

ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 681.5.015

ІМІТАТОР ЗАКЛАДНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ НЕЛІНІЙНОГО РАДІОЛОКАТОРА

Зінченко М.В., Зіньковський Ю.Ф.

Запропонована навантажена на нелінійний елемент плоска спіральна антена, як єдиний імітатор закладного пристрою для нелінійного радіолокатора. Дослідження підтвердили ідентифікацію закладного пристрою, як електронного об'єкту, при впливі завад.

Пошук впроваджених закладних пристроїв, що не використовують радіоканал для передачі інформації, а також радіозакладок, що перебувають у пасивному (не випромінюючому) стані, традиційними засобами виявлення як панорамні радіоприймачі, аналізатори спектра або детектори поля, в цьому випадку, є неефективним [1].

Робота нелінійного радіолокатора (НР) заснована на опроміненні об'єкта спектрально чистим НВЧ-сигналом і на здатності об'єкта до прямого спектрального перетворення зондувального сигналу й перевідбиттю його на гармоніках частоти зондування. ВАХ нелінійного елемента можна розгорнути в степеневий ряд $i = i_0 + a_1U + a_2U^2 + a_3U^3 + \dots$, де i_0 - струм спокою в робочій точці, a_1 - крутість ВАХ в робочій точці, a_2 - перша похідна крутості, a_3 - друга похідна крутості й т.д. При впливі на нелінійний елемент гармонійного сигналу $U = U_0 \cos(\omega t)$, де U_0 - амплітуда сигналу, $\omega = 2\pi f$ - кругова частота сигналу, відгук нелінійного елемента буде мати вигляд:

$$i_{\text{відг}} = (i_0 + \frac{1}{2} a_2 U_0^2) + (a_1 U_0 + \frac{3}{4} a_3 U_0^3) \cos(\omega t) + \frac{1}{2} a_2 U_0^2 \cos(2\omega t) + \frac{1}{4} a_3 U_0^3 \cos(3\omega t) + \dots$$

НР зазвичай працює в умовах завад, які створюються металевими контактами, що являють собою квазінелінійні елементи з нестійким p - n -переходом, викликаним наявністю окислів на поверхні металів. У фізиці напівпровідників подібні структури відомі як «метал - окисел - метал» (МОМ-структури). Розрізнення об'єктів двох класів — електронних і заводових пов'язане з парністю і непарністю початкових вольт-амперних характеристик напівпровідників двох класів. У реальній пошуковій ситуації на кінцевий результат також впливають радіотехнічні властивості шуканих і заводових об'єктів на частотах сигналу зондування і його гармонійних складових. Рішення задачі розрізнення (ідентифікації) об'єктів пошуку апаратурою нелінійної радіолокації може бути сформульоване тільки в статистичному сенсі [2].

Алгоритм ідентифікації за співвідношенням рівнів другої і третьої гар-

монік характерний для більшості сучасних НР, які мають два канали прийому у відображеному сигналі, але слід зазначити, що такий алгоритм ефективний тільки у разі ідентичності і калібрування обох каналів прийому за коефіцієнтом передачі сигналу.

На сьогоднішній день нема єдиного імітатора закладного пристрою (ЗП), відносно якого оператор виконував би процедуру налагодження НР. У випадку існування такого пристрою, фахівець, у момент налагодження, мав би уявлення щодо можливостей такого засобу пошуку, а це в свою чергу дозволило б при атестації приміщень щодо захисту інформації, обирати оптимальне обладнання за критеріями - якість, ціна і надійність. Дана робота присвячена дослідженню універсального пасивного імітатора ЗП для НР, котрий повинен задовольняти наступним вимогам: 1) чітко виділятися на фоні наявних напівпровідникових чи МОМ структур; 2) імітувати за габаритними розмірами реально діючі ЗП; 3) мати задовільну технологічність і високу відтворюваність внутрішніх параметрів.

Серед значного числа робіт, присвячених теоретичному і експериментальному дослідженню антен з нелінійним навантаженням, більшість основну увагу приділяють аналізу характеристик дротяних антен - електричних або магнітних вібраторів. Відомо, що такі антени є резонансними і тим самим на їх основі імітатори не придатні для чіткого розпізнавання як електронні об'єкти, на фоні наявних напівпровідникових чи МОМ структур.

