

Науковий журнал

2.2004

ВІСНИК

**Технологічного
університету Поділля**

(Хмельницький державний університет)

Частина 1, Том 1

Технічні науки

Хмельницький 2004

ВІСНИК

Технологічного

університету

Поділля

Засновано в липні 1997р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2004, №2 Ч.1, Т.1 (60)

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

Головний редактор	Скиба М.Є. , заслужений працівник народної освіти України, академік УТА, професор, ректор Технологічного університету Поділля
Голова редакційної колегії	Сілін Р.І. , заслужений працівник народної освіти України, академік МАІ, академік АІН України, академік УТА, д.т.н., професор
Заступник головного редактора	Каплун В.Г. , академік УТА, д.т.н., професор
Відповідальний секретар	Гуляєва В.О. , завідувач патентно-інформаційним відділом, Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

Технічні науки

д.т.н. Кіницький Я.Т., к.т.н. Баннова І.М., д.т.н. Гладкий Я.М., к.т.н. Домбровський А.Б.,
к.т.н. Драпак Г.М., д.т.н. Калда Г.С., д.т.н. Камбург В.Г., д.т.н. Ковтун В.В.,
д.т.н. Костогрив С.Г., д.т.н. Кузьменко А.Г., д.т.н. Локазюк В.М., д.т.н. Мазур М.П.,
к.т.н. Мандзюк І.А., д.т.н. Мичко А.А., д.т.н. Мясичев О.А., д.т.н. Параска Г.Б., д.т.н. Ройзман В.П.,
д.т.н. Рудницький В.Б., д.т.н. Семенюк М.Ф., к.т.н. Славинська А.Л., д.т.н. Стечишин М.С.,
к.т.н. Троцишин І.В., д.т.н. Шевеля В.В.

Відповідальний за випуск д.т.н. Локазюк В.М.

Технічний редактор Горященко К.Л.

Редактор-коректор Броженко В.О.

Адреса редакції :

Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11, Хмельницький державний університет,
редакція журналу “Вісник Технологічного університету Поділля”

☎ (03822) 2-51-08

e-mail: patent_1@beta.tup.km.ua

web: http://www.tup.km.ua:8081/visnyk_tup.htm

<http://visniktup.narod.ru>

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

2. Запропоновано установку для перевірки тахометрів як у статичному, так і в динамічному режимах.
3. Визначено доцільність використання лінійної форми сигналу. Похибка відтворення зразкового сигналу при цьому значно менша за похибку при використанні експоненціального сигналу.
4. На основі проведеного моделювання отримано, що похибка відтворення зразкового сигналу не перевищує 0,3 % в динамічному режимі та 0,02 % в статичному режимі.

Література

1. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: Навч. посібник / Володарський Є.Т., Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Кухарчук В.В.– Вінниця: Велес, 2001.– 219 с.
2. ГОСТ 2.285 - 87 "Тахометры. Методы и средства поверки". - М.: Изд-во стандартов, 1978.
3. Установка тахометрическая УТ05-60. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Хд2.780.000 ТО, 1980
4. Лассан В.Л. Установка ОТХ2-60 и ТХ1-60 для поверки тахометров в диапазоне скоростей от 5 до 60000 об/мин. // Новые измерительные приборы.– М.: Стандартгиз, 1962.– Вып. 10.
5. Домрачев В.Г. Схемотехника цифровых преобразователей перемещений: Справ. пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 392 с.

Надійшла 14.3.2004 р.

УДК 621.382

Н.А. ФИЛИНЮК, Д.В. ГАВРИЛОВ, А.В. ТЕМЧЕНКО, А.М. КУЗЕМКО
Винницкий национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНО-ДОСТИЖИМОГО КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ НА БАЗЕ ДВУХЗАТВОРНОГО ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА ШОТТКИ

Аналізуються можливі схеми включення чотириполосника двозатворного польового транзистора Шоттки, обґрунтовано математичну модель цих чотириполосників і приводяться результати чисельних і натурних експериментів частотних залежностей максимально-досяжного коефіцієнта підсилення транзистора на границі стійкості в різних схемах включення.

Двухзатворный полевой транзистор Шоттки (ПТШ2) обладает широкими функциональными возможностями, связанными с реализацией на одном кристалле двух однозатворных транзисторов Шоттки (ПТШ1), сток одного из которых является истоком второго транзистора (рис. 1) [1, 2].

