільки для горизонтальних складових електричної напруженості радіохвилі.

Якщо фізична довжина антени d , порівняно з довжиною радіохвилі λ , такі, що $\pi d \ll \lambda$, то на виходах вказаних рамок та штирів під дією радіохвилі виникають сигнали, що описуються системою рівнянь (1) [6].

$$\left. \begin{aligned} u_{шпп}\{\omega t\} &= h_{шпп} \cdot (E_e \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \phi_{шпп}) - E_z \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_{шпп})) \\ u_{шсз}\{\omega t\} &= h_{шсз} \cdot (E_e \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \phi_{шсз}) + E_z \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_{шсз})) \\ u_w\{\omega t\} &= h_w \cdot E_e \cdot \cos \beta \cdot \cos(\omega t + \varphi_0 + \phi_w) \\ u_{рпп}\{\omega t\} &= h_{рпп} \cdot (E_e \cdot \cos \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \phi_{рпп}) - E_z \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_{рпп})) \\ u_{рсз}\{\omega t\} &= h_{рсз} \cdot (E_e \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \phi_{рсз}) + E_z \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_{рсз})) \\ u_p\{\omega t\} &= h_p \cdot E_e \cdot \cos \beta \cdot \sin(\omega t + \varphi_0 + \psi + \phi_p) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де $u_{шпп}\{\omega t\}$, $u_{шсз}\{\omega t\}$ – поточні значення сигналів з круговою частотою ω в момент часу t на виходах горизонтальних штирів “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно;

$u_{рпп}\{\omega t\}$, $u_{рсз}\{\omega t\}$ – поточні значення сигналів з круговою частотою ω в момент часу t на виходах вертикальних рамок “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно;

$u_w\{\omega t\}$, $u_p\{\omega t\}$ – поточні значення сигналів з круговою частотою ω в момент часу t на виходах вертикального штиря та горизонтальної рамки відповідно;

$h_{шпп}$, $h_{шсз}$ – діючі довжини (амплітудні значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів горизонтальних штирів “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно;

$h_{рпп}$, $h_{рсз}$ – діючі довжини (амплітудні значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів вертикальних рамок “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно;

h_w , h_p – діючі довжини (амплітудні значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів вертикального штиря та горизонтальної рамки відповідно;

$$h_p = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot h_w;$$

E_e , E_z – амплітудні значення вертикальної та горизонтальної складової вектора електричної напруженості \vec{E} радіохвилі відповідно;

α , β – кути приходу радіохвилі в горизонтальній та вертикальній площинах відповідно;

$\varphi_0, \varphi_0 + \psi$ – початкові фази вертикальної та горизонтальної складових електричної напруженості радіохвилі відповідно;

$\phi_{\omega_{ПП}}, \phi_{\omega_{СЗ}}$ – фазові зсуви (фазові значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів горизонтальних штирів “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно;

$\phi_{r_{ПП}}, \phi_{r_{СЗ}}$ – фазові зсуви (фазові значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів вертикальних рамок “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно;

ϕ_{ω}, ϕ_r – фазові зсуви (фазові значення коефіцієнтів передач) пеленгаційних каналів вертикального штиря та горизонтальної рамки відповідно.

Окрім того, введемо такі позначення:

$A_{\omega_{ПП}}, \varphi_{\omega_{ПП}}, A_{\omega_{СЗ}}, \varphi_{\omega_{СЗ}}$ – значення амплітуд та фаз сигналів на виходах горизонтальних штирів “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно;

$A_{r_{ПП}}, \varphi_{r_{ПП}}, A_{r_{СЗ}}, \varphi_{r_{СЗ}}$ – значення амплітуд та фаз сигналів на виходах вертикальних рамок “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно;

$A_{\omega}, \varphi_{\omega}, A_r, \varphi_r$ – значення амплітуд та фаз сигналів на виходах вертикального штиря та горизонтальної рамки відповідно.

