



УКРАЇНА

(19) UA (11) 11967 (13) U
(51) МПК
G01R 27/28 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЧОТИРИПОЛЮСНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ ДІАГРАМИ ВОЛЬПЕРТА-СМІТТА

1

2

(21) u200507033

(22) 15.07.2005

(24) 16.01.2006

(46) 16.01.2006, Бюл. № 1, 2006 р.

(72) Філінюк Микола Антонович, Огородник Костянтин Володимирович, Салех М.м. Журбан

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб вимірювання параметрів чотириполюсника з використанням діаграми Вольперта-Смітта, що включає вимірювання вхідних та вихід-

них імітансів чотириполюсника при різних фіксованих значеннях відповідно імітансу навантаження та імітансу генератора та подальший розрахунок імітансних параметрів W_{11} , W_{22} , який відрізняється тим, що вимірюють тільки два значення вхідного $W_{вх1}$, $W_{вх2}$ та одне значення вихідного $W_{вих1}$ імітансів чотириполюсника при відповідно двох різних, але довільних фіксованих значеннях імітансу навантаження $W_{н1}$, $W_{н2}$ та довільному фіксованому значенні імітансу генератора $W_{г1}$, за формулами:

$$W_{11} = \frac{W_{вх1}W_{вх2}(W_{н1} - W_{н2}) + W_{г1}(W_{вх1}(W_{н1} + W_{вих1}) - W_{вх2}(W_{н2} + W_{вих1}))}{W_{г1}(W_{н1} - W_{н2}) + W_{вх2}(W_{н1} + W_{вих1}) - W_{вх1}(W_{н2} + W_{вих1})},$$

$$W_{22} = \frac{W_{г1}W_{вих1}(W_{н1} - W_{н2}) - W_{вх2}W_{н2}(W_{н1} + W_{вих1}) + W_{вх1}W_{н1}(W_{н2} + W_{вих1})}{W_{г1}(W_{н1} - W_{н2}) + W_{вх2}(W_{н1} + W_{вих1}) - W_{вх1}(W_{н2} + W_{вих1})},$$

$$W_{12}W_{21} = \frac{(W_{г1} + W_{вх1})(W_{вх1} - W_{вх2})(W_{г1}W_{вх2})(W_{н1} - W_{н2})(W_{н1} + W_{вих1})(W_{н2} + W_{вих1})}{(W_{г1}(W_{н1} - W_{н2}) + W_{вх2}(W_{н1} + W_{вих1}) - W_{вх1}(W_{н2} + W_{вих1}))^2},$$

де $W_{вх1}$, $W_{вх2}$ – значення вхідного імітансу чотириполюсника при значеннях $W_{н1}$, $W_{н2}$ імітансу навантаження відповідно,

$W_{вих1}$ – значення вихідного імітансу чотириполюсника при значенні імітансу генератора $W_{г1}$,

розраховують значення імітансних параметрів W_{11} , W_{22} та $W_{12}W_{21}$ за формулою:

$$\varphi = \arctg \frac{\text{Im}(W_{12}W_{21})}{\text{Re}(W_{12}W_{21})},$$

розраховують кут нахилу діаграми на комплексній площині відносно дійсної осі імітансів за формулами:

$$\rho_{вх} = \frac{|W_{12}W_{21}|}{2 \cdot \text{Re } W_{22}},$$

$$\rho_{вих} = \frac{|W_{12}W_{21}|}{2 \cdot \text{Re } W_{11}},$$

розраховують радіуси діаграм на комплексних площинах вхідних та вихідних імітансів, на комплексній площині вхідних імітансів знаходять ко-

ординати точки W_{11} - координати початку діаграми, через неї проводять пряму під кутом φ до осі $\text{Re } W_{вх}$, на цій прямій від точки W_{11} в напрямку до осі $\text{Re } W_{вх}$, відкладають подвійний радіус $\rho_{вх}$, який суміщають з центральною віссю діаграми і отримують відображення діаграми Вольперта-Смітта на комплексну площину вхідних імітансів, аналогічно виконують відображення діаграми на комплексну площину вихідних імітансів, для використання стандартних діаграм Вольперта-Смітта при подальших розрахунках використовують нормування вигляду:

