

КРАСАН В. В.

## ВИКОРИСТАННЯ РЕВЕРБЕРАЦІЙНОЇ ЗАВАДИ ЯК ТЕСТОВОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕМЕНТІВ ГІДРОАКУСТИЧНОЇ АНТЕНИ

Обговорено можливість використання ревербераційної завади як тестового сигналу для експлуатаційного контролю елементів антени гідролокатора щодо їх ідентичності за чутливістю.

Істотним дестабілізуючим чинником, що вимагає врахування і корекції в процесі експлуатації гідролокаційної станції, є неідентичність елементів її антени за чутливістю, що призводить до збільшення рівня бокових пелюсток, а втрата чутливості окремими елементами – до розширення основного пелюстка характеристики спрямованості антени. Однак у нинішній час ідентичність за чутливістю елементів антен, як і інші акустоселективні параметри останніх, в умовах експлуатації не контролюється за відсутності прийнятних для цих умов способів контролю [1, 2]. Критерієм прийнятності того чи іншого способу для виконання його в умовах відкритого моря є можливість одержання тестового гідроакустичного сигналу, що забезпечує вірогідний контроль за цим способом, за допомогою вмонтованих засобів, тобто засобів контролю, що конструктивно сполучені з антеною (наприклад, розміщені під одним з нею обтікачем).

Традиційні способи, що використовуються для контролю параметрів антен (або ж їхніх елементів) у гідроакустичних басейнах та на морських полігонах, означеним критеріям не відповідають. Тому при розробці нових способів експлуатаційного контролю доречні спроби альтернативного підходу: використання в якості тестових сигналів гідроакустичних завод, що діють на антену в процесі її роботи, зокрема, ревербераційної завади.

Можливість використання морської реверберації для контролю чутливості елементів гідроакустичної антени обмежена наступними чинниками: реверберація – суттєво нестационарний процес, рівень якого важко передбачити, а кореляція миттєвих значень у двох точках простору швидко зменшується із збільшенням відстані поміж цими точками. Очевидно, що нейтралізація перших двох чинників можлива лише за рахунок використання способу порівняння при калібровці, для якого абсолютне значення рівня тестового сигналу не відіграє істотної ролі. Третій з чинників вказує на необхідність розгляду особливостей тривалої дії реверберації на елементи антени з вико-

ристанням таких параметрів реверберації, як наприклад, сила зворотного розсіювання, що визначаються не відстанню між порівнюваними елементами в межах антени, а параметрами розсіюючого середовища.

Розглянемо ідеалізовану геометричну інтерпретацію реверберації (рис. 1).

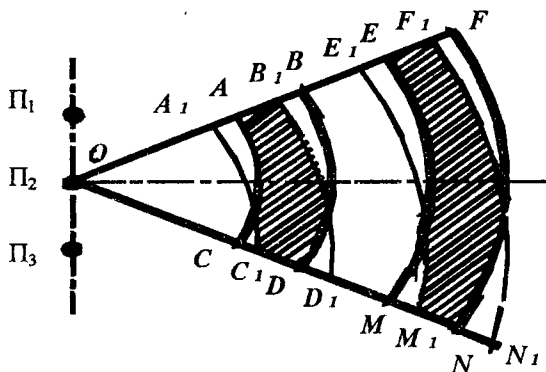


Рис. 1

Тут гідроакустичні перетворювачі  $\Pi_1$ – $\Pi_3$  входять до складу антени (лінійної або циліндричної) гідролокатора і розміщені на одній геометричній осі, наприклад, на утворюючій циліндра. Кут  $\angle FON = \varphi$  характеризує ширину характеристики спрямованості антени в площині розглядуваних перетворювачів. Реверберація, що приходить в деякий момент часу до перетворювачів  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$  з тонкого шару поблизу зазначеної площини, зумовлена розсіювачами, розподіленими відповідно в областях  $A, B, C, D$  та  $A_1, B_1, C_1, D_1$ . З одного боку, означені області співпадають не повністю (спільна частина заштрихована), з іншого боку, один і той же елементарний розсіяний сигнал проходить неоднакову відстань до кожного з перетворювачів. Тому зрозуміло положення про відсутність чи слабкість у загальному випадку кореляції поміж миттєвими значеннями реверберації біля поверхонь сусідніх перетворювачів антени.

