

СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ І СЕРТИФІКАЦІЯ

УДК 62-98

¹О. М. Васілевський, к.т.н.,
²О. М. Возняк, к.т.н.,
О. Г. Ігнатенко,
³Д. В. МостовийВИМІРЮВАННЯ НЕСТАНДАРТНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОТЕНЦІЙНО НЕСТІЙКИХ
ЧОТИРИПОЛЮСНИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ПЛАВАЮЧИХ НАВАНТАЖЕНЬВінницький національно технічний університет,
e-mail: ¹wasilevskiy@mail.ru, ²voznjakaleksandr@mail.ru, ³trekdemon1993@mail.ru

В статті виконано аналіз методів вимірювання параметрів чотириполосників на основі якого запропоновано шляхи удосконалення методу вимірювання, які дозволяють зменшити похибку вимірювання.

Ключові слова: чотириполосники, зменшення похибки вимірювань.

Актуальність. Вимірювання S-параметрів матриці розсіювання повинно здійснюватися при підключенні до входу і виходу елемента, який вимірюється, лінії передачі зі стандартними значеннями хвильового опору (50-75 Ом). У зв'язку з потенційною нестійкістю багатьох НВЧ пристроїв і елементів у невизначеному частотному діапазоні, при даних стандартних навантаженнях може відбуватися неконтрольоване самозбудження вимірювальної установки, що веде до зростання похибки визначення S-параметрів. Ще одним недоліком цієї системи є необхідність робити вимірювання її параметрів в режимі двостороннього узгодження, що для потенційних нестійких пристроїв неможливо здійснити [1, 2, 3, 4].

Виходячи з вищеведеного аналізу, можна зробити висновок про доцільність введення нових нестандартних систем параметрів НВЧ чотириполосників, але вони, на відміну від відомих систем, повинні вимірюватись не при фіксованих навантаженнях або в режимі узгодження, а при довільних навантаженнях, що забезпечують стійкість вимірювальної установки, а отже і підвищення точності визначення параметрів чотириполосника.

Аналіз стану досліджень. У НВЧ діапазоні переважно використовуються кола з розподіленими параметрами, але при проектуванні звичайно з певними допущеннями здійснюється їхній розрахунок, як кіл із зосередженими параметрами. Це, з одного боку, спрощує розрахунок, з іншого, дозволяє використовувати багатий досвід проектування низькочастотних пристроїв. У цьому випадку використовуються елементи W-матриці [5]. Перевагою цієї матриці є явний фізичний зміст її елементів (z - опір, y - провідність), характерний для кіл із зосередженими параметрами. Але для їхнього вимірювання необхідно здійснювати режим короткого замикання (КЗ) і холостого ходу (ХХ), що практично неможливо зробити в діапазоні НВЧ у зв'язку з впливом паразитних реактивних елементів схеми.

При детальному розгляді цих систем можна зробити узагальнений висновок, що їхнім спільним недоліком є необхідність мати безпосередній доступ до досліджуваного чотириполосника. Це не завжди здійснимо, крім того, можлива нестійкість установки у випадку вимірювання параметрів потенційно нестійких чотириполосників на частотах, які звичайно невідомі.

На підставі розгляду переваг і недоліків систем S- і W-параметрів чотириполосника, можна сформулювати вимоги до нової системи параметрів, яка по можливості мала б якнайбільше переваг S- і W-параметрів і не мала б їхніх недоліків. Ці вимоги полягають у наступному:

- складові елементи нової системи повинні мати явний фізичний зміст W-параметрів;
- похибка вимірювань із зростанням неузгодженості чотириполосника з вимірювальними трактами повинна бути мінімальною;
- їхнє вимірювання повинне бути можливе в діапазоні НВЧ;
- для вимірювання не повинні використовуватися режими КЗ і ХХ;
- вимірювальна установка повинна мати підвищену стійкість у широкому діапазоні частот;
- розрахункові співвідношення для визначення шуканих параметрів повинні бути по можливості простіше.

Мета досліджень. Розробити новий метод для вимірювання параметрів чотириполосників, який повинен відповідати поставленим вимогам.

Викладання основного матеріалу. Для визначення елементів нестандартної екстремальної системи параметрів у точках А та В, що відповідають максимальним значенням дійсної і уявної складових імітанса, реалізованого за допомогою досліджуваного чотириполосника, можна скористатися

вимірювальною лінією або іншим типом вимірювача імітанса. Тому пропонується використовувати установку, структурна схема якої подана на рисунку 1 [6].

