

УДК 621.396.662

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ФАПЧ, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНОЙ СРЕДЫ

А.А. Крылов

Научный руководитель – д.т.н., профессор Ю.А. Гелозе

Технологический институт Южного федерального университета, г. Таганрог

В работе рассматриваются цифровые синтезаторы частоты (ЦСЧ), построенные на основе системы ФАПЧ. Целью работы является обеспечение высокого качества синтезируемого сигнала в условиях экспериментального воздействия факторов агрессивной среды, приводящих к деградации со временем показателей качества импульсно-фазовых детекторов (ИФД), использующих электронные ключи, и большой собственной долговременной нестабильности частоты управляемого генератора (УГ). Для достижения этой цели решается задача максимизации частоты среза системы при выбранном с запасом ослаблении пульсаций с частотой дискретизации и заданном запасе устойчивости по фазе.

Вычисления произведены на ЭВМ с использованием средств программы MathCad 2000. Результаты вычислений показали, что при некотором порядке n фильтра ФНЧ нормированная частота среза системы достигает максимума. Таким образом, существует оптимальный порядок ФНЧ, обеспечивающий максимум частоты среза системы и, следовательно, максимум ее полосы пропускания, в пределах которой ослабляются собственные фазовые шумы УГ.

Оптимальные порядки ФНЧ при подавлении пульсаций 40, 60, 80, 100 и 120 дБ равны соответственно 5, 7, 9, 12 и 14. Выигрыш в увеличении полосы пропускания системы уменьшается с увеличением n , если порядок ФНЧ близок к оптимальному. Поэтому можно ввести понятие целесообразного для практики порядка n . Например, введя пятипроцентный порог, можно полагать, что переход от фильтра порядка n к фильтру порядка $n+1$ целесообразен, если выигрыш в увеличении полосы пропускания равен или превышает 5%. Для подавления пульсаций на 40, 60, 80, 100 и 120 дБ при пятипроцентном пороге целесообразны порядки 4, 5, 7, 8, и 9 соответственно.

Поскольку обеспечение функционирования ЦСЧ и ИФД типа «выборка-запоминание» в аномальных условиях окружающей среды осуществляется введением запаса по подавлению пульсаций управляющего напряжения, интерес могут представлять данные по уменьшению полосы пропускания системы при дополнительном повышении подавления пульсаций с помощью ФНЧ. Если функционирование ЦСЧ в некоторых заданных условиях и с требуемой спектральной чистотой синтезируемого сигнала обеспечивается при подавлении пульсаций на 40, 60, 80, 100 и 120 дБ с помощью ФНЧ оптимальных порядков, то, например, если для работы в аномальных условиях ввести запас подавления пульсаций на 20 дБ, т.е. подавление пульсаций сделать равным 60, 80, 100, 120 и 140 дБ, полоса пропускания системы уменьшится на 28%, 22%, 18%, 15% и 13% соответственно. Таким образом, уменьшение спектральной плотности мощности негармонических составляющих в 100 раз приводит к потере полосы пропускания системы приблизительно на 20%.

По результатам вычислений можно определить, что, например, для ЦСЧ КВ-диапазона с шагом сетки частот 5 кГц при уровне негармонических составляющих (минус) 100 дБ ресурс управления по частоте в десятки-сотни раз превышает долговременную нестабильность частоты управляемых автогенераторов, функционирующих в условиях изменения температуры окружающей среды $\pm 50^\circ\text{C}$.