

УДК 621.3.011.212

Л. Б. Ліщинська, к. т. н., доц.

ВИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ І ПАРАМЕТРИ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ УЗАГАЛЬНЕНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІММІТАНСУ

Наведено визначення багатопараметричних узагальнених перетворювачів іммітансу, розроблено їх класифікацію та обґрунтовано систему основних параметрів.

Вступ

За визначенням [1] узагальненим перетворювачем іммітансу (УПІ) називають чотиріполюсник, вхідний $W_{вх}$ (вихідний $W_{вих}$) іммітанс якого залежить, відповідно, від іммітансу навантаження $W_{н}$ (генератора $W_{г}$) (рис. 1). Перетворений іммітанс $W_{вх}$ ($W_{вих}$) є функцією одного параметра — перетворюваного іммітансу $W_{н}$ ($W_{г}$). Тому такі УПІ потрібно розглядати як однопараметричні. На низьких частотах вони реалізуються схемотехнічними методами [2, 3], а на більш високих частотах — у вигляді однокристальних УПІ на основі біполярних і польових транзисторів [4, 5]. Наявність напівпровідникових структур, які мають три і більше електродів, наприклад, багатозатворні польові транзистори, одноперехідні запрограмовані транзистори тощо, дозволяють реалізувати на таких N -полюсниках багатопараметричні УПІ _{N} .

Метою роботи є визначення та класифікація багатопараметричних УПІ _{N} і обґрунтування їх параметрів з аналізом специфічних особливостей, що забезпечує розробникам інформаційних пристроїв ефективніше застосування таких УПІ _{N} .

Визначення багатопараметричних УПІ _{N}

Багатопараметричним УПІ _{N} назвемо електричний N -полюсник, до частини полюсів якого підключаються перетворювані іммітанси $W_{гi}$, а перетворені іммітанси $W_{вихj}$ реалізуються між залишеними незадіяними полюсами (рис. 1б). При цьому перетворений іммітанс $W_{вихj} = T_{ij}(W_{гi})$, такий, що залежить від низки значень перетворюваних іммітансів $W_{гi}$, є функцією декількох параметрів. Це дозволяє розглядати його як багатопараметричний УПІ _{N} з частинним коефіцієнтом перетворення іммітансу T_{ij} .

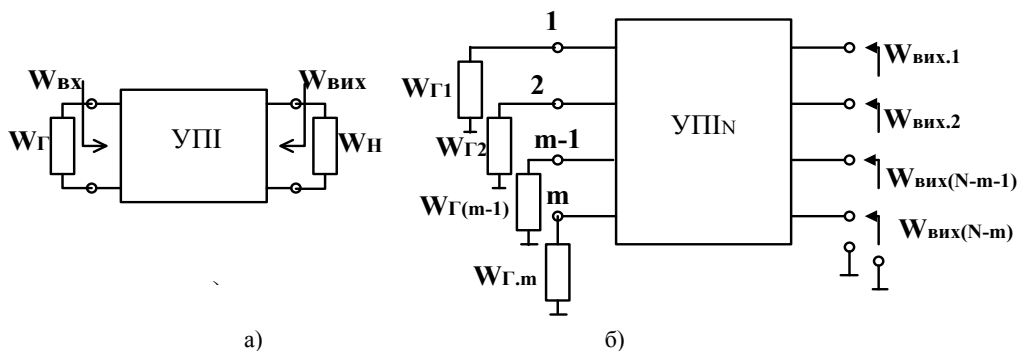


Рис. 1. Однопараметричний (а) і багатопараметричний (б) УПІ _{N}

Класифікація багатопараметричних УПІ _{N}

В показаному на рис. 1б багатопараметричному УПІ _{N} перетворювані іммітанси $W_{гi}$ підключаються між m -полюсами і загальною шиною, а перетворені іммітанси $W_{вихj}$ реалізуються між ($N -$

m) полюсами і загальною шиною. Такий вид УПН є «заземленим УПН_N».

Можливий варіант реалізації УПН, коли перетворювані іммітанси $W_{\Gamma i}$ підключаються тільки між *m*-полюсами, а перетворений іммітанс також реалізується тільки між (*N* – *m*) полюсами (рис. 2а). Такі УПН є «незаземленими УПН_N».