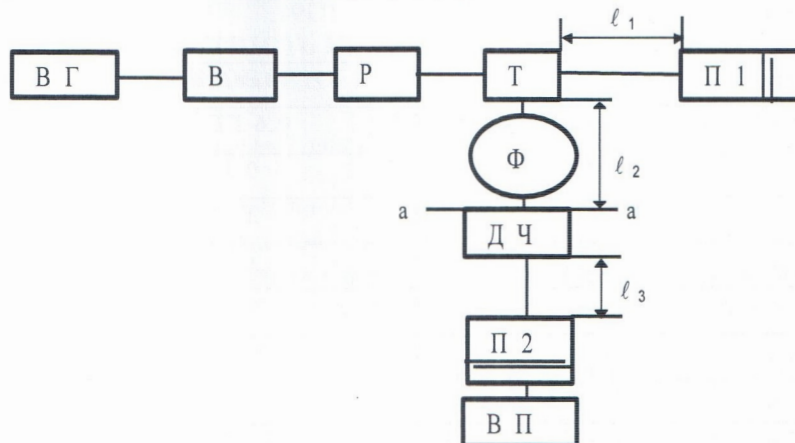


Рис. 1 - Структурна схема установки для вимірювання нестандартної системи параметрів

До вимірювальної установки входять: вимірювальний генератор ВГ; розв'язуючий вентиль В; рефлектометр Р; трійник Т; фазообертач Ф; досліджуваний чотириполосник ДЧ, закріплений у спеціальному тримачі; два короткозамикаючих поршня П1 і П2.

Щоб виключити неоднозначність вимірювань, характеристичний імітанс вимірювального тракту вибирається більше мінімального значення дійсної складової імітанса $ReW_{вх.В}$ (або $ReW_{вих.В}$), який вимірюється. В цьому випадку модуль коефіцієнта відбиття Γ від клем чотириполосника однозначно залежить від імітанса $ReW_{вх}$ ($ReW_{вих}$) (рисунок 2).

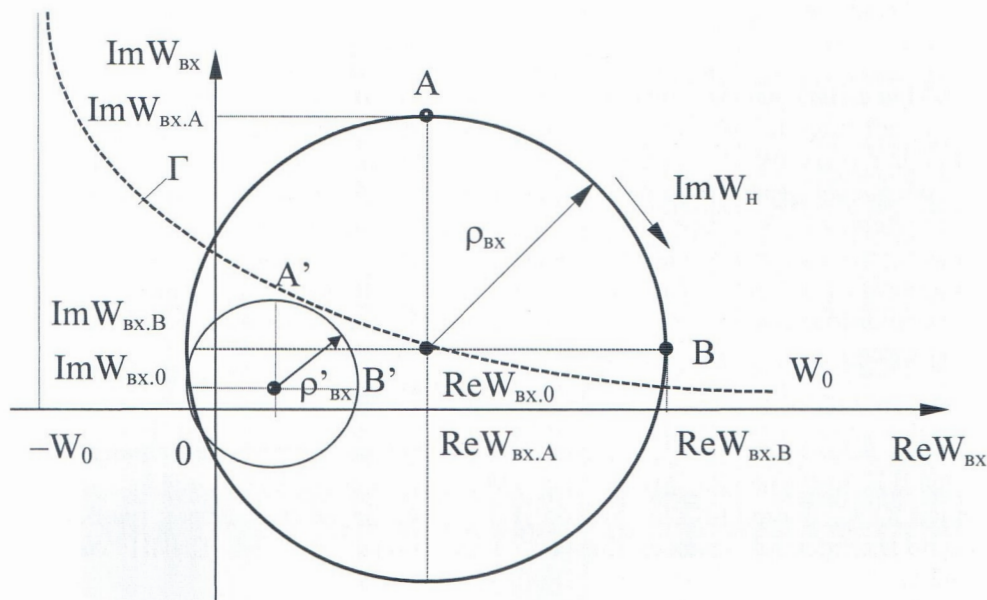


Рис. 2 - Комплексна площина залежності $W_{вх}=f(ImW_{н})$

При калібруванні установки, здійснюється закорочування вимірювального тракту в площині А-А (рис.2). Довжина l_1 поршня П1 установлюється менше або більше чверті довжини хвилі у вимірювальному тракту. В цьому випадку реалізований поршнем П1 реактивний імітанс $ImW_{п1}$ шунтує лінію передачі, забезпечуючи $\Gamma < 1$. Змінюючи фазовий зсув, утворюваний фазообертачем Ф, домагаються в тракту коефіцієнта стоячої хвилі $\Gamma = 1$, що свідчить про підключення поршня П1 до вимірювального тракту на відстані l_2 , кратній половині довжини хвилі в тракту $l_{02} = n\lambda/2$, що дозволяє перенести вимірювання вхідного (вихідного) імітанса чотириполосника в площину поршня П1. При вимірюванні на фіксованій частоті можлива попередня установка поршня П1 на відстань l_{02} від площини вимірювання А-А, що дозволяє виключити з вимірювальної схеми фазообертач Ф і відмовитися від процесу калібрування.