В інший момент часу реверберація приходить до перетворювачів  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$  з реверберуючих областей  $E, F, M, N$  та  $E_1, F_1, M_1, N_1$ , відповідно. Поміж цим моментом часу і згаданим раніше реверберацію біля перетворювачів  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$  зумовлюють розсіювачі, розподілені відповідно до площин фігур  $A, F, N, C$  та  $A_1, F_1, N_1, C_1$ . Для реверберації з дальностей, істотно більших, ніж відстань поміж перетворювачами антени (що практично завжди виконується, наприклад, для циліндричної антени з хвильовими розмірами утворюючої порядку  $3\lambda$ – $5\lambda$ ), площі означених фігур практично співпадають. Значить,

потоки енергії, що приносить реверберація до перетворювачів  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$  на інтервалі дальностей від ОА до ОЕ визначаються одним і тим же інтегралом

$$E_2 = E_3 = I_0 \int_{OA}^{OE} \int (S/r^4),$$

де  $I_0$  – інтенсивність випроміненого сигналу,  $S$  – сила зворотного розсіювання,  $r$  – відстань до ревербуючої області.

Міркування, викладені вище щодо реверберації з тонкого шару, можна поширити й на реверберацію з простору, що визначається тримірною характеристикою спрямованості антени. Плоскій фігурі А, F, N, С у цьому випадку відповідає об'ємна фігура, утворена обертанням першої з них навколо осі  $\Pi_1$ – $\Pi_3$ . Потоки енергії, що приносить реверберація з такого об'єму до перетворювачів  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$ , визначаються інтегралом

$$E_2 = E_3 = I_0 \int_{OA}^{OE} \int \int (S/r^4),$$

де  $\theta$  – ширина характеристики спрямованості у площині, перпендикулярній до площини кута FON<sub>1</sub>.

В загальному випадку, коли має місце як об'ємна, так і поверхнева реверберація, сумарні потоки енергії, що вона приносить до кожного з перетворювачів  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$  на одному й тому ж інтервалі дальностей, також рівні й визначаються обома інтегралами (їхньою сумою). Це стосується всіх перетворювачів антени  $\Pi_1$ ... $\Pi_3$ , що розташовані на одній геометричній осі з розглянутими перетворювачами  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$ . Виразимо потоки енергії біля їх поверхонь через значення акустичного тиску  $p_1, p_2, p_3$ ...  $p_i$ , відповідно,

$$E_i = \frac{1}{\rho C} \int_{t_1}^{t_2} p_i^2(t) dt,$$

де  $\rho c$  – питомий акустичний опір рідини;  $t_1 = 2MA/C$ ;  $t_2 = 2MA/C$ ;

$C$  – швидкість звуку в воді.

Тоді для електричних напруг  $U_i$  та  $U_2$  на виходах перетворювачів  $\Pi_i$  та  $\Pi_2$  маємо

$$\sqrt{\int_{t_1}^{t_2} U_i^2(t) dt} / \sqrt{\int_{t_1}^{t_2} U_2^2(t) dt} = M_i / M_2,$$

де  $M_i$  та  $M_2$  – чутливість по напрузі перетворювачів  $\Pi_i$  та  $\Pi_2$ , відповідно.

Таким чином, при дії ревербераційної завади на антену гідролокаційної станції: співвідношення середньоквадратичних значень електричних напруг

на виходах двох перетворювачів цієї антени, виміряних на одному і тому ж інтервалі часу, характеризує співвідношення чутливостей цих перетворювачів.

