

Науковий журнал

3.2002



ВІСНИК

Технологічного університету Поділля

Випуск з нагоди 40-річчя університету

Том 1

Технічні науки

Наукові статті відібрані редакційною колегією журналу та рекомендовані до друку рішенням науково-практичної конференції "Автоматизація виробничих процесів (м. Хмельницький, 16-19 травня 2002р.)"

Хмельницький 2002

ВІСНИК

Технологічного

університету

Поділля

Засновано в липні 1997р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2002, №3 Т.1 (41)

Засновник і видавець : Технологічний університет Поділля (м. Хмельницький)

Головний редактор академік АІН України, д.т.н. Сілін Р.І.

Заступник головного редактора д.т.н. Каплун В.Г.

Відповідальний секретар Гуляєва В.О.

Ч л е н и р е д к о л е г і ї

Технічні науки

д.т.н. Костоґриз С.Г., д.т.н. Ройзман В.П., д.т.н. Локазюк В.М., д.т.н. Ковтун В.В.,
д.т.н. Шевеля В.В., д.т.н. Кіницький Я.Т., к.т.н. Драпак Г.М., д.т.н. Параска Г.Б.,
к.т.н. Баннова І.М., к.т.н. Троцишин І.В., к.т.н. Косенков В.Д., д.т.н. Мазур М.П.,
д.т.н. Гладкий Я.М., д.т.н. Калда Г.С., д.т.н. Мичко А.А., д.т.н. Стечишин М.С.,
д.т.н. Кузьменко А.Г., д.т.н. Рудницький В.Б., д.т.н. Камбург В.Г., д.т.н. Мясищев О.А.,
д.т.н. Козлик Г.О., д.т.н. Богаєнко І.М., д.т.н. Тарасенко В.П.

Відповідальні за випуск д.т.н. Локазюк В.М., к.т.н. Савенко О.С.

Технічний редактор Горященко К.Л.

Редактор-коректор Біла Т.Н.

Адреса редакції :

Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11, Технологічний університет Поділля,
редакція журналу "Вісник Технологічного університету Поділля"

☎ (03822) 2-51-08

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №2362 від 27 грудня 1996 року

© Технологічний університет Поділля, 2002
© Редакція журналу "Вісник Технологічного
університету Поділля", 2002

208 с.

3. Потапов Л.А., Зотин В.Ф. Испытания микроэлектродвигателей в переходных режимах. – М : Энергоатомиздат, 1986 – 104 с.

4. Ключев В.И. Теория электропривода : Учебник для вузов. - М : Энергоатомиздат, 1985 – 560 с.

Надійшла 22.2.2002 р.

УДК 621.317

М.А. ФЛИНЮК, Д.В. ГАВРІЛОВ, С.А. ЛЩЕНКО

Вінницький державний технічний університет

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОТЕНЦІЙНО-НЕСТІЙКИХ БАГАТОПОЛЮСНИКІВ

Більшість відомих способів вимірювання комплексних опорів базуються на одночасному визначенні як активної так і реактивної його складових. При цьому, на точність виміру активної складової комплексного опору негативно впливає, як реактивна складового комплексного опору так і паразитні реактивності вимірювальної схеми. Дані недоліки відсутні в способах вимірювання параметрів потенційно-нестійких багатополіусників, що розглядаються: спосіб вимірювання активної складової комплексного опору та спосіб вимірювання мінімально-досяжного дійсного імітансу потенційно-нестійкого чотириполіусника.

В даній роботі будуть розглядатися два способи вимірювання параметрів потенційно-нестійких багатополіусників: спосіб вимірювання активної складової комплексного опору та спосіб вимірювання мінімально-досяжного дійсного імітансу потенційно-нестійкого чотириполіусника.

Більшість відомих способів вимірювання комплексних опорів базуються на одночасному визначенні як активної, так і реактивної його складових. При цьому, на точність виміру активної складової комплексного опору негативно впливає, як реактивна складового комплексного опору, так і паразитні реактивності вимірювальної схеми. Наприклад, при використанні урівноважених мостів відбувається зменшення точності вимірів з ростом частоти в зв'язку з неконтрольованою зміною параметрів паразитних реактивних елементів моста (контактних пристроїв, сполучних провідників, індуктивності активних опорів, міжелементних ємностей), що обмежує їхнє застосування в діапазоні низьких і високих частот [1].