Розглянемо плоску спіральну антену, побудовану за принципом автоматичного відсікання струму [3]. Плечі плоскої двозаходової спіралі Архімеда описуються рівняннями: $\rho_1(\varphi) = a\varphi + b$; $\rho_2(\varphi) = a(\varphi - \pi) + b$, де ρ , φ - полярні координати; a і b - постійні величини. Антена виконується у вигляді двох провідників (рис. 1), котрі можуть мати плоску форму і бути виконаними друкованим способом на тонкому листі високочастотного діелектрика. Відстань між провідниками $\Delta\rho$ і ширина провідників Δ постійні за кутом φ , причому $\Delta\rho = \Delta$ (принцип доповнення).

У випадку протифазного збудження різниця фаз струмів в сусідніх провідниках спіралі в точках P' і P (рис. 1) буде дорівнювати:

$$\Delta\Phi = \Phi_P - \Phi_{P'} = \frac{2\pi^2\rho}{\lambda} + \pi, \text{ де } \lambda - \text{довжина робочої хвилі.}$$

Значення радіусів ρ_n (при котрих $\Delta\Phi = 2\pi n$, де $n = 1, 2, \dots$; струми в сусідніх провідниках в точках P' і P синфазні) знаходимо з рівняння:

$$2\pi\rho = (2n - 1)\lambda, \quad n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Згідно з (1) на колах з периметром, рівним непарному числу довжин хвиль, струми в сусідніх провідниках спіралі знаходяться у фазі і можуть інтенсивно випромінювати електромагнітні хвилі.

Активна область плоскої архімедової спіральної антени у режимі протифазного збудження умовно може бути замінена одним витком радіуса

$\rho_{\Pi} = \frac{\lambda}{2\pi}$ з розподілом електричної компоненти еквівалентного струму

за законом біжучої хвилі: $I_{\phi\Pi} = I_0 \exp(-j\phi)$. Периметр цього еквівалентного витка дорівнює довжині хвилі.

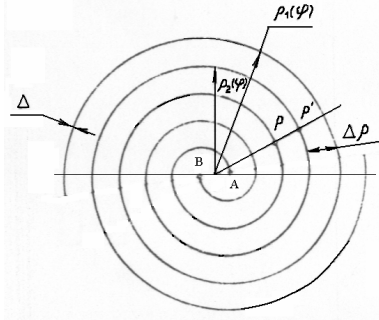


Рис.1. Плоска двозаходова спіральна антена

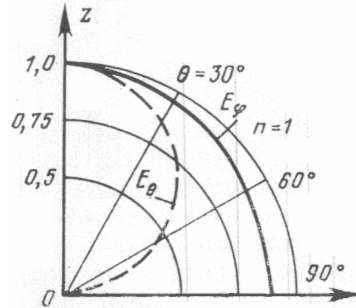


Рис. 2. Діаграми направленості спіральної антени при протифазному збудженні

Для розрахунку характеристик направленості компонент електричного поля E_θ і E_ϕ (початок сферичної системи координат співпадає з центром спіралі) використовуються наступні формули:

$$E_\theta(\theta, \phi) = jA [J_{n-1}(n \sin \theta) + J_{n+1}(n \sin \theta)] \cos \theta \exp(-jn\phi);$$

$$E_\phi(\theta, \phi) = A [J_{n-1}(n \sin \theta) - J_{n+1}(n \sin \theta)] \cos \theta \exp(-jn\phi), \quad (2)$$

де A - амплітудна константа, $J_{n\pm 1}(x)$ - функція Беселя (для протифазного збудження $n = 1$).

На рис. 2 показані розраховані діаграми направленості (ДН). Оскільки антена симетрична, ДН побудовані лише для верхнього правого квадранта. Просторові ДН мають вид тіл обертання навколо вісі антени. Оскільки наведене справедливе для будь-якої довжини хвилі λ , протифазна спіральна антена буде частотно-незалежною як за вхідним імпедансом, так і за характеристикою направленості, за умови, що робоча частота перевищуватиме деяке граничне значення (залежить від зовнішнього діаметру антени). Тому, знаючи частоту зондування НР (за звичай в межах 600...900 МГц), можна створити імітатор на основі плоскої антени спірального типу.

