

## РОЗРОБКА КОМПЛАНАРНОГО ПІДСИЛЮВАЧА ПОТУЖНОСТІ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

**Печора М. О., Курінний О.К., Шелковніков Б.М.**  
*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»,  
 ТОВ Глобал Лоджик Україна  
 E-mail: pechora.maksym@gmail.com*

### Design of complanar power amplifier for mm-wave

The article presents the result of complanar power amplifier 240 GHz based on HEMT technology simulations by using AWR packet. The results of simulation allow technological implementation of power amplifier for mm-band system.

Актуальність даної роботи обумовлена в першу чергу високою перспективністю роботи на СВЧ: ширина цього діапазон частот в 105 разів перевищує суму всіх діапазонів, використовуваних «звичайної» радіотехнікою і електротехнікою. Освоєння космічного простору, зростаюче використання електроніки НВЧ в ряді галузей народного господарства, в ракетній і атомній техніці та медицині вимагає в майбутньому ще більш широкого застосування техніки і приладів надвисоких частот [1].

Відповідно до типових показників продуктивності підсилювачів потужності (ПП) отримані змодельовані якісні показники повинні бути наступними [2]: вихідна потужність повинна бути більшою за 20 дБм, а підсилення повинно бути більшим за 20 дБ при ефективності від 30% і коефіцієнтом стійкості більшим за 1.

В даній роботі був використований в двухтактному підсилювачі потужності польовий транзистор на НЕМТ (High Electron Mobility transistor – транзистор з високою рухливістю електронів), тому що він має надзвичайно високі характеристики в мікрохвильовому діапазоні частот [3]. Це дозволяє отримати переваги з точки зору компактності, конкурентноспроможності, продуктивності і простоти із-за інтеграції впровадження.

Також у моделі підсилювача були використані компланарні лінії замість мікрополосків, тому що ця технологія спрощує процес виготовлення, полегшує проріджування пластини, зворотну металізацію і обробку міжшарових отворів, а також сприяє підвищеній ізоляції між сусідніми лініями і низьким характеристикам дисперсії [4].

Ця стаття представляє математичну модель та результат моделювання підсилювача потужності на частоті 240 ГГц в програмному середовищі AWR. Згідно з [5] система рівнянь в частотній області буде:

$$\begin{aligned} & \frac{A_{CH}}{4} \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N I_{CH}^{mn} + \frac{A_C}{4} \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N I_C^{mn} + \frac{A_{IH}}{4} \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N I_H^{mn} + \frac{A_R}{4} \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N GA_R^t V_{CH}^{mn} = \\ & = -\frac{A_{IBB1}}{4} \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N I_{BX1}^{mn} - \frac{A_{IBB2}}{4} \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N I_{BX}^{mn} \end{aligned} \quad (1)$$

де

$$\underline{I}_{CH}^{mn} = \frac{j\omega_1}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} C_H(U_{CH}) W^{mn} \cdot \left[ \sum_r^M \sum_s^N (r + s \frac{\omega_2}{\omega_1}) \underline{U}_{CH}^{rs} W^{-r,-s} \right] \cdot d\tau_1 d\tau_2$$

$$\underline{I}_H^{mn} = \frac{1}{\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \underline{i}_H \left[ \sum_r^M \sum_s^N A_{iH}^t \underline{V}^{mn} W^{-m,-n} \right] \cdot W^{mn} d\tau_1 d\tau_2$$

Рис. 1 показує структурну схему підсилювача потужності на 240 ГГц, який був розроблений в середовищі AWR. При моделюванні використовувалися Т-розв'язки на вході і виході, це дозволяє підвищити вихідну потужність при порівнянні малих втрат в самій Т-розв'язці.

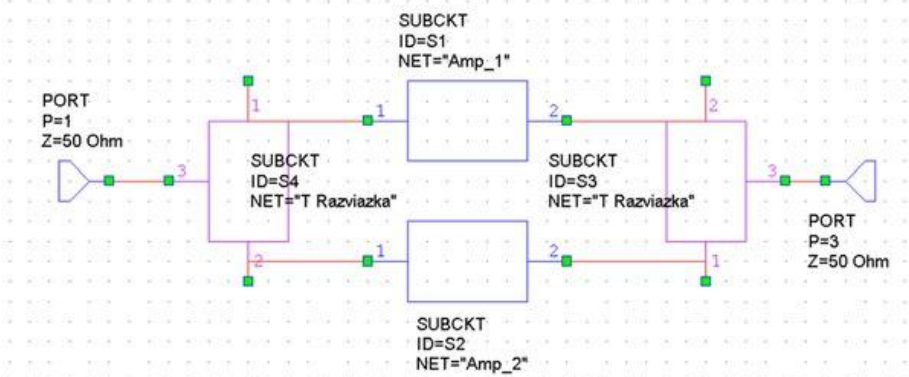


Рис. 1 Структурна схема підсилювача потужності з використанням Т-розв'язок.

Схема виконана по технології використовуватися НЕМТ з GaAs та компланарних ліній. Нелінійна симуляція підсилювача потужності буде реалізована методом гармонічного балансу в AWR. Цей приклад демонструє просту конфігурацію для запуску проекту підсилювача потужності. Установка має нелінійний пристрій, виконаний для дослідження потенційної продуктивності пристрою як підсилювача потужності. Проект налаштовано для моделювання характеристик підсилювача потужності.

На рис. 2 показана повністю принципова схема двохтактного підсилювача потужності.

