

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ АПЧ В ГЕТЕРОДИННЫХ ПРИЁМНЫХ ТРАКТАХ

С. Н. Скобелева, В. Н. Шевченко

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 синтеза системы автоматической подстройки частоты в гетеродинных приёмных трактах. Разработана методика синтеза системы ФАПЧ в гетеродинных трактах приема амплитудно-модулированных колебаний.

I. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Очевидно, что требование $f_c - f_r = 0$ диктует в первую очередь отсутствие ошибки по положению. Следовательно, система должна быть первого порядка астатизма, т. е. системой ФАПЧ. Кроме этого, точность выполнения этого требования будет определяться динамическими свойствами системы ФАПЧ и законами изменения f_c и f_r . При амплитудной модуляции несущая частота f_c принимаемой станции остается практически постоянной. Изменения f_r очень медленные. Поэтому коэффициент ошибки по скорости системы ФАПЧ примем равным 0,01 с. Кроме этого, выполнение этого требования может нарушаться из-за случайных (фликтуационных) ошибок системы ФАПЧ, обусловленных как внешними, так и внутренними помехами (случайными возмущениями). Величина случайных ошибок определяется полосой пропускания системы ФАПЧ. Учитывая крайне медленные изменения задающего воздействия, полосу пропускания системы ФАПЧ можно сделать сколь угодно узкой. Однако, поскольку полоса пропускания системы однозначно определяет время регулирования (быстродействие) системы ФАПЧ, то её будем определять исходя из требований по быстродействию системы ФАПЧ. При этом целесообразно рассмотреть два режима работы системы: режим захвата и режим синхронизма (слежения). В режиме слежения при принятых исходных данных естественно требования к быстродействию системы не являются критическими, т.е. время регулирования может быть сколь угодно большим. В режиме захвата требования к быстродействию системы ФАПЧ будут полностью определяться скоростью перестройки синтезатора частот в процессе поиска и видом его дискриминационной характеристики. Если принять время обзора диапазона равным 10 с, апертуру дискриминационной характеристики фазового дискриминатора равной π , то полоса пропускания системы должна равняться:

$$\omega_{cr} \approx \frac{(1 \dots 2) \cdot 2\pi}{t_3} = (2093 \dots 4186) \frac{rad}{c},$$

где t_3 время захвата равно 0,003 с.

Показатель колебательности системы примем его равным 1,2.

II. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА

Синтез системы по приведенным выше исходным данным произведем методом желаемых логарифмических частотных характеристик [1,7]. Логарифмические АЧХ и ФЧХ разомкнутых систем приведены на рис. 1, где кривые 1,2 соответствуют разомкнутой системе, состоящей из дискриминатора и ГУНа; 5-корректирующего звена; 3,4-желаемой (синтезированной) ФАПЧ. Известно [1,7], что желаемая логарифмическая амплитудно-частотная функция (ЖЛАХ) должна иметь в районе частоты среза ω_{cr} участок с наклоном -20 ДБ/ДЕК, протяженность которого определяется заданным показателем колебательности и должна составлять -20 ДБ/ДЕК [7]:

$$h = \frac{\omega}{3/\omega_2 = \frac{(M+1)}{M-1}}$$

где ω_2 и ω_3 – частоты, соответствующие началу и концу участка ЖЛАХ в районе частоты среза с наклоном (см. рис. 1). Начало и конец этого участка можно определить по координатам ЖЛАХ, используя соотношения:

$$L_2 = \frac{M}{M-1}, L_3 = \frac{M}{M+1}.$$

Т.о. мы определили среднечастотный участок ЖЛАХ, который определяет запасы устойчивости по фазе и амплитуде системы ФАПЧ и время переходного процесса. По принятым исходным данным найдем количественные значения $\omega_{cr}, L_2, L_3, \omega_2$ и $\omega_3, \dots, \dots, \omega_{cr} \cdot 2093 / . = 1, 2L_2 = 15, 6, L_3 = -5, 26, (.13)\omega_2 = 338, 8 / (lg\omega_2 = 2, 53), \omega_3 = 3630, 8 / (lg\omega_3 = 3, 56) \dots h = \frac{\omega}{-3/\omega_2} = \frac{M+1}{M-1} = 11, ()h = 10, 7 \dots (\omega < \omega_2)$ ЖЛАХ определит динамическую точность системы, поэтому проектируем ее с учетом передаточных функций фазового детектора и ГУНа. На участке частот ($\omega_1 \dots \omega_2$) реализуем наклон ЖЛАХ, равный -40ДБ/ДЕК, а на участке частот ($\omega < \omega_1$) -20 ДБ/ДЕК. Характер ЖЛАХ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

