

Глотов Д.А.

*Научный руководитель: доцент, к.т.н. Жиганова Е.А.**Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23**E-mail: radio@mivlgu.ru***Исследование генерации высокочастотных автогенераторов**

В данной работе исследовали назначение автогенератора, он состоит в генерации высокочастотных (ВЧ) или сверхвысокочастотных (СВЧ) колебаний. В автогенераторе происходит преобразование энергии источника постоянного тока в энергию ВЧ или СВЧ колебаний.

Классификация автогенераторов возможна по нескольким признакам. **В зависимости от диапазона частот** они делятся на две большие группы: высокочастотные и сверхвысокочастотные. В ВЧ генераторах таковыми являются цепи с сосредоточенными постоянными, в СВЧ - с распределенными параметрами, т. е. фидерные линии или волноводы [1].

Возможны два основных принципа построения автогенератора с колебательной системой. В автогенераторе 1-го типа используется электронный прибор, представляемый в виде нелинейного генератора тока  $i(U_y)$ , где  $U_y$  - управляющее напряжение. За счет цепи обратной связи часть мощности сигнала из колебательной системы поступает на вход электронного прибора. После усиления поступившие колебания возвращаются в колебательную систему, компенсируя потери и поддерживая устойчивый режим автоколебаний. При этом необходимо соблюдение условия синхронизма, состоящее в равенстве фаз колебаний, отобранных из колебательной системы и вновь туда поступивших. Для управляющего напряжения при этом запишем:

$$U_y = k \cdot U,$$

где  $U$  - напряжение на колебательной системе;  $k$  - коэффициент положительной обратной связи

Основой 2-го типа автогенератора являются специальные генераторные диоды, в эквивалентной схеме которых имеется отрицательная активная проводимость (Например, по причине падающего участка в вольт - амперной характеристике или запаздывания сигнала в приборе). Такой прибор при подключении к колебательной системе компенсирует в ней потери, благодаря чему поддерживается устойчивый режим автоколебаний.

Для работы двух типов автогенератора, запишем обобщенное дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2 u}{d\tau^2} - \mu(1 - bu - gu^2) \frac{du}{d\tau} + u = 0,$$

Заметим, что аналитическое исследование уравнения этого вида, называемое уравнением Ван-дер-Поля, возможно только при малом значении параметра  $\mu$  (поэтому  $\mu$  называют "малым" параметром) с помощью метода медленно меняющихся амплитуд [2].

Для 1-го типа имеем:

$$b = \frac{2a_2 \rho k^2}{\mu}, \quad g = \frac{3a_3 \rho k^3}{\mu}, \quad \mu = \rho a_1 - \left(\frac{1}{Q}\right), \quad \rho = \frac{1}{\omega C}, \quad Q = \frac{R}{\rho},$$

где  $\rho$  - волновое сопротивление контура;  $Q$  - добротность;  $k$  - коэффициент обратной связи.

С учетом сделанного вывода для коэффициентов уравнения 2-го типа имеем:

$$b = 2a_2 \rho / \mu, \quad g = 3a_3 \rho / \mu, \quad \mu = \rho |G_0| - (1/Q).$$

Для генерации колебаний необходимо иметь  $\mu \geq 0$  т. е. отрицательная проводимость по модулю должна превышать проводимость активных потерь в колебательной системе. Ограничение амплитуды колебаний определяют нелинейные члены проводимости  $G(u)$ .

После проведенного моделирования:

$$G(u) = -G_0 + 2a_2 u + 3a_3 u^2,$$

где  $G_0$  - отрицательная активная проводимость эквивалентной схемы генераторного диода, подключенного параллельно контуру при заданных параметрах  $G_0 = 5$ ,  $a_2 = 0.1$ ,  $a_3 = 0.05$ ,

можно сделать вывод, что с повышением амплитуды колебаний модуль отрицательной проводимости двухполюсника уменьшается, что предотвращает неограниченное возрастание амплитуды колебаний.

Таким образом, двухполюсник с отрицательной активной проводимостью и электронный прибор - четырехполюсник с цепью положительной обратной связи суть эквивалентные понятия, приводящие к одинаковому результату - возможности возникновения и существования автоколебаний. Эта общность схем основана на том, что в обоих случаях происходит восполнение энергии, теряемой в колебательной системе, за счет внешнего дополнительного источника.

#### **Литература**

- 1 Каганов В. И. Радиотехника + компьютер + MathCad, 2001. – 413 с.
- 2 Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний