

БРАЙЛОВСЬКИЙ В.В., ІЛАРІОНОВ О.Є., ХАНДОЖКО О.Г.

ПІДВИЩЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ДАВАЧА ДЛЯ ЯКР–ТЕРМОМЕТРА

Досліджується схема автогенераторного давача ЯКР-термометра, який розрахований на застосування в якості термометричної речовини хлорату калію. Експериментально доведено, що в режимі зверх-регенератора, при належному виборі параметрів імпульсів зовнішнього гасіння, чутливість давача до сигналу від активної речовини зростає майже на два порядки в порівнянні з неперервним режимом генерації.

При розробці давачів температури на основі ядерного квадрупольного резонансу (ЯКР) добре зарекомендувала себе схема автогенератора, оснований на двохкаскадному підсилювачі на польових транзисторах (рис.1), який охоплений додатнім зворотнім зв'язком [1]. Перевагами такої схеми є її відносно висока чутливість до резонансних сигналів та стійкість генерації в широкому діапазоні частоти. Саме такі якості необхідні такому пристрою при відстеженні лінії ЯКР в широкому інтервалі температур. Проте при використанні в якості термометричної речовини хлориту калію, як найбільш прийнятної для цієї мети хімічної сполуки [2], чутливість такого давача в області кімнатних та вищих температур виявилась недостатньою, навіть при переведенні його в режим зверхрегенерації. В цьому випадку при вимірюванні температури не вдається в повній мірі реалізувати високі метрологічні якості даного методу. У роботі досліджується можливість підвищення чутливості пристрою шляхом вибору робочої точки зверхрегенератора, а також за рахунок оптимізації форми та частоти імпульсів зовнішнього гасіння високочастотної генерації. Незважаючи на видиму простоту схеми, нелінійний характер задачі ускладнює теоретичний аналіз такого генератора. Якщо схему перевести в режим зверхрегенерації,

то тим більше важко знайти оптимальні параметри схеми для найбільшої чутливості пристрою навіть застосовуючи ЕОМ. Більш простий та швидкий шлях оптимізації параметрів та режимів парового генератора є експериментальне дослідження процесів у даній схемі з мінімальними затратами на необхідні числові розрахунки.

Розрахунок залежності частоти ЯКР від температури показує, що для вимірювання температури в інтервалі 60-400 К необхідно, щоб генератор давача перекривав діапазон 27,5-29 МГц. При цьому рівні високочастотної напруги на контурі із зразком не повинні перевищувати значення 0,1-0,5 В, в протилежному випадку неминучі втрати у відношенні сигнал/ шум внаслідок насичення ядерної спінової системи [3]. Виходячи з таких вимог був виготовлений та досліджений макет схеми ЯКР - термометра. В якості робочої речовини використовувався дифініл-пiкрiл-гiдрозiл, який, при наявності магнітного поля, дає вплив на коливальний контур автогенератора, так як хлорат калію. Накладення допоміжної модуляції магнітного поля дозволяє спостерігати достатньо сильний сигнал електронного парамагнітного резонансу, інтенсивність якого можна контролювати з допомогою звичайного осцилографа.

Вимірювання інтенсивності сигналу резонансного поглинання високочастотної енергії з коливального контуру проводилось як в режимі неперервної генерації, так і в переривчастому, тобто зверхрегенеративному на частоті 28 МГц. Перевід генератора у режим зверхрегенерації можна здійснити шляхом введення в коло затвору VT1 (рис.1) додаткового RC-кола, як це часто робиться у приймальних пристроях [4]. Таке коло викликає релаксацію рівня коливань з відповідним періодом, при цьому коливання можуть повністю згасити, або частково зберігати когерентність фази. При підборі режимів такий спосіб зверхрегенерації економічний але незручний, так як обмежується можливість маневрування параметрами зверхрегенератора. Якщо застосовується гасіння зовнішнім джерелом - генератором НЧ коливань, то в цьому випадку є можливість змінювати як частоту, так і форму імпульсів гасіння.