$Re_{r_{ПП}}, Re_{r_{СЗ}}, Im_{r_{ПП}}, Im_{r_{СЗ}}$ – значення косинусних та синусних складових сигналів на виходах вертикальних рамок “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно;

$Re_{\omega_{ПП}}, Re_{\omega_{СЗ}}, Im_{\omega_{ПП}}, Im_{\omega_{СЗ}}$ – значення косинусних та синусних складових сигналів на виходах горизонтальних штирів “Північ–Південь” та “Схід–Захід” відповідно, причому наступні значення фактично є поточними значеннями радіохвиль:

$$\begin{aligned} Re_{r_{ПП}} &= A_{r_{ПП}} \cdot \cos \varphi_{r_{ПП}}, & Im_{r_{ПП}} &= A_{r_{ПП}} \cdot \sin \varphi_{r_{ПП}}, \\ Re_{r_{СЗ}} &= A_{r_{СЗ}} \cdot \cos \varphi_{r_{СЗ}}, & Im_{r_{СЗ}} &= A_{r_{СЗ}} \cdot \sin \varphi_{r_{СЗ}}, \\ Re_{\omega_{ПП}} &= A_{\omega_{ПП}} \cdot \cos \varphi_{\omega_{ПП}}, & Im_{\omega_{ПП}} &= A_{\omega_{ПП}} \cdot \sin \varphi_{\omega_{ПП}}, \\ Re_{\omega_{СЗ}} &= A_{\omega_{СЗ}} \cdot \cos \varphi_{\omega_{СЗ}}, & Im_{\omega_{СЗ}} &= A_{\omega_{СЗ}} \cdot \sin \varphi_{\omega_{СЗ}}. \end{aligned}$$

і їх можна отримати за допомогою відліків формувачів квадратурних складових або відліків дискретного перетворення Фур’є (ДПФ).

Залежно від співвідношення значень вертикальної E_e та горизонтальної E_z складових вектора електричної напруженості \vec{E} , а також від значення різниці між їх фазами ψ радіохвиля може мати такі види повної поляризації:

а) еліптична поляризація, коли кінець вектора \vec{E} описує еліпс у площині перпендикулярній радіопроміню, при цьому поляризація може бути правою – RZ , або лівою – LZ залежно від напрямку обертання вектора \vec{E} ;

б) лінійна (або плоска) поляризація, коли вектор \vec{E} зберігає постійний напрямок (еліпс вироджується в пряму лінію);

в) кругова (або циркулярна) поляризація, коли кінець вектора \vec{E} описує коло у площині, перпендикулярній радіопроміню (еліпс вироджується в коло) [7].

Еліптична поляризація виникає в загальному випадку сталої різниці фаз ψ , а лінійна та кругова поляризації є її виродженнями. Якщо $\psi = 0$, або $\psi = \pi$, то еліпс вироджується в пряму, якщо $\psi = \frac{\pi}{2}$, або $\psi = \frac{3\pi}{2}$ та амплітуди (E_e, E_z) відповідних компонент (\vec{E}_e, \vec{E}_z) вектора \vec{E} рівні, то – в коло, а якщо $\psi = \frac{\pi}{2}$ або $\psi = \frac{3\pi}{2}$ та амплітуди (E_e, E_z) відповідних компонент (\vec{E}_e, \vec{E}_z) вектора \vec{E} нерівні, то поляризація еліптична орієнтована по осі, причому, якщо $E_e > E_z$, то еліпс орієнтований вертикально, а якщо $E_e < E_z$, то – горизонтально.

В свою чергу, лінійна поляризація має свої граничні випадки:

а) лінійна вертикальна (або вертикальна – V) поляризація, коли $E_e > 0$, а $E_z = 0$ (тобто кут поляризації дорівнює $\frac{\pi}{2}$, площина поляризації - вертикальна, а вектор магнітної напруженості радіохвилі \vec{H} – у горизонтальній площині),

б) лінійна горизонтальна (або горизонтальна – H) поляризація, коли $E_e = 0$, а $E_z > 0$ (тобто кут поляризації дорівнює 0 , площина поляризації – горизонтальна, а вектор магнітної напруженості радіохвилі \vec{H} – у вертикальній площині),

в) лінійна похила поляризація, коли $E_e > 0$ та $E_z > 0$, а $\psi = 0$ (правий нахил) або $\psi = \pi$ (лівий нахил).