- для вхідних імітансів:

$$\text{Re } \bar{W}_н = \text{Re } W_н / \text{Re } W_{22}, \text{Im } \bar{W}_н = \text{Im}(W_н + W_{22}) / \text{Re } W_{22},$$

- для вихідних імітансів:

$$\text{Re } \bar{W}_г = \text{Re } W_г / \text{Re } W_{11}, \text{Im } \bar{W}_г = \text{Im}(W_г + W_{11}) / \text{Re } W_{11},$$

обирають навантаження, проводять нормування та визначають необхідні значення відповідних вхідних чи вихідних імітансів чотириполюсника.

U (13)

11967 (11)

UA (19)

Корисна модель належить до області електроніки, зокрема до вимірювальної техніки визначення параметрів чотириполіусників.

Відомий спосіб вимірювання імітансних параметрів чотириполіусника за допомогою створення режимів холостого ходу та короткого замкнення на вході та виході чотириполіусника і відповідного вимірювання вихідної та вхідної провідності чотириполіусника [Транзистори. Параметры, методы измерений и испытаний. Под ред. И.Г. Бергельсона, Ю.А. Каменецкого, И.Ф. Николаевского, М., "Сов. радио", 1968, с.128-132].

Недоліком даного способу є велика похибка вимірювань, обумовлена неможливістю створення якісних режимів холостого ходу та короткого замкнення внаслідок впливу індуктивності виводів. Так, похибка вимірювання на частоті 60МГц $\text{Re}Y_{11}$ - дійсної складової провідності - $\approx 20\%$, а похибка вимірювання реактивної складової провідності $\text{Im}Y_{11}$ 50%. З ростом частоти похибка вимірювань зростає.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб вимірювання параметрів чотириполіусника, що включає вимірювання трьох вхідних імітансів чотириполіусника при різних фіксованих значеннях реактивної складової імітансу навантаження, коли активна складова імітансу навантаження дорівнює нулю $\text{Re}W_n=0$, вимірювання трьох вхідних імітансів чотириполіусника при різних фіксованих значеннях реактивної складової імітансу навантаження, коли активна складова імітансу навантаження не рівна нулю $\text{Re}W_n=\text{const}$, вимірювання трьох вихідних імітансів чотириполіусника при різних фіксованих значеннях реактивної складової імітансу генератора, коли активна складова імітансу генератора дорівнює нулю $\text{Re}W_r=0$, подальшу побудову двох імітансних кіл по входу чотириполіусника та одного імітансного кола по виходу чотириполіусника та визначення радіусів цих кіл $\rho_{\text{вх}}$, $\rho_{\text{вх}}$, $\rho_{\text{вих}}$, визначення координат центру одного імітансного кола по входу чотириполіусника, коли активна складова імітансу навантаження дорівнює нулю $\text{Re}W_n=0$, та координат центру імітансного кола по виходу чотириполіусника $\text{Re}W_{\text{вх}0}$, $\text{Im}W_{\text{вх}0}$, $\text{Re}W_{\text{вих}0}$, $\text{Im}W_{\text{вих}0}$,

подальший розрахунок імітансних параметрів за формулами:

$$\text{Re} W_{22} = \rho_{\text{вх}} \cdot \text{Re} W_n / (\rho_{\text{вх}} - \rho_{\text{вх}}'),$$

$$\text{Re} W_{11} = \rho_{\text{вх}} \cdot \text{Re} W_{22} / \rho_{\text{вих}},$$

$$\text{Im} W_{11} = \text{Im}_{\text{вх}0} + \sqrt{\rho_{\text{вх}}^2 - \text{Re}^2(W_{11} - W_{\text{вх}0})},$$

$$\text{Im} W_{22} = \text{Im} W_{\text{вих}0} + \sqrt{\rho_{\text{вх}}^2 - \text{Re}^2(W_{11} - W_{\text{вх}0})} \rho_{\text{вих}} / \rho_{\text{вх}}$$

[Филинук Н.А. Измерение y-параметров матрицы проводимости СВЧ транзистора. Известия вузов МВ и ССО СССР. Радиоэлектроника. Том 27, №3, К., 1984, с.81-82].

