

М. К. БЕЛКІН

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО НАДРЕГЕНЕРАТОРА

Вступ

Теоретичний аналіз, проведений в кількох працях [1—3], показує, що одним з найефективніших засобів розширення смуги підсилюваних частот та збільшення коефіцієнта підсилення в параметричних підсилювачах є використання надрегенеративного режиму. Проте у відомій технічній літературі є кілька невеликих повідомлень [4, 5] про реальні параметричні надрегенератори, де йдеться про деякі часткові властивості цих приладів і не розглянуто питання про їх можливості. Тому нам здається раціональним розглянути такі питання: 1) порівняння звичайних параметричних підсилювачів і параметричних надрегенераторів у відношенні підсилення, смуги, стабільності та шумових властивостей; 2) порівняння параметричних надрегенераторів у режимах суперизації на клістрон накачування і на параметричний діод; 3) виявлення можливості побудови приймача прямого підсилювання в сантиметровому діапазоні з використанням каскадного включення звичайного параметричного підсилювача та параметричного надрегенератора. Експериментальному дослідженню цих питань і присвячена дана стаття.

Експериментальна установка

На рис. 1 показана блок-схема експериментальної установки для дослідження параметричного надрегенератора. Підсилювач виконаний по типу хвилеводного хреста із загальним отвором зв'язку, в який введено параметричний діод.

Підсилювач міг працювати в режимі «на прохід» — з феритовими вентилями і «на відбиття» — з циркулятором. Для полегшення настройки підсилювача використовували режим «свіпа», що дозволяє спостерігати частотні характеристики безпосередньо на екрані осцилографа. З цією метою напругу розгортки знімали з осцилографа і використовували для модуляції клістроно сигналу. Роботу провадили на частотах порядку 3000 Мгц.

На вхід тракту можна було замість сигналу від клістрона включити шумовий сигнал від генератора шуму ГШ або регулярний сигнал від стандарт-генератора. Сигнал проходив через трансформатор імпеданцу і феритовий вентиль до параметричного під-

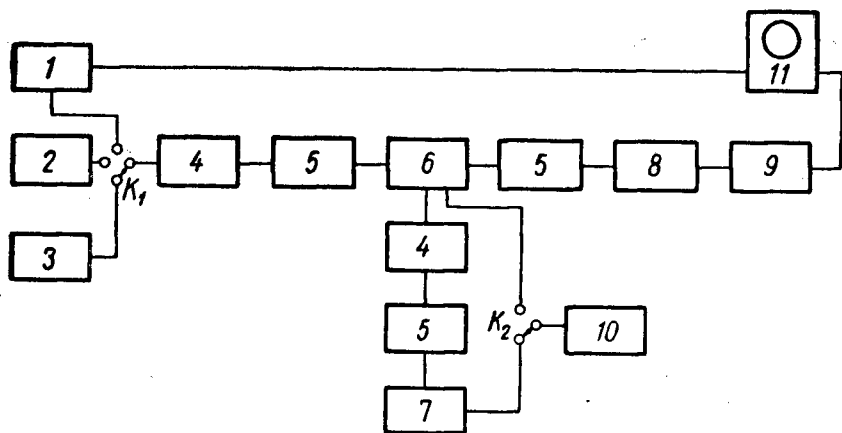


Рис. 1. Блок-схема експериментальної установки:

1 — клістрон сигналу; 2 — генератор сигналу; 3 — генератор шуму; 4 — трансформатор, 5 — феритовий вентиль; 6 — параметричний підсилювач; 7 — клістрон накачування; 8 — детектор; 9 — підсилювач, 10 — генератор суперізації.

силювача ПП, на який також подавалась енергія від джерела накачування. При модуляції потужності клістрона накачування окремим генератором суперізації з частотою $F_{суп}$ можна було одержати надрегенеративний режим.

