

Результаты исследований приведены на рис. 2. Сплошными линиями (рис. 2, а, б) представлена зависимость коэффициента полезного действия, а пунктирными — зависимость коэффициента мощности нагрузки от мощности по утроенной частоте без емкостной компенсации ($C=0$) и при различной величине емкости продольной компенсации. Аналогично представлены зависимости коэффициента полезного действия и коэффициента мощности от мощности по утроенной частоте без емкостной компенсации ($C=0$) и при различной величине емкости поперечной компенсации (рис. 2, б).

Как видно из рис. 2, а, б схема обладает высокими энергетическими показателями.

Л и т е р а т у р а

1. Мазуренко А.А. и др. Магнитный режим трехфазного трансформатора с витым пространственным магнитопроводом.— "Изв. вузов СССР. Энергетика", 1973, № 3. 2. Рожанский Л.Л. Статические электромагнитные преобразователи частоты. М.—Л., 1959. 3. Бамдас А.М., Кулинич В.А., Шапиро С.В. Статические электромагнитные преобразователи частоты и числа фаз. М.—Л., 1961.

Г.Э. Кучинский

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИХРЕТОКОВОГО АВТОГЕНЕРАТОРА НА УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЕБАНИЙ

В основу частотных методов измерения положено использование различных автогенераторных схем, частота колебаний которых определяется измеряемой величиной. Высокие быстродействие и чувствительность, простота преобразования физических параметров в унифицированный сигнал обеспечили внедрение частотных методов в различных устройствах автоматики, применяемых в энергетике [1].

В данной статье рассматриваются некоторые вопросы работы вихретокового автогенератора. Колебательный контур последнего выполнен на ферритовом сердечнике, в зазор которого входит пластина из немагнитного материала (рис. 1).

Физическая сторона возникновения колебаний в автогенераторе, а также назначение каждого элемента рассмотрены в

[2]. Выясним влияние параметров автогенератора на условия возникновения и устойчивость колебаний.

Для упрощения выкладок применим допущения, принятые в [3]. Представим автогенератор в виде линейного звена, замкнутого цепью положительной обратной связи, представляющей собой нелинейное звено, которое включает в себя транзистор. Учитывая результаты, полученные в [4], а также используя принятые там обозначения, для учета вихревых токов, наводимых в пластине, представим последнюю в виде короткозамкнутой катушки, индуктивно связанной с катушкой L_K (рис.2).

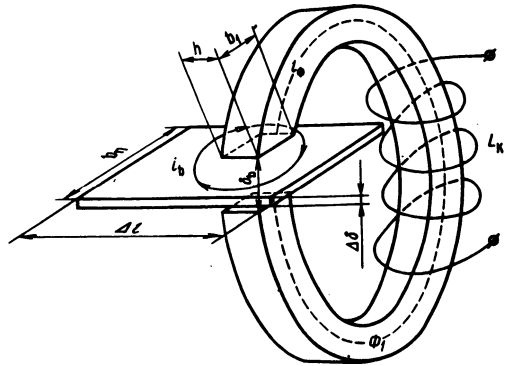


Рис. 1. Чувствительный элемент автогенератора с пластиной в зазоре сердечника.

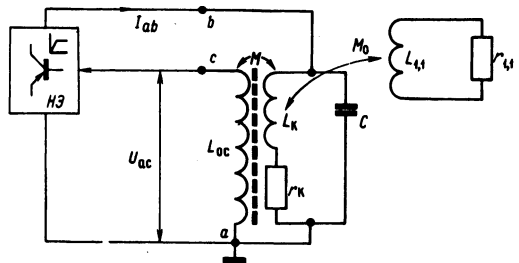


Рис. 2. Функциональная схема вихретокового автогенератора.

Для практических расчетов подобное представление системы короткозамкнутых катушек одной катушкой вполне оправдано, так как для гармоники порядка $n = m = 3$ коэффициент $K_{3,3} = 0,0081$ ($K_{1,1} \approx 0,66$) и учет данной гармоники лишь усложнит исследование. Для анализа автогенератора применим метод гармонического баланса [5]. Определим передаточную функцию линейной части системы (рис. 2)

$$W_{\text{л}}(p) = \frac{U_{\text{ac}}(p)}{I_{\text{ab}}(p)} = \frac{U_{\text{ac}}(p) \cdot Z_{\text{ab}}(p)}{U_{\text{ab}}(p)} =$$

$$= Z_{ab}(p) \cdot K(p), \quad (1)$$

где $K(p)$ -- коэффициент передачи от коллекторных зажимов к базовым

$$K(p) = \frac{pM}{pL_k + r_k + Z_{вн}(p)} ;$$

$$Z_{ab}(p) = \frac{[pL_k + r_k + Z_{вн}(p)] \frac{1}{pC}}{pL_k + r_k + \frac{1}{pC} + Z_{вн}(p)}, \quad (2)$$

где $Z_{вн}(p) = \frac{p^2 M_o^2}{pL_{1,1} + r_{1,1}}$ -- сопротивление, вносимое из контура вихревых токов в колебательный контур.

