

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ РАДИОПРИЁМА В ДИАПАЗОНЕ FM

С.Н. Скобелева, Н.М. Шевченко, А.В. Антипов

Кафедра «Информационный и электронный сервис», Поволжский государственный университет сервиса  
Тольятти, Российская Федерация

E-mail: skobeleva-sn@yandex.ru, nickolay.ded@yandex.ru

*В работе рассматриваются вопросы использования системы ФАПЧ для решения проблем, стоящих перед теорией и практикой радиоприема в диапазоне FM в настоящее время. Разработана методика синтеза системы ФАПЧ в гетеродинных радиоприёмниках диапазона FM.*

## ВВЕДЕНИЕ

Гетеродинные тракты приема радиосигналов (приемные тракты прямого преобразования) по сравнению с супергетеродинными трактами приема и обработки сигналов отличаются более высоким качеством демодуляции сигнала (меньшим коэффициентом нелинейных искажений), низким уровнем шумов, расширенной полосой воспроизводимых частот и высокой избирательностью [1-3]. Однако, указанные преимущества можно получить только при выполнении определенных требований, предъявляемых к системе автоматической подстройки частоты. Целью данной работы является разработка методики синтеза системы ФАПЧ, обеспечивающей надежную работу системы, требуемое время её установления (время захвата) и требуемую селективность по соседнему каналу. Такую методику можно создать на основе многоканальных итерационных систем автоматического управления.

## I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Известно [1-3], что в настоящее время перед теорией и практикой радиоприема стоят следующие, требующие своего решения задачи:

- электромагнитной совместимости различных диапазонов, и в частности, диапазонов FM и ТВ;
- эффективного использования диапазона FM;
- повышения качества приема и воспроизведения информации в диапазоне FM на границах смежных зон обслуживания.

Применяемый супергетеродинный способ приема и обработки сигналов является причиной возникновения этих задач, а, следовательно, стал тормозом в развитии теории и практики радиоприема. В супергетеродинных приемниках вопрос качества воспроизведения информации и вопрос эффективности использования диапазона в настоящее время находятся в явном противоречии. Очевидно, что идеальным решением данного вопроса было бы осуществление селекции по соседнему каналу не на промежуточной, а на

звуковой частоте, где ширина спектра сигнала минимальна и равна ширине спектра модулирующей функции.

## II. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА ФАПЧ

Гетеродинный приемный тракт FM диапазона отличается от гетеродинного тракта приема AM колебаний (диапазоны ДВ, СВ, КВ) тем, что система автоматической подстройки частоты по сути дела сама является приемным трактом, т.е. приемный тракт реализован непосредственно на системе АПЧ.

Функциональная схема системы АПЧ гетеродинного тракта приема ЧМ сигналов приведена на рис. 1, где введены следующие обозначения: 1 – УРЧ, 2 – детектор (фазовый или частотный), 3 – УПТ, 4 – ФНЧ, 5 – ГУН (генератор, управляемый напряжением).

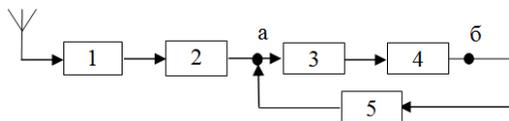


Рис. 1 – Функциональная схема системы АПЧ гетеродинного тракта приема ЧМ сигналов рисунка

Очевидно, что гетеродинный тракт приема ЧМ сигналов можно реализовать двумя способами (см. рис. 1): сигнал на тракт звуковой частоты подать с точки «а» системы АПЧ; сигнал на тракт звуковой частоты подать с точки «б» системы АПЧ.

Синтез системы АПЧ произведен методом желаемых логарифмических частотных характеристик [3].

Исследования показали, что ни первый, ни второй вариант не гарантируют нормальную работу системы АПЧ при наличии несущих других станций; кроме этого, первый вариант имеет значительное время установления системы ЧАП, что может привести к неудобствам при поиске и захвате радиовещательных станций.