У діапазоні НВЧ найбільш високу точність мають вимірювання параметрів комплексних опорів шляхом вимірювання амплітуди і фази стоячої хвилі за допомогою вимірювальної лінії [2].

Однак, і в цьому способі результат вимірювання активної складової комплексного опору залежить від величини реактивної складової. Особливо це виявляється при використанні для результатів обробки первинної вимірювальної інформації діаграми Вольперта-Сміта [3]. Крім того, низька точність даного способу вимірювання також обумовлена впливом реактивності калібрувального пристрою, що повинен забезпечувати в процесі калібрування режим КЗ чи ХХ, що в принципі неможливо реалізувати, внаслідок наявності реактивності калібрувального пристрою.

Спосіб вимірювання активної складової комплексного опору

Пропонується спосіб вимірювання активної складової комплексного опору, похибка якого не залежала б від його реактивної складової.

В основу способу покладена залежність інваріантного коефіцієнта стійкості незв'язаного чотириполіусника від величини комплексних опорів, що підключаються до його входу і виходу [4]:

$$K_C = \frac{2 \operatorname{Re}(Z_{11} + Z_\Gamma) \operatorname{Re}(Z_{22} + Z_H) - \operatorname{Re}(Z_{12} Z_{21})}{|Z_{12} Z_{21}|}, \quad (1)$$

де $Z_{11}, Z_{22}, Z_{12}, Z_{21}$ – параметри матриці опорів чотириполіусника;

Z_Γ, Z_H – повні опори, що під'єднані до входу і виходу чотириполіусника, відповідно.

Аналіз (1) показує, що інваріантний коефіцієнт стійкості навантаженого чотириполіусника залежить тільки від активних складових $\operatorname{Re} Z_\Gamma$ і $\operatorname{Re} Z_H$ комплексних опорів, що підключаються до його входу і виходу і не залежить від їхніх реактивних складових.

Таким чином, якщо вважати, що комплексний опір підключений тільки до входу чотириполіусника ($Z_\Gamma = Z_X, Z_H = 0$), вираз (1) приймає вид:

$$K_{CX} = \frac{2 \operatorname{Re}(Z_{11} + Z_X) \operatorname{Re} Z_{22} - \operatorname{Re}(Z_{12} Z_{21})}{|Z_{12} Z_{21}|}. \quad (2)$$

У випадку, якщо підключити замість Z_X калібруваний комплексний опір Z_0 з відомою тільки активною складовою і довільною реактивною складовою, тоді інваріантний коефіцієнт стійкості навантаженого

чотириполосника буде дорівнювати:

$$K_{CO} = \frac{2 \operatorname{Re}(Z_{11} + Z_O) \operatorname{Re} Z_{22} - \operatorname{Re}(Z_{12} Z_{21})}{|Z_{12} Z_{21}|}. \quad (3)$$

З огляду на те, що внутрішній інваріантний коефіцієнт стійкості чотириполосника дорівнює [5]:

$$K_{C \text{ вн.}} = \frac{2 \operatorname{Re} Z_{11} \operatorname{Re} Z_{22} - \operatorname{Re}(Z_{12} Z_{21})}{|Z_{12} Z_{21}|}, \quad (4)$$

вирішуючи (2-4) відносно $\operatorname{Re} Z_X$, знаходимо:

$$\operatorname{Re} Z_X = \operatorname{Re} Z_O \frac{K_{CX} - K_{C \text{ вн.}}}{K_{CO} - K_{C \text{ вн.}}}. \quad (5)$$

Аналіз (5) показує, що для знаходження активної складової комплексного опору досить знати значення інваріантного коефіцієнта стійкості чотириполосника при трьох значеннях: $Z_{\Gamma 1} = Z_X$, $Z_{\Gamma 2} = Z_O$ і $Z_{\Gamma 3} = 0$, а також відомій величині $\operatorname{Re} Z_O$.

Найбільші труднощі при цьому викликає визначення інваріантного коефіцієнта стійкості. Відомо кілька способів виміру K_C . Класичним варто вважати спосіб визначення K_C за результатами виміру параметрів матриці опорів чотириполосника. При цьому необхідно визначити чотири комплексні опори чотириполосника, що не тільки має велику трудомісткість, але і неможливо здійснити в діапазоні НВЧ із високою точністю [6].

