

А. Н. ЗЕЛЕНИН, канд. техн. наук,
А. Ф. ИВАНЧЕНКО, *А. Г. ДОВБНЯ*

К ВОПРОСУ О ВКЛЮЧЕНИИ ВАРИКАПОВ СИНХРОНИЗИРУЕМЫХ ГЕНЕРАТОРОВ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТНОГО СИНТЕЗА

Повышенные требования к параметрам рабочих сигналов специализированной приемо-передающей аппаратуры [1, 2] обуславливают применение специальных методов при создании возбуждателей радиопередающих устройств и гетеродинов радиоприемных устройств. К числу таких методов в первую очередь следует отнести использование в подобных системах частото задающих устройств в виде синтезаторов дискретного множества частот, в том числе цифровых синтезаторов (ЦЧС).

Важный показатель выходного сигнала цифрового синтезатора — кратковременная стабильность частоты (ширина спектра фазовых шумов) в основном определяется параметрами самого синхронизируемого генератора [3, 4], поэтому понятен интерес, проявляемый исследователями к вопросам повышения стабильности частоты генераторов, управляемых напряжением.

В данной работе рассмотрены некоторые особенности включения варикапов в контур синхронизируемого генератора в системе ЦЧС. Из всего многообразия вариантов включения [5] рассматриваются случаи параллельного (А) и последовательного (Б) включения варикапов и основной емкости контура (рис. 1).

В работе [6] показано, что стабильность частоты автогенератора в большой степени зависит от величины относительного смещения для варикапа:

$$\alpha = \frac{U_{\sim}}{E_{\text{см}}}, \quad (1)$$

а также от относительной нелинейности емкости

$$\beta_A = \frac{C_B}{C^* + C_B}; \quad \beta_B = \frac{C^{**}}{C^{**} + C_B}, \quad (2)$$

где U_{\sim} — амплитуда переменного напряжения на варикапе (высокочастотного);

$E_{\text{см}}$ — величина напряжения смещения на варикапе;

C_B — статическая емкость варикапа при данном смещении $E_{\text{см}}$;

C^* , C^{**} — основная емкость схемы.

Из [6] следует, что для увеличения стабильности частоты автогенератора α и β необходимо уменьшать.

Рассмотрим зависимость α и β в функции от $E_{\text{см}}$ для вариантов А и Б включения варикапов (рис. 1);

$$\alpha_A = \frac{U_{\sim}}{E_{\text{см}}} = \frac{U_K E_0}{E_0 E_{\text{см}}} \quad (U_{\sim} = U_K),$$

где U_K — амплитуда напряжения на контуре;

E_0 — значение напряжения смещения, соответствующее номинальному значению емкости варикапа.

Из зависимости

$$\alpha_A / \frac{U_K}{E_0} = \frac{E_0}{E_{\text{см}}}, \quad (3)$$

представленной на рис. 2, а, видно, что на α_A не влияет коэффициент перекрытия результирующей емкости $C_A = C^* + C_B$:

$$\alpha_B = \frac{U_{\sim}}{E_{\text{см}}} = \frac{U_K}{E_{\text{см}}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{K_B - K_C}{K_C - 1} C_{\text{вн}}(E_{\text{см}})}, \quad (4)$$

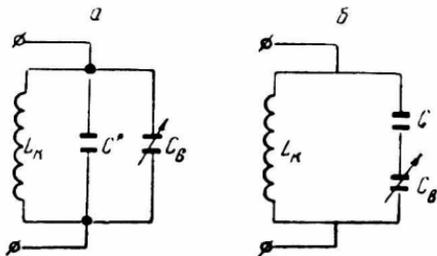


Рис. 1.