Недоліком даного способу є його низька точність, обумовлена великою кількістю вимірювань - шість вимірювань для вхідного імітансу та три вимірювання для вихідного. А також неможливість визначення всіх значень вхідних та вихідних імітансів чотириполіусника для відповідних значеннях імітансів навантаження та генератора.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу вимірювання параметрів чотириполіусника, в якому за рахунок зменшення кількості вимірювань та використання діаграми Волперта-Смітта підвищується точність визначення імітансних параметрів чотириполіусника та з'являється можливість визначення всіх значень вхідних та вихідних імітансів чотириполіусника для відповідних значень імітансів навантаження та генератора.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання параметрів чотириполіусника, що включає вимірювання вхідних та вихідних імітансів чотириполіусника при різних фіксованих значеннях відповідно імітансу навантаження та імітансу генератора та подальший розрахунок імітансних параметрів W_{11} , W_{22} , спочатку вимірюють тільки два значення вхідного та одне значення вихідного імітансів чотириполіусника при відповідно двох різних але довільних фіксованих значеннях імітансу навантаження та довільному фіксованому значенні імітансу генератора, за формулами [Патент України на корисну модель №5780 опубл. 15.03.05, б.№3, 2005р.]

$$W_{11} = \frac{W_{\text{вх}1} W_{\text{вх}2} (W_{\text{н}1} - W_{\text{н}2}) + W_{\text{г}1} (W_{\text{вх}1} (W_{\text{н}1} + W_{\text{вих}1}) - W_{\text{вх}2} (W_{\text{н}2} + W_{\text{вих}1}))}{W_{\text{г}1} (W_{\text{н}1} - W_{\text{н}2}) + W_{\text{вх}2} (W_{\text{н}1} + W_{\text{вих}1}) - W_{\text{вх}1} (W_{\text{н}2} + W_{\text{вих}1})}, \quad (1)$$

$$W_{22} = \frac{W_{\text{г}1} W_{\text{вих}1} (W_{\text{н}1} - W_{\text{н}2}) - W_{\text{вх}2} W_{\text{н}2} (W_{\text{н}1} + W_{\text{вих}1}) + W_{\text{вх}1} W_{\text{н}1} (W_{\text{н}2} + W_{\text{вих}1})}{W_{\text{г}1} (W_{\text{н}1} - W_{\text{н}2}) + W_{\text{вх}2} (W_{\text{н}1} + W_{\text{вих}1}) - W_{\text{вх}1} (W_{\text{н}2} + W_{\text{вих}1})}, \quad (2)$$

$$W_{12} W_{21} = \frac{(W_{\text{г}1} + W_{\text{вх}1}) (W_{\text{вх}1} - W_{\text{вх}2}) (W_{\text{г}1} W_{\text{вх}2} (W_{\text{н}1} - W_{\text{н}2}) (W_{\text{н}1} + W_{\text{вих}1}) (W_{\text{н}2} + W_{\text{вих}1}))}{(W_{\text{г}1} (W_{\text{н}1} - W_{\text{н}2}) + W_{\text{вх}2} (W_{\text{н}1} + W_{\text{вих}1}) - W_{\text{вх}1} (W_{\text{н}2} + W_{\text{вих}1}))^2}, \quad (3)$$

$W_{\text{вх}1}$, $W_{\text{вх}2}$ - значення вхідного імітансу чотириполіусника при значеннях $W_{\text{н}1}$, $W_{\text{н}2}$ імітансу навантаження відповідно;

