

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДОСТИЖИМЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО АВТОГЕНЕРАТОРА С КОНВЕРТОРОМ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ЕМКОСТИ

В.С. Ляпидов

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Изложена методика оценки достижимых параметров широкодиапазонного высокочувствительного измерительного автогенератора с конвертором отрицательной емкости.

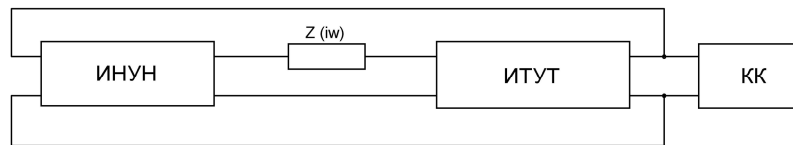
Ключевые слова: активный измерительный генератор, управляемый конвертор отрицательного импеданса.

В работах [1, 2] исследованы модели и способы построения широкодиапазонных высокочувствительных измерительных автогенераторов (ИГ), построенных на основе конверторов отрицательного импеданса и реализованных на основе источника тока, управляемого током (ИТУТ), и источника напряжения, управляемого напряжением (ИНУН) (см. рисунок).

Подобные автогенераторы могут быть использованы при построении схем вторичного преобразования информационно-измерительных и управляющих систем [3], получающих информацию от емкостных (или индуктивных) первичных преобразователей.

В связи с этим актуальной является задача оценки следующих показателей работы ИГ:

- величина частоты на выходе ИГ (в том числе величина максимально достижимой частоты);
- величина максимального диапазона перестройки частоты ИГ;
- величина максимальной чувствительности частоты ИГ к изменению емкости в цепи КК, а также соотношения между «конвертируемой» емкостью и емкостью колебательного контура в момент достижения максимальных величин чувствительности и частоты.



Структурная схема ИГ с конвертором отрицательного импеданса: КК – колебательный контур ИГ; $Z(j\omega) = R^* + (j\omega C_3^*)^{-1}$ – конвертируемый в цепь колебательного контура импеданс

Результаты исследований [1] положены в основу данной методики.

1. Исходные данные для расчета ИГ:

L_1 – индуктивность в цепи КК ИГ;

k – коэффициент «конвертирования» емкости C_3^* в цепь КК ИГ;

C_2' – выходная емкость первичного (емкостного) преобразователя в цепи КК;
 C_2'' – емкость кабеля, соединяющего первичный преобразователь с КК ИГ.

2. Оценка максимально возможной частоты на выходе ИГ:

$$\omega_m \geq \frac{k}{2C_2 R^*}; \quad (1)$$

$$C_2 = C_2' + C_2''; \quad (2)$$

$$R^* = R_{вн1} + R_{вх2}, \quad (3)$$

где R^* – сумма внутреннего и входного сопротивлений ИНУН и ИТУТ.

Для схем ИГ, реализованных, например, на биполярных транзисторах, $R^* \cong 60 \text{ Ом}$; $k \cong 0,8 - 0,9$.

3. Определение частоты ω на выходе ИГ:

$$\omega = [L_1(C_2 - kC_3)]^{-0.5}; \quad (4)$$

$$C_3 = \frac{C_3^*}{1 + \omega^2 (C_3^*)^2 (R^*)^2}, \quad (5)$$

где C_3^* – величина «конвертируемой» в цепь КК емкости.

При частотах $\omega \leq 0,1\omega_m$ можно для определения частоты использовать формулу (4), положив $C_3 = C_3^*$.

4. Оценка максимально возможного диапазона перестройки частоты ИГ путем изменения величины конвертируемой емкости C_3^* :

$$D_m = \frac{\omega_m}{\omega_0} \geq \frac{k\rho}{2R^*}; \quad (6)$$

$$\omega_0 = (L_1 C_2)^{-0.5}; \quad \rho = (L_1 / C_2)^{0.5},$$

где ω_0 ; ρ – собственная частота и характеристическое сопротивление колебательного контура ИГ.

5. Определение величины «конвертируемой» емкости C_3^* , при которой достигается максимальная частота на выходе ИГ:

$$C_{3|\omega=\omega_m}^* = \frac{2C_2}{k}. \quad (7)$$

6. Определение максимальной величины относительной чувствительности частоты ω на выходе ИГ к изменению емкости C_2 (или к изменению величины «конвертируемой» емкости C_3^*):

$$S_{C_2|\max}^\omega = S_{C_3^*|\max}^\omega = -\frac{k\rho}{4R^*}. \quad (8)$$

7. Определение величины «конвертируемой» емкости C_3^* , при которой достигается максимальная величина относительной чувствительности $S_{C_2}^\omega$ и $S_{C_3^*}^\omega$:

$$C_3^* = \frac{C_2}{k}. \quad (9)$$

8. Определение относительной чувствительности частоты ИГ к изменению емкостей C_3^* и C_2 :

$$S_{C_3^*}^{\omega} = -0.5 \frac{kC_3^*}{kC_3^* - C_2}; \quad (10)$$

$$S_{C_2}^{\omega} = -0.5 \frac{C_2}{C_2 - kC_3^*}. \quad (11)$$

Формулы (10) и (11) справедливы для случая $\omega \leq 0.1\omega_m$

В качестве примера рассмотрим расчет основных параметров, характеризующих возможности ИГ с конвертором отрицательной емкости при следующих исходных данных: $L_1 = 25,5 \text{ мГН}$; $C_2' = 1000 \text{ нФ}$; $C_2'' = 30 \text{ нФ}$; $k = 0,9$ (использованы данные из проекта построения реального ИГ, в колебательный контур которого включен емкостный первичный преобразователь, расположенный в энергетическом объекте).