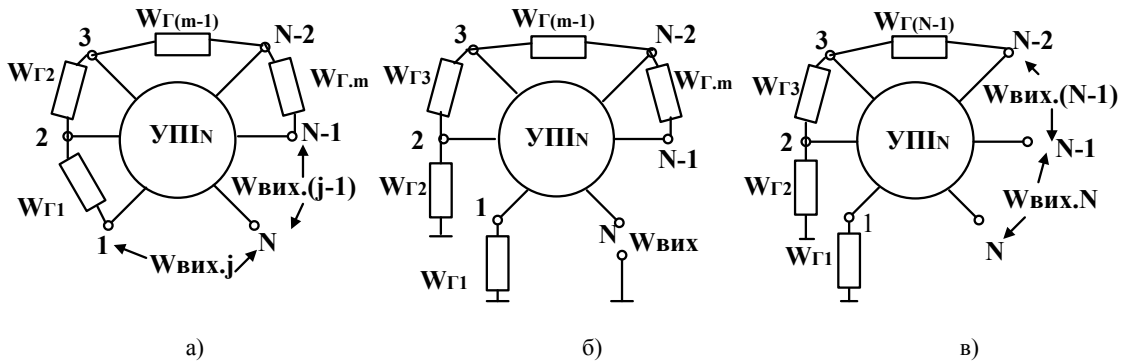


Рис. 2. Варіанти структурної реалізації багатопараметричних УПН на базі *N*-полюсника: незаземлений УПН (а); УПН змішаного 1-го типу (б); УПН змішаного 3-го типу (в)

Третій варіант реалізації багатопараметричного УПН полягає в змішаному використанні полюсів багатопольсника (рис. 2б, в). Такі УПН назвемо «змішаними УПН_N». Їх можна розділити на три типи.

В змішаних УПН 1-го типу перетворювані іммітанси мають змішане підключення до полюсів — частина з них заземлена, а інша частина не заземлена. При цьому перетворені іммітанси $W_{вихj}$ реалізуються між (*N* – *m*)-полюсниками і загальною шиною.

В змішаних УПН 2-го типу всі перетворювані іммітанси W_{Γ} заземлені, а перетворені іммітанси $W_{вихj}$ мають змішану реалізацію, частково реалізуються між полюсами і загальною шиною та частково — тільки між полюсами.

В змішаних УПН 3-го типу як перетворені $W_{вихj}$, так і перетворювані $W_{\Gamma i}$ іммітанси відповідно підключаються або реалізуються, тільки частково заземленими.

В розглянутих видах УПН також можна виділити два варіанти побудови. В першому варіанті реалізується тільки один перетворений іммітанс $W_{вих}$, який залежить від перетворюваних іммітансів $W_{\Gamma i}$. Такі багатопараметричні УПН назвемо «одновихідні УПН».

В другому варіанті реалізуються декілька перетворених іммітансів $W_{вихj}$, кожний з яких залежить від перетворюваних іммітансів $W_{\Gamma i}$: $W_{вихj} = T_{ij}(W_{\Gamma i})$. Такі багатопараметричні УПН назвемо «багатовихідні УПН».

Можливі варіанти, коли всі перетворені іммітанси $W_{вихj}$ залежать від всіх перетворюваних іммітансів $W_{\Gamma i}$. Такі багатопараметричні УПН назвемо «функціонально повні УПН». Якщо між одним або декількома перетвореними іммітансами $W_{вихj}$ відсутня залежність від одного або декількох перетворюваних іммітансів $W_{\Gamma i}$, тоді такі багатопараметричні УПН назвемо «функціонально неповними УПН».

Розглянуту класифікацію багатопараметричних УПН узагальнено на рис. 3 шляхом доповнення вже відомих варіантів реалізації і класифікації УП [6], які можна розповсюдити і на багатопараметричні

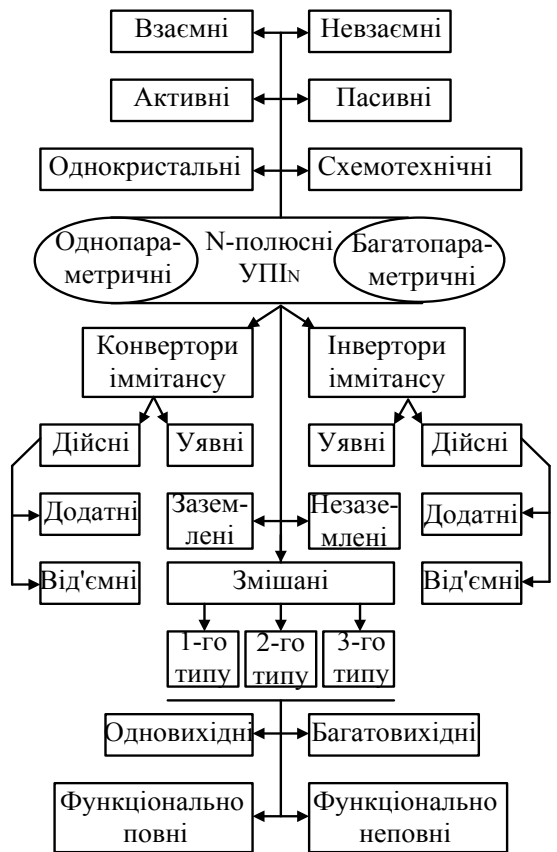


Рис. 3. Класифікація УПН на основі *N*-полюсників

УПН.