З огляду на те, що при виводі формули (5) не накладаються вимоги на величину інваріантного коефіцієнта стійкості, можливо при реалізації способу вимірювання $\operatorname{Re} Z_X$ обмежитися класом абсолютно стійких чотириполосників ($K_{C \text{ вн.}} > 1$). Це дозволяє використовувати при визначенні K_C спосіб, заснований на вимірі номінальних коефіцієнтів прямої $K_{\text{ном} 21}$ і зворотної $K_{\text{ном} 12}$ передачі чотириполосника [7]:

$$K_C = \frac{1 + K_{\text{ном} 21} K_{\text{ном} 12}}{2 \sqrt{K_{\text{ном} 21} K_{\text{ном} 12}}}, \quad (6)$$

де:

$$K_{\text{ном} 21} = \frac{P_{\text{вих.н}}}{P_{\Gamma.н}}; \quad K_{\text{ном} 12} = \frac{P_{\text{вх.н}}}{P_{\Gamma.н}}; \quad (7)$$

$P_{\Gamma.н}$ – потужність генератора, що віддається в узгоджуюче навантаження; $P_{\text{вих.н}}$ – потужність електромагнітних коливань, що виділяється в дійсній складовій опорі навантаження, що під'єднаний до входу чотириполосника, при подачі сигналу генератора на вхід чотириполосника; $P_{\text{вх.н}}$ – потужність електромагнітних коливань, що виділяється в дійсній складовій опорі навантаження, що під'єднаний до входу чотириполосника, при подачі сигналу генератора на вихід чотириполосника.

Підставляючи (7) у (6), знаходимо:

$$K_C = \frac{P_{\Gamma.н}^2 + K_{\text{вх.н1}} K_{\text{вих.н}}}{2 P_{\Gamma.н} \sqrt{P_{\text{вх.н}} P_{\text{вих.н}}}}. \quad (8)$$

З (8) випливає, що при постійній потужності генератора сигналу $P_{\Gamma.н} = \text{const}$, вимірювання K_C зводяться до виміру значень потужності сигналу, що виділяється в дійсному опорі навантаження, при прямій і зворотній передачі сигналу чотириполосником. При цьому основна погрішність виміру K_C буде визначатися погрішністю виміру потужності сигналу, що пройшов через чотириполосник у прямому і зворотному напрямку.

Реалізація вище описаного способу здійснена з використанням вимірювальної установки, структурна схема якої показана на рис. 1 [8].

Вона містить генератор електромагнітних коливань Γ , вихід якого через перший узгоджуючий трансформатор, з'єднаний із входом першого комутатора $K1$. Один з виходів цього комутатора з'єднаний з виходом невзаємного чотириполосника $НЧ$ і першим входом другого комутатора $K2$. Вихід комутатора $K2$ через другий узгоджуючий трансформатор, $Tr2$ з'єднаний із входом вимірювача потужності $ВП$. Другий вихід комутатора $K1$ з'єднаний із другим входом комутатора $K2$ і з входом третього комутатора $K3$. Вихід комутатора $K3$ може бути з'єднаний через вимірюване Z_X і каліброване Z_O комплексні опори безпосередньо з входом вимірюваного чотириполосника.

На першому етапі за допомогою комутаторів $K1$ - $K3$ електромагнітні коливання подають послідовно через комплексні опори Z_X і Z_O або безпосередньо на вхід невзаємного чотириполосника і вимірюють значення потужності електромагнітних коливань P_{1X} , P_{1O} і P_1 , що надходять у вимірювач потужності з виходу невзаємного чотириполосника в режимі узгодження, що забезпечується узгоджуючими трансформаторами $Tr1$ і $Tr2$.

На другому етапі за допомогою комутаторів $K1$ - $K3$ електромагнітні коливання подаються послідовно

на вихід невзаємного чотириполюсника і вимірюються значення потужності електромагнітних коливань P_{2X} , P_{2O} і P_2 , що надходять у вимірювач потужності з входу невзаємного чотириполюсника послідовно через комплексні опори Z_X і Z_O або безпосередньо в режимі узгодження, що забезпечується узгоджувачами трансформаторами.