где $C_{вн}(E_{см}) = \frac{C_{в}(E_{см})}{C_{вмакс}}$ — нормированная характеристика зависимости емкости варикапа от $E_{см}$;

$K_c = \frac{K_{в} + m}{1 + m}$ — коэффициент перекрытия результирующей емкости контура;

$K_{в}$ — коэффициент перекрытия по емкости варикапа;

$$m = \frac{C_{вмакс}}{C^{**}}$$

Зависимость $\alpha_{б} / \frac{U_{к}}{E_0} = \varphi(E_{см})$ для $K_{в} = 3$ и различных K_c приведе-

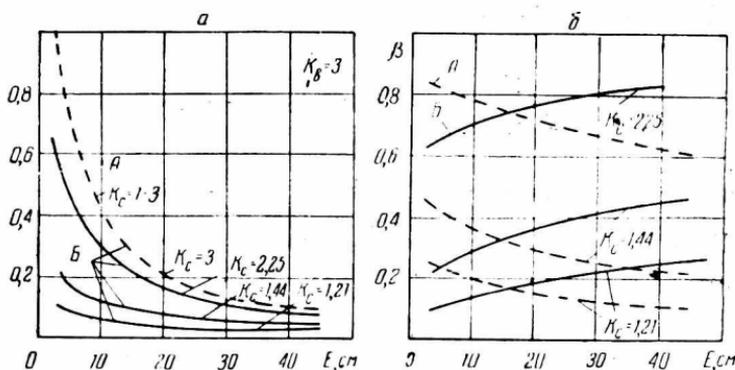


Рис. 2.

на на рис. 2 (величины K_c , равные 1,21; 1,44 и 2,25 выбирались с учетом коэффициентов перекрытия по частоте K_f , равных соответственно 1,1; 1,2; 1,5).

Из рис. 2 видно, что при малых коэффициентах перекрытия по частоте и $E_{см} < 10$ в $\alpha_{б}$ почти на порядок меньше $\alpha_{а}$.

Определим зависимость $\beta = \varphi(E_{см})$:

$$\beta_{а} = \frac{C_{в}(E_{см})}{C^{*} + C_{в}(E_{см})} = \frac{1}{1 + \frac{K_{в} - K_c}{K_{в}(K_c - 1) C_{вн}(E_{см})}}; \quad (5)$$

$$\beta_{б} = \frac{C^{**}}{C^{**} + C_{в}(E_{см})} = \frac{1}{1 + \frac{K_{в} - K_c}{K_c - 1} C_{вн}(E_{см})}. \quad (6)$$

Зависимости $\beta_{а} = \varphi(E_{см})$ и $\beta_{б} = \varphi(E_{см})$ приведены на рис. 3, откуда видно, что при $E_{см} < 10-15$ в $\beta_{б} < \beta_{а}$. В ряде случаев возраста-

ние β_B при увеличении $E_{см}$ желательно. Так, при увеличении $E_{см}$ добротность варикапа Q_B увеличивается быстрее, чем уменьшается, в результате увеличения частоты, а это выравнивает добротность контура Q_K в пределах диапазона. Иначе, при последовательном соединении варикапа и основной емкости конту-

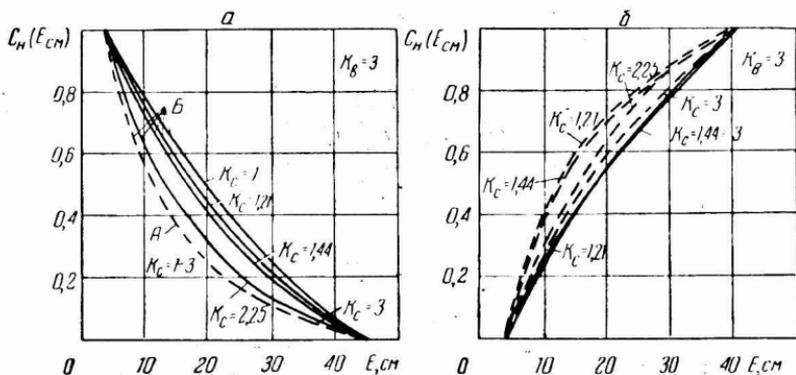


Рис. 3.

