

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ АВТОКОМПЕНСАТОРОВ ПОМЕХ ПРИ НАЛИЧИИ ФАЗОВЫХ ФЛУКТУАЦИЙ

Курилов И.А., Булкин В.В., Костров В.В., Харчук С.М.

Муромский институт Владимирского государственного университета
602240, Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23.
Тел. (09234) 2-0698 Fax (09234) 2-2885 E-mail: kipra@mivlgu.murom.ru,

Реферат: В докладе представлено исследование степени компенсации фазовых флукутаций автокомпенсатором в зависимости от выбранного варианта управления. Анализ работы автокомпенсаторов осуществлён с использованием цифровой модели. Приведены результаты вычислений.

Важным качественным показателем широкого класса радиотехнических устройств и систем является уровень возникающих в сигнале фазовых искажений и помех (ФИП). Появление ФИП обусловлено воздействием внешних и внутренних дестабилизирующих факторов, амплитудно-фазовой конверсией, преобразованием амплитудной модуляции в фазовую при ограничении сигналов и др. Оно не всегда поддается учету, а в ряде случаев блок, где возникают ФИП, не доступен для коррекции.

Эффективным методом подавления ФИП является использование автоматических компенсаторов (АК) [1,2]. Известные на практике автокомпенсаторы с разомкнутым и замкнутым управлением могут быть дополнены двумя вариантами построения на основе комбинированного управления. Принцип комбинированного (двойного) управления позволяет также разработать обобщенную схему автокомпенсации [3] и на ее анализе базировать рассмотрение характеристик конкретных автокомпенсаторов фазовых помех.

В докладе рассматривается применение цифровой модели автокомпенсатора для решения задач определения эффективных путей подавления помеховых флукутационных воздействий, приводящих к фазовым искажениям сигналов.

Обобщенная эквивалентная схема АК представлена на рисунке 1. Автокомпенсатор осуществляет противофазное управление фазой сигнала по закону выделенных искажений и помех. Требуемое отклонение фазы происходит в управляемом фазовращателе (УФ), а для выделения

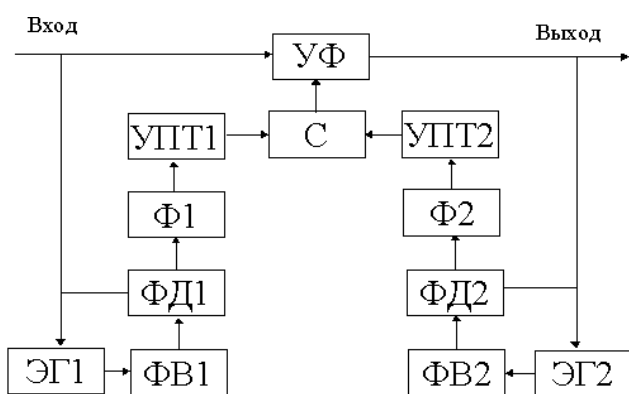


Рис.1

помехи используются управляющие тракты (УТ1,2), состоящие из цепочек последовательно соединенных фазовых детекторов (ФД1,2), фильтров (Ф1,2) и усилителей постоянного тока (УПТ1,2). В зависимости от конфигурации АК реализуются варианты с регулированием вперед (РВ), назад (РН) и двойным регулированием (ДР). Индексами 1,2 обозначена принадлежность к трактам РВ и РН соответственно. Выходные сигналы УТ1,2 при ДР складываются в линейном сумматоре (С). В общем случае для детектирования применяются опорные сигналы эквивалентных генераторов (ЭГ1,2), возможное отклонение фазы которых компенсируется фазовращателями (ФВ1,2). В качестве опорного может использоваться входной сигнал тракта с амплитудно-фазовыми помехами.