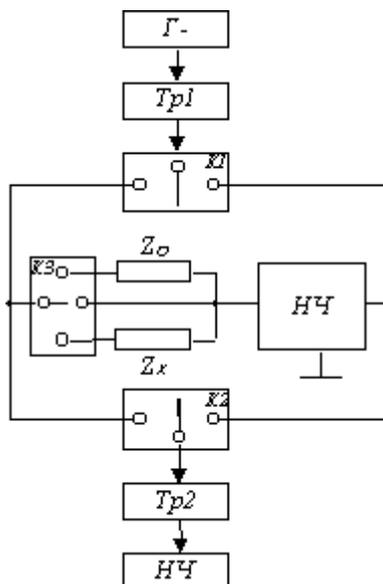


Рис.1. Структурна схема установки для вимірювання активної складової комплексного опору

Після чого визначаються інваріантні коефіцієнти стійкості навантаженого невзаємного чотириполюсника, відповідно до (8) будуть дорівнювати:

$$K_{CX} = \frac{P_{\Gamma.n}^2 + P_{1X}P_{2X}}{2P_{\Gamma.n}\sqrt{P_{1X}P_{2X}}}; \quad (9)$$

$$K_{CO} = \frac{P_{\Gamma.n}^2 + P_{1O}P_{2O}}{2P_{\Gamma.n}\sqrt{P_{1O}P_{2O}}}; \quad (10)$$

$$K_{C.вн} = \frac{P_{\Gamma.n}^2 + P_1P_2}{2P_{\Gamma.n}\sqrt{P_1P_2}}. \quad (11)$$

Підставляючи (8-11) у (5), знаходимо активну складову вимірюваного комплексного опору.

З огляду на те, що у формулі (5) у чисельнику і знаменнику знаходяться різниці величин K_y , методична погрішність способу визначається в основному погрішністю завдання $\text{Re}Z_0$ і не залежить як від реактивностей Z_X і Z_O , так і від реактивностей контактотримачів і сполучних дротів. При реалізації способу можливе використання пасивного невзаємного чотириполюсника, що дозволяє уникнути погрішності від нестабільності джерела живлення, що спостерігається, наприклад, при використанні у вимірювальних схемах операційного підсилювача [9], і дає можливість здійснювати вимір активних негативних опорів, внаслідок великого запасу стійкості невзаємного чотириполюсника.

Експериментальна установка реалізована з використанням кварцового генератора ГЧ-144, використовувалися узгоджувачі трансформатори типу Э1-46, як невзаємний чотириполюсник застосовувався феритовий вентиль типу Э6-29, вимірювання потужності електромагнітних коливань здійснювалося за допомогою термисторного мосту типу М4-1. Оцінка погрішності способу, зроблена в діапазоні частот $(0,1 \div 1)$ ГГц при вимірі опорів типу CR0402 і CR0603 з діапазоном значень 10-120 Ом не перевищувала 5%, при вмиканні додаткової індуктивності від 3 до 50 нГн.

Спосіб вимірювання мінімально-досяжного дійсного імітансу потенційно-нестійкого чотириполюсника

Потенціальна нестійкість чотириполюсника є від'ємним фактором при розробці більшості електронних схем. Однак, є цілий клас електронних схем (активних НВЧ фільтрів, резонансних підсилювачів, транзисторних управляючих елементів), які використовують такі чотириполюсники. При їх розрахунку найважливішим параметром є величина мінімально-досяжного дійсного імітансу, яку можливо реалізувати на його клеммах. Вона може бути визначена згідно результатів вимірювання імітансних W-параметрів чотириполюсника [10]:

$$\operatorname{Re} W_{\text{вих. min}} = \operatorname{Re} W_{22} \frac{|W_{12}W_{21}| + \operatorname{Re}(W_{12}W_{21})}{2 \operatorname{Re} W_{11}}, \quad (12)$$

де $W_{11}, W_{22}, W_{12}, W_{21}$ - імітансні W -параметри, де під W -параметрами розуміється будь-яка з чотирьох систем u -, z -, h -, g - параметрів.

Недоліком такого способу є його низька точність, яка пов'язана з великою похибкою вимірювання W -параметрів чотириполосника у діапазоні НВЧ [11]. На низьких частотах при вимірюванні W -параметрів таких чотириполосників також виникають великі похибки, які пов'язані з неконтрольованим самозбудженням вимірювальної установки, внаслідок потенціальної нестійкості чотириполосника, який вимірюється. У зв'язку з цим виникла задача розробки нового способу вимірювання $\operatorname{Re} W_{\text{вих. min}}$, який забезпечував би підвищення точності та поширення частотного діапазону вимірювань.