$W_{\text{вих}1}$ значення вихідного імітансу чотириполіусника при значенні імітансу генератора $W_{\text{вих}1}$ розраховують значення імітансних параметрів W_{11} , W_{22} та W_{12} , W_{21} за формулою

$$\varphi = \arctg \frac{\text{Im}(W_{12} W_{21})}{\text{Re}(W_{12} W_{21})}, \quad (4)$$

розраховують кут нахилу діаграми на комплексній площині відносно дійсної осі імітансів, за формулами

сній площині відносно дійсної осі імітансів, за формулами

$$\rho_{\text{вх}} = \frac{|W_{12} W_{21}|}{2 \cdot \text{Re} W_{22}}; \quad (5)$$

$$\rho_{\text{вих}} = \frac{|W_{12} W_{21}|}{2 \cdot \text{Re} W_{11}}; \quad (6)$$

розраховують радіуси діаграм на комплексних площинах вхідних та вихідних імітансів, на комплексній площині вхідних імітансів знаходять ко-

ординати точки w_{11} - координати початку діаграми, через неї проводять пряму під кутом φ до осі O_x , (осі $ReW_{вх}$), на цій прямій від точки W_{11} в напрямку до осі O_x (осі $ReW_{вх}$) відкладають подвійний радіус $r_{вх}$, який суміщають з центральною віссю діаграми і отримують відображення діаграми Вольперта-Смітта на комплексну площину вхідних імітансів, аналогічно виконують відображення діаграми на комплексну площину вихідних імітансів, враховуючи що координати її початку при цьому - координати точки W_{22} , для використання стандартних діаграм Вольперта-Смітта при подальших розрахунках використовують нормування вигляду:

- для вхідних імітансів:

$$Re \bar{W}_H = Re W_H / Re W_{22}, Im \bar{W}_H = Im(W_H + W_{22}) / Re W_{22}; (7)$$

- для вихідних імітансів:

$$Re \bar{W}_r = Re W_r / Re W_{11}, Im \bar{W}_r = Im(W_r + W_{11}) / Re W_{11}; (8)$$

обирають навантаження, проводять нормування та визначають необхідні значення відповідних вхідних чи вихідних імітансів чотириполюсника.

Спосіб, що пропонується, в порівнянні з прототипом має суттєві відмінності-підвищену точність визначення імітансних параметрів чотириполюсника та можливість визначення всіх значень вхідних та вихідних імітансів чотириполюсника для відповідних значення імітансів навантаження та генератора, що досягається шляхом зменшення кількості вимірювань та використанням діаграми Вольперта-Смітта.

На фіг.1 зображено структурну схему пристрою вимірювання вхідного та вихідного імітансів чотириполюсника. На фіг.2 схематично зображено діаграму Вольперта-Смітта, відображену на комплексну площину вхідних імітансів.

Пристрій для проведення вимірювань складається (фіг.1) з чотириполюсника 1, вимірювача повних опорів 2, першого комутатора 3, другого комутатора 4, третього комутатора 5, першого відомого комплексного опору 6 та другого відомого комплексного опору 7. При цьому перший нерухомий контакт 8 першого комутатора 3 з'єднаний з виходом вимірювача повних опорів 2 та першим нерухомим контактом 11 другого комутатора 4, другий нерухомий контакт 10 першого комутатора 3 з'єднаний з рухомим контактом 15 третього комутатора 5 та другим нерухомим контактом 13 другого комутатора 4, рухомий контакт 9 першого комутатора 3 з'єднаний з входом чотириполюсника 1, рухомий контакт 12 другого комутатора 4 з'єднаний з виходом чотириполюсника 1, перший нерухомий контакт 14 третього комутатора 5 з'єднаний з першим відомим комплексним опором 6, другий нерухомий контакт 16 третього комутатора

5 з'єднаний з другим відомим комплексним опором 7.

