

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова  
Кафедра динамики электронных систем

**Л. Н. Казаков**

# **Расчет однокольцевого ИФАПЧ синтезатора частот с применением программы ADISimPLL 3.0**

*Методические указания*

*Рекомендовано*

*Научно-методическим советом университета для студентов,  
обучающихся по специальностям Радиотехника,  
Радиофизика и электроника, Радиофизика*

Ярославль 2009

УДК 537.86  
ББК 3 848я73  
К 14

*Рекомендовано  
Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного издания. План 2009 года*

Рецензент  
кафедра динамики электронных систем  
Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова

**Казаков, Л.Н. Расчет однокольцевого ИФАПЧ синтезатора частот с применением программы ADISimPLL 3.0: метод. указания / Л.Н. Казаков; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2009. – 52 с.**

Рассмотрены основные этапы проектирования синтезаторов частоты на основе импульсных ФАПЧ с применением программы ADISimPLL. Основу синтезатора составляет однокольцевая астатическая импульсная ФАПЧ с частотно-фазовым детектором с тремя устойчивыми состояниями и зарядовой накачкой на выходе. Программа позволяет выполнить синтез петлевого фильтра, обеспечивающего требуемые динамические и статистические характеристики синтезатора при выбранных цифровом модуле, опорном и перестраиваемом по частоте генераторах.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальностям 210302 Радиотехника, 010801 Радиофизика и электроника, 010800.62 Радиофизика (дисциплины «Устройства генерирования и формирования радиосигналов», «Теория частотного синтеза», блоки ДС, ФТД), очной формы обучения.

УДК 537.86  
ББК 3 848я73

© Ярославский государственный  
университет им. П. Г. Демидова, 2009

## Введение

**ADISimPLL** – интерактивная программа фирмы Analog Devices для расчета синтезаторного кольца ИФАПЧ, спроектированного с использованием микросхем серии **ADF4000**. Программа расположена на сайте фирмы Analog Devices ([www.analog.com/pll](http://www.analog.com/pll)).

Программа позволяет существенно упростить и ускорить процедуру проектирования и анализ характеристик синтезатора в переходном и установившемся режимах.


Теоретические основы проектирования ИФАПЧ синтезаторов базируются на ряде положений теории автоматического регулирования. Среди них частотные методы анализа, устанавливающие связь между параметрами частотных характеристик разомкнутого кольца и характеристиками кольца ИФАПЧ. К числу таких параметров относятся частота единичного усиления разомкнутого кольца, запас устойчивости по фазе, с которыми напрямую связаны длительность переходного процесса и величина колебательности переходной характеристики. Применение логарифмических частотных характеристик позволяет установить механизм преобразования спектральной плотности мощности различных помех внутри кольца в спектральную плотность фазовых флуктуаций синтезируемого сигнала и выполнить ее необходимый расчет.

Проектирование синтезатора на основе ИФАПЧ заключается в выполнении следующих шагов:

- определение частотных требований к синтезируемым сигналам и выходным узлам синтезатора;
- выбор цифровой микросхемы серии ADF (*chip*);
- выбор перестраиваемого генератора (*VCO*);
- выбор опорного кварцевого генератора (*Reference*);
- выбор типа петлевого фильтра (*loop filter*);
- моделирование, анализ характеристик кольца, коррекция параметров отдельных звеньев.

Выбор цифрового модуля, перестраиваемого генератора и опорного генератора и режимов их работы связан в первую очередь с динамическими характеристиками синтезатора. Выбор

петлевого фильтра является заключительным этапом и во многом определяется требованиями к спектральным характеристикам синтезируемого сигнала. К числу их относятся: уровень дискретных паразитных составляющих, спектральная плотность мощности фазовых флуктуаций при заданных отстройках по частоте, паразитное отклонение частоты в заданной полосе частот (ПОЧ), паразитное отклонение фазы в заданной полосе частот (ПОФ).

Программа предусматривает возврат к предыдущим страницам расчета по результатам текущего анализа динамических и спектральных характеристик. Для этого достаточно воспользоваться кнопкой **Back**. После завершения всего проекта свой выбор можно изменить с помощью кнопки  (**Edit/PLL Configuration**) на главной панели.

## 1. Основные этапы проектирования

### 1.1. Предварительный выбор цифрового модуля



Рис. 1. Предварительный выбор цифрового модуля

В окне на рис. 1 вы указываете цифровую микросхему, с которой заранее определились или выбираете микросхему из предложенного списка. В противном случае выберите опцию **choose**

**later.** Опция **View Online Datasheet** позволяет получить дополнительную информацию о выбранной микросхеме на страницах сайта [www.analog.com](http://www.analog.com). В таблице **View Selector Guide** описаны следующие свойства микросхем:

**Config** – конфигурация микросхемы (*single* или *dual*);

**Type** – тип микросхемы (с целым (*int-N*) или дробным (*frac-N*) коэффициентом деления);

**VCO** – *yes*, если перестраиваемый генератор встроен в микросхему, *no*, если не встроен;

**$F_{min}$**  – минимально допустимая частота перестройки VCO, МГц;

**$F_{max}$**  –максимально допустимая частота перестройки VCO, МГц;

**PN Floor** – предельное значение спектральной плотности мощности фазового шума, отнесенное к мощности несущей, дБс/Гц;

**Max Ref** – минимально допустимая частота опорного генератора, МГц;

**$V_{cc} (min)$**  – минимальное напряжение питания, В;

**$V_{cc} (max)$**  – максимальное напряжение питания, В;

**$V_p$**  – допустимое напряжение зарядовой накачки, В;

**$I_{cc}$**  – рабочий ток, мА.

## 1.2. Выбор типа синтезатора

Начальный этап выполняется с помощью окна, приведенного на рис. 2. Указываются следующие признаки синтезатора:

**The PLL has to:** необходимо указать, синтезируется диапазон частот или сигнал определенной частоты.

**SimPLL should:** в случае синтеза диапазона частот при необходимости можно выполнить проверку реализуемости диапазона с помощью функции **Check that**.

**The PLL is:** выберите тип коэффициента деления, который может быть целочисленным либо дробным.

**I want to specify the:** задайте шаг частотной сетки либо частоту фазового детектора.

С помощью окна на рис. 3 задайте диапазон синтезируемых частот, частоту фазового детектора, частоту опорного генератора.