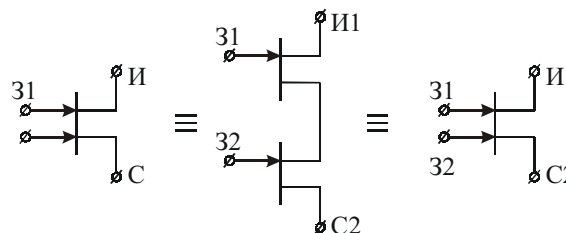


Рис. 1. Тождественное представление ПТШ2 в виде двух однозатворных ПТШ1

Это позволяет на одном кристалле реализовать два функционально самостоятельных устройства, например усилитель и ограничитель, генератор и преобразователь частоты, многокаскадный усилитель, двухконтурный активный СВЧ фильтр и т.д. Важнейшим параметром такого транзистора является максимально-достижимый коэффициент усиления на границе устойчивости K_{ms} , который входит в расчеты и определяет потенциальные параметры выше перечисленных устройств [2, 4]. Значение этого коэффициента зависит от схемы включения ПТШ2. Исходя из этого в работе анализируются возможные схемы включения ПТШ2, как четырехполосника, обосновывается математическая модель таких четырехполосников и приводятся результаты численных и натурных экспериментов частотных зависимостей K_{ms} ПТШ2 в различных схемах включения.

Так как у ПТШ2 четыре электрода, то вероятных схем различных их соединений, в виде четырехполосника, когда два электрода соединяются вместе и входной сигнал (с целью усиления) должен подаваться на затвор или исток, равно 15. С учетом этого, возможные схемы включения ПТШ2 представлены на рис.2.