в области высоких частот ($\omega > \omega_3$) определяется защитой системы ФАПЧ от захвата частоты соседней станции (ω_c), удаленной от частоты принимаемой станции на $\pm 9 \cdot (\omega_3 \dots \omega_6)$ наклон ЖЛАХ -40 ДБ/ДЕК, а на частотах ($\omega < \omega_6$) -60 ДБ/ДЕК. При этом сигнал соседней станции будет подавлен на 67 ДБ (см. рис. 1 кривая 3 на частоте ω_c), что соответствует избирательности по соседнему каналу приемного тракта супергетеродинного приемника высшей группы сложности (по ГОСТ 5651-89 требование < 60 дБ). Определяем передаточную функцию корректирующего звена. С этой целью от ординат ЖЛАХ (см. кривую 3 на рис. 1) отнимаем координаты ЛАХ системы, составленной только из дискриминатора и ГУНа (см. кривую 1 на рис. 1) с учетом их знаков. Остается заметить, что в режиме слежения полоса пропускания системы ФАПЧ может быть существенно уменьшена. Если положить, что диапазон звуковых частот имеет нижнюю частоту в пределах 50 Гц, то, уменьшив полосу пропускания системы ФАПЧ до $\omega = 1$ ($f = 1, 6$), мы повысим запасы устойчивости системы, а нижние звуковые частоты подавим на 48 дБ, что исключит необходимость ставить в системе ФАПЧ перед фазовым детектором амплитудный ограничитель для подавления амплитудной модуляции принимаемого сигнала. Как видно из рис. 1, обужение полосы пропускания системы ФАПЧ в режиме слежения до $\omega = 1$ можно реализовать уменьшением коэффициента усиления УПТ.

1. В статье разработаны требования к системе ФАПЧ и исходные данные для её синтеза.
2. Показано, что в гетеродинном тракте приёма амплитудно-модулированных сигналов необходимо применять систему фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).
3. Разработана методика синтеза системы ФАПЧ в гетеродинном тракте на основе желаемых логарифмических частотных характеристик.
4. Произведен синтез системы ФАПЧ для диапазонов ДВ, СВ, КВ.

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. – 175 с.
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.
6. Осмоловский, А. А. Итерационные многоканальные системы автоматического управления. – М.: Сов. Радио, 1969. – 256 с.
7. Коновалов, Г. ФИ. Радиавтоматика. – М.: Высшая школа, 1990. – 334 с.

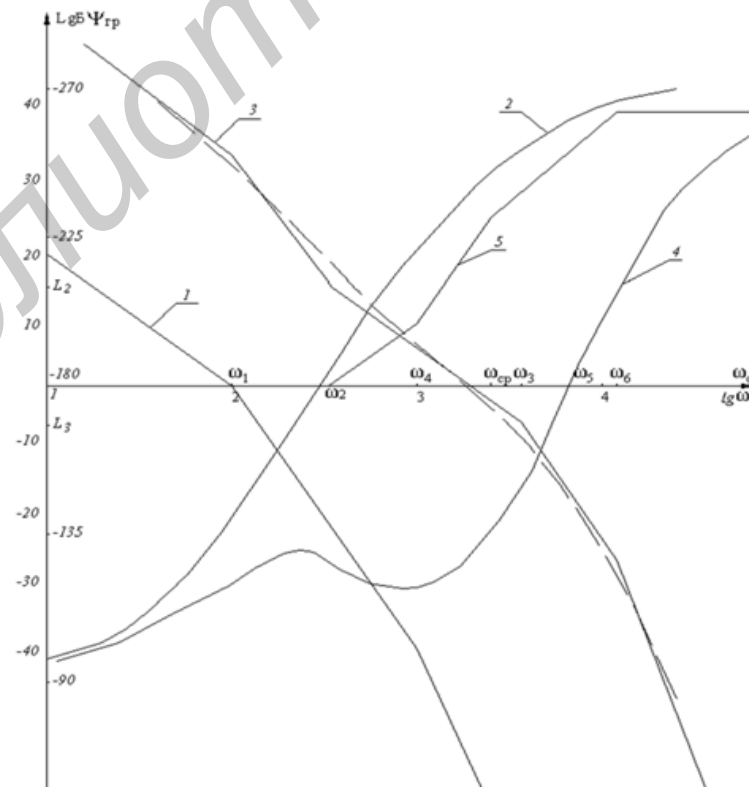


Рис. 1 – Логарифмические частотные характеристики системы ФАПЧ и ее звеньев