Як приклад розглянемо надходження від ДРВ вертикально-поляризованої хвилі. При цьому сигнали на виходах сумішених в одному фазовому центрі вертикальних штиря та двох рамок описуються системою рівнянь (1), яка впливає з системи (1):

$$\left. \begin{aligned} u_{\omega} \{\omega t\} &= h_0 E_e \cos \beta \cos(\omega t + \varphi_0) \\ u_{\text{рпп}} \{\omega t\} &= h_p (E_e \cos \alpha \sin(\omega t + \varphi_0)) \\ u_{\text{рсз}} \{\omega t\} &= h_p (E_e \sin \alpha \sin(\omega t + \varphi_0)) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

Для порівняння, при надходженні від ДРВ горизонтально-поляризованої хвилі сигнали на виходах сумішених в одному фазовому центрі горизонтальних двох штирів та рамки описуються системою рівнянь (3), яка також впливає з системи (1):

$$\left. \begin{aligned} u_{\omega\text{пп}} \{\omega t\} &= h_0 (-E_e \sin \alpha \cos(\omega t + \varphi_0 + \psi)) \\ u_{\omega\text{сз}} \{\omega t\} &= h_0 (E_e \cos \alpha \cos(\omega t + \varphi_0 + \psi)) \\ u_p \{\omega t\} &= h_p E_e \cos \beta \sin(\omega t + \varphi_0 + \psi) \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

Наведені системи рівнянь та позначення є базовими для наступних викладок.

Викладення та обґрунтування алгоритмів режекції та селекції просторових радіохвиль на основі використання поточних значень сигналів. В разі переважання горизонтальної складової реалізація режекції та селекції просторових радіохвиль за аналогією зі способом [4] має наступний алгоритм. Антенна система складається із сполучених в одному фазовому центрі двох горизонтальних взаємно-перпендикулярних штирів з аналогічними направленостями, орієнтаціями і розмірами. Сигнали на виходах штирів $u_{\omega\text{пп}} \{\omega t\}$ та $u_{\omega\text{сз}} \{\omega t\}$ описуються відповідними виразами системи (3). Приймально-підсилювальні тракти встановлені на виходах штирів, а вимірювачі амплітуд та різниці фаз – на виходах цих трактів. Блок режекції та селекції реалізує відповідний алгоритм: якщо при ненульових сигналах з виходів першого та другого приймально-підсилювальних трактів значення на виходах вимірювача різниці фаз не дорівнює ні 0 , ні $\pm\pi$, то радіохвиля є просторова.

Алгоритм режекції та селекції просторових радіохвиль на основі використання поточних значень сигналів полягає в наступному:

1) у випадку, коли у радіохвилі переважаючою є вертикальна поляризаційна складова, обчислюється значення виразу $\text{Re}_{\text{рпп}} \cdot \text{Im}_{\text{рсз}} - \text{Im}_{\text{рпп}} \cdot \text{Re}_{\text{рсз}}$ і, якщо воно не нульове, то радіохвиля є просторова;

2) у випадку, коли у радіохвилі переважаючою горизонтальна поляризаційна складова, обчислюється значення виразу $\text{Re}_{\omega\text{пп}} \cdot \text{Im}_{\omega\text{сз}} - \text{Im}_{\omega\text{пп}} \cdot \text{Re}_{\omega\text{сз}}$ і, якщо воно не нульове, то радіохвиля є просторова.

Висновки з даного дослідження. Запропоновані алгоритми режекції та селекції просторових радіохвиль дозволяють підвищити завадозахищеність радіоприйому (якість прийому – передачі, вимірювань, обчислень, обробки, аналізу та прийняття рішень). Алгоритми базуються на використанні поточних значень сигналів на виходах елементарних антен з сумішеним фазовим центром і, на відміну від відомих алгоритмів, не потребують наявності апріорних даних або суттєвих апаратних чи часових затрат.

Результати роботи можуть бути застосовані в радіопеленгації, радіонавігації, радіорозвідці тощо.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Перспективою подальших розвідок є підвищення завадозахищеності радіоприйому за наявності інших чинників спотворення сигналів.