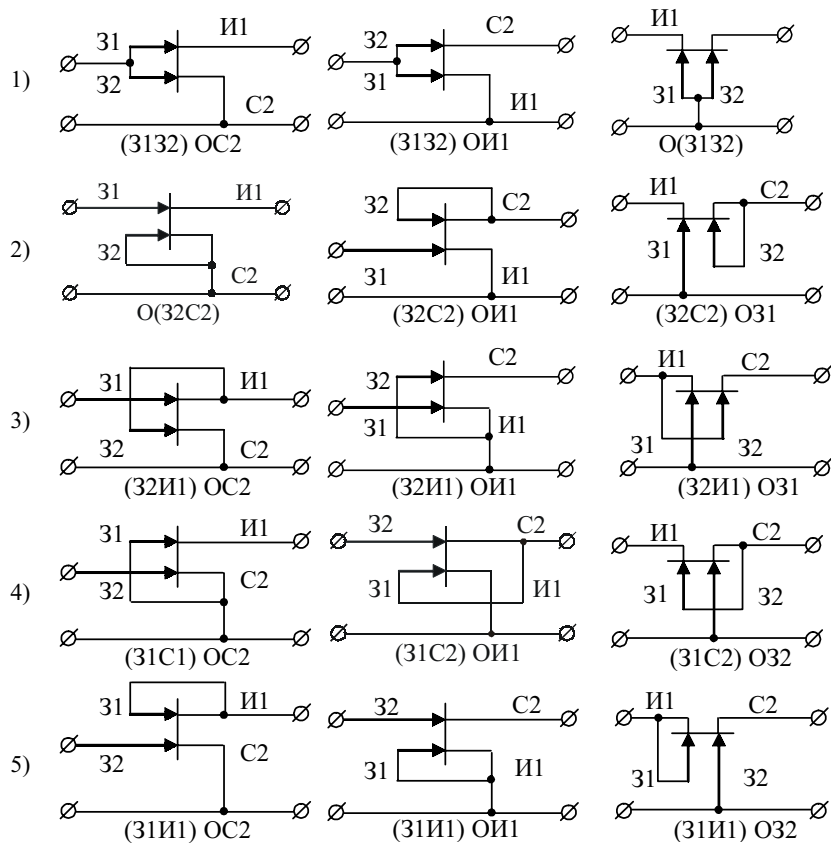


Рис. 2. Варианты включения ПТШ2, как четырехполюсника

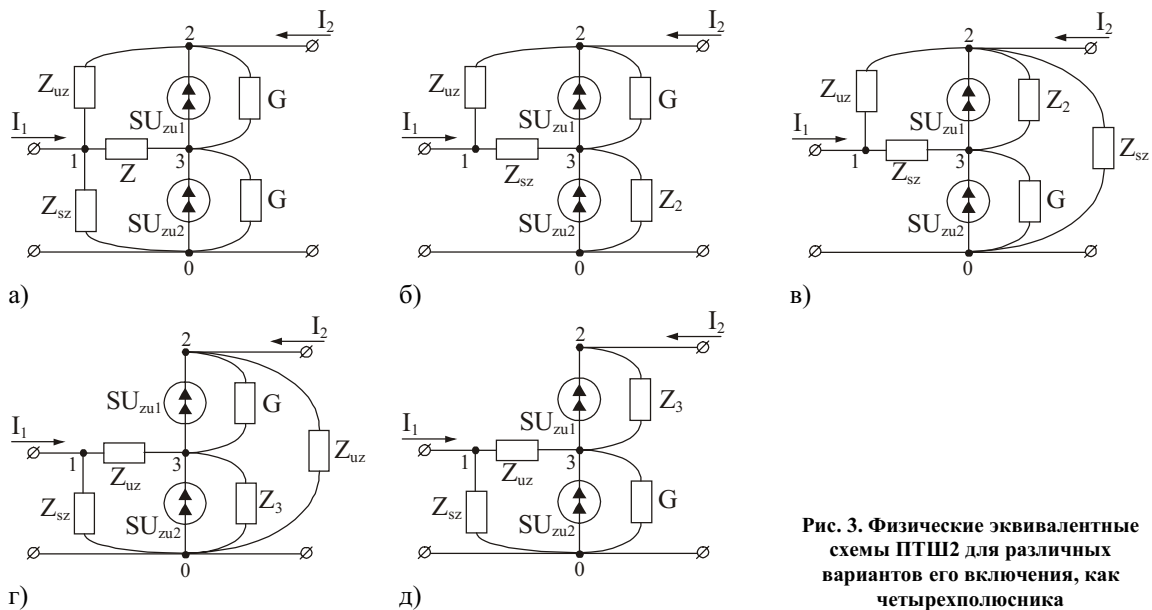


Рис. 3. Физические эквивалентные схемы ПТШ2 для различных вариантов его включения, как четырехполюсника

1. Разработка математической модели

Для расчета K_{ms} этих схем, определены математические модели их физических эквивалентных схем. Используя Т-образную физическую эквивалентную схему замещения однозатворного ПТШ1 [1] и учитывая, что его потенциальные возможности определяются активной областью кристалла, получим физические эквивалентные схемы четырехполюсников на базе ПТШ2 для пяти возможных вариантов объединения его двух электродов (рис. 3).

При построении этих схем было сделано предположение, что структура двух образующих однозатворных ПТШ1 одинаковая, а также пренебрежено влиянием на K_{ms} омического сопротивления между С1 и И2, что согласуется с ранее полученными результатами [5]. На схеме использованы следующие обозначения: $Z_{uz} = Ri + 1/j\omega C_{uz}$; $Z_{sz} = 1/j\omega C_{sz}$; $Z_1 = Z_{uz}Z_{sz} / (Z_{sz} + Z_{uz})$; $Z_2 = Z_{uz} / (1 + GZ_{uz})$; $Z_3 = Z_{sz} / (1 + GZ_{sz})$; S- комплексная

крутизна однозатворного ПТШ; G - проводимість канала; R_i - дифференциальное сопротивление между затвором и истоком; C_{sz} и C_{uz} - емкости между стоком и затвором и между истоком и затвором.