Підсилення і смуга прийнятих частот

Результати вимірювання підсилення, смуги, добутку підсилення на відносну смугу показані на рис. 2. Порівняння цих даних з результатами вимірювань підсилювача в звичайному параметричному режимі показує, що виграш у підсиленні по потужності в параметричному надрегенераторі порівняно з параметричним підсилювачем при незмінній потужності накачування досягає 40 дБ. Виграш у смугі в надрегенераторі — від 5 до 25 разів. Таким чином, у параметричному надрегенераторі, на відміну від параметричного підсилювача, збільшення коефіцієнта підсилення і розширення смуги відбувається одночасно. Як видно з рис. 3, підсилення дуже залежить від частоти суперізації. Залежність підсилення від напруги суперізації неоднакова при різних режимах останньої.

Цікаво порівняти стабільність підсилення параметричного підсилення в звичайному і над-регенеративному режимах. Було показано, що параметричний над-регенератор має значно більшу стабільність, ніж параметричний підсилювач.

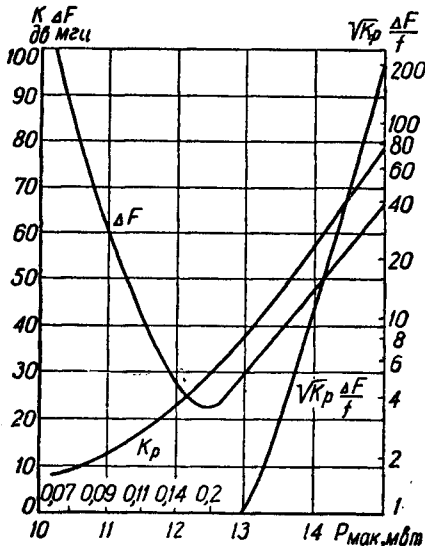


Рис. 2. Підсилення, смуга і добуток підсилення на відносну смугу для параметричного надрегенератора.

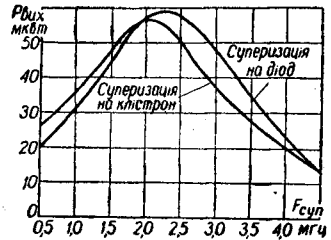


Рис. 3. Залежність підсилення в параметричному надрегенераторі від частоти суперизації.

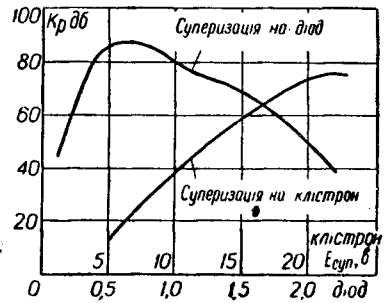


Рис. 4. Залежність підсилення в параметричному надрегенераторі від напруги суперизації.

Шумові вимірювання

Вимірювання шумів проводилися як зі схемою, показаною на рис. 1, так і за більш точною методикою — з використанням низьких температур. За цією методикою до входу приймального тракту включалися два узгоджених навантажень: одне при кімнатній температурі (290°K), а друге — занурене в рідкий азот при 78°K (рис. 5). Порівнюючи покази приладів на вихідних клеммах приймача, одержані в першому і другому випадках, можна легко обчислити коефіцієнт шуму приймача. Оскільки результати вимірювань значною мірою залежали від діода, вимірювали 10—15 діодами з опором від 3 до 8 ом, а результати усереднювали. При цьому були одержані коефіцієнти шуму 1,9 при кімнатній температурі та 1,4 при охолодженні діода до температури рідкого азоту. Такі ж коефіцієнти шуму були одержані і при режимі зви-

чайного параметричного підсилення. Цей результат узгоджується з висновком теорії, що коефіцієнти шуму параметричного підсилювача в звичайному і надрегенеративному режимах однакові, якщо вимірювання виконують генератором шуму.

Підтвердився й той висновок теорії, що параметричний надрегенератор має по шумовому сигналу більшу чутливість, ніж по

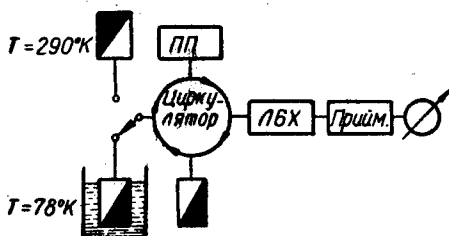


Рис. 5. Блок-схема вимірювання коефіцієнта шуму за допомогою низьких температур.

