

**АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТНОГО СИНТЕЗА**

Многие элементы или блоки системы цифрового частотно-го синтеза (СЦЧС) могут являться источниками помех, в связи с этим систему ЦЧС рассматривают как систему со многими входами.

Определенный интерес представляет нахождение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) СЦЧС для помех, приложенных ко входу фильтра нижних частот (регулярные помехи в СЦЧС), внутренних помех синхронизируемого генератора (СГ) и для помех, воздействующих на входной сигнал формирующего устройства (ФУ) в канале СГ (в этой точке СЦЧС самая малая крутизна запускающего фронта у функционального сигнала [1]).

Структурная схема СЦЧС с источниками помех показана на рис. 1.

Определим АЧХ СЦЧС относительно помехи $U_{ш1}(t)$, приложенной ко входу ФНЧ. Из рис. 1 видно, что передаточная функция СЦЧС относительно $U_{ш1}(t)$ определяется выражением

$$\Phi_{ш1}(j\omega) = \frac{W_{ФНЧ}(j\omega) W_{сг}(j\omega)}{1 + W_{ФНЧ}(j\omega) W_{сг}(j\omega) W_{ФД}(j\omega) W_{ДПКД}(j\omega)}. \quad (1)$$

В качестве ФНЧ используем обычный интегрирующий фильтр с передаточной функцией:

$$W_{ФНЧ}(j\omega) = \frac{1}{T_{\Phi} j\omega + 1}. \quad (2)$$

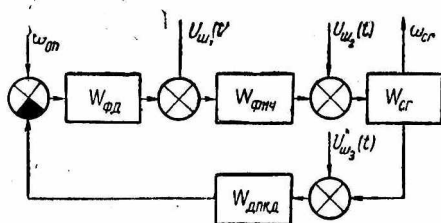


Рис. 1.

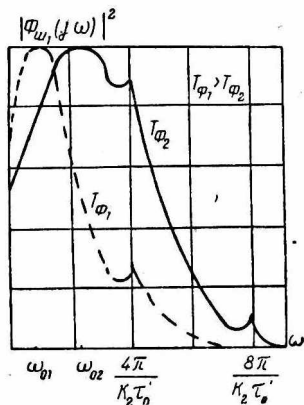


Рис. 2.

Используя передаточные функции остальных звеньев системы [2], получаем выражение для квадрата амплитудно-частотной характеристики СЦЧС:

$$|\Phi_{ш1}(j\omega)|^2 = \frac{\omega^2 S_{сг}^2}{\omega^2 + \left[S_{сг} K_{ФД} \left| \frac{4 \sin \frac{\omega K_2 \tau_0'}{4}}{\omega K_2 \tau_0'} \right| - T_{\Phi} \omega^2 \right]}, \quad (3)$$

где ω — текущее значение частоты;
 $S_{сг}$ — крутизна управляющей характеристики СГ;
 $K_{ФД} = \frac{A}{2\pi}$; A — амплитуда импульсов на выходе фазового детектора (ФД);
 K_2 — значение коэффициента деления делителя с переменным коэффициентом деления (ДПКД);
 τ_0' — период выходного колебания СГ;
 T_{Φ} — постоянная времени ФНЧ.

Функция $\left| \frac{4 \sin \frac{\omega K_2 \tau_0'}{4}}{\omega K_2 \tau_0'} \right|$ является амплитудно-частотной характеристикой ДПКД [3,4].

На рис. 2 графически показана зависимость $|\Phi_{ш1}(j\omega)|^2$.

Из (3) видно, что для уменьшения влияния помехи $U_{ш1}(t)$ на СГ в СЦЧС необходимо уменьшать $S_{ср}$ или максимально увеличить знаменатель в (3), т. е. сделать

$$\left[S_{ср} K_{ФД} \left| \frac{4 \sin \frac{\omega K_2 \tau_0'}{4}}{\omega K_2 \tau_0'} \right| - T_{\Phi} \omega^2 \right]$$

большой величиной.

Следует отметить, что в $|\Phi_{ш1}(j\omega)|^2$ есть пики (или один пик), определяемые значениями ω_0 , в которых

$$S_{ср} K_{ФД} \left| \frac{4 \sin \frac{\omega_0 K_2 \tau_0'}{4}}{\omega_0 K_2 \tau_0'} \right| = T_{\Phi} \omega_0^2. \quad (4)$$

Появление таких пиков можно объяснить следующим образом: действие помехи на СГ будет тем меньше, чем сильнее она подавляется ФНЧ — правая часть равенства (4), либо если велик уровень информации о помехе на выходе ДПКД и велика, таким образом, фильтрующая способность системы ЦЧС как системы автоматического регулирования — левая часть равенства (4). В области низких частот преобладает фильтрующее действие системы ЦЧС как системы автоматического регулирования, а в области более высоких частот — помехозащищенность системы ЦЧС обеспечивается все более сильным подавлением помехи $U_{ш1}(t)$ фильтром нижних частот. На частоте равенства двух помехозащитных факторов происходит появление пика (пиков) АЧХ в СЦЧС.

Из (4) и рис. 2 видно, что фильтрующие свойства СЦЧС относительно внешней помехи $U_{ш1}(t)$ повышаются с ростом T_{Φ} , т. е. по отношению к внешним помехам СЦЧС ведет себя как интегрирующее звено [5].