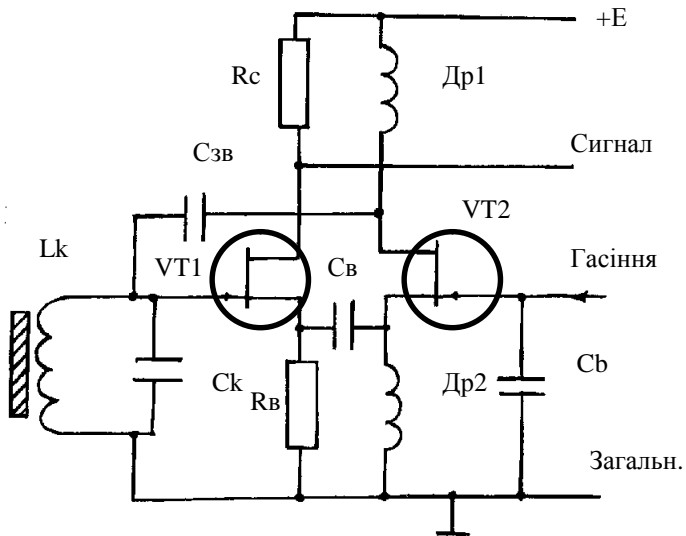


Рис.1

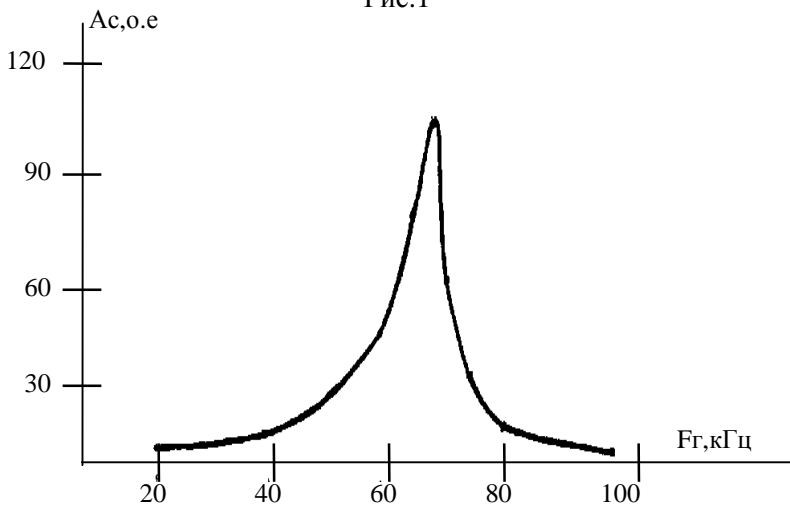


Рис.2

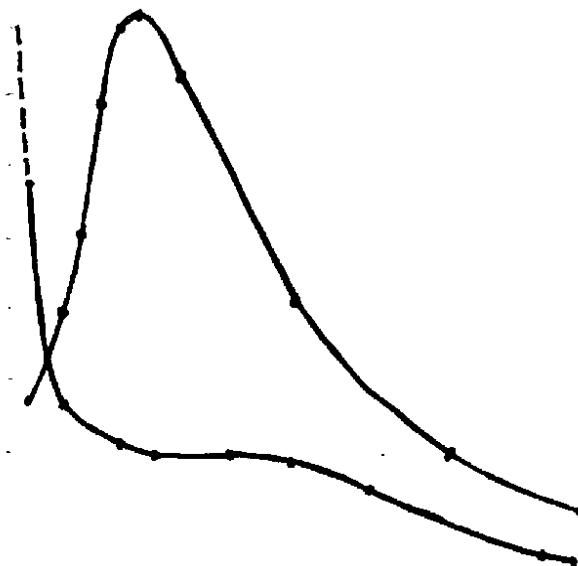


Рис.3.

Це дає можливість знайти оптимальні параметри гасіння коливачів, не змінюючи режим самого генератора. Результати експериментального дослідження приведені на рис.2-4. На рис.2 приведена залежність амплітуди сигналу від частоти гасіння. Максимум інтенсивності спостерігається на частоті $f=68$ кГц. При зміні напруги $U_{св}$ максимум зміщується несуттєво, залишаючись в межах 60-80 кГц.