Т.о., напрашивается вывод о необходимости поиска компромиссного варианта построения гетеродинного приемного тракта, который

обеспечил бы надежную работу системы автоматической подстройки частоты, требуемое время установления системы АПЧ (время захвата) и требуемую селективность по соседнему каналу в классическом понимании этого термина. Совместное решение этих вопросов возможно, если четко разделить функции между системой ФАПЧ и трактом звуковой частоты, т.е. от системы ФАПЧ потребовать надежную работу (отсутствие перезахватов) и заданное время установления, а от тракта звуковой частоты – обеспечение заданной селективности по соседнему каналу. Полное разделение можно осуществить, если использовать многоканальные итерационные системы автоматического управления [6]. Структурная схема гетеродинного приемного тракта, построенного по этому (третьему) варианту, показана на рис. 2. Как видно из рис. 2, передаточная функция системы АПЧ (вход – частота принимаемой станции  $f_c$ , выход – вход тракта звуковой частоты  $F$ ) равна:

$$W(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p)} + \frac{W_{fd}(p)}{1 + W_p(p)} \times W_{fd}^{-1}(p) \times W_{f2}(p),$$

где  $W(p) = W_{fd}(p) \times W_y(p) \times W_{f1}(p) \times W_{gyn}(p)$  - передаточная функция системы АПЧ в разомкнутом состоянии;  $W_f(p)$  - в цепи передачи сигнала ошибки.

При  $W_{f2}(p) = 1$  передаточная функция системы АПЧ тоже равна 1, т.е.  $W_p(p) = 1$ , и в идеальном случае модулирующая функция без каких – либо искажений передается на вход тракта звуковой частоты. Таким образом, в данном варианте при синтезе системы АПЧ отпадает необходимость заботиться о неискаженной передаче составляющих спектра (ни высоких, ни низких) частот модулирующей функции. Это дает возможность при синтезе системы АПЧ учитывать только два параметра: быстродействие (время захвата) и вероятность перезахвата системой АПЧ частоты соседней станции, а синтез тракта звуковой частоты произвести обычным классическим методом, считая, что на его входе действует сигнал со спектром модулирующей функции и помеха в виде белого шума.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные выше исследования показали, что гетеродинный тракт приема монофониче-

ских сигналов с частотной модуляцией наиболее целесообразно реализовать на системе ФАПЧ с частотой среза  $\omega_{cp} \approx 13000$  рад/с, что обеспечивает практическое отсутствие влияния соседних станций (при  $\Delta f = \pm 180$ кГц) на работу системы ФАПЧ (отсутствие перезахвата на соседнюю станцию). Для неискаженной передачи модулирующей функции на вход тракта звуковой частоты параллельно системе ФАПЧ необходимо реализовать цепь передачи сигнала ошибки системы ФАПЧ, в которой поставить звено с передаточной функцией:

$$W_{fd}^{-1}(p) \times W_{f2}(p) = \frac{1 + T_{fd}p}{1 + 2,5 \times 10^{-6}p}.$$

Избирательность по соседнему каналу при этом, как было показано выше, будет определяться свойствами человеческого слуха и практически будет равна бесконечности.

Т.о., реализация гетеродинного тракта с использование двухканальной итерационной системы ФАПЧ позволит одновременно решить три, казалось бы, несовместимые задачи радиоприема в FM диапазоне:

- электромагнитной совместимости с диапазонами ТВ;
- повысить эффективность использования диапазона FM в 2,2 раза за счет уменьшения частотного интервала между ближайшими соседними станциями в обслуживаемом районе с 400...500 кГц до 180 кГц;
- добиться качества приема на границах зон обслуживания соответствующим качеством приема внутри зон обслуживания.

1. Скобелева, С. Н. Исследование возможности повышения качественных характеристик радиоприёмных устройств УКВ диапазона. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Тольятти: ПТИС, 2001. – 179 с.
2. Поляков, В. Т. Приёмники прямого преобразования для любительской связи. – М.: ДОСААФ, 1981. – 80 с.
3. Радиоприёмные устройства ультракоротковолнового диапазона: проблемы и пути их решения /Г. Н. Абрамов, Н. М. Шевченко, С. Н. Скобелева. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 175с.
4. Поляков, В. Н. Стереофоническая система радиовещания с пилот-тоном. // Радио. –№ 4. –1992. – С. 30–35.
5. Сифиров, В. И. Радиоприемники сверхвысоких частот. – М.: Военное издательство МО СССР, 1957. – 634 с.

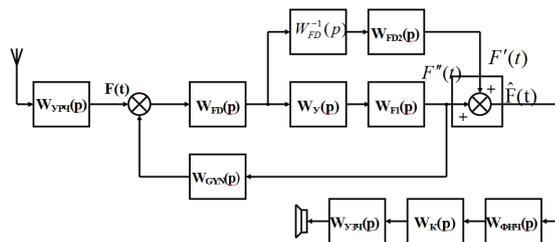


Рис. 2 – Структурная схема гетеродинного приемного тракта, реализованного по третьему варианту