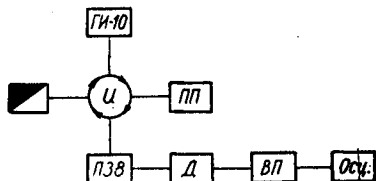


Рис. 6. Схема каскадного з'єднання параметричний підсилювач—параметричний надрегенератор.

гармонічному. Перевищення порогової чутливості по шуму порогової чутливості по сигналу досягає 6—8 дБ. В абсолютних значеннях чутливість системи параметричний надрегенератор — приймач — порядку 10^{-13} *вт*, а по шуму — трохи менша 10^{-14} *вт*. Отже, параметричні надрегенератори доцільно застосовувати в радіоастрономії та інших галузях, де корисним сигналом є шум.

Крім того, можна зробити висновок про можливість створення приймача прямого підсилення в сантиметровому діапазоні. Дійсно, один параметричний надрегенератор з детектором і відеопідсилювачем зі смугою близько 1 *Мгц* мав чутливість по сигналу близько 10^{-13} *вт*, — приблизно таку ж, що у звичайного приймача з кристалічним перетворювачем на вході. При каскадному включенні системи параметричний підсилювач — параметричний надрегенератор можна одержати приймач з чутливістю близько 10^{-14} *вт*. Така можливість була перевірена на схемі, наведеній на рис. 6. Одержана чутливість по сигналу порядку $2,5 \cdot 10^{-14}$ *вт*.

Висновки

1. Параметричний надрегенератор має підсилення близько 80 дБ, що на 30—50 дБ перевищує підсилення звичайного параметричного підсилювача.

2. Параметричний надрегенератор має смугу частот у кілька десятків мегагерц (у сантиметровому діапазоні), що в 5—25 разів перевищує смугу параметричного підсилювача.

3. Стабільність параметричного надрегенератора в 2—3 рази перевищує стабільність параметричного підсилювача.

4. Основні властивості параметричного надрегенератора не залежать від способу здійснення суперізації.

5. Коэффициент шума, вимірюваний за допомогою шумових діодів або опорів при низьких температурах, такий самий, як у параметричних підсилювачів. Реальний коефіцієнт шуму принаймні на 8 дБ вище, а порогова чутливість — нижче, ніж у параметричного підсилювача. Охолодження діода до температури рідкого азоту зменшує коефіцієнт шуму на 30—40%.

6. Чутливість параметричного надрегенератора становить 10^{-13} вт, що робить можливим побудову приймача надвисоких частот прямого підсилення, коли не потрібна особливо висока чутливість, низький коефіцієнт шуму або корисним сигналом є шум.

7. Каскадне включення системи параметричний підсилювач — параметричний надрегенератор дає можливість одержати приймач з чутливістю 10^{-14} вт, тобто того ж порядку, що й у системи параметричний підсилювач — супергетеродинний приймач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рытов С. М., Кравцов Ю. А., Горышник Л. Л. Теория параметрических усилителей на полупроводниковых диодах. — Научные труды РИАН СССР. Т. 2, в. 3, 1960.

2. Эткин В. С., Гершензон Е. М. Параметрические системы на полупроводниковых диодах. «Советское радио», 1964.

3. Белкин М. К. Общая теория регенеративных усилителей с переменными параметрами. — «Радиотехника», 1961, т. 16, № 1.

4. Yonger C., Little A., Heffner H., Wade L. Parametric Amplifiers of Superregenerative Detectors. — PIRE, v. 47, N 7, 1959.

5. Bossard B. A superregenerative Reactance Amplifier. — PIRE, v. 47, N 7, 1959.

М. К. БЕЛКИН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СВЕРХРЕГЕНЕРАТОРА

Краткое содержание

Описано экспериментальное исследование параметрического усилителя на полупроводниковом диоде в сверхрегенеративном режиме. Показано, что в этом режиме можно получить значительно большие усиления, полосу и стабильность, чем в обычном режиме параметрического усиления.

М. К. BELKIN

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF PARAMETRIC SUPERREGENERATOR

Summary

Experimental investigation of a semiconductor superregenerative parametric amplifier on a diode is described. Amplification, frequency band and stability in the superregenerative mode is shown to be much higher than those in the parametric mode.