Цифровая модель, отражающая реакцию нелинейного АК на отклонение фазы входного сигнала, представлена на рисунке 2. Для большинства реальных устройств флукутационный процесс является узкополосным, поэтому при построении модели использован метод комплексной огибающей. В качестве УФ применён мостовой управляемый фазовращатель, детекторы - перемножители сигналов. Основные соотношения имеют вид [4]:

$$S_3[n] = S_1[n] + 2S_2[n]u[n] - S_1[n]u^2[n],$$

$$S_4[n] = S_2[n] - 2S_1[n]u[n] - S_2[n]u^2[n],$$

где $S_{1,2}[n]$ и $S_{3,4}[n]$ - квадратурные составляющие входного и выходного сигналов, $u[n]$ - дискретное значение управляющего напряжения, n - целочисленный аргумент.

На рисунке 2 обозначено: $N_{1,2}$ - коэффициенты усиления УПТ цепей РВ и РН, $M_{1,2}(z)$ - дискретные передаточные функции фильтров УТ, ωt^0 - параметры рабочей точки УФ (ω - рабочая

частота, τ^0 - постоянная времени ФВ), $(S_{\Gamma_{1,2}[n]})_{1,2}$ - квадратурные составляющие огибающих опорных сигналов, Δt - элемент задержки, позволяющий избежать решения нелинейного уравнения на каждом шаге.

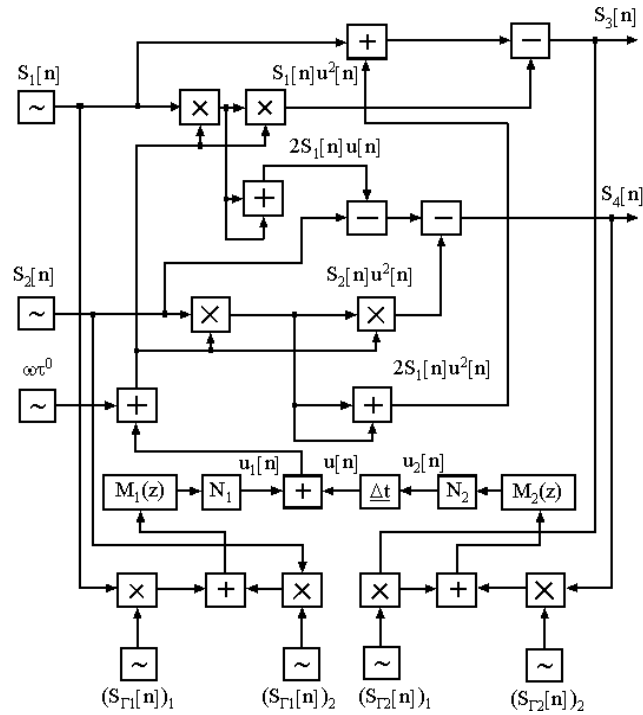


Рис.2

Определена реакция АК с фильтрами нижних частот первого порядка в УТ, когда паразитное отклонение фазы полезного сигнала осуществляется стационарным нормальным центрированным шумом с экспоненциальной корреляционной функцией. Для уменьшения погрешности из-за введения элемента задержки и в соответствии с теоремой Котельникова принято $\Delta t = 0,05$. Ширина спектра модулирующего флуктуационного процесса $-\omega_{uu} = 0,01(1/T)$. Вычисление характеристик проведено для тысячи дискрет реализаций случайного процесса.

Результаты моделирования воздействия на автокомпенсатор возмущений фазы входного сигнала изображены на рисунках 3 (с РВ и РН) и 4 (с ДР). Представлены зависимости коэффициента фильтрации K_σ , равного отношению дисперсии фазы входного сигнала σ_1 к дисперсии фазы выходного от σ_1 . Графики имеют экстремальный характер, что объясняется видом характеристик фазовых детекторов. Наиболее ярко экстремальность проявляется у АК с ДР. Здесь достигается и максимальное, при одинаковых $N_1=N_2=1$, значение $K_\sigma=37,5$. Наименее эффективно при $\sigma_1 < 1,05$ флуктуации фазы подавляет автокомпенсатор с РН ($K_\sigma \leq 4$). С увеличением N_2 дисперсия выходной фазы уменьшается и уже при $N_2=10$ коэффициент фильтрации достигает уровня $K_\sigma=140$. Следует отметить, что аналогичное подавление наблюдается у АК с ДР при меньшем значении усиления $N_2=5$.