Відомо [12], що чисельно запас стійкості чотириполосника можливо оцінити його внутрішнім інваріантним коефіцієнтом стійкості

$$K_{C.B} = \frac{\operatorname{Re} W_{11} \operatorname{Re} W_{22} - \operatorname{Re}(W_{12}W_{21})}{|W_{12}W_{21}|}. \quad (13)$$

У випадку, коли $K_{C.B} < 1$, чотириполосник є потенційно-нестійким і на його вхідних чи вихідних клеммах при визначених імітансах навантаження W_H чи генератора W_G , відповідно, може бути реалізований від'ємний опір (провідність). Розв'язуючи систему (12) і (13), знаходимо величину цього імітансу:

$$\operatorname{Re} W_{\text{вих. min}} = \frac{|W_{12}W_{21}|}{2 \operatorname{Re} W_{11}} (K_{C.B} - 1). \quad (14)$$

У випадку, якщо на виході чотириполосника $W_H = 0$, а на вході послідовно вмикаються імітанси W_1 та W_2 , інваріантний коефіцієнт стійкості такого навантаженого чотириполосника буде дорівнювати [10]:

$$K_{C1} = \frac{\operatorname{Re}(W_{11} + W_1) \operatorname{Re} W_{22} - \operatorname{Re}(W_{12}W_{21})}{|W_{12}W_{21}|}; \quad (15)$$

$$K_{C2} = \frac{\operatorname{Re}(W_{11} + W_2) \operatorname{Re} W_{22} - \operatorname{Re}(W_{12}W_{21})}{|W_{12}W_{21}|}. \quad (16)$$

Вибираючи достатньо великі значення $\operatorname{Re} W_1$ і $\operatorname{Re} W_2$, завжди можна забезпечити потенційну стійкість чотириполосника, тобто $K_{C1} > 1$ і $K_{C2} > 1$.

Вирішуючи (13, 15, 16), знаходимо:

$$K_{C.B} = \frac{K_{C2} \operatorname{Re} W_1 - K_{C1} \operatorname{Re} W_2}{\operatorname{Re}(W_1 - W_2)}; \quad (17)$$

$$\frac{|W_{12}W_{21}|}{2 \operatorname{Re} W_{11}} = \frac{\operatorname{Re}(W_1 - W_2)}{K_{C1} - K_{C2}}. \quad (18)$$

Підставляючи (17) та (18) в (14), отримаємо:

$$\operatorname{Re} W_{\text{вих. min}} = \frac{\operatorname{Re} W_2 (K_{C1} - 1) - \operatorname{Re} W_1 (K_{C2} - 1)}{K_{C1} - K_{C2}}. \quad (19)$$

Таким чином із (19) слідує, що для знаходження $\operatorname{Re} W_{\text{вих. min}}$, при відомих $\operatorname{Re} W_1$ і $\operatorname{Re} W_2$, достатньо виміряти інваріантні коефіцієнти стійкості K_{C1} і K_{C2} абсолютно стійкого навантаженого чотириполосника, що дозволяє запобігти похибці вимірювань за рахунок неконтрольованого самозбудження вимірювальної установки.

Значення K_{C1} і K_{C2} можна визначити за результатами вимірювання потужності сигналу, що пройшов через навантажений чотириполосник у прямому і зворотному напрямках, при його двосторонньому узгодженні. Дійсно, при подачі електромагнітних коливань на вхід чотириполосника з ввімкненим на його вході імітансом W_1 , коли вхідний імітанс навантаженого чотириполосника узгоджений з імітансом генератора, потужність сигналу на його виході, що поступає в узгоджене навантаження, буде дорівнювати [10]:

$$P_{11} = P_G K_{\text{ном. 1}}, \quad (20)$$

де P_G - потужність генератора;

$K_{\text{ном. 1}}$ - номінальний коефіцієнт прямої передачі навантаженого чотириполосника по потужності.

При подачі електромагнітних коливань генератора на вихід чотириполосника з ввімкненим на його вході імітансом W_1 в режимі узгодження, потужність сигналу на його вході буде дорівнювати:

$$P_{12} = P_G K_{\text{ном. 2}}, \quad (21)$$

де $K_{\text{ном. 2}}$ - номінальний коефіцієнт зворотної передачі по потужності навантаженого

чотириполосника.