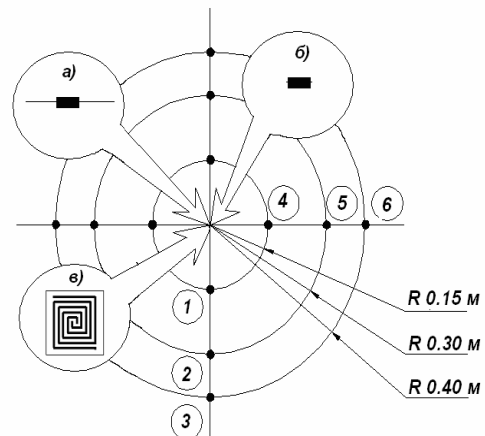


Рис.3

Функціонування в діапазоні від 600 МГц до 2.7 ГГц здатна забезпечити

плоска двозаходова спіральна антена розмірами 40x40 мм, що виконана з фольгованого текстоліту і навантажена на діод типу КД-522 – в) на рис. 3. Особливістю такого імітатора є простота конструкції і висока технологічність.

Для підтвердження ефективності представленого імітатора були проведені експериментальні дослідження трьох зразків. Максимальна потужність сигналу зондування становила 0.5 Вт на частоті 848 МГц, а чутливість приймачів не перевищувала -150 дБ/Вт. Дослідження проводилися за схемою, представленою на рис. 3. Результати дослідження симетричного вібратора, навантаженого на діод КД 522 – а) на рис. 3, у вигляді гістограм співвідношень рівнів гармонік в дБ, наведені на рис. 4, 5, де А - послаблення зондуючого сигналу, В - чутливість приймачів другої і третьої гармонік, (дані позначення використані і на рис. 6 - 9).

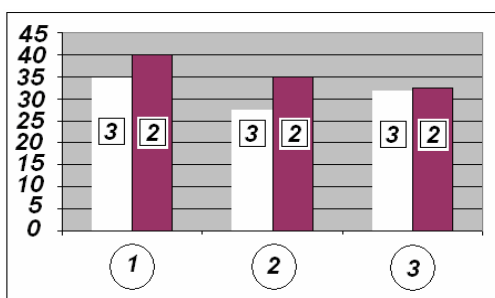


Рис. 4. Гармоніки, виміряні в точках 1,2,3 при А=0 дБ, В=0 дБ

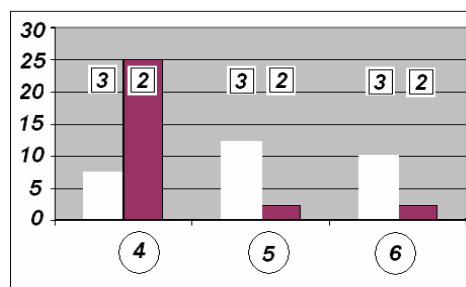


Рис. 5. Гармоніки, виміряні в точках 4,5,6 при А=-5 дБ, В=0 дБ.

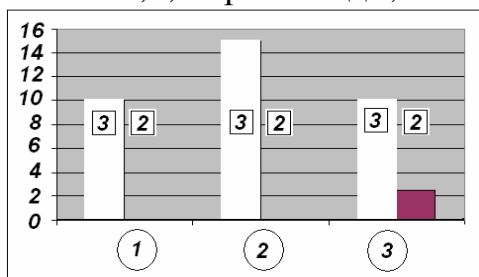


Рис. 6. Гармоніки, виміряні в точках 1,2,3 при А=-5 дБ, В=0 дБ.

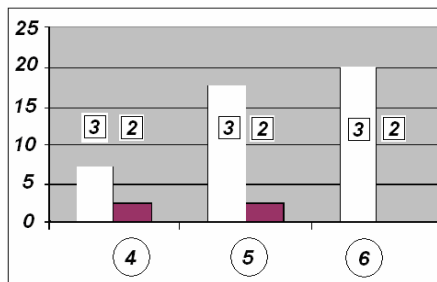


Рис. 7. Гармоніки, виміряні в точках 4,5,6 при А=-5 дБ, В=0 дБ.