Ця обставина дозволяє контролювати в умовах експлуатації ідентичність перетворювачів антени гідролокаційної станції, порівнюючи чутливість одного з них, розглядуваного як еталонний (в наведеному вище прикладі – чутливість  $M_2$  перетворювача  $\Pi_2$ ), з чутливістю інших перетворювачів.

Оскільки в загальному випадку реверберація не є ізотропною, необхідна умова контролю таке взаємне розташування перетворювачів, що порівнюються, і просторового спектру реверберації, яку вони приймають, щоб кожний елементарний розсіяний сигнал, однаково «освітлював» перетворювачі. Ця умова виконується у розглянутому вище прикладі, коли характеристика спрямованості антени в режимі випромінювання має форму диску або вирви, а перетворювачі, які контролюються, розміщені на геометричній осі цієї характеристики. В інших випадках ця умова може не виконуватися, наприклад, для перетворювачів, що розміщені на різних утворюючих циліндричної поверхні антени і по-різному затінюються її елементами від елементарних розсіяних сигналів неізотропної реверберації, що приходять з різних напрямків. Потоки енергії, що приносить реверберація до перетворювачів у цьому випадку, будуть нерівними.

У таких випадках вірогідний контроль антени може бути забезпечений шляхом одночасного виміру на їхніх виходах середньоквадратичних значень не всієї реверберації, а тільки тих її складових частин, що прийшли з певного напрямку і мають відповідний цьому напрямку доплерівський зсув частоти. Так, при швидкості руху антени 10 м/с і частоті випроміненого сигналу 3000 Гц: елементарні розсіяні сигнали з доплерівським зсувом від 34 до 40 Гц приходять до антени в тілесному куті, що утворюється обертанням курсового кута, що дорівнює  $25^\circ$ , навколо напрямку руху, і однаково «освітлюють» перетворювачі антени, розташовані на курсових кутах до  $45^\circ$ . При цьому перетворювачі антени, розташовані на курсових кутах від  $45$  до  $135^\circ$ , однаково «освітлюються» тими елементарними розсіяними сигналами, що приходять до антени в діапазоні курсових кутів від  $84$  до  $96^\circ$  із доплерівським зсувом частоти від  $-4$  до  $+4$  Гц. Виділяючи на виходах відповідних перетворювачів означені частотні складові реверберації шляхом фільтрування і вимірюючи на одному і тому ж інтервалі часу їхні середньоквадратичні значення, можна по співвідношенню результатів вимірів судити про співвідношення чутливостей цих перетворювачів.

Інтервал усереднення при вимірах по засобу, що пропонується, від моменту випромінювання гідроакустичного сигналу антеною до моменту, коли рівень реверберації зменшиться до рівня шумів моря і корабля. При малих

проміжках часу існування реверберації додаткове усереднення може бути виконане по низці реалізацій реверберації.

Таким чином, показана принципова можливість експлуатаційного контролю ідентичності елементів антени гідролокатора щодо їх чутливості, використовуючи як тестовий сигнал ревербераційну заваду, що супроводжує роботу гідролокатора. Оскільки при цьому нема потреби у контрольних випромінювачах та складному й громіздкому обладнанні для встановлення цих випромінювачів у дальньому чи ближньому полі антени, запропонований засіб має реальні шанси впровадження. Це дозволить враховувати і корегувати в процесі експлуатації гідролокатора коефіцієнти передачі сигналу по каналах: гідроакустичний перетворювач – підсилювач, що важливо для підтримки в заданих межах характеристики спрямованості антени та керування цією характеристикою.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. *Протопопов Р. В., Савчук В. П., Гасюк Г. Н.* Сравнительный анализ методов экстремного контроля многоэлементных антенных решеток // *Акустика и ультразвуковая техника*, 1977. – Вып. 12. – С. 69–73.
2. *Аллавердиев Э. Г.* Автоматизированная система контроля направленных свойств антенны // *Акустика и ультразвуковая техника*, 1990. – Вып. 25. – С. 32–35.

Надійшла до редколегії 30.04.98.