Используя метод узловых потенциалов, получены математические выражения для элементов матриц проводимостей приведенные на рис. 3, а физической эквивалентной схемы четырехполосника, образованного ПТШ2, включенного по схеме с общим стоком (ОС2), и соединенных вместе в различных комбинациях других 2-х электродов (рис. 2). Полученные результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид схемы	y_{11}	y_{12}	y_{21}	y_{22}
Рис. 3, а	$y_{12}^a + y_{13}^a + y_{10}^a - \frac{(y_{13}^a)^2}{\gamma}$	$-y_{12}^a - \frac{y_{13}^a(y_{23}^a + S)}{\gamma}$	$-y_{12}^a - S - \frac{y_{13}^a y_{23}^a}{\gamma}$	$y_{12}^a + y_{23}^a + S - \frac{y_{23}^a(y_{23}^a + S)}{\gamma}$
Рис. 3, б	$y_{12}^b + y_{13}^b - \frac{y_{13}^b(y_{13}^b - S)}{\gamma}$	$-y_{12}^b - \frac{y_{13}^b(y_{23}^b + S)}{\gamma}$	$-y_{12}^b - S - \frac{y_{23}^b(y_{13}^b - S)}{\gamma}$	$y_{12}^b + y_{23}^b + S - \frac{y_{23}^b(y_{23}^b + S)}{\gamma}$
Рис. 3, в	$y_{12}^g + y_{13}^g - \frac{y_{13}^g(y_{13}^g - S)}{\gamma}$	$-y_{12}^g - \frac{y_{13}^g(y_{23}^g + 2S)}{\gamma}$	$-y_{12}^g - S - \frac{y_{23}^g(y_{13}^g - S)}{\gamma}$	$y_{12}^g + y_{23}^g + S + y_{20}^g - \frac{y_{23}^g(y_{23}^g + 2S)}{\gamma}$
Рис. 3, г	$y_{10}^z + y_{13}^z - \frac{y_{13}^z(y_{13}^z + S)}{\gamma}$	$-\frac{y_{13}^z(y_{23}^z + S)}{\gamma}$	$-\frac{y_{23}^z(y_{13}^z + S)}{\gamma}$	$y_{20}^z + y_{23}^z + S - \frac{y_{23}^z(y_{23}^z + S)}{\gamma}$
Рис. 3, д	$y_{20}^d + y_{13}^d - \frac{y_{13}^d(y_{13}^d + S)}{\gamma}$	$-\frac{y_{13}^d y_{23}^d}{\gamma}$	$-\frac{y_{23}^d(y_{13}^d + S)}{\gamma}$	$y_{23}^d - \frac{(y_{23}^d)^2}{\gamma}$

При этом введены дополнительные обозначения проводимостей ветвей этих схем, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Рис. 3, а	$y_{12}^a = \frac{1}{Z_{uz}}; y_{13}^a = \frac{1}{Z_1}; y_{10}^a = \frac{1}{Z_{sz}}; y_{23}^a = y_{30}^a = G.$	$\gamma^a = y_{13}^a + y_{23}^a + y_{30}^a + S$
Рис. 3, б	$y_{12}^b = \frac{1}{Z_{uz}}; y_{30}^b = \frac{1}{Z_2}; y_{13}^b = \frac{1}{Z_{sz}}; y_{23}^b = G.$	$\gamma^b = y_{13}^b + y_{23}^b + y_{30}^b + S$
Рис. 3, в	$y_{12}^g = \frac{1}{Z_{uz}}; y_{23}^g = \frac{1}{Z_2}; y_{13}^g = y_{20}^g = \frac{1}{Z_{sz}}.$	$\gamma^g = y_{13}^g + y_{23}^g + y_{30}^g + S$
Рис. 3, г	$y_{12}^z = \frac{1}{Z_{uz}}; y_{23}^z = G; y_{10}^z = \frac{1}{Z_{sz}}; y_{20}^z = \frac{1}{Z_{uz}}; y_{30}^z = \frac{1}{Z_4}.$	$\gamma^z = y_{13}^z + y_{23}^z + y_{30}^z + S$
Рис. 3, д	$y_{13}^d = \frac{1}{Z_{uz}}; y_{30}^d = G; y_{10}^d = \frac{1}{Z_{sz}}; y_{23}^d = \frac{1}{Z_4}.$	$\gamma^d = y_{13}^d + y_{23}^d + y_{30}^d + S$

2. Результаты исследований

Используя приведенные в табл. 1 выражения для одной из схем включения четырехполосника, применяя свойства неопределенной матрицы, получены аналитические выражения для матриц проводимостей всех 15 схем анализируемых четырехполосников. В связи с громоздкостью этих аналитических выражений они в работе не приводятся, но использованы для численных расчетов K_{ms} четырехполосников, образованных в результате различных схем включения ПТШ2. Для повышения точности расчетов предполагалось, что ПТШ2 образован двумя однотипными ПТШ1 типа 3П321, имеющего следующие параметры физической эквивалентной схемы [5]: $S_0=5 \cdot 10^{-3}$ [А/В]; $G=1/600$ [Ом⁻¹]; $C_{uz}=0,27$ [пФ]; $R_i=15$ Ом; $C_{sz}=0,03$ пФ.

