

М.З. АКОПЯН

АНАЛИЗ АВТОГЕНЕРАТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Проведено исследование автогенераторного преобразователя, предназначенного для преобразования физических величин в постоянный ток. Рассмотрен выбор предпочтительных параметров и режимов работы преобразователя.

Ключевые слова: автогенераторный преобразователь, электронный автогенератор, коэффициент усиления, усилительный элемент.

Исследуемые нами автогенераторные преобразователи (АГП) служат для преобразования различных физических величин в постоянный ток (или напряжение).

АГП представляет собой электронный автогенератор, управляемый указанной физической величиной. Эти преобразовательные системы находят широкое применение в качестве элементов автоматики и для высокоточных измерений. В генераторах с самовозбуждением (автогенераторах) для возбуждения электрических колебаний обычно используется положительная обратная связь. Существуют также автогенераторы на активных элементах с отрицательным динамическим сопротивлением [1]. Наиболее простая схема однокаскадного преобразователя напряжения на основе автогенератора показана на рис. 1. Этот вид генераторов получил название блокинг-генераторов. Фазовый сдвиг для обеспечения условия возникновения колебаний в нем обеспечивается определенным включением обмоток [2].

Блокинг-генератор позволяет получать короткие импульсы при большой скважности. По форме эти импульсы приближаются к прямоугольным. Емкости колебательных контуров блокинг-генератора, как правило, не велики и обусловлены межвитковыми емкостями и емкостью монтажа. Предельная частота генерации блокинг-генератора — сотни килогерц. Недостатком этого вида генераторов является выраженная зависимость частоты генерации от изменения питающего напряжения [3]. Резистивный делитель в цепи базы транзистора преобразователя (рис.1) предназначен для создания начального смещения.

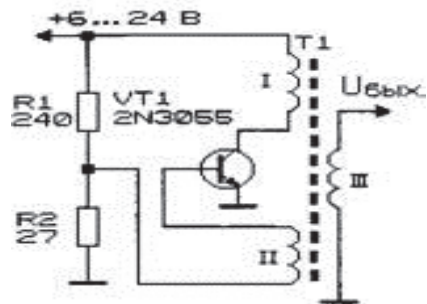


Рис. 1. Схема преобразователя напряжения с трансформаторной обратной связью
Аналог транзистора 2N3055 — КТ819ГМ

С целью обобщенного анализа АГП принципиальную схему представим в виде, показанном на рис. 2.

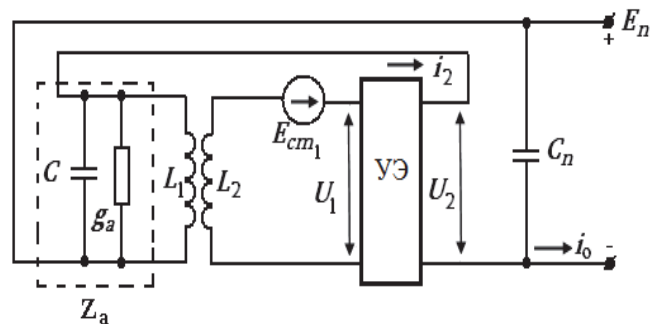


Рис. 2. Принципиальная схема автогенераторного преобразователя

Усилительный элемент (УЭ) автогенератора охвачен положительной обратной связью, содержащей колебательный LC-контур. Проводимость g_a учитывает активные потери в цепи положительной обратной связи. Конденсатор C_n шунтирует высокочастотный ток на выходе автогенератора. Напряжение $E_{см1}$ создает смещение на входе УЭ.

Величины u_1, u_2, i_2 представляют напряжения и ток на входе и выходе УЭ соответственно.

В исследуемом нами АГП усилительный элемент последовательно использует активный режим и режим отсечки. Этим формируется существенная нелинейность выходной характеристики УЭ. В качестве УЭ могут быть использованы полевые транзисторы, их гибридные схемы и интегральные микросхемы, которые способны обеспечить указанные выше режимы. Для анализа выбираем в качестве обобщенных координат АГП коэффициент положительной обратной связи K_{oc} и нагрузку Z_a автогенератора, что приводит к изменению амплитуды установившихся автоколебаний. В силу существенной

нелинейности выходной характеристики УЭ изменение амплитуды колебаний вызывает приращение тока и служит выходной величиной АГП.