Аналогічне співвідношення отримаємо для режиму узгодження у випадку ввімкнення на вході чотириполосника другого імітансу W_2 :

$$P_{21} = P_{\Gamma} K_{ном.10}; \quad (22)$$

$$P_{22} = P_{\Gamma} K_{ном.20}. \quad (23)$$

Відомий однозначний зв'язок між номінальними коефіцієнтами передачі по потужності потенційно-стійких чотириполосників та їх інваріантними коефіцієнтами стійкості [13]:

$$K_{ном.1} = \left| \frac{W_{21}}{W_{12}} \right| \left(K_{C1} - \sqrt{K_{C1}^2 - 1} \right); \quad (24)$$

$$K_{ном.2} = \left| \frac{W_{12}}{W_{21}} \right| \left(K_{C1} - \sqrt{K_{C1}^2 - 1} \right); \quad (25)$$

$$K_{ном.10} = \left| \frac{W_{21}}{W_{12}} \right| \left(K_{C2} - \sqrt{K_{C2}^2 - 1} \right); \quad (26)$$

$$K_{ном.20} = \left| \frac{W_{12}}{W_{21}} \right| \left(K_{C2} - \sqrt{K_{C2}^2 - 1} \right). \quad (27)$$

Вирішуючи (24-27) відносно K_{C1} і K_{C2} , з урахуванням (20-23), знаходимо:

$$K_{C1} = \frac{P_{\Gamma}^2 + P_{11}P_{12}}{2P_{\Gamma}\sqrt{P_{11}P_{12}}}; \quad (28)$$

$$K_{C2} = \frac{P_{\Gamma}^2 + P_{21}P_{22}}{2P_{\Gamma}\sqrt{P_{21}P_{22}}}. \quad (29)$$

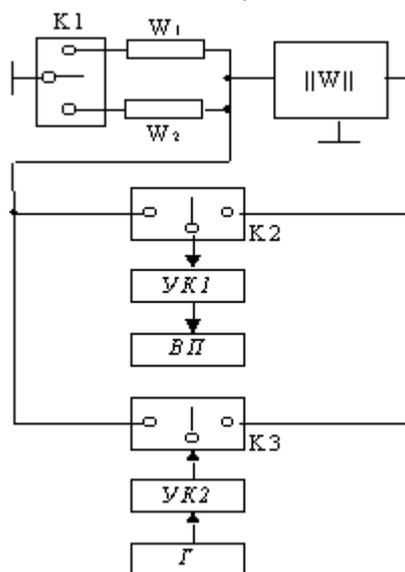


Рис. 2. Структурна схема установки для вимірювання мінімально-досяжного дійсного імітансу потенційно-нестійкого чотириполосника

Таким чином, як слідує із виразів (19, 28 та 29), для визначення $ReW_{вих.мін}$ при відомих ReW_1 , ReW_2 та постійній потужності генератора, достатньо провести вимірювання потужності сигналу, який пройшов через навантажений чотириполосник у прямому та зворотному напрямках. При цьому методична похибка вимірювання $ReW_{вих.мін}$ визначається похибкою завдання значень дійсної складової імітансів W_1 і W_2 , стабільністю потужності генератора P_{Γ} та похибкою вимірювання потужності електромагнітних коливань (P_{11} , P_{12} , P_{21} , P_{22}), які пройшли через навантажений чотириполосник. Наприклад, при використанні генератора сигналів ГЧ-144, транзисторного моста типу МЗ-11 та зразкових опорів типу CR0402 у діапазоні частот 1-3ГГц, методична похибка, яка розрахована по методиці [14], не перевищує 8%. Враховуючи, що у виразі (19) в чисельнику та знаменнику знаходяться різності величин, які залежать від потужності вимірювальних електромагнітних коливань, методична похибка визначається в основному похибкою завдання ReW_1 і ReW_2 .

Крім того пониження похибки вимірювань досягається за рахунок того, що результат вимірювань не залежить від реактивних складових імітансів W_1 та W_2 , що дозволяє запобігти впливу паразитних індуктивностей резисторів та контактодержачів.

Для здійснення вимірювань $ReW_{вих.min}$ використана установка, структурна схема якої представлена на рис. 2.

На схемі: $\|W\|$ - потенційно-нестійкий чотириполюсник; К1 - К3 - комутатори; УК1 та УК2 - узгоджуючі кола; Г - вимірювальний генератор; ВП - вимірювач потужності.

Для забезпечення режиму узгодження використовувались узгоджуючі трансформатори типу Э1-46.

