

К. т. н. В. Б. КАТОК, А. А. МАНЬКО

Украина, г. Киев, Институт связи

Дата поступления в редакцию

13.11 1998 г. — 30.03 1999 г.

Оппоненты к. т. н. В. П. НОКЕЛЬ, О. П. БАСЮК

## АЛГОРИТМ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АУТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ В РЕЖИМ СИНХРОНИЗМА

*Обеспечивается высокая устойчивость режима синхронизации и малый уровень частотных шумов.*

*The high stability of mode synchronization and low level of phase noises is provided.*

Как известно, одним из эффективных методов улучшения спектральных характеристик выходного сигнала автогенераторов является синхронизация их частоты колебаниями внешнего опорного источника. Одним из способов, с помощью которых достигается режим синхронизации, является использование петли фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) [1, с. 63]. В режиме синхронизации *долговременная* стабильность частоты колебаний синхронизированного генератора определяется стабильностью источника синхронизирующих колебаний. Задача же обеспечения высокой *кратковременной* стабильности частоты генераторов непосредственно связана с уменьшением уровня частотных шумов. При этом уровень частотных шумов определяется степенью расстройки частоты свободных колебаний синхронизируемого генератора и синхронизирующего сигнала.

Следует также отметить, что высокий уровень кратковременной стабильности особо актуален для систем передачи при синхронизации генераторной системы на приемной стороне от тактовой частоты передачи противоположного полукомплекта, что определяется случаями кратковременного замирания приходящего сигнала, когда уровень частотных шумов может приводить к ошибкам при регенерации. Кроме того, в случае применения системы ФАПЧ в качестве демодулятора двоичных сигналов полная вероятность ошибки возрастает с увеличением частотной расстройки [2, с. 320].

Таким образом, является актуальной проблема уменьшения расстройки — т. е. установления частоты свободных колебаний синхронизируемого генератора в центре полосы синхронизации. Однако в процессе перестройки синхронизируемого генератора, при попадании частоты его сигнала в пределы полосы захвата  $\Delta f_c$  ( $f_c$  — частота синхронизирующего сигнала), происходит захват его частоты синхронизирующим сигналом, и критерии дальнейшей настройки (биения разностной частоты, например) отсутствуют.

С целью устранения указанного недостатка может быть предложен способ синхронизации перестраиваемого генератора, описанный в [3]. Этот способ, использующийся для инжекционной синхронизации, применим также в системах, использующих петлю фазовой автоподстройки частоты.

Устройство, его реализующее, представлено на **рис. 1** и работает следующим образом. Синхронизирующий сигнал подается с выхода опорного генератора 1 через управляемый аттенуатор 2 на первый вход фазового детектора 3 системы ФАПЧ, на второй вход которого подаются колебания генератора, управляемого напряжением (ГУН) 6. При начальной расстройке сигналов по частоте, превышающей ширину полосы захвата  $\Delta f_c$ , режим синхронизации отсутствует, и в системе ФАПЧ имеет место режим биений, для которого характерно неравенство частот  $f_c$  и  $f_r$  ( $f_r$  — частота свободных колебаний ГУН). В таком режиме разность фаз обоих генераторов непрерывно возрастает, а напряжение на выходе фазового детектора периодически изменяется. В этом случае сигнал на выходе детектора

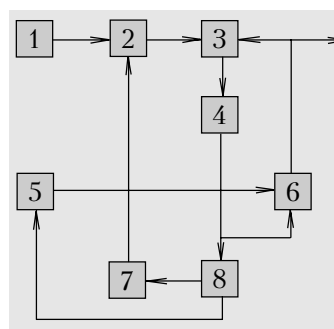


Рис. 1. Структурная схема системы ФАПЧ:

1 — опорный генератор; 2 — управляемый аттенуатор; 3 — фазовый детектор; 4 — усилитель постоянного тока; 5 — блок перестройки частоты; 6 — генератор, управляемый напряжением; 7 — счетчик по модулю два; 8 — детектор синхронизма

синхронизма 8 системы ФАПЧ отсутствует, и на выходе счетчика по модулю два 7 (дополнительно введенного в систему) имеется низкое выходное напряжение (нулевой уровень), что соответствует нулевому затуханию управляемого аттенуатора 2.