Цель работы - получить в обобщенной форме связь между входной и выходной величинами АГП и выбрать предпочтительные параметры и режимы работы преобразовательной системы.

Для УЭ принимаем следующие характеристики.

В активном режиме выходной ток равен

$$i_2 = su_1 + g_i u_2, \quad (1)$$

где s - крутизна; g_i - внутренняя проводимость.

Уравнение (1) считаем линейным.

В режиме отсечки УЭ заперт. Принимаем

$$s=0; i_2=0. \quad (2)$$

Рассматриваемые напряжения и токи имеют постоянную и переменную составляющие.

Коэффициент положительной обратной связи автогенератора равен

$$K_{oc} = U_{1\sim}/U_{2\sim}, \quad (3)$$

где $U_{1\sim}, U_{2\sim}$ - переменные составляющие напряжений на входе и выходе УЭ соответственно.

Для обобщенного анализа пренебрегаем потоками рассеяния трансформатора.

Дифференциальное уравнение замкнутой системы автогенератора в активном режиме согласно формулам (1), (3):

▪ для тока УЭ:

$$Lc(d^2\Delta i_2/dt^2) + (g_a + g_i - SK_{oc})L(d\Delta i_2/dt) + \Delta i_2(t) = 0, \quad (4)$$

где

$$\Delta i_2 = i_2(t) - i_{2cm} \quad (5)$$

- отклонение тока УЭ $i_2(t)$ от смещения i_{2cm} .

Корни характеристического уравнения для выражения (4) равны

$$P_{1,2} = \alpha \pm j\omega_c. \quad (6)$$

Условие самовозбуждения автогенератора:

$$\alpha > 0. \quad (7)$$

Тогда для тока УЭ (5) с учетом условия (2) запишем

$$\Delta i_2(t) = -I_{2M}(\exp \alpha t) \cos(\omega_c t + \psi_i), \quad (8)$$

где

$$I_{2M} = i_{2cM} \cdot \cos^{-1} \psi_i, \quad \psi_i = \arctg(\alpha / \omega_c). \quad (9)$$

Величину

$$\mu = \alpha / \omega_c \quad (10)$$

называем степенью самовозбуждения автогенератора. В исследуемых АГП имеем условия

$$\mu < 1, \quad \mu^2 \ll 1.$$

Для активного режима и режима отсечки частоты собственных колебаний близки. Поэтому считаем, что

$$\omega_c T = 2\pi, \quad (11)$$

где T - период колебаний.

Условие (11) используется в теории автогенераторов (1).

Постоянную составляющую выходного тока УЭ находим согласно равенствам (2), (5), (8)-(11) в форме

$$i_0 = \frac{1}{T} \int_0^T i_2(t) dt = i_{2cM} + \frac{1}{T} \int_0^T \Delta i_2(t) dt = i_{2cM} * f_0(\mu), \quad (12)$$

где

$$f_0(\mu) = 1 + (-tg \theta_{i1} - \mu) / 2\pi (\mu^2 + 1), \quad (13)$$

$$tg \theta_{i1} = \sqrt{(\exp 2\mu \theta_{i1}) [(\exp \mu \psi_i) \cos \psi_i]^2 - 1}, \quad (14)$$

$$1,5\pi < \theta_{i1} = \omega_c \tau_1 + \psi_i \leq 2\pi, \quad (15)$$

τ_1 - длительность активного режима.