ЛІТЕРАТУРИ:

1. Марков Г.Т., Петров Б.М., Грудинская Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебн. пособие для вузов. – М.: Сов. радио, 1969. – 376 с.
2. Конюхов В.В. и др. Селекция местных радиоизлучений // Военная радиоэлектроника / ОТ. – 1975. – Вып. 13.
3. Афанасьев В.И. и др. Селекция поверхностных и пространственных волн КВ диапазона автоматическим многоканальным радиопеленгатором // Военная радилэлектроника. – 1985. – № 4 (433). – С. 31–38.
4. Способ селекции пространственных и поверхностных радиоволн (способ): А. с. № 273783 СССР, МКИ⁴ G01S 3/00 / Э.Е. Артемченко, А.Д. Виноградов, В.Т. Ковальчук, Л.Г. Кравец, Б.Н.

- Ремезов, В.Г. Ципоренко (СССР). – № 3159064; Заявл. 24.12.86; Зарег. 03.05.88; Оpubл. Сб. реф. изобр. "Техника средств связи", ЦООНТИ "ЭКОС", 1989, № 2. – 3, Реф. № 3159064.
5. *Виноградов А.Д., Ковальчук В.Т., Ремезов Б.Н.* Использование фазовых соотношений принимаемых радиоволн в амплитудных радиопеленгаторах для расширения их функциональных возможностей / ЖФ НИИ комплексной автоматизации. – Житомир, 1989. – 16 с. – Рус. – Деп. в ЦООНТИ «ЭКОС», Справка о депонировании рукописи № 23. под девизом "Рубин – 23". – Реф. в: Реферативное издание "ЭКОС". – 1989. – Вып. 3.
 6. *Виноградов А.Д., Ковальчук В.Т., Ремезов Б.Н., Ясырев Ю.В.* Расширение функциональных возможностей амплитудных радиопеленгаторов введением горизонтальной рамочной антенны / ЖФ НИИ комплексной автоматизации. – Житомир, 1989. – 13 с. – Рус. – Деп. в ЦООНТИ «ЭКОС»; Справка о депонировании рукописи № 24 под девизом "Рубин – 24". – Реф. в: Реферативное издание "ЭКОС". – 1989. – Вып. 3.
 7. *Поляков В.* Пространственная селекция сигналов. – Радио. – 1999. – № 5. – С. 20–21.
 8. *Габриэльян Д.Д., Звездина М.Ю., Черных С.А.* Пространственная селекция сигналов произвольной поляризации // Электронный журнал радиоэлектроники РАН. – Август 2001. – № 8. – <http://jre.cplire.ru/mac/aug01/3/text.html>. – 21.08.2001. – 19 Kb.

КОВАЛЬЧУК Валерій Тадеушевич – здобувач кафедри автоматики і управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– дослідження в галузі радіотехніки та цифрової обробки сигналів.

Тел.: 8-067-410-33-78.

E-mail: vtk@saniko.com.ua

ПОВІДАЙКО Петро Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики і управління в технічних системах Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– дослідження в галузі радіотехніки та цифрової обробки сигналів.

Тел.: 8-067-789-44-12.

E-mail: ppm@ztu.edu.ua

Подано 03.11.2008

Ковальчук В.Т., Повідайко П.М. Режекція та селекція просторових радіохвиль для підвищення заводозахищеності рідіоприйому

Ковальчук В.Т., Повідайко П.М. Режекция и селекция пространственных радиоволн для повышения помехозащищенности радиоприема

Koval'chuk V.T., Povidayko P.M. Rejection and selection of the spatial radio-waves for the radio reception improvement and noise immunity

УДК 621.396.75

Режекция и селекция пространственных радиоволн для повышения помехозащищенности радиоприема // В.Т. Ковальчук, П.М. Повідайко

Предложены алгоритмы режекции и селекции пространственных радиоволн для повышения помехозащищенности радиоприема на основе использования текущих значений сигналов на выходах элементарных антенн с совмещенным фазовым центром..

УДК 621.396.75

Rejection and selection of the spatial radio-waves for the radio reception improvement and noise immunity // V.T. Koval'chuk, P.M. Povidayko

The algorithm for rejection and selection of the radio-waves for the radio reception improvements and noise immunity basing on application of the current signal meaning of the output of the antenna with the sifted phase center.