Результаты численных расчетов приведенные на рис. 4 систематизированы относительно пар объединенных электродов и при этом рассматриваются три схемы включения ПТШ2: с общим затвором (ОЗ), стоком (ОС) и истоком (ОИ). С целью уменьшения влияния паразитных реактивностей образующих транзисторов была выбрана относительно невысокая частота (до 250 МГц).

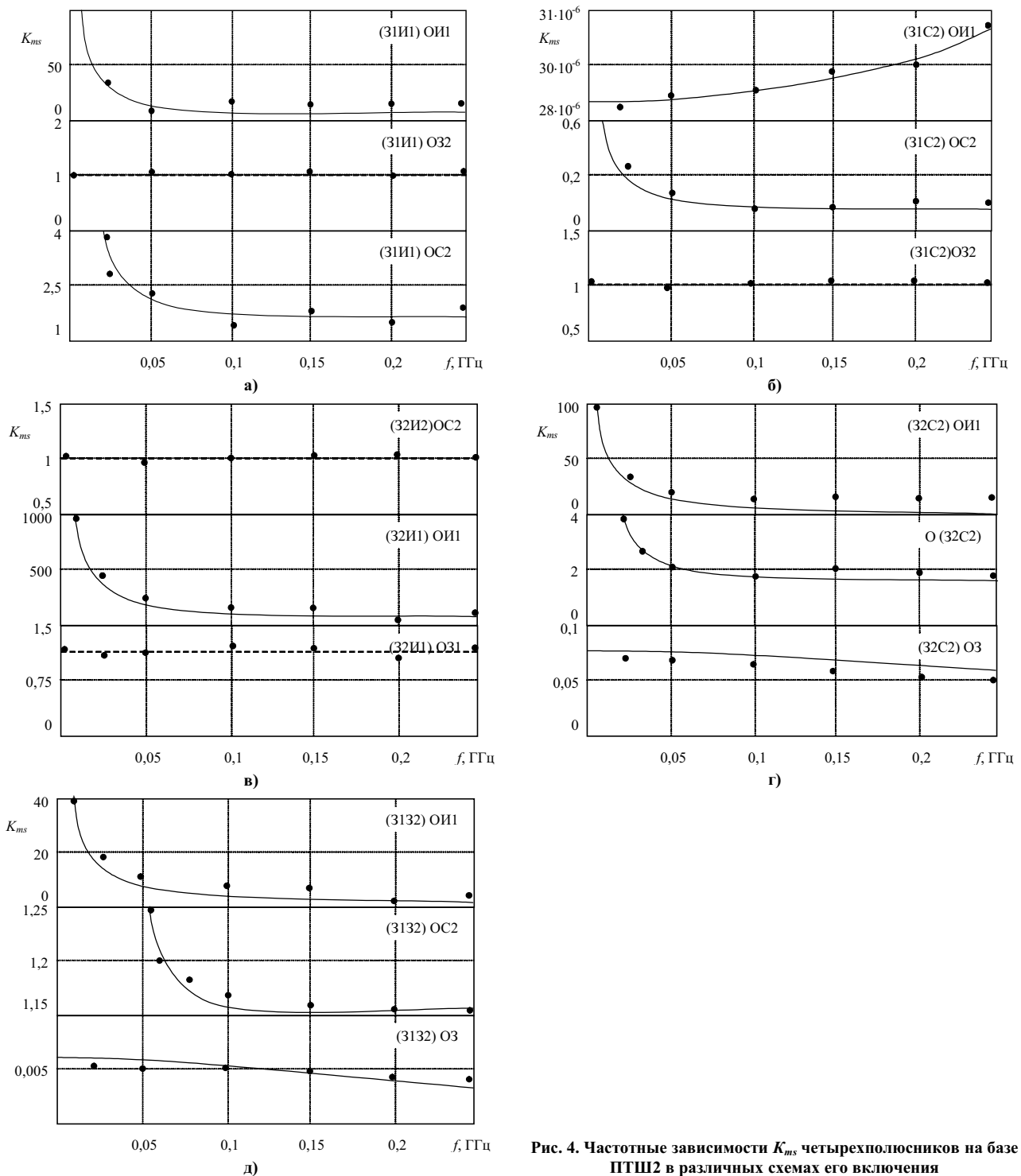


Рис. 4. Частотные зависимости K_{ms} четырехполюсников на базе ПТШ2 в различных схемах его включения

Результаты численных расчетов проверялись экспериментально. В качестве базового измерительного комплекса использовался панорамный измеритель комплексных коэффициентов передачи типа Р4-11. Результаты измерений обозначены на графиках точками и указывают на удовлетворительное совпадение результатов численных расчетов и экспериментальных исследований для дециметрового диапазона частот.

