

### Математическое моделирование систем с автоматической подстройкой частоты

В данной работе были исследованы методы автоматической подстройки частоты методами математического моделирования, а также рассмотрены назначение и классификация устройств автоматической подстройки частоты (АПЧ), их параметры, которые называются показателями качества процесса регулирования и характеризуют работу устройств АПЧ. Кратко рассмотрены



Рис. 1. Структурная схема АПЧ

звенья, входящие в устройство АПЧ.

Выведено обобщенное уравнение автоматической подстройки частоты:

$$\Delta f_{ст}(p) = K_1(p)\Delta f_{стс}(p) + K_2(p)\Delta f_{эт}(p).$$

Была проанализирована частотная автоподстройка частоты. В частности – звенья устройства. Рассмотрена электрическая схема частотного дискриминатора балансного типа. А также схемы управления частотой автогенератора: с варикапом и ферритом. В ходе работы проанализировали линейную и нелинейную модели АПЧ.

С помощью математического пакета Mathcad составлена программа, позволяющая исследовать работу нелинейной АЧП 1-го и 2-го порядка в широком диапазоне изменения ее параметров: характеристик дискриминатора и фильтра нижних частот, коэффициента регулирования. В составленной программе решение нелинейного дифференциального уравнения проводится с помощью метода Рунге-Кутты 4-го порядка.

Проведенный анализ и составленные на его основании программы по расчету нелинейной АЧП 1-го и 2-го порядков позволяют исследовать их работу при разных видах характеристик частотного дискриминатора, широком изменении параметров фильтра и управляющего элемента, а также разных начальных расстройках частоты стабилизируемого автогенератора относительно номинального значения. По программам можно рассчитать переходный процесс, определить время установления частоты стабилизируемого автогенератора, точность устройства и полосу схватывания.

Также была рассмотрена фазовая автоподстройка частоты (ФАП). Здесь также были проанализированы звенья ФАП. Рассмотрена работа электрической схемы фазового дискриминатора. Рассмотрены установившийся и динамический режимы работы ФАП. С помощью математического пакета Mathcad составлена программа, позволяющая исследовать работу нелинейной модели ФАП 2-го порядка в широком диапазоне изменения ее параметров. В составленной программе решение нелинейного дифференциального уравнения проводится с помощью метода Рунге-Кутты 4-го порядка. Проанализированы результаты расчетов.

Также рассмотрена автоматическая подстройка частоты в синтезаторе частот. Проанализирована работа структурной схемы синтезатора частот.

## Секция 16. Моделирование радиоэлектронных устройств и систем

Проведенное математическое моделирование позволило разработать программы расчета в среде Mathcad, которые облегчают исследование систем с автоматической подстройкой частоты, при изменяющихся параметрах входных сигналов и номиналов элементов устройств. Построенные графические зависимости показывают работу этих устройств не только в установившемся и статическом режимах, но и в переходном и динамическом.