Встановлено, що чутливість давача в режимі зверхрегенерації вище, якщо в якості сигналів гасіння використовують сигнали прямокутної форми з шпаруватістю 2. На рис.3 зображена залежність інтенсивності сигналу від напруги "стік-витік" польового транзистора VT2 при роботі в режимах неперервної генерації (а) та зверхрегенератора (б). При неперервній генерації амплітуда сигналу максимальна поблизу порогу збудження

при малих рівнях напруги "стік-витік" для VT2. Зауважимо, що зміна напруги "стік-витік" в межах $U_{св} = 0-8$ В приводить до зміни високочастотної напруги на коливальному контурі в діапазоні 0,05-1В. Оскільки положення робочої точки поблизу зриву коливань нестійке, тому при типових вимірюваннях температури не може бути використане. В режимі зверхрегенерації максимум інтенсивності сигналу спостерігається при напрузі $U_{св} = 2$ В. Зменшення або збільшення напруги приводить до плавного зменшення інтенсивності без ознак нестійкості генерації. Слід відзначити, що перехід від неперервного режиму до переривчастого супроводжується різким збільшенням рівня сигналу. Результати дослідження спектрального розподілу низькочастотних шумів на виході пристрою при неперервному режимі приведені на рис.4.

При неперервній генерації спектр шумів гладкий з підйомом в області НЧ складових, що вказує на наявність флікер-шуму.

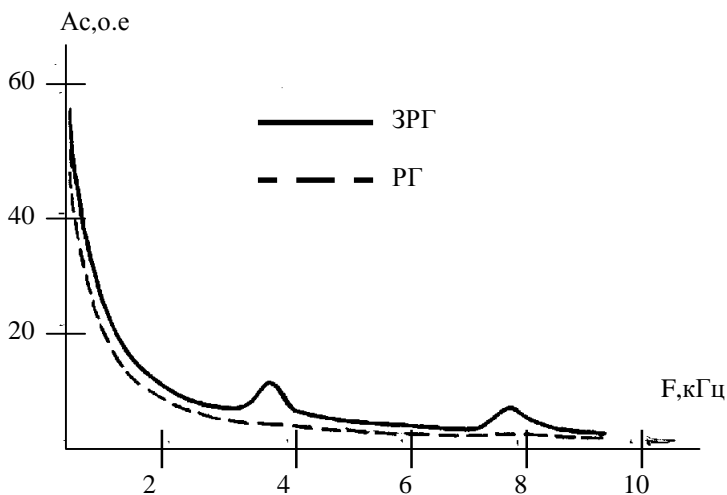


Рис.4

Ввімкнення гасіння збільшує інтенсивність шуму, але характер спектрального розподілу при цьому істотно не змінюється. Лише в більш високочастотній області з'являються максимуми (на рисунку помічені стрілкою). Найбільш ймовірною причиною їх

виникнення є поява комбінаційних частот в результаті змішування основної частоти 28 МГц та частоти гасіння 68-70 КГц.

В результаті проведених експериментальних досліджень макетної схеми для ЯКР - термометра можна зробити наступні висновки. Із знайдених залежностей випливає, що при належному виборі частоти гасіння та оптимальному рівні оберненого зв'язку за рахунок зміни $U_{св}$ можна отримати інтенсивність сигналу, що перевищує на два порядки сигнал, отриманий при неперервній генерації. Перехід автогенератора у зверхрегенеративний режим супроводжується появою додаткових шумових складових у спектрі сигналу, очевидно пов'язаних із змішуванням комбінаційних частот.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хандожко А.Г., Слынько Е.И. Автодинный детектор сигналов ЯМР на полевых транзисторах. // Приб. и техн. эксперим.-1975.- №1.-С.152
2. Воробьев И.В. Саватеев А.В. Современное состояние, проблемы и перспективы высокоточной ЯКР-термометрии. // Изв. АН СССР, сер. физика.-1975.-№12.-С.2635-2641.
3. Ядерный магнитный резонанс / Под. ред. П.М.Бородина.- Ленинград: ЛГУ, 1982.-344с.
4. Белкин М.К. Сверхрегенеративный радиоприем.- Киев: Техника, 1968.-202с

SUMMARY

BRAJLOVSKIJ V.V., ILARIONOV O.E., HANDOZHKO O.G. INCREASES SUSCEPTIBILITY OF THE TRANSDUCER FOR THE NQR-THERMOMETER

The scheme of autogenerative nuclear quadruple resonance transducer is explored. This thermometer can be used as a thermometric substance KCl_3 . It was experimentally proved that in the regime of overregeneration with carefully selected parameters of impulses of external extinguishings the susceptibility of the transducer to a signal of the active substance increases almost twice in compare with continuous regime of generation.