Под действием напряжения на выходе детектора синхронизма и при отсутствии сигнала синхронизма блок перестройки частоты 5 формирует управляющее напряжение, изменяющее выходную частоту генератора 6, управляемого напряжением, до достижения режима синхронизма. После этого на выходе детектора синхронизма появляется первый сигнал

синхронизма, от которого срабатывает счетчик по модулю два. Высокий выходной потенциал счетчика устанавливает скачком величину затухания аттенюатора равной  $\alpha$ . При этом в связи с уменьшением мощности синхронизирующего сигнала уменьшается полоса захвата системы ФАПЧ, режим синхронизации нарушается, исчезает сигнал синхронизма на выходе детектора синхронизма и перестройка генератора, управляемого напряжением, продолжается до появления второго сигнала синхронизма на выходе детектора. Этот сигнал возвращает счетчик по модулю два в исходное состояние с низким напряжением на выходе, в результате чего затухание управляемого аттенюатора становится равным нулю.

Одновременно второй сигнал синхронизма, воздействуя на блок перестройки частоты, прекращает перестройку ГУН. Наступление синхронизма во второй раз означает, что частота генератора, управляемого напряжением, находится в пределах уменьшенной полосы захвата  $\Delta f_c$ , и расстройка между  $f_c$  и  $f_T$  достаточно мала.

Временная диаграмма процесса настройки системы ФАПЧ изображена на **рис. 2**. В результате уменьшения затухания аттенюатора до нуля мощность синхронизирующего сигнала принимает первоначальное значение, и частота  $f_T$  находится практически в центре полосы синхронизации. Это обеспечивает высокий уровень стабильности режима синхронизации и малый уровень частотных шумов, а также малую вероятность ошибки в случае применения системы ФАПЧ в качестве демодулятора двоичных сигналов.

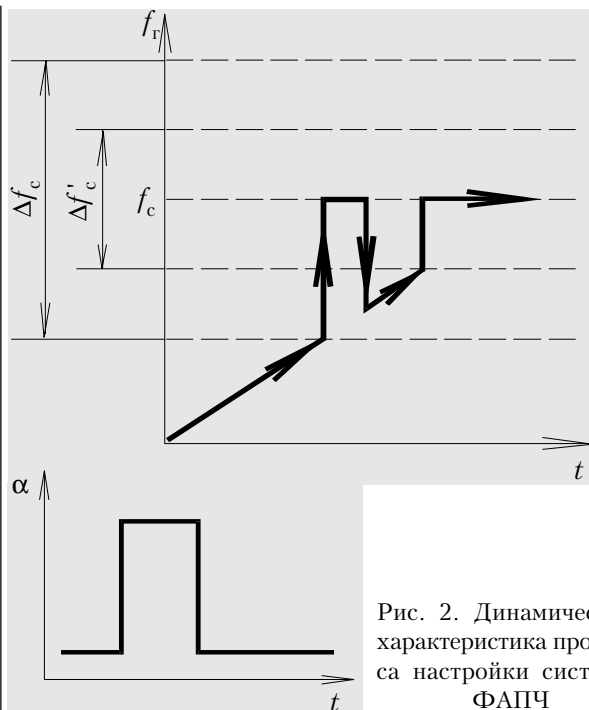


Рис. 2. Динамическая характеристика процесса настройки системы ФАПЧ

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Рыжков А. В., Попов В. Н. Синтезаторы частот в технике радиосвязи. — М.: Радио и связь, 1991.
2. Клэппер Дж., Фрэнкл Дж. Системы фазовой и частотной автоподстройки частоты. — М.: Энергия, 1977.
3. А. с. 1187268 СССР. Устройство синхронизации генератора / В. П. Сыч, А. А. Манько. Оpubл. в Б.И., 1982, № 20.

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

(Москва, (095) 198-72-10)

принимает заказы на издания

### МОНОГРАФИЯ

Барвинок В. А., Богданович В. И. **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ВАКУУМНЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ**. М., 1998, 80 с.

*В монографии на основе современных представлений изложены результаты научных исследований, выполненных авторами в области вакуумного ионно-плазменного напыления. Проведен системный анализ процессов получения покрытий, выделены и рассмотрены физические и математические модели основных явлений, ответственных за обеспечение качества изделий с покрытиями. Изложены основы управления технологией напыления. Даны практические рекомендации и приведен обширный фактический материал реализации данной технологии в промышленности.*

**Для научных и инженерно-технических специалистов, занятых в области получения покрытий, а также для преподавателей, студентов и аспирантов технических вузов и университетов.**

Цена 3 ам. долл.