

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДСТРОЙКИ ФАЗЫ СИНХРОНИЗИРОВАННОГО ГЕНЕРАТОРА С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Куцко Д.И. Тарабаш Н.А.

Ползунов В.В. – к.т.н., доцент

В работе приведены экспериментальные статические модуляционные характеристики синхронизированного автогенератора с дополнительной обратной связью. В динамическом режиме получен коэффициент стабилизации фазы равный $K_{см} = 50$

В статье приводятся результаты экспериментального исследования синхронизированного автогенератора с АПФ, в котором для управления фазой используется электрически управляемый фазовращатель в цепи внешней высокочастотной дополнительной обратной связи (ДОС), где уровень мощности на 15-20 дБ ниже выходной мощности СГ, что упрощает конструкцию устройства при стабилизации фазового набега в мощных СВЧ генераторах.

Экспериментальные исследования стабилизации свойств рассматриваемой системы АПФ проводились на десятиваттном магнетронном генераторе непрерывного режима трехсантиметрового диапазона. Фазовый модулятор выполнен на параметрическом диоде типа 1A401A.

Статические модуляционные характеристики синхронизированного генератора с ДОС, представляющие зависимость фазового сдвига в СГ от фазы в цепи ДОС $[\phi = f(\psi)]$, показаны на рис. 1. Приведенные на рисунке характеристики снимались при разомкнутом кольце АПФ для различных мощностей в цепи дополнительной обратной связи (P_{OC}), а фаза в цепи ДОС изменялась установочным фазовращателем вручную. Из рис.1 видно, что при увеличении мощности в цепи ДОС изменение фазового сдвига и крутизна статической модуляционной характеристики возрастает, а при увеличении мощности синхронизирующего сигнала уменьшается.

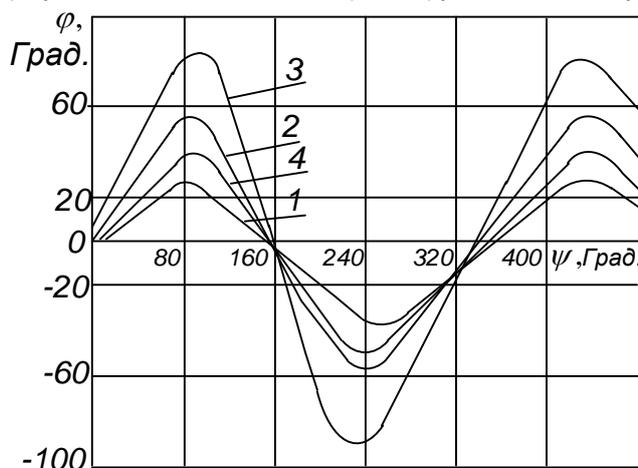


Рис. 1 – Статические модуляционные характеристики СГ с ДОС:

- 1 - $P_{OC} = -13\text{дБ} P_0$; $P_C = -15\text{дБ} P_0$; 2 - $P_{OC} = -10\text{дБ} P_0$; $P_C = -10\text{дБ} P_0$; 3 - $P_{OC} = -7\text{дБ} P_0$; $P_C = -15\text{дБ} P_0$;
4 - $P_{OC} = -10\text{дБ} P_0$; $P_C = -10\text{дБ} P_0$;

Таким образом, варьируя мощностями синхронизирующего сигнала и сигнала в цепи ДОС можно получить изменения фазового сдвига от $-\pi/2$ до $+\pi/2$, а также значительно менять крутизну статической модуляционной характеристики.

При проверке работы схемы в динамическом режиме синхронизируемый генератор модулировался по питанию от звукового генератора, что имитировало возможные изменения режима работы прибора в процессе эксплуатации. В этом случае фазовый сдвиг в синхронизируемом генераторе контролировался по осциллографу, подключенному к выходу фазового детектора. При этом, в кольце АПФ использовался усилитель переменного тока типа У2-8.

На рис. 2 приведены экспериментальные осциллограммы напряжений с выхода фазового детектора при разомкнутом (кривая 1) и замкнутом (кривая 2) кольце АПФ. Амплитудный масштаб на рис.3 составляет 3 град/дел. Из сравнения осциллограмм видно, что коэффициент стабилизации фазы равен примерно 50, а остаточный уход фазы не превышает 0,3 градуса. Проведенные исследования показали, что стабилизация фазы наблюдается как на участке с положительной так и отрицательной крутизной статической модуляционной характеристики, но при противоположных полярностях сигнала – с выхода усилителя.