Були проведені вимірювання мінімально-досягнутої дійсної вихідної провідності біполярного транзистора, який включений по схемі з загальним колектором та базою, і польового транзистора, який включений по схемі з загальним стоком і затвором, які у широкому діапазоні частот володіють потенційною нестійкістю та використовуються для отримання від'ємної диференціальної провідності.

За результатами досліджень у всіх схем включення транзистора є оптимальна частота f_{opt} на якій спостерігається екстремальне значення $ReY_{вих.min}$. Ця частота значно більша у транзисторів, які включені по схемі з загальним затвором ($f_{opt}^{(3)} = 9,5$ ГГц) та базою ($f_{opt}^{(6)} = 2$ ГГц), ніж у транзисторів, які включені по схемі з загальним стоком ($f_{opt}^{(c)} = 1,2$ ГГц) та загальним колектором ($f_{opt}^{(k)} = 0,4$ ГГц). На цих частотах польові транзистори мають у декілька разів більші значення від'ємної дійсної провідності, ніж біполярний транзистор. Смуга частот, у якій транзистор володіє від'ємною дійсною провідністю у польових транзисторів також більше, ніж у біполярних транзисторів.

Висновки

По відношенню до способу вимірювання активної складової комплексного опору слід зазначити, що з урахуванням інваріантності виразів (1), (4), (6) до термінів опору і провідності, розглянутий спосіб може бути використаний і для виміру активної складової комплексної провідності шляхом заміни у виразі (5) позначень комплексних опорів на комплексні провідності, а у вимірювальній установці - калібровану і вимірювану провідність необхідно включати паралельно входу чотириполюсника.

Розглядаючи другий спосіб - вимірювання мінімально-досяжного дійсного імітансу потенційно-нестійкого чотириполюсника робимо наступні висновки:

1. Мінімально-досяжний дійсний імітанс потенційно-нестійкого чотириполюсника характеризує його потенційні можливості при синтезі від'ємних опорів та провідностей.

2. Запропонована методика вимірювання мінімально-досяжного дійсного імітансу потенційно-нестійких чотириполюсників базується на вимірюванні величини потужності сигналу, який проходить через навантажений чотириполюсник в прямому та зворотному напрямленні при його двосторонньому узгодженні.

3. Експериментальні дослідження польового та біполярного транзисторів при включенні їх по схемі з загальним затвором (базою) та стоком (колектором) показали наявність оптимальних частот, де $ReY_{вих.min}$ має екстремальне значення. Ці частоти більші у схем з загальним затвором та загальною базою.

Обидва способи можна використовувати як засіб для вимірювання параметрів потенційно-нестійких чотириполюсників в залежності від того які чотириполюсники досліджуються, які вимоги до точності вимірювань, в яких умовах працюють пристрої, що досліджуються, а також в яких діапазонах працюють прилади і в яких межах повинні бути отримані результати.

Література

1. Добров Е.Е. и др. Раздельное преобразование комплексных сопротивлений.- Львов: Изд-во при Львовском государственном университете, 1985.
2. Фрадкин А.З., Рыжов Е.В. Измерение параметров антенно-фидерных устройств. - М.: Связь, 1972.
3. Смит Ф. Круговые диаграммы в радиоэлектронике. -М.: Связь, 1976. - 142 с.
4. Богачев В.М., Никифоров В.В. Транзисторные усилители мощности. - М.: Энергия, 1978. - 394 с.
5. Rollett J.M. Stability and power gain invariants of linear two-ports. - "IRE Trans." 1962< V. Ст. 9, N1, P.29-32.
6. Транзисторы. Параметры, методы измерений и испытаний. Под ред. И.Г. Бергельсона, Н.Ф. Николаевского. - М.: Сов. радио, 1968. - 504 с.
7. Шварц Н.З. К определению инвариантного коэффициента устойчивости СВЧ-транзисторов. - К кн. Полупроводниковые приборы и их применение./ Под ред А.А. Васнюкова и Я.А. Федотова. - М.: Сов. радио.- 1976.- вып 1.- С. 302-310.
8. А.с. СССР № 1644048. Способ измерения активной составляющей комплексного сопротивления / Н.А. Филинук, 1988, Б.И. № 15, С. 167-168.
9. Кукуш. Электрорадиоизмерения. - М.: Радио и связь, 1985.
10. Богачев В.М., Никифоров В.В. Транзисторные усилители мощности. - М.: Энергия, 1978. - 344 с.
11. Транзисторы. Параметры, методы измерений и испытаний / Под ред. И.Г.Бергельсона,

Ю.А.Каменецкого, И.Ф.Николаевского.- М.: Сов.радио, 1968. - 504 с.