У процесі експерименту були отримані результати залежності екстремальних параметрів від частоти для біполярних і польових транзисторів. У таблиці 1 приведено експериментальні дані залежності екстремальних параметрів польового транзистора КП391.

Таблиця 1

Параметри, $\times 10^{-2} (\text{Ом}^{-1})$	Частота				
	1 ГГц	0.8 ГГц	0.6 ГГц	0.4 ГГц	0.3 ГГц
$\text{Re}Y_{\text{вх.А}}$	0.233	0.195	0.1	0.035	0.15
$\text{Im}Y_{\text{вх.А}}$	7.54	4.82	3.2	1.98	1.365
$\text{Re}Y_{\text{вх.В}}$	4.01	2.61	1.7	1.09	0.84
$\text{Im}Y_{\text{вх.В}}$	8.77	2.41	1.6	0.99	0.675
$\text{Re}Y_{\text{вих.А}}$	0.5	0.83	0.88	1.8	0.06
$\text{Im}Y_{\text{вих.А}}$	0.02	0.03	0.01	0.05	0.006
$\text{Re}Y_{\text{вих.В}}$	8.59	11.14	15.03	20.65	0.336
$\text{Im}Y_{\text{вих.В}}$	-8.07	-10.28	-14.4	-18.8	-0.27
$K_{\text{мс}}$	5.123	6.735	9.36	12.76	18.46

Оцінка похибки вимірювання проводилася на частоті 3 ГГц шляхом вимірювання екстремальних параметрів транзистора типу КТ3115 із використанням поршня типу 25-И-П-00 і вимірювача потужності М4-1. Середньоквадратичні значення похибок склали:

$$\begin{aligned} \Delta \text{Re}W_{\text{вх}} &= 4.8\%, \quad \Delta \text{Re}W_{\text{вх}} = 5.2\%, \quad \Delta \text{Re}W_{\text{вих}} = 4.5\%, \\ \Delta \text{Re}W_{\text{вих}} &= 2.8\%, \quad \Delta \text{Im}W_{\text{вх}} = 5.3\%, \quad \Delta \text{Im}W_{\text{вх}} = 5.8\%, \\ \Delta \text{Im}W_{\text{вих}} &= 3.5\%, \quad \Delta \text{Im}W_{\text{вих}} = 4.6\%, \quad \Delta K_{\text{мс}} = 6\%. \end{aligned}$$

Висновки. При аналізі аналітичних виразів, що визначають головні малосигнальні параметри широкосмужних і частотно-вибіркових підсилювачів (у загальному випадку чотириполосників) і використовуваних при розрахунку, наприклад таких параметрів як робочий K_p і номінальний K_{p-n} , коефіцієнти прямої і оберненої передачі по потужності, інваріантний коефіцієнт стійкості $K_{c, \text{вн}}$, імітанси узгоджуючих кіл $\text{Re}W_{\text{го}}$, $\text{Im}W_{\text{го}}$, $\text{Re}W_{\text{но}}$, $\text{Im}W_{\text{но}}$, видно, що їх можна розрахувати, якщо відома частина елементів стандартної системи W -параметрів матриці чотириполосника і їх похідні котрі і пропонується використовувати, як систему нестандартних параметрів чотириполосника. При проведенні експерименту з установкою для вимірювання нестандартної системи параметрів підтвердилась ефективність даного методу.

Список літератури

1. Абубакиров Б.А., Гудков К.Г., Нечаев Э.В. Измерение параметров радиотехнических цепей. /Под редакцией В.Г. Андрущенко, Б.П. Фатива. –М.: Радио и связь, –1984. –248 с.
2. Безменов Ю.А., Вагарин Ю.А., Усанов Д.А. Определение параметров транзисторов в схемах СВЧ. –Обзор по электронной технике. Серия 1. Электроника СВЧ. –М.: ЦНИИ Электроника, –1981. Выпуск 9. – 42 с.
3. Изгагин Л.Н., Казаков А.Ю., Шварц Н.З.. Осциллографический метод измерения S-параметров ВЧ и СВЧ транзисторов. –В кн.: Полупроводниковые приборы и их применение. –М.: Советское радио, –1974. –Выпуск 28. –С. 184-187.
4. Пыхтунова А.И. СВЧ полевые транзисторы на GaAs. –Обзоры по электронной технике. Серия 2. Полупроводниковые приборы. –М.: ЦНИИ Электронике, –1976. –46 с.
5. Силаев М.А., Брянусь С.Ф. Приложение матриц и графов к анализу СВЧ устройств, –М.: Советское радио, –1970. –248 с.
6. Богачев В.М., Никифоров В.В. Транзисторные усилители мощности. –М.: Энергия. –1978. –344 с.