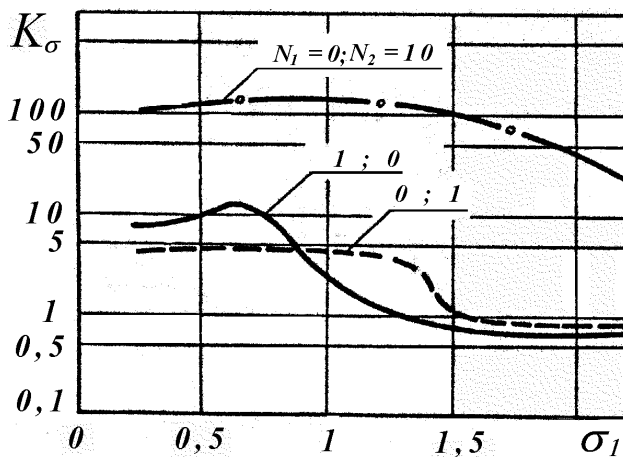


Рис. 3

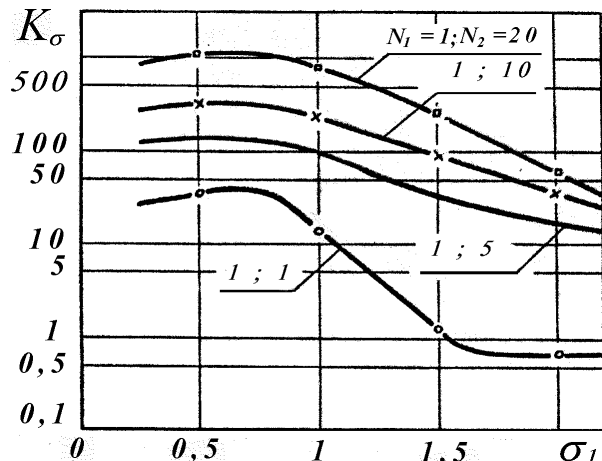


Рис. 4

Выводы:

Как следует из графиков, степень компенсации влияния фазовых флуктуаций (коэффициент фильтрации K_c) определяется видом выбранного варианта управления и значением коэффициента усиления. Наименее эффективным с точки зрения подавления флуктуационных помех является построение схемы с использованием регулировки назад. Применение регулировки вперёд обеспечивает несколько более высокое качество компенсации. Наиболее эффективной работа автокомпенсатора оказывается при использовании двойного регулирования.

Работа выполнена при поддержке научной программы Министерства образования РФ.

Библиография:

1. Попов П.А., Жайворонок Д.А., Курилов И.А. и др. Автоматические компенсаторы амплитудно-фазовых искажений / Под ред. П.А. Попова.- Воронеж: Воронежская высшая школа МВД России, 1998. –200с.
2. Курилов И.А., Булкин В.В., Костров В.В. Динамические характеристики формирователя калибровочного сигнала метеорадиолокатора.// Дистанционное зондирование земных покровов и атмосферы аэрокосмическими средствами./ Труды Всерос. научн. конф. -Муром, 20-22 июня 2001. - С.509-513.
3. Курилов И.А., Булкин В.В., Костров В.В. Влияние дестабилизирующего фактора на шумовые характеристики автокомпенсаторов фазовых помех.// Перспективные технологии в средствах передачи информации./ Материалы IV междунар. научн.-техн.конф. – Владимир: «РОСТ», 2001. –С.224-226.
4. Курилов И.А., Попов П.А., Сергеев В.Н. Цифровое моделирование автокомпенсатора помех доплеровского метеорадиолокатора.// Применение дистанционных радиофизических методов в исследованиях природной среды./ Сб. докл. III Всерос. научн. конф. –Муром, 17-18 июня 1999.- С.190-191.