Путем аналогичных рассуждений получены выражения для АЧХ СЦЧС относительно помехи, действующей на входе управляющего элемента СГ:

$$|\Phi_{ш2}(j\omega)|^2 = \frac{\omega^2 S_{ср}^2 (1 + \omega^2 T_{\Phi}^2)}{\omega^2 + \left(S_{ср} K_{ФД} \left| \frac{4 \sin \frac{\omega K_2 \tau_0'}{4}}{\omega K_2 \tau_0'} \right| - \omega^2 T_{\Phi} \right)^2} \quad (5)$$

и относительно помех, воздействующих на входной сигнал ФУ в канале СГ:

$$|\Phi_{ш3}(j\omega)|^2 = \frac{\omega^2 (1 + \omega^2 T_{\Phi}^2)}{\omega^2 + \left(S_{ср} K_{ФД} \left| \frac{4 \sin \frac{\omega K_2 \tau_0'}{4}}{\omega K_2 \tau_0'} \right| - \omega^2 T_{\Phi} \right)^2} \quad (6)$$

Зависимости (5) и (6) графически показаны соответственно на рис. 3 и рис. 4.

Наличие пиков в АЧХ СЦЧС (3) и (5) объясняется отсутствием на частотах $\omega = \frac{4\pi q}{K_2 \tau_0}$ ($q = 1, 2, 3 \dots$) информации о помехе на выходе делителя частоты (ДПКД) и отсутствия, таким образом, регулирующего действия СЦЧС. Из (5) и рис. 3 видно, что увеличение постоянной T_Φ приводит к уменьшению

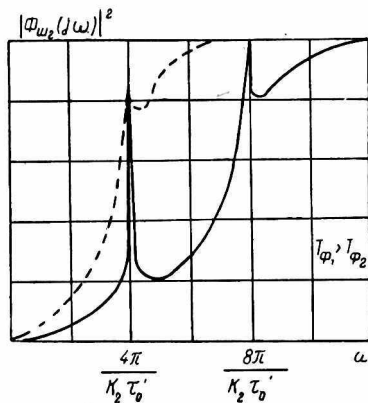


Рис. 3.

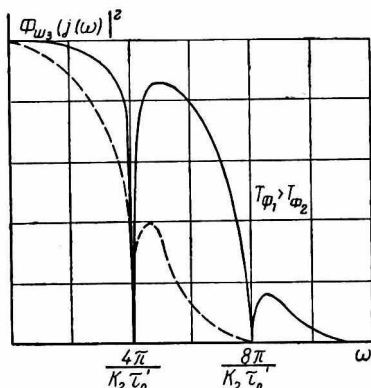


Рис. 4.

фильтрующих свойств СЦЧС относительно помех, действующих непосредственно на СГ, причем следует ожидать существенного подчеркивания низкочастотных компонент в спектре СГ СЦЧС.

Отсутствие информации о помехе на частотах полюсов АЧХ ДПКД приводит к тому, что в АЧХ СЦЧС для помех, действующих на входе ФУ в канале СГ, есть полюса подавления (рис. 4), т. е. по отношению к таким внешним помехам СЦЧС ведет себя как режекторный гребенчатый фильтр с огибающей ФНЧ. Следует подчеркнуть, что из (3), (5), (6) путем их минимизации могут быть сформулированы основные требования к параметрам системы ЦЧС, и, в частности, к T_Φ , исходя из знания доминирующего шумового фактора в системе ЦЧС. Так, для обеспечения АЧХ СЦЧС без пиков необходимо выбирать T_Φ как можно большей величины. Но это условие является одним из худших для помехозащищенности СЦЧС по отношению к внутренним помехам, т. е. при больших T_Φ в СЦЧС усложняется задача обеспечения высокой кратковременной стабильности сигнала СГ [6].

Используя полученные в данной работе соотношения и зная $S_{\omega_i}(\omega)$, спектральную плотность шума в различных точках

СЦЧС, можно с помощью следующего известного соотношения определить спектральную плотность флуктуаций частоты СГ:

$$S_{\omega_{\text{сг}}}(\omega) = \sum_{i=1}^n |\Phi_{\text{ш}_i}(j\omega)|^2 S_{\text{ш}_i}(\omega). \quad (7)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Губернаторов О. И., Зеленин А. Н., Демьянкова Е. Л. О действии помех на синхронизируемый генератор в системе цифрового частотного синтеза.— Сб. «Радиотехника». Вып. 21. Харьков, 1972, с. 47—55.
2. Губернаторов О. И., Зеленин А. Н. Математическое описание системы взаимной синхронизации группы автогенераторов методом цифрового частотного синтеза.— Сб. «Радиотехника». Вып. 21. Харьков, 1972, с. 55—59.
3. Зеленин А. Н., Дышук Л. А., Шестак Л. К. О действии периодической помехи на систему цифрового частотного синтеза.— Сб. «Радиотехника». Вып. 24. Харьков, 1973, с. 6—12.
4. Важенина З. П., Волкова Н. Н., Чадович И. И. Методы и схемы временной задержки импульсных сигналов. М., «Советское радио», 1971. 285 с.
5. Левин В. А. Стабилизация дискретного множества частот. М., «Энергия», 1970. 327 с.
6. Зеленин А. Н. О стабильности частоты синхронизируемого генератора в синхронных системах цифрового частотного синтеза.— Сб. «Радиотехника». Вып. 25. Харьков, 1973, с. 69—72.