Основні параметри багатопараметричних УПН

Дослідження і застосування однопараметричних УП показали, що для їх опису ефективно застосовувати таку систему параметрів [6]:

- перетворений іммітанс — $W_{вх}, W_{вих}$;
- коефіцієнт перетворення іммітансу — T ;
- інваріантний коефіцієнт стійкості — K_y ;
- чутливість коефіцієнта перетворення іммітансу (якість УП) — $S_{\alpha_i}^T$;
- максимально досяжний коефіцієнт передачі потужністю на границі стійкості — K_{ms} ;
- коефіцієнт невзаємності — K_H ;
- максимально досяжне значення від'ємної дійсної складової перетвореного іммітансу — $\text{Re } W_{\max}^{(-)}$;
- гранична частота — $f_{\Gamma}(K_y = 1)$;
- оптимальна частота перетворення іммітансу — $f_{\text{opt}}(\partial \text{Re } W_{\max}^{(-)} / \partial f \neq 0)$;
- максимальний радіус іммітансного кола — $\rho_{вх. \max}$;
- активна складова координати центра максимального іммітансного кола — $\text{Re } W_0$;
- мінімально досяжне значення коефіцієнта шуму — $F_{ш. \min}$.

Важливою перевагою цієї системи параметрів є їх однозначний зв'язок, за виключенням $F_{ш. \min}$, з параметрами іммітансної W -матриці залежного чотириполюсника, використаного в якості УП.

Будь-який лінійний (квазілінійний) N -полюсник також однозначно описується невизначеною іммітансною матрицею [7]. Враховуючи велику кількість різновидів багатопараметричних УПН, з урахуванням особливостей реалізації інформаційних пристроїв в діапазонах УВЧ і НВЧ, де найефективніше застосування однокристальних УПН, обмежимося обґрунтуванням параметрів тільки заземлених багатопараметричних УПН на основі незалежного N -полюсника. Зв'язок між струмами I_N і напругами U_N такого N -полюсника визначається рівнянням [7]

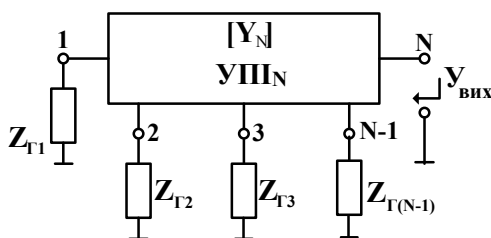


Рис. 4. Подання багатопараметричних УПН у вигляді залежного чотириполюсника

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ I_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1N} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{N1} & Y_{N2} & \dots & Y_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_N \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Безпосереднє використання невизначеної матриці провідності $[Y_N]$ рівняння (1) для опису параметрів УПН не є можливими, оскільки відсутні однозначні рішення для випадкових комбінацій значень перетворюваних іммітансів $W_{Гi}$.

Для виключення цієї неоднозначності вводимо ряд обмежень:

1. Будемо розглядати тільки одновихідні багатопараметричні УПН, які знаходять найширше практичне застосування.

2. Введемо поняття «канал перетворення іммітансу», під яким будемо розуміти такий режим роботи багатопараметричного УПН, коли $W_{вих. j} = T_j(W_{Гi})$, за умови, що всі інші перетворювані іммітанси, відмінні від $W_{Гi}$, залишаються постійними, де T_j — частинний коефіцієнт перетворення іммітансу.

Це дозволяє подати багатопараметричний УПН у вигляді залежного чотириполюсника (рис. 4), описаного матрицею провідності $[Y_i]$, параметри якої залежать від параметрів невизначеної матриці провідності $[Y_N]$ N -полюсника і перетворених іммітансів $Z_{Г2} \dots Z_{Г(N-1)}$.