Величина максимально возможной частоты ИГ (ω_m) будет в этом случае не менее

$$\frac{k}{2C_2R^*} = \frac{0,9}{2(1000 + 30)60} = 7281,5 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{с}}$$

(т. е. f_m не менее $\omega_m / 2\pi = 1159,482 \text{ кГц}$).

Величина конвертируемой емкости C_3^* , при которой будет достигнута ω_m , составит

$$C_3^*|_{\omega_m} = \frac{2C_2}{k} = \frac{2(1000 + 30)}{0,9} = 2288 \text{ нФ}.$$

Частота на выходе ИГ при $C_3^* = 1000 \text{ нФ}$ будет равна

$$\omega \cong [L_1(C_2 - kC_3)]^{-0,5} = [25,5 \cdot 10^{-3} (1030 - 900)]^{-0,5} = 549,2 \frac{1}{\text{с}}$$

(поскольку $C_3 < \frac{2C_2}{k}$, то $\omega < \omega_m$ и можно воспользоваться для расчета формулой (4) данной методики).

Величина D_m будет не менее

$$D_m \geq \frac{k\rho}{2R^*} = \frac{0,9 \sqrt{\frac{25,5 \cdot 10^{-3}}{1030 \cdot 10^{-12}}}}{2 \cdot 60} = 37,3.$$

Максимальная величина относительной чувствительности ω к изменению емкости C_2 (или емкости C_3^*)

$$S_{C_2|_{\max}}^{\omega} = S_{C_3^*|_{\max}}^{\omega} = -\frac{k \sqrt{\frac{L_1}{C_2}}}{4R^*} = \frac{0,9 \sqrt{\frac{25,5 \cdot 10^{-3}}{1030 \cdot 10^{-12}}}}{4 \cdot 60} = -18,6.$$

Величина емкости C_3^* , при которой достигается максимум относительной чувствительности $S_{C_2}^{\omega}$ и $S_{C_3^*}^{\omega}$:

$$C_3^* = \frac{C_2}{k} = \frac{1000 + 30}{0,9} = 1144,4 \text{ нФ.}$$

Из анализа ИГ с конвертором отрицательной емкости и данной методики следует:

- а) частота на выходе ИГ выше частоты собственных колебаний контура;
- б) максимальное значение частоты ИГ обратно пропорционально величине суммы внутреннего сопротивления ИНУН и входного сопротивления ИТУТ конвертора, а также величине емкости колебательного контура;
- в) величина «конвертируемой» емкости, при которой достигается максимум частоты ИГ, равна (при $k=1$) удвоенной величине емкости колебательного контура;
- г) величина «конвертируемой» емкости, при которой достигается максимум абсолютной величины относительной чувствительности частоты ИГ к изменению измеряемой емкости, равна (при $k=1$) величине измеряемой емкости;
- д) установлено, что для достижения максимальных величин относительных чувствительностей частоты ИГ к изменению измеряемой емкости (как и для достижения максимального диапазона перестройки частоты ИГ) внутреннее сопротивление ИНУН и входное сопротивление ИТУТ конвертора должны иметь минимальную величину.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ляпидов В.С.* Активные цепи в измерительных автогенераторах // Вестник СамГТУ, вып. 20. Сер. Технические науки. – 2004. – С. 135-144.
2. *Ляпидов В.С.* Перспективы применения схем имитации отрицательной емкости (индуктивности) при построении схем вторичного преобразования ИИУС // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2008. – №6. – С. 46-49.
3. *Ляпидов В.С., Привалов В.Д.* Высокочувствительные схемы вторичного преобразования информационно-измерительных и управляющих систем с автогенераторами на базе управляемых конверторов отрицательного импеданса // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – №9. – С. 38-40.

Статья поступила в редакцию 29 июня 2010 г.

UDC 621.373.42

METHOD OF EVALUATION PARAMETERS ATTAINABLE HIGHLY SENSITIVE MEASURING OSCILLATORS CONVERTER NEGATIVE CAPACITANCE

V.S. Lyapidov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

The method of achievable parameters evaluation of a high sensitivity measurement oscillator with negative capacity converter is presented.

evaluation of a wide-range of achievable parameters of a highly sensitive measurement of the oscillator with the negative capacitance converter.

Keywords: *active measuring generator, the operated converter of a impedance.*

V.S. Lyapidov – Candidate of Technical Sciences, Associate professor.