При условии фиксированных напряжения питания и смещения УЭ

$$E_n = const, \quad E_{1cM} = const, \quad i_{2cM} = const \quad (16)$$

чувствительность постоянной составляющей выходного тока УЭ к входной величине x преобразовательной системы из выражений (4)-(15) получаем в виде

$$C_{i_0} = \left(\frac{\partial i_0}{\partial x} \right) = \left(\frac{\partial \mu}{\partial x} \right) * (\partial \mu / \partial x) = i_{2cM} * f_1(\mu) [s(\partial K_{oc} / \partial x) - (\partial \varphi_o / \partial x)], \quad (17)$$

где

$$f_i(\mu)=[\partial f_o(\mu)/\partial \mu](1+\mu^2)^{1.5}. \quad (18)$$

В таблице даны значения функций $f_0(\mu)$ и $f_1(\mu)$.

Таблица

Значения функций $\mu, f_0(\mu), f_1(\mu)$

Значения	Параметры							
	μ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$f_0(\mu)$	1,201	1,355	1,556	1,827	2,188	2,663	3,399	
$f_1(\mu)$	1,51	1,84	2,62	4,67	6,08	8,76	13,31	

Формула (17) позволяет определить чувствительность и выбрать оптимальные параметры для различных схем АПП. Например, если в цепи вторичной обмотки трансформатора используется преобразователь взаимной индуктивности, который управляет только K_{oc} , нагрузку автогенератора представим в виде

$$g_a = Z_n^{-1} * K_{oc}^2, \quad (19)$$

где Z_n^{-1} - проводимость активных потерь в колебательной системе, приведенных к входам УЭ.

Согласно выражениям (1), (6), (7), (19), для выбранного значения степени самовозбуждения μ (10) нужно обеспечить

$$K_{oc} = 0.5SZ_n\mathcal{N}_1, \quad (20)$$

где

$$\mathcal{N}_1 = 1 \pm \sqrt{1 - 4S^{-1}Z_n^{-1}[\mathcal{D} - 2S^{-1}\sqrt{C/L(1+\mu^{-2})}]}, \quad (21)$$

\mathcal{D} - проницаемость УЭ.

Чувствительность данного АПП, согласно равенствам (17), (20), получаем по формуле

$$C_{io} = i_{2cm} \cdot f_1(\mu) S^2 Z_n \mathcal{E}_k \mathcal{N}_1, \quad (22)$$

где $\mathcal{E}_k = (\partial K_{oc} / \partial x) / K_{oc}$ – относительная чувствительность коэффициента обратной связи.

Из формулы (22) находим, что оптимальный выбор параметров этого АПП должен обеспечивать наибольшую величину $S^2 Z_n \mathcal{E}_k \mathcal{N}_1$.

Таким образом, проведено исследование автогенераторного преобразователя, предназначенного для преобразования физических величин в постоянный ток.

Рассмотрен выбор предпочтительных параметров и режимов работы преобразователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Степаненко И.П.** Основы теории транзисторов и транзисторных схем. Изд.3, испр. и доп.-М.: Энергия, 2007.-655 с.
2. **Баскаков С.И.** Радиотехнические цепи и сигналы. -Изд. 4, испр. и доп. -М.: Энергия, 2016.- 528 с.
3. **Москатов Е.А.** Справочник по полупроводниковым приборам. – М.: Журнал “Радио”, 2005. – 208 с.

Մ.Զ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ

ԱՎՏՈԳԵՆԵՐԱՏՈՐԱՅԻՆ ԿԵՐԱՎՈՒՄԻՆԻՑԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ

Կատարված է ավտոգեներատորային կերպավորիչի հետազոտություն, որը նախատեսված է ֆիզիկական մեծությունների կերպավորիչի համար: Դիտարկված է կերպավորիչի նախընտրելի պարամետրերի և աշխատանքային ռեժիմների ընտրությունը:

Առանցքային բառեր. ավտոգեներատորային կերպավորիչ, էլեկտրոնային ավտոգեներատոր, ուժեղացման գործակից, ուժեղացուցիչ տարր:

M.Z. HAKOBYAN

ANALYSIS OF AN ACTIVE OSCILLATOR CONVERTER

An active oscillator converter research is conducted designed for conversion of physical quantities. The preferable parameters of the converter and the choice of its operating modes are considered.

Keywords: active oscillator converter, reinforcing element, active and output regimes.