В цьому випадку можна описати багатопараметричний УПН системою власних параметрів за

кожним каналом перетворення іммітансу:

$$Y_{\text{вих}(i)} = Y_{22(i)} - \frac{Y_{12(i)}Y_{21(i)}}{Y_{11(i)} + Y_{\Gamma(i)}}; \quad T_{K(i)} = Y_{\text{вих}(i)}/Y_{\Gamma(i)}; \quad T_{I(i)} = Y_{\text{вих}(i)}Y_{\Gamma(i)};$$

$$K_{y(i)} = \left(2 \operatorname{Re} Y_{11(i)} \operatorname{Re} Y_{22(i)} - \operatorname{Re} (Y_{12(i)}Y_{21(i)}) \right) / |Y_{12(i)}Y_{21(i)}|; \quad S_{\alpha_i}^{T(i)} = \partial T_{(i)} / \partial \alpha_i; \quad \partial \alpha_i / T_{(i)};$$

$$K_{ms(i)} = |Y_{21(i)} / Y_{12(i)}|; \quad K_{H(i)} (K_{y(i)} > 1) = |Y_{21(i)} / Y_{12(i)}|^2; \quad K_{H(i)} (K_{y(i)} < 1) = \operatorname{Re} Y_{22(i)} / \operatorname{Re} Y_{11(i)};$$

$$\operatorname{Re} Y_{\text{вих. max}(i)}^{(-)} = |Y_{12(i)}Y_{21(i)}| (1 - K_{y(i)}) / 2 \operatorname{Re} Y_{11(i)}; \quad \rho_{\text{вих. max}(i)} = |Y_{12(i)}Y_{21(i)}| / 2 \operatorname{Re} Y_{11(i)};$$

$$\operatorname{Re} Y_{\text{вих. 0}(i)} = \operatorname{Re} Y_{22(i)} - \operatorname{Re} (Y_{12(i)}Y_{21(i)}) / 2 \operatorname{Re} Y_{11(i)}; \quad f_{\Gamma(i)} (K_{y(i)} = 1);$$

$$f_{\text{opt}(i)} \left(\partial \operatorname{Re} Y_{\text{max}(i)}^{(-)} / \partial f \neq 0 \right).$$

Отримана система рівнянь визначає основні параметри багатопараметричного УПП_N з урахуванням вищевказаних обмежень, поза залежністю від числа полюсів, використаного діапазону частот і фізичного механізму роботи використаного багатополісника. Всі параметри однозначно визначаються через невизначену матрицю провідності *N*-полісника, від точності визначення параметрів якої залежить похибка розрахунку інформаційних пристроїв на основі багатопараметричних УПП_N.

Висновки

Дано визначення багатопараметричного УПП_N як *N*-полісника, іммітанси відносно ряду полюсів якого є функцією іммітансів, підключених до його інших полюсів.

Розроблено класифікацію багатопараметричних УПП_N у відповідності до якої їх можна поділити на заземлені, незаземлені і змішані; одновихідні і багатовихідні; функціонально повні і неповні.

Шляхом введення низки обмежень, обґрунтовано і аналітично визначено систему основних параметрів багатопараметричних УПП_N, яка має однозначний зв'язок з параметрами невизначеної матриці провідності *N*-полісника, похибка вимірювання яких однозначно впливає на точність визначення параметрів УПП_N.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беринг Ф. Отрицательное сопротивление в электронных схемах / Ф. Беринг. — М. : Сов. радио, 1975. — 288 с.
2. Leisfso C. A fully integrated active inductor with independent voltage tunable inductance and series-loss resistance / C. Leisfso, M. Haslett // IEE Transactions on Microwave, Theory and Techniques. — 2001. — Vol. 49, No 4. — P. 671—676.
3. Redoute J. M. Active inductor / J. M. Redoute, J. Sevenhans, J. Hathilda // United State Patent Application. — 2004. — № 20040212462.
4. Филинюк М. А. Активные СВЧ фильтры на транзисторах / М. А. Филинюк. — М. : Радио и связь, — 1987. — 112 с.
5. Филинюк М. А. Інформаційні пристрої на основі потенційно-нестійких багато електродних напівпровідникових структур Шотткі : моног. / М. А. Филинюк, О. М. Куземко, Л. Б. Ліщинська. — Вінниця : ВНТУ, — 2009. — 274 с.
6. Филинюк М. А. Основи негatronіки. Т. 1. Теоретичні і фізичні основи негatronіки / М. А. Филинюк. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — 456 с.
7. Сигорский В. П. Алгоритмы анализа электронных схем / В. П. Сигорский, А. И. Петренко. — М. : Сов. радио. — 1976. — 608 с.

Рекомендована кафедрою проектування комп'ютерної та телекомунікаційної апаратури

Надійшла до редакції 29.04.10
Рекомендована до друку 13.05.10

Ліщинська Людмила Броніславівна — доцент кафедри інформаційних систем.

Вінницький торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету