

Оценка такого ряда достаточно проста. Проведенная на ЦВМ оценка вычисления  $I\left(\frac{t}{T}\right)$  по формуле (5) позволяет заключить, что для  $t \neq 0$  достаточно ограничиться первыми двумя членами ряда (так, уже для  $\frac{t}{T} = 0,2$   $I_3 \approx 10^{-5} I_1$ ). Зависимость  $I(t/T)$  при различных значениях приведенная  $kT$ , вычисленная на ЦВМ, показана на рис. 2, а. При заданном значении  $kT$  функция  $I(t/T)$  монотонно убывает при увеличении  $t/T$ .

Переходные процессы построены для  $kT=1$  и  $kT=5,22$  на рис. 2, б и 2, в соответственно сплошными линиями, а пунктиром показаны значения  $h\left(\frac{t}{T}\right)$  без учета функции  $I(t/T)$  при тех же  $kT$ . На рис. 2, а: 1 —  $kT=1$ , 2 —  $kT=5$ , 3 —  $kT=8,55$ , 4 —  $kT=10$ , 5 —  $kT=15$ , 6 —  $kT=20$ ; б —  $kT=1$ ; в —  $kT=5,22$ .

Из рис. 2, б, в следует, что для рассматриваемой системы с увеличением произведения  $kT$  увеличивается крутизна фронта отклика. При расчете переходного процесса вклад, обусловленный членом  $I(t/T)$ , уменьшается с ростом  $kT$  и почти не влияет на крутизну фронта отклика.

Аналогичная система рассматривалась в работе [6], где для расчета переходных процессов использовалось дискретное преобразование Лапласа. Полученные результаты совпадают с представленными на рис. 2 б, в.

Применение дискретного преобразования Лапласа требует предварительного анализа системы для выбора периода повторения импульсных элементов, величина которого влияет на точность метода.

В заключение авторы благодарят Г. А. Бендрикова за обсуждение результатов этой работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Конев Ф. Б., Конев Ю. Б. «Изв. вузов», радиофизика, 11, № 3, 477, 1968.
2. Смит О. Дж. М. Автоматическое регулирование, гл. X. М., Физматгиз, 1962.
3. Bull S. J. ISA Trans., 5, 146, 1966.
4. Elgerd O. J. IRE Intern. Convent. Record. part., 4, 61, 1961.
5. Ахматова О. Д., Бендриков Г. А. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астрофиз., 12, № 2, 1971.
6. Pirre D. A., Higgins T. J. ISA Trans., 3, No. 3, 1964.

Поступила в редакцию  
5.10 1970 г.

Кафедра  
физики колебаний

В. В. ПОТЕМКИН, Н. Н. КУРДЮМОВ

### ДЕПРЕССИЯ ШУМА В УСИЛИТЕЛЕ НА ТОНКОЙ МАГНИТНОЙ ПЛЕНКЕ

Повышение чувствительности магнитно-параметрических усилительных устройств значительно расширяет возможности их практического применения [1]. Поэтому изложенный ниже способ депрессии шумов в усилителях этого типа может представить для практики определенный интерес.

Настоящая работа посвящена методу повышения чувствительности инфранизкочастотных магнитно-параметрических усилителей на тонких магнитных пленках. Принципиальная схема и технические характеристики такого усилительного устройства описаны [2]. В основе метода, примененного для депрессии шумов в этом усилителе, лежат результаты экспериментальных работ по исследованию шумов анизотропных магнитных пленок [3].

Пороговая чувствительность усилителей на тонких магнитных пленках, как и их шумовые характеристики, в основном определяются шумовыми свойствами пленочных элементов, на основе которых они изготовляются. Собственные шумы этих элементов вызваны наличием в них трех одновременно существующих и переходящих из одного в другой процессов перемагничивания: смещения доменных границ некогерентного по времени, скорости и направлению (разностороннего) вращения намагниченности и однородного вращения намагниченности, при котором вся пленка перемагничивается как единый неразрушимый домен [4]. Динамика перемагничивания пленки под дей-

ствием внешних полей (циклического поля накачки  $H_p$  и ортогонального ему поля усиливаемого сигнала  $H_s$ ) определяется как параметрами этих полей — направлениями их действия, амплитудами и скоростями нарастания (частотами), так и особенностями самих пленок — структурными неоднородностями и величиной дисперсии анизотропии по величине и направлению.

Для усилительных схем оптимальным вариантом ориентации пленки относительно поля накачки является тот, когда поле накачки параллельно оси ее трудного

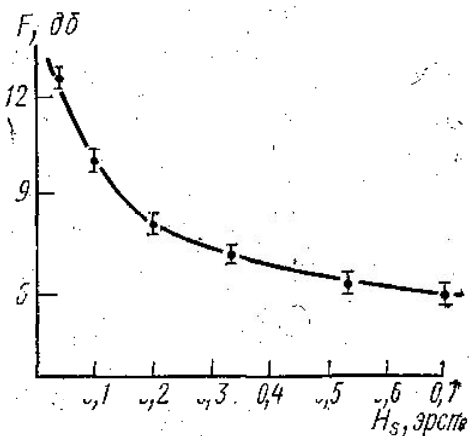


Рис. 1. Зависимость коэффициента шума усилителя от амплитуды поля входного сигнала

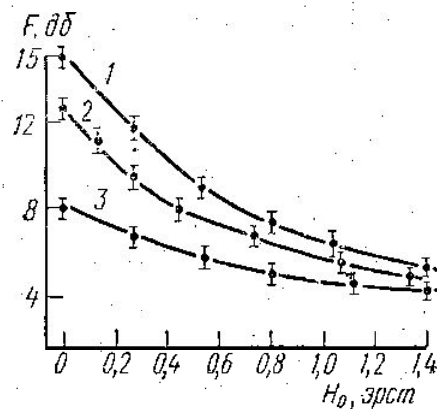


Рис. 2. Изменение коэффициента шума усилителя под действием ортогонального постоянного поля смещения  $H_0$ .  $f_s=12,5$  гц,  $f_p=5 \cdot 10^5$  гц. 1 —  $H_k=2,7$  эрст,  $\Delta 0,7=0,03$  эрст; 2 —  $H_k=1,8$  эрст,  $\Delta 0,7=0,08$  эрст; 3 —  $H_k=2,1$  эрст,  $\Delta 0,7=0,1$  эрст

намагничивания. Это связано с тем, что при указанной ориентации внешнего поля в процессах перемагничивания вообще отсутствует процесс смещения доменных границ, а доля процессов некогерентного вращения определяется величиной дисперсии анизотропии пленки и амплитудой перемагничивающего поля. Неоднородность по направлению вращения намагниченности (разностороннее вращение) достигает максимума при амплитудах поля накачки, превышающих динамическую величину поля анизотропии пленки  $H_{к,дин}$ .

Снижение некогерентности в процессах перемагничивания для этого случая может быть достигнуто посредством наложения на пленку дополнительного внешнего поля определенной величины, ортогонального перемагничивающему полю накачки. В схеме усилителя, описанного в [2], роль этого поля выполняло инфранизкочастотное поле усиливаемого сигнала, параллельное направлению оси легкого намагничивания пленки. Однако при очень низком на пороге чувствительности схемы уровне входного сигнала величина поля в сигнальной обмотке может оказаться недостаточной для упорядочения процесса перемагничивания [4], что объясняет зависимость коэффициента шума усилителя от уровня входного сигнала. На рис. 1: частота усиливаемого сигнала  $f_s=10$  гц, частота сигнала накачки  $f_p=2 \cdot 10^5$  гц, статическая величина поля анизотропии пленки  $H_k=2,2$  эрст, величина дисперсионного параметра пленки  $\Delta_{0,7}=0,03$  эрст.

Для исключения этого недостатка было использовано постоянное магнитное поле  $H_0$ , параллельное полю сигнала, оптимальная величина которого варьировалась для каждой примененной в усилительной схеме пленки. На рис. 2 показано изменение коэффициента шума усилителя от величины постоянного поля  $H_0$  для пленок с толщиной магнитного слоя 2000 Å и различными значениями параметров: статического поля анизотропии  $H_k$  и дисперсионного параметра  $\Delta_{0,7}$ .

Как видно из графиков, величина поля, необходимая для снижения шума исследуемой схемы, зависит от величин магнитного и дисперсионного параметров пленки. Очевидно, большей величине дисперсионного параметра соответствует большая величина дополнительного постоянного магнитного поля. Минимальный коэффициент шума достигаемый в схемах с различными пленками, зависит, во-первых, от величины амплитудной дисперсии анизотропии данной пленки, во-вторых, от соотношения величин перемагничивающего поля  $H_p$ , поля анизотропии пленки  $H_k$  и постоянного маг-

нитного поля  $H_0$ , так как наложение на пленку постоянного магнитного поля  $H_0$ , параллельного оси легкого намагничивания и совпадающего с направлением намагниченности, приводит к возрастанию динамической величины анизотропии.

Применение описанного метода депрессии шумов и повышения чувствительности магнитно-параметрических усилителей на тонкой магнитной пленке не требует какого-либо усложнения их конструкции, так как для подачи на пленку поля  $H_0$  может быть использована одна из сигнальных обмоток усилителя [2].

Отличие описанного метода от уже известных [5, 6], применяемых в магнитных усилителях на объемных магнитных образцах, заключается в том, что депрессия шума в этих схемах достигается посредством воздействия на материал большого по величине (порядка десятков эрстед) постоянного магнитного поля, которое выводит рабочую точку усилителя в зону квазинасыщения материала, обладающую меньшей величиной дифференциальной проницаемости. В описанном же методе действием постоянного поля малой величины  $H_0$  (порядка долей эрстеда), ортогонального сигналу накачки и параллельного намагниченности, достигается подавление разнородности процесса перемагничивания без существенного изменения магнитных характеристик материала, что в сущности возможно только в тонких анизотропных магнитных пленках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мари Ж. Низкочастотные параметрические усилители с ортогональным магнитным управлением. М., «Мир», 1967.
2. Курдюмов Н. Н., Потемкин В. В. «Приборы и техника эксперимента», № 2, 1971.
3. Потемкин В. В., Жигальский Г. П. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астроном., № 3, 112, 1968.
4. Суху Р. Тонкие магнитные пленки. М., «Мир», 1968.
5. Angel Y. Acta Electronica, 4, 359, 1960.
6. Angel Y., Boutry G. A. Acad. Sci., 248, 384, 1960.

Поступила в редакцию  
5.10 1970 г.

Кафедра  
физики колебаний

Л. С. КОРНИЕНКО, Н. В. КРАВЦОВ, А. И. МИТЮШИН

## КОЛЬЦЕВОЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР С СЕЛЕКТОРОМ В ЦЕПИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Сейчас опубликовано много работ, посвященных селекции продольных типов колебаний в ОКГ. Большая часть из них посвящена селекции колебаний в линейных ОКГ. Между тем для практического использования кольцевых ОКГ в ряде случаев необходимо также получение режима одночастотной генерации.

Получение такого режима возможно, во-первых, при внутренней селекции типов колебаний кольцевого ОКГ; во-вторых, при использовании кольцевого ОКГ бегущей волны (одночастотный режим возникает после завершения переходных процессов); наконец, одномодовая генерация возможна при использовании сложных многозеркальных резонаторов [1].

В настоящей работе получение одномодового режима в кольцевом лазере основано на введении в канал обратной связи селектора.

Схема исследованного кольцевого лазера показана на рис. 1.

Резонатор ОКГ состоит из четырех зеркал 2, 3, 4 и 5 с коэффициентом отражения 98,5% и зеркала 1 с коэффициентом отражения 32%. В качестве активного образца использовался кристалл рубина 6, который возбуждался вспышкой лампы ИФП-800. Селективная обратная связь осуществлялась при помощи эталонов Фабри—Перо 7 и 8, толщиной 9,30 и 4,65 мм, расположенных в канале обратной связи. Временные характеристики излучения регистрировались фотоумножителями 9 и 10, а спектр излучения — при помощи интерферометра Фабри—Перо 11 фотокамерой 12.

В исследованной схеме ОКГ, вообще говоря, могут возбуждаться колебания, распространяющиеся в двух направлениях: по и против часовой стрелки. В таком случае через зеркало 1 будут выходить два луча, один из которых возвращается снова в кольцевой резонатор после отражения от зеркала 5, обеспечивающего обрат-