12. Куликовский А.А. Устойчивость активных линейризованных цепей с усилительными приборами новых типов. - М.: Госэнергоиздат, 1962. - 192 с.

13. Филинок Н.А. Активные СВЧ фильтры на транзисторах. - М.: Радио и связь, 1987. - 112 с.

14. Бондаренко И.К., Дейнега Г.А., Маграчев З.В. Автоматизация измерений параметров СВЧ трактов.- М.: Сов.радио, 1969. - 304 с.

Надійшла 18.2.2002 р.

УДК 612.16:616-073.524

С.М. ЗЛЕПКО, М.П. ГРЕБЕНЮК
Вінницький державний технічний університет

ПРО ОДИН ПІДХІД ДО ПРОЕКТУВАННЯ НЕІНВАЗИВНИХ ПУЛЬСОКСИМЕТРІВ

Запропоновано новий підхід до проектування пульсових оксиметрів з використанням датчиків, які працюють «на провіт» і на «відбивання». Розроблено принципово нові конструкції датчиків та алгоритм обробки сигналів, що враховує використання відповідної елементної бази.

За останні роки інтенсивно розвивається й знаходить широке застосування неінвазивний метод вимірювання сатурації крові киснем, що отримав назву пульсоксиметрія.

Основним приладом для неінвазивного неперервного визначення насичення гемоглобіну артеріальної крові киснем (SaO_2) і частоти серцевих скорочень (ЧСС) є пульсовий оксиметр (ПО).

Цей прилад необхідний при тих процедурах, де виникають труднощі з постачанням кисню O_2 : при будь-якому виді оперативних втручань, у вагітних, у хворих з дихальною і циркуляторною недостатністю, при отоларінгологічних процедурах [1].

Робота пульсового оксиметра основана на законі Ламберта-Бера, що визначає інтенсивність світла, яке пройшло через об'єкт, як функцію початкової інтенсивності світла, товщини об'єкту, концентраційного й абсорбційного коефіцієнтів ділянок досліджуваної живої тканини і визначає процес вимірювання сатурації як реєстрацію амплітуди сигналів різних довжин хвиль [2, 3].

Розглянемо процес вимірювання сатурації артеріальної крові киснем, зокрема, спектрофотометричний двохвильовий метод. Сатурація артеріальної крові визначається з виразу:

$$SpO_2 = HbO_2 / THb, \quad (1)$$

де HbO_2 - концентрація оксигемоглобіну;
 THb - загальний вміст гемоглобіну.

Насичення артеріальної крові, що визначається виразом (1), отримало назву фракційного насичення крові киснем [4, 5].

Відомо, що до складу THb , окрім HbO_2 і HbR (відповідно окисленого і відновленого гемоглобіну), входять також такі компоненти, як $CoHb$ (карбоксигемоглобін) і $MetHb$ (метгемоглобін). На рис.1 показано спектри поглинання різних компонентів гемоглобіну [4].

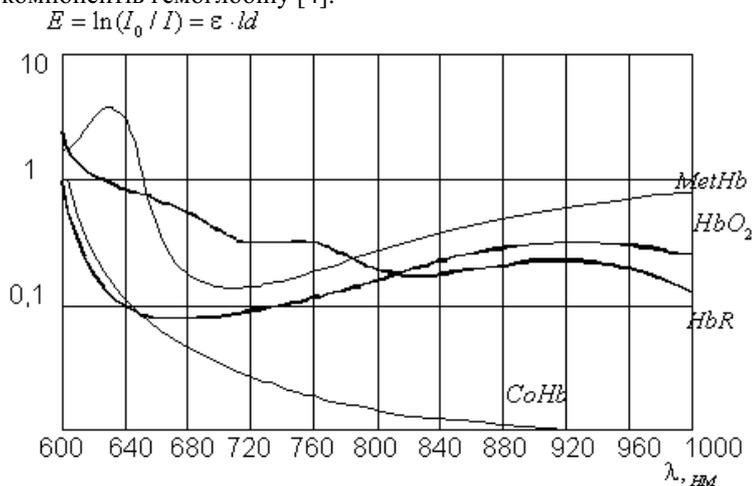


Рис.1. Спектри поглинання різних компонент гемоглобіну