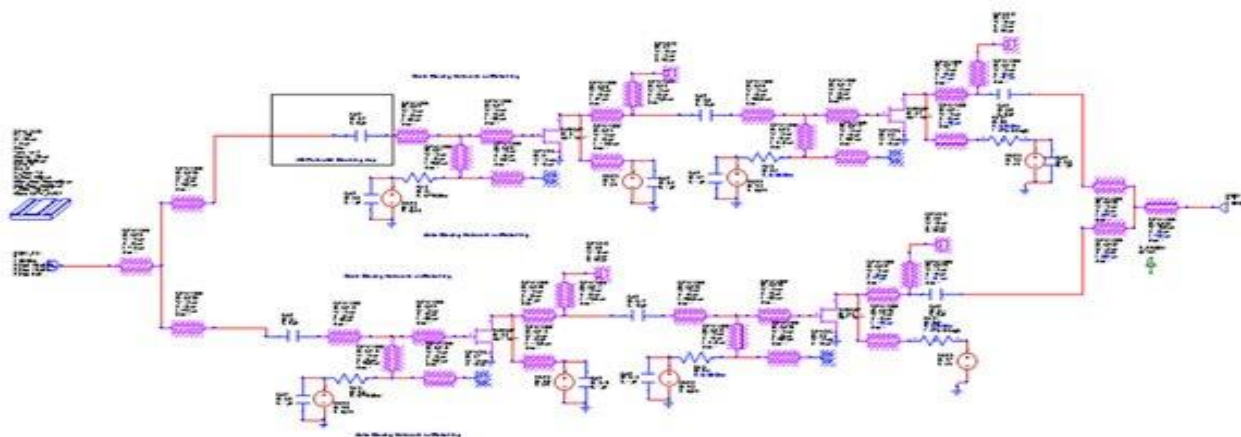


Рис. 2 Принципова схема двохтактного компланарного ПП.

Перед проведенням розрахунків були встановлені межі і крок змін напруг на електродах транзистора. Розрахунок проводився в нелінійному режимі шляхом виклику команд струм, IVCurve. Відповідна ВАХ зображена на рис. 3 разом із лінією навантаження для різної напруги зсуву.

Змодульовані S-параметри підсилювача в AWR наведено на рис. 4. Умови зміщення були  $V_{GS} = -0.1\text{В}$ ,  $V_{DS} = 2.5\text{В}$ ,  $I_{DS} = 45\text{мА}$ . Характеристики свідчать, що підсилювач має 26.91 дБ посилення в середньому і менше ніж -36 дБ вхідних втрат в діапазоні частот 230-250 ГГц.

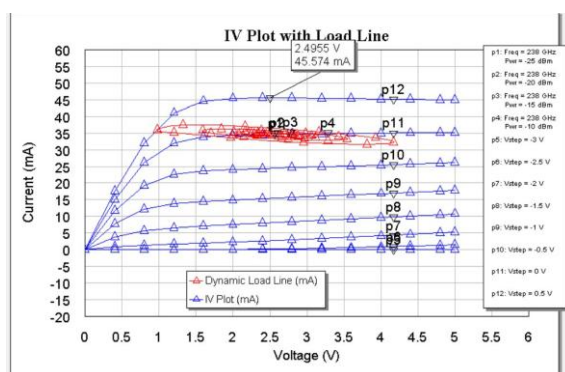


Рис.3 Сімейство вихідних статичних ВАХ польового підсилювача.

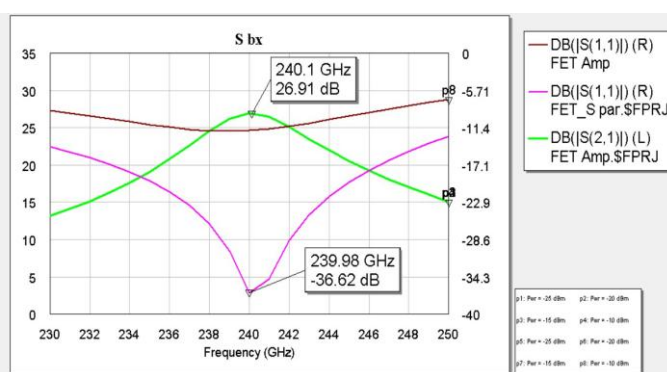


Рис. 4 Розраховані S-параметри транзистора.

Результати моделювання показують, що схема підсилювача потужності на частоті 240 ГГц з використанням НЕМТ і компланарних ліній задовольняє прийнятним вимогам, і на основі такого підсилювача можна приступити до проектування і технологічної реалізації, а також застосуванням в системах, які працюють в надвисоких частотах.

## Література

1. Wells J. New multi-gigabit wireless systems satisfy high-security rapid response applications / J. Wells // technology Securing MIL SYSTEMS, 2006. – P. 32—34.
2. Schwoerer C. Coplanar High Performance MMICs in MHEMT and PHEMT Technology for Applications up to 100 GHz / C. Schwoerer, A. Tessmann, M. Leich, A. Leuther, S. Kudszus, A. Bessemoulin, M. Schlechtweg // in Proc. of GAAS, Sept. 2002.
3. Tessmann A. 220-GHz metamorphic HEMT amplifier MMICs for high-resolution imaging applications/ A. Tessmann // IEEE J. Solid-State Circuits. – 2005, Oct. – Vol. 40, No. 10. – P. 2070-2076.
4. M. Schlechtweg et al., "Coplanar Millimeter-wave IC's for W-Band Applications Using 0.15  $\mu\text{m}$  Pseudomorphic MODFETs" IEEE Journal of Solid-state Circuits, Vol. 31, n° 10, October 1996, pp. 1426-1434.
5. R. Gilmore and M. Steer, "Nonlinear circuit analysis using the method of harmonic balance -A review of the art. Part IV Introductory concepts" Int. J. Microwave Millimeter Wave Computer Aided Engineering, vol. 1, no. 1, 1991.