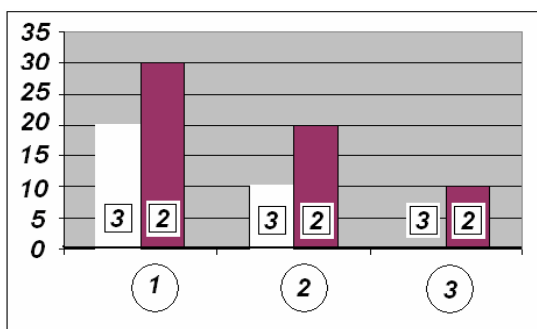


Рис. 8. Гармоніки, виміряні в точках 1,2,3 при А=-10 дБ, В=-30 дБ.

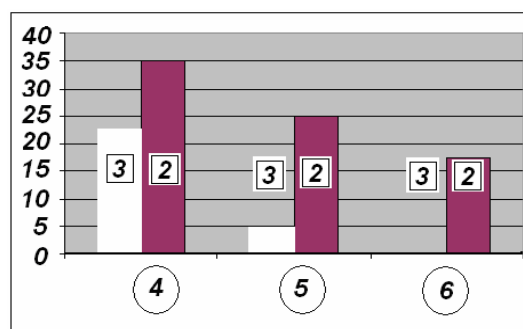


Рис. 9. Гармоніки, виміряні в точках 4,5,6 при А=-10 дБ, В=-20 дБ

На рис. 6, 7 представлені дослідження імітатора у вигляді діода КД 522 без технологічних виводів – б) на рис. 3. На рис. 8, 9 наведені результати дослі-

дження плоскої спіральної антени, навантаженої на діод КД 522 – в) на рис. 3.

Згідно результатів дослідження чітка ідентифікація ЗП як електронного об'єкта (рівень другої гармоніки значно перевищує рівень третьої), незважаючи на послаблення зондуючого сигналу і суттєве зменшення чутливості приймачів другої і третьої гармонік, відбулася лише у випадку дослідження плоскої спіральної антени, навантаженої на нелінійний елемент. Значний вплив оточуючих напівпровідникових і МОМ структур підтверджує хибна ідентифікація напівпровідникового елемента (діода КД 522 без технологічних виводів) як заводського об'єкта.

Висновки

Ефективна методика порівняння нелінійних радіолокаторів пов'язана з впровадженням єдиного імітатора закладного пристрою.

Більшість нелінійних радіолокаторів функціонують на фіксованих частотах, без можливості перебудови. Як наслідок, на частотах прийому можуть бути присутніми випромінювання сторонніх радіоелектронних засобів і МОМ структур. І якщо навіть рівні сигналів, що заважають, невеликі, їх може бути досить для порушення нормальної роботи радіолокаторів, тому що чутливість прийомних пристроїв дуже велика, лежить у межах від 10^{-15} до 10^{-11} Вт, а це в свою чергу порушить об'єктивність визначення технічних можливостей.

Вирішенням проблеми може бути використання властивості закладного пристрою перевипромінювати достатньо великі рівні гармонік порівняно з гармоніками оточуючих напівпровідникових і МОМ структур. Плоска дво-заходова спіральна антена, навантажена на нелінійний елемент, за рахунок широкосмуговості дає можливість чіткої ідентифікації електронного об'єкта, при цьому шкідливий вплив оточуючих напівпровідникових і МОМ структур мінімізується, про що свідчать результати дослідження.

Література

1. Хорев А.А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Ч.1: Технические каналы утечки информации. М.: Гостехкомиссия, 1998.-311 с.
2. Хорошко В.А., Чекатков А.А. Методы и средства защиты информации. К.: "Юниор", 2003.-504с.
3. Марков Г.Т., Сазанов Д.М. Антенны. М.: «Энергия», 1975.- 366с.

Ключові слова: нелінійний локатор, засоби захисту інформації, захист інформації	
Зинченко М.В., Зиньковский Ю.Ф.	Zintchenko M.V., Zinkovskiy J.F.
Имитатор закладного устройства для нелинейного радиолокатора	The simulator of the mortgage device for nonlinear radio locator
Предложена, в качестве единого имитатора закладного устройства для нелинейного радиолокатора, плоская спиральная антенна, нагруженная на нелинейный элемент. Исследования подтвердили идентификацию закладного устройства, как электронного объекта, в условиях влияния помех.	Is offered, as the uniform simulator of the mortgage device for nonlinear radio locator, flat spiral aerial loaded on a nonlinear element. The researches have confirmed identification of the mortgage device as electronic object, in conditions of influence of handicaps.