Подставив значение $Z_{вн}(p)$ в выражения для $K(p)$ и $Z_{ab}(p)$ с учетом (1), получим передаточную функцию линейной части системы

$$W_{л}(p) = \frac{pM(pT\tau + 1)}{p^3(1-K^2)T^3\tau + p^2T^2(1+2T\tau\alpha)} \dots \rightarrow$$

$$\rightarrow \dots \frac{\dots}{+ pT(\tau + T2\alpha) + 1}, \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{r_k}{2L_k} ; \quad \frac{1}{L_k C} = \frac{1}{T^2} ; \quad \frac{L_{1,1}}{r_{1,1}} = T_{1,1};$$

$$\frac{T_{1,1}}{T} = \tau \quad \text{и} \quad K^2 = \frac{M_o^2}{L_k L_{1,1}} = K_{1,1}$$

Органические амплитуды колебаний происходят за счет смещения рабочей точки в область малой крутизны. Исходя из этого зависимость коллекторного тока от напряжения на переходе база—эмиттер можно представить нелинейной функцией типа насыщения. Коэффициент усиления нелинейного элемента представим гармонически линейризованным выражением

$$K_H = q(a) + \frac{q'(a)}{\omega} p, \quad (4)$$

где коэффициенты гармонической линейризации для характеристики с насыщением имеют значения [5]

$$\left. \begin{aligned} q(a) &= K_H && \text{при } a \leq b \\ q(a) &= \frac{2K_H}{\pi} \left(\arcsin \frac{b}{a} + \frac{b}{a} \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \right) \\ q'(a) &= 0 && \text{при } a \geq b \end{aligned} \right\} (5)$$

Линейризованное уравнение $\Phi(p)$ замкнутой нелинейной системы с учетом (5) и (3) запишется следующим образом:

$$\Phi(p) = \frac{W_n(p)}{1 - W_n(p)W_{oc}(p)} = \frac{pM}{(1 - K^2)p^3 T^3 \tau + \dots} \rightarrow$$

$$\rightarrow \dots \frac{\dots}{+ p^2 [T^2(1 + 2T\tau\alpha) - q(a)MT\tau] + p [T(\tau + 2T\alpha) - q(a)M] + 1}, \quad (6)$$

где $W_{oc}(p) = q(a)$.

Выражению (6) соответствует характеристическое уравнение

$$(1 - K^2)p^3 T^3 \tau + p^2 [T^2(1 + 2T\tau\alpha) - q(a)MT\tau] + p [T(\tau + 2T\alpha) - q(a)M] + 1 = 0. \quad (7)$$

Для отыскания параметров периодического решения $U_{б.э} = A \sin \Omega t$ подставим в уравнение (7) $p = j\omega$. Приравняв к нулю вещественную и мнимую части полученного уравнения, а также с учетом $\tau \gg 1$ (после незначительных преобразований), получим выражения для частоты и амплитуды периодического решения

$$\omega = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{\tau^2 - 1}{\tau^2(1 - K^2)} + \frac{1}{\tau^2 - 1}}; \quad (8)$$

$$q(a) = \frac{T(\tau + 2T\alpha) - \omega^2(1 - K^2)T^3\tau}{M}. \quad (9)$$

Подставив (8) в (9) с учетом (5), получим уравнение, связывающее амплитуду периодического решения параметрами системы

$$\begin{aligned} q(a) &= \frac{2K_H}{\pi} \left(\arcsin \frac{b}{a} + \frac{b}{a} \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \right) = \\ &= \frac{2T^2\alpha}{M} + \frac{T}{M\tau} - \frac{T\tau(1 - K^2)}{M(\tau^2 - 1)}. \end{aligned} \quad (10)$$

Исследуем периодическое решение на устойчивость. Воспользуемся приближенным критерием, представляющим собой аналитическую интерпретацию критерия устойчивости Михайлова [5]. Для этого возьмем частные производные по a и ω от вещественной и мнимой частей уравнения (7) и подставим их в выражение критерия. Получим соотношение

$$\begin{aligned} -\frac{\partial q(A)}{\partial A} \left[-3\Omega^2(1 - K^2)T^3\tau^2 + T\tau(\tau + 2T\alpha) - \right. \\ \left. - M\tau q(A) \right] - \frac{\partial q(A)}{\partial A} \left[2T(1 + 2T\tau\alpha) - 2M\tau q(A) \right] > 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Так как ограничение колебаний происходит за счет работы на участках с малой крутизной, где $A > b$ то $-\frac{\partial q(A)}{\partial A} < 0$. С учетом сказанного, а также выражений (8) и (10), соотношение (11) можно представить следующим образом:

$$\tau^2 (\tau^2 - 2K^2) > 0 \quad (12)$$

или

$$\tau^2 > 2K_{1,1} \quad (13)$$

Таким образом, при выполнении соотношения (13) автоколебания с частотой и амплитудой, определяемыми соответственно выражениями (8) и (10), будут устойчивыми. Выражение (10) является трансцендентным, поэтому его решение удобнее производить графически.

Л и т е р а т у р а

1. Новицкий П.Н., Кнорринг В.Г., Тутников В.А. Шифровые приборы с частотными датчиками. М., 1970. 2. Конторович М.И. Нелинейные колебания в радиотехнике. М., 1973. 3. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М., 1974. 4. Борзов М.И. Индуктивные преобразователи угла в код. М., 1970. 5. Попов Е.П. Прикладная теория процессов управления в нелинейных системах. М., 1973.

Н.Л. Барташевич

О РАСЧЕТЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО РЕЖИМА В СХЕМЕ ФЕРРОРЕЗОНАНСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

При расчете периодического режима в нелинейных электрических цепях методом численного интегрирования для уменьшения объема вычислений желательно задаться определенными начальными условиями установившегося режима [1,2]. Для уменьшения объема вычислений возникает задача приближенного определения начальных условий установившегося режима.

В данной работе рассматривается определение начальных условий установившегося режима методом первой гармоники на