Выводы

1. Анализ полученных результатов показал, что при любой комбинации объединения двух электродов ПТШ2, в схеме с общим затвором он усилительными свойствами не обладает. Максимально-наблюдаемое значение $K_{ms} \approx 1$.

2. Наилучшими усилительными свойствами обладают включения ПТШ2 с общим истоком в пределах от нескольких десятков до нескольких тысяч единиц в низкочастотной области рассматриваемого частотного диапазона.

3. Наибольшее усиление достигается при комбинации (32 И1) ОИ1. В случае использования комбинации (31 С2) при использовании любого общего электрода - усиление отсутствовало. Вполне предсказуемым оказалось и уменьшение K_{ms} с ростом частоты, что характерно и для ПТШ1 во всех схемах его включения.

Литература

1. Валиев К.А., Пашинцев Ю.И., Петров Г.В. Применение контакта металл-полупроводник в электронике. – М.: Сов. радио, 1981. – 304 с.

2. M. Shoor. A novel, bias-dependent, small-signal model of the dual-gate MESFET. – IEEE. Trans. Microwave Theory Tech. 1994, vol. 42, pp. 212-216.

3. Филинук Н.А. Активные СВЧ фильтры на транзисторах. – М.: Радио и связь. 1987. – 368 с.

4. Шварц Н.З. Линейные транзисторные усилители СВЧ. – М.: Сов. радио, 1980. – 368 с.

5. Филинук Н.А. Определение параметров эквивалентной схемы активной области кристалла полевого транзистора // Изв. МВ и ССО СССР. Радиоэлектроника. – 1983. – Т. 26. – С. 90-92.

Надійшла 25.3.2004 р.

УДК 621.317

Ю.В. КУЦ, Л.М. ЩЕРБАК
Національний авіаційний університет, м. Київ

ВЕКТОРНИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАНЬ КУМУЛЯТИВНОГО НАБІГУ ФАЗ ГАРМОНІЧНИХ СИГНАЛІВ

Запропонована методика обробки результатів сумісних багаточастотних фазових вимірювань з метою підвищення їх точності. Розглянуто приклад використання цієї методики на базі проведення імітаційного моделювання в системі Matlab.

Вступ. Один зі способів розв'язку задачі розширення діапазону вимірювання фазових зсувів сигналів за межі інтервалу $[0, 2\pi)$ пов'язаний з виконанням векторно-фазових вимірювань, тобто вимірювань фазових зсувів на декількох частотах. В літературі він має назву багаточастотного або багатошкального способу фазових вимірювань [1-3] і застосовується, наприклад, в задачах визначення відстані D . При розповсюдженні гармонічного сигналу частотою f_m вздовж відстані D в обох напрямках маємо:

$$D = \frac{\lambda_m}{2} \frac{\Phi_m}{2\pi} = \frac{\lambda_m}{2} \left(n_m + \frac{\varphi_m}{2\pi} \right) \gg \lambda_m,$$

де λ_m - довжина хвилі в середовищі розповсюдження; Φ_m - кумулятивний фазовий зсув; φ_m - фазовий зсув в межах інтервалу $[0, 2\pi)$; ціле додатне число n_m - кількість цілих фазових циклів. Для визначення n_m формується вектор-параметричне сімейство сигналів [2, 3]:

$$U_0(t, f_j) = (u_{10}(t, f_1), \dots, u_{m0}(t, f_m)), \quad (1)$$

елементами якого є гармонічні сигнали

$$u_{j0}(t, f_j) = U_{j0} \cos(2\pi f_j t), \quad t \in T, \quad j = \overline{1, m},$$

де T - інтервал спостереження сигналів. Параметром вектора (1) є частота. Послідовність параметрів задовольняє умову $f_1 < \dots < f_j < \dots < f_m$ і певну додаткову умову, що забезпечує однозначність визначення n_m [1].

При розповсюдженні вектора $U_0(t, f_j)$, $j = \overline{1, m}$ вздовж відстані D маємо сигнал:

$$U(t, f_j) = (u_1(t, f_1), \dots, u_m(t, f_m)), \quad (2)$$