Спосіб здійснюється наступним чином. В першому комутаторі 3 з'єднують контакти 8 та 9, в другому комутаторі 4 з'єднують контакти 12 та 13, в третьому комутаторі 5 з'єднують контакти 14 та 15. В цьому режимі виконують вимірювання вхідного повного опору $Z_{вх1}$ чотириполюсника 1 за допомогою вимірювача повних опорів 2 при першому відомому комплексному опорі 6 навантаження Z_{H1} . Потім в третьому комутаторі 5 з'єднують контакти 15 та 16. В цьому режимі виконують вимірювання вхідного повного опору $Z_{вх2}$ чотириполюсника 1 за допомогою вимірювача повних опорів 2 при другому відомому комплексному опорі 7 навантаження Z_{H2} .

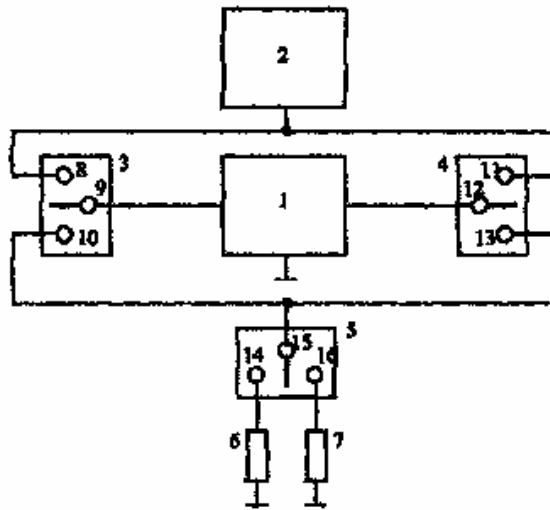
Потім в першому комутаторі 3 з'єднують контакти 9 та 10, в другому комутаторі 4 з'єднують контакти 11 та 12, в третьому комутаторі 5 з'єднують контакти 14 та 15. В цьому режимі виконують вимірювання вихідного повного опору $Z_{вих1}$ чотириполюсника 1 за допомогою вимірювача повних опорів 2 при першому відомому комплексному опорі 6 генератора Z_{r1} .

За формулами (1)-(3) розраховують значення імітансних параметрів W_{11} , W_{22} та W_{12} , W_{21} чотириполюсника. Виділяють дійсну $Re(w_{12} w_{21})$ та уявну $Im(W_{12} W_{21})$ складові добутку $w_{12}w_{21}$ та за формулою (4) розраховують кут нахилу діаграми на комплексній площині відносно дійсної осі імітансів. За формулою (5) розраховують радіус діаграми на комплексній площині вхідних імітансів.

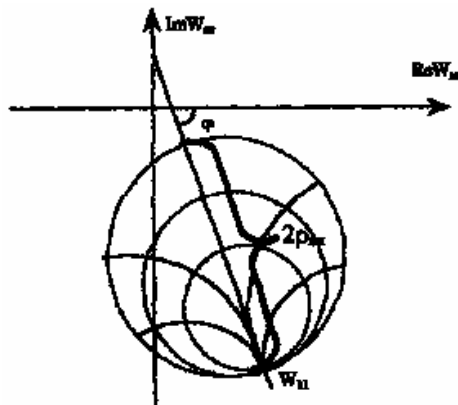
На комплексній площині вхідних імітансів знаходять координати точки w_{11} -координати початку діаграми. Через неї проводять пряму під кутом φ до осі O_x (осі $ReW_{вх}$). На цій прямій від точки w_{11} в напрямку до осі O_x - (осі $ReW_{вх}$) відкладають подвійний радіус $r_{вх}$, який суміщають з центральною віссю діаграми і отримують відображення діаграми Вольперта-Смітта на комплексну площину вхідних імітансів (фіг.2).

Аналогічно виконують відображення діаграми на комплексну площину вихідних імітансів, враховуючи що координати її початку при цьому - координати точки w_{22} , а радіус розраховується за формулою (6).

Потім, обираючи необхідне навантаження, нормують його згідно формул (7, 8). Знаходять відповідну йому точку на діаграмі Вольперта-Смітта та за її відображенням на комплексній площині знаходять значення вхідного імітансу чотириполюсника при обраному навантаженні.



Фиг. 1



Фиг. 2