ра и при увеличении $E_{см}$ β_B возрастает, но возрастает и добротность Q_B , поэтому потери, вносимые варикапом в контур, остаются примерно одинаковыми в пределах всего диапазона.

Найдем функциональную зависимость емкости контура от напряжения смещения:

$$C_A(E_{см}) = C^* + C_B(E_{см}).$$

Пронормируем это значение:

$$C_{AH}(E_{см}) = \frac{C(E_{см}) - C_{мин}}{C_{макс} - C_{мин}} = \frac{K_B C_{BH}(E_{см}) - 1}{K_B - 1}. \quad (7)$$

Видим (рис. 3, а), что $C_{AH}(E_{см})$ не зависит от K_c и повторяет характеристику $C_B(E_{см})$.

Для варианта Б

$$C_B(E_{см}) = \frac{C^{**} C_B(E_{см})}{C^{**} + C_B(E_{см})},$$

откуда

$$C_{BH}(E_{см}) = \frac{K_B C_{BH}(E_{см}) - 1}{(K_B - K_c) C_{BH}(E_{см}) + K_c - 1}. \quad (8)$$

Из соотношения (8) и рис. 3, а видно, что при последовательном включении варикапа и C^{**} зависимость емкости от $E_{см}$ более линейна, причем линейность увеличивается с уменьшением K_0 (при неизменном K_B), что очень важно для узкодиапазонных автогенераторов.

Одной из основных характеристик управляемых напряжением генераторов является линейность его частотной характеристики по управляющему входу $f(E_{cm})$. Пронормируем $f(E_{cm})$:

$$f_n(E_{cm}) = \frac{f(E_{cm}) - f_{мин}}{f_{макс} - f_{мин}},$$

тогда

$$f_{A_n}(E_{cm}) = \frac{\sqrt{\frac{n+1}{n+C_{B_n}(E_{cm})}} - 1}{K_f - 1}, \quad (9)$$

где

$$n = \frac{K_B - K_c}{K_B(K_c - 1)};$$

$$f_{B_n}(E_{cm}) = \frac{1}{K_f - 1} \left(\sqrt{\frac{1 + nK_B C_{B_n}(E_{cm})}{(1 + nK_B)C_{B_n}(E_{cm})}} - 1 \right). \quad (10)$$

Зависимости (9) и (10) приведены на рис. 3, б, откуда видно, что функция $f_{B_n}(E_{cm})$ более линейна, чем $f_{A_n}(E_{cm})$.

Проведенный сравнительный анализ двух вариантов включения варикапов в контур синхронизируемого генератора дает основание утверждать, что в ряде случаев, особенно при проектировании узкодиапазонных генераторов с требованиями высокой кратковременной стабильности и высокой линейности частотной характеристики по управляющему входу, метод последовательного включения варикапа и основной емкости контура может найти широкое применение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ribowe I. Noise characteristics synthesizers for mobile transmitter receivers. — Elec. Commun., 1972, 47, N 2, p. 44—52.
2. Document C.C.I.R. No D.T/129—E (31 October 1967, Appendix 18) Geneva, 1967. 108 p.
3. Гук И. М. Диапазонные генераторы точных частот. Киев. «Техника». 1968. 160 с.
4. Зеленин А. Н. О стабильности частоты синхронизируемого генератора в синхронных системах цифрового частотного синтеза. — Сб. «Радиотехника». Вып. 25, Харьков, 1973, с. 69—72.
5. Лабутин В. К. Частотно-избирательные цепи с электронной перестройкой. М., «Энергия», 1966. 207 с.
6. Нестерович Б. П., Железнов Ф. Ф. Результаты изучения стабильности частоты автогенераторов с варикапами. — «Обмен опытом в радио-промышленности», 1970, № 1, с. 37—43.