

Г.С. Васильев
Научный руководитель: канд.техн.наук, проф. И.А. Курилов
Муромский институт Владимирского государственного университета
602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, д.23
e-mail: vasilievgleb@yandex.ru

Применение автокомпенсатора фазовых искажений с комбинированным регулированием для улучшения шумовых характеристик формирователя сигналов с ЦВС и ФАПЧ

Амплитудные и фазовые искажения оказывают негативное воздействие на качество выходного сигнала цифровых вычислительных синтезаторов частот (ЦВС), причем вклад фазовых искажений является более существенным [1]. К появлению амплитудных и фазовых искажений приводят переходные процессы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) ЦВС, джиттер блоков синтезатора и интерфейсов между блоками, внешние и внутренние дестабилизирующие факторы. Автокомпенсатор фазовых искажений (АКФИ) позволяет эффективно уменьшить уровень побочных отклонений фазы выходного сигнала синтезатора.

Метод автоматической компенсации фазовых искажений с регулированием по отклонению основан на выделении закона паразитного отклонения фазы выходного сигнала ЦАП ЦВС и последующем противофазном отклонении тактового сигнала ЦАП в управляемом фазовращателе (УФ) под действием выделенного сигнала [1-3]. Таким образом, отклонение фазы выходного сигнала ЦВС компенсируется противофазным изменением задержки тактового сигнала. Метод не требует индивидуальной калибровки отдельных блоков синтезатора, обеспечивает компенсацию помех с частотой, близкой к основной частоте сигнала, и может применяться вместе с фильтрацией.

В данной работе предлагается использовать для построения тракта автокомпенсации принцип комбинированного регулирования и формирования опорного сигнала тракта автокомпенсации с использованием делителя частоты системы ФАПЧ для улучшения компенсационных свойств устройства.

На рис. 1 представлена структурная схема формирователя сигналов на основе ЦВС, ФАПЧ и АКФИ с комбинированным регулированием. На схеме обозначены блоки: ОГ – опорный генератор, УЧ – умножитель частоты на ФАПЧ, ЦАП – цифроаналоговый преобразователь ЦВС, УФ – управляемый фазовращатель, ФЦ – сглаживающий фильтр на выходе ЦВС, ФВ1 и ФВ2 – неуправляемые фазовращатели, ИТ1 и ИТ2 – информационные тракты, ФДА1 и ФДА2 – фазовые детекторы автокомпенсатора, Ф, Ф1 и Ф2 – фильтр системы ФАПЧ и фильтры управляющих трактов автокомпенсатора, У1 и У2 – усилители постоянного тока, С – сумматор. УЧ на ФАПЧ включает в себя ФД, фильтр нижних частот (Ф), генератор, управляемый напряжением (ГУН) и делитель с переменным коэффициентом деления (ДПКД), равным $N_{\text{ДПКД}}$. Каждый информационный тракт автокомпенсатора (ИТ1 и ИТ2) состоит из дифференцирующей цепи (ДЦ1 и ДЦ2), двухполупериодного выпрямителя (ДВ1 и ДВ2) и Т-триггера (Тр1 и Тр2). Детекторы ФДА1 и ФДА2, а также фильтры (Ф1 и Ф2) и усилители (У1 и У2) образуют управляющие тракты автокомпенсатора (УТ1 и УТ2). На схеме также обозначено: $e_{\text{ОГ}}$, $e_{\text{УФ}}$ и $e_{\text{П}}$ - дестабилизирующие факторы, воздействующие на ОГ, УФ и звенья ЦВС соответственно, $D_{\text{вых}}$ – отклонение фазы выходного сигнала формирователя под действием дестабилизирующих факторов (выходной параметр устройства), $S_{\text{П}}$ – код выходного сигнала ЦВС.

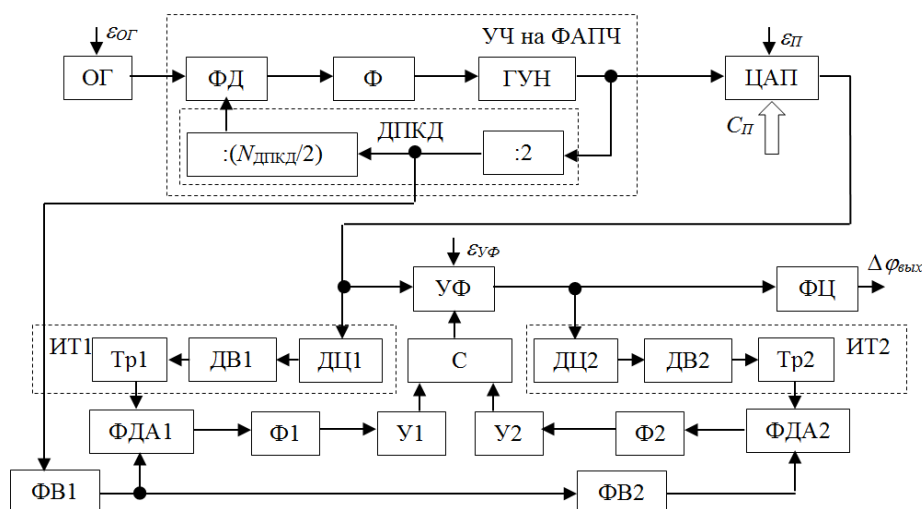


Рис. 1. Структурная схема формирователя сигналов на основе ЦВС, ФАПЧ и АКФИ с комбинированным регулированием

Для анализа стационарных и переходных режимов работы формирователя сигналов как при малых, так и при больших дисперсиях фазовых флуктуаций была выполнена непрерывная кусочно-линейная аппроксимация [4] характеристик трех блоков устройства: фазовых детекторов автокомпенсатора ФДА1 и ФДА2, а также ГУН. На основе линеаризованной модели формирователя были получены выражения передаточных функций устройства:

- передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ОГ - фаза выходного сигнала»;
- передаточная функция «Дестабилизирующий фактор ЦАП - фаза выходного сигнала»;
- передаточная функция «Дестабилизирующий фактор УФ - фаза выходного сигнала».

Структура полученных передаточных функций формирователя сигналов на основе ЦВС, ФАПЧ и АКФИ показывает, что применение комбинированного регулирования в тракте автокомпенсации позволяет существенно увеличить подавление фазовых искажений устройства и достигнуть условия полной компенсации медленных фазовых отклонений ЦВС при значении коэффициента регулирования по возмущению $N_1=1$.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-05542

Литература

1. Рудаков А.М., Курилов И.А., Харчук С.М., Романов Д.Н. Математическое моделирование автокомпенсации фазовых помех на выходе ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2 (10), 2013. – С. 19-25.
2. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. //Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2, 2014. – С. 30-38.
3. Васильев Г.С., Суржик Д.И., Харчук С.М., Курилов И.А. Шумовые свойства формирователя сигналов с автокомпенсацией фазовых помех. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2015. № 4 (20). С. 5-12.
4. Курилов И.А., Ромашов В.В., Жиганова Е.А., Романов Д.Н., Васильев Г.С., Харчук С.М., Суржик Д.И. Методы анализа радиоустройств на основе функциональной аппроксимации. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014. № 1 (13). С. 35-49.