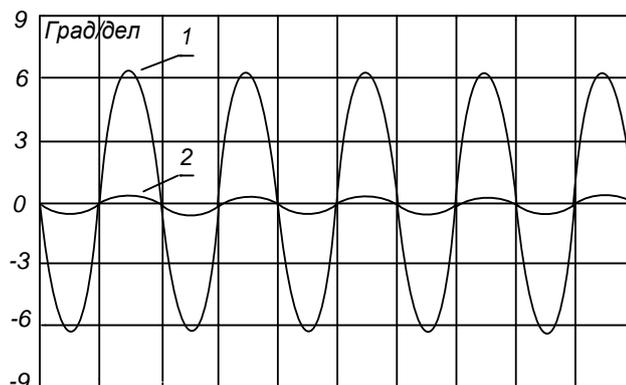


Рис. 2 Оциллограммы напряжений на выходе фазового детектора в динамическом режиме:
1 – при разомкнутом кольце АПФ, 2 – при замкнутом кольце АПФ

Исследовались также фазочастотные характеристики (ФЧХ) СГ (рис. 3).

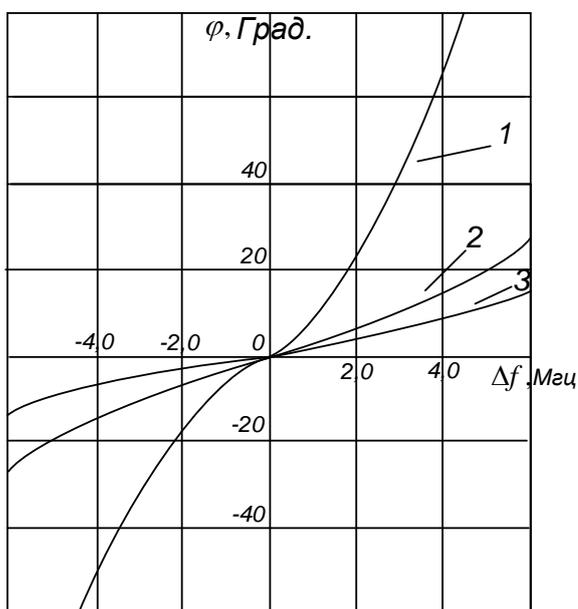


Рис. 3 Фазочастотные характеристики синхронизированного генератора:
1 – СГ без ДОС; 2 – СГ с ДОС при $P_{0C} = -13 \text{ дБ } P_0$ в разомкнутом кольце АПФ; 3 – СГ с ДОС при $P_{0C} = -13 \text{ дБ } P_0$ и замкнутом кольце АПФ

ФЧХ снимались в зависимости от настройки частоты выходного сигнала (частоты генерации) относительно частоты входного. $\Delta f = f_T - f_C$ при мощности синхронизирующего сигнала $P_C = -10 \text{ дБ}$ относительно P_0 . В качестве усилителя в кольце АПФ использовался усилитель постоянного тока У5-9. Как видно из рис.3 система АПФ позволяет уменьшить крутизну ФЧХ в середине полосы синхронизации с 9 град/МГц для СГ без ДОС до 1,5 град/МГц для СГ с АПФ, т.е в 6 раз. Меньший коэффициент стабилизации фазового сдвига на рис.3 по сравнению с рис.2 объясняется тем, что коэффициент усиления усилителя постоянного так был на порядок меньше, чем коэффициент усиления усилителя переменного тока.

Принимая полосу синхронизации по уровню φ (рис. 3) как полосу частот, внутри которой фазовый сдвиг не превышает определенного значения (например $\varphi = 10^0$), полоса синхронизации генератора с ДС увеличивается примерно в 2 раза, а при использования ДОС с АПФ в 5 раз. Таким образом, кроме стабилизации фазового набега, дополнительная обратная связь с АПФ позволяет в несколько раз увеличить полосу синхронизации генератора по сравнению с СГ без ДОС.

Использование высокочастотной ДОС в синхронизируемых генераторах позволяет создавать эффективную систему стабилизации фазового набега и значительно увеличивать полосу синхронизации генератора. Расширение полосы синхронизации генератора даёт возможность передачи сигналов с большей девиацией частоты или значительного уменьшения уровня мощности входного сигнала при одних и тех же нестабильностях фазы на выходе синхронизированного генератора.