

Л и т е р а т у р а

1. Куликовский Л.Ф., Конюхов Н.Е., Мельников Ф.И. Трансформаторные функциональные преобразователи с профилированными вторичными контурами. М., "Энергия", 1971.
2. Конюхов Н.Е., Мельников Ф.И. Трансформаторный преобразователь линейных перемещений повышенной точности. Авторское свидетельство № 199718. Бюллетень изобретений № 20, 1968.
3. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. М.-Л., "Энергия", 1966

Ю.С. Быховский

ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ

ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ВИХРЕТОКОВОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ

В работе [1] предложена методика определения эквивалентных параметров вихрекового преобразователя (ВТП) L_2 и R_2 при питании его токами произвольной формы и при изменении параметров объекта контроля. Для оценки длительности переходного процесса в системе ВТП-объект контроля при изменении питающего тока используются $\tau_2 = \frac{L_2}{R_2}$ и $\tau_{02} = \frac{L_{2\text{внз}}}{R_{2\text{внз}}}$ - при изменении параметров объекта контроля ($L_{2\text{внз}}$ и $R_{2\text{внз}}$ - эквивалентные вносимые параметры ВТП). Однако приведенный в [1] расчет τ_2 и τ_{02} сделан в предположении, что спектры питающего тока и изменения параметров объекта контроля узкополосные. В случае широкополосных спектров расчеты усложняются в связи с необходимостью вычисления интегралов, которые не выражаются через элементарные функции.

В настоящей работе приведен расчет $L_{2\text{внз}}$, $R_{2\text{внз}}$ и τ_{02} для наиболее употребительных форм тока питания ВТП. Чтобы вычислить τ_2 , необходимо определить $L_2 = L_0 - L_{2\text{внз}}$ и $R_2 = R_0 + R_{2\text{внз}}$, где L_0 и R_0 - индуктивность и сопротивление ВТП без влияния объекта контроля.

Расчеты эквивалентных параметров $L_{2\text{внз}}$ и $R_{2\text{внз}}$ приведены для случая питания ВТП импульсами тока $i = I \cos 2\pi f_0 t$ при $-\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2}$ различной длительности T и частоты заполнения $f_0 = \frac{1}{T_0}$ для трех значений электропроводности объекта контроля: $\sigma_1 = 50 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{Ом м}}$; $\sigma_2 = 5 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{Ом м}}$; $\sigma_3 = 0,5 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{Ом м}}$ при зазорах $z_1 = 0,15R$ и $z_2 = 0,075R$ (R - радиус катушки ВТП). Можно считать, что при $T \gg T_0$ такой

импульс эквивалентен включению гармонического тока; при $T < \frac{T_0}{2}$ - однополярному импульсу, а, если T больше длительности переходного процесса, то ток питания эквивалентен скачку тока.

Значения T и T_0 охватывают все вышеуказанные случаи. Расчеты приведены для длительности импульсов T от 10^{-3} до 10 с и для длительности периода от 10^{-6} до 1 с ($f_0 = 1\Gamma_4 \div 1M\Gamma_4$).

Эквивалентные вносимые параметры рассчитывались путем численного интегрирования выражений:

$$L_{внз} = \frac{\int_0^{\infty} J^2(\omega) L_{вн}(\omega) d\omega}{\int_0^{\infty} J^2(\omega) d\omega}; \quad (1)$$

$$R_{внз} = \frac{\int_0^{\infty} J^2(\omega) R_{вн}(\omega) d\omega}{\int_0^{\infty} J^2(\omega) d\omega}. \quad (2)$$

Для определения вносимой индуктивности $L_{вн}(\omega)$ и вносимого сопротивления $R_{вн}(\omega)$ использовались приближенные выражения [2]:

$$L_{вн}(\omega) = \frac{6 \cdot 10^{-7} W^2}{R \mu \sigma} e^{-3/2 \alpha} (4R^2 \omega \mu \sigma - 3\sqrt{2} \sqrt{81 + 16R^4 \omega^2 \mu^2 \sigma^2 - 9}); \quad (3)$$

$$R_{вн}(\omega) = \frac{18 \cdot 10^{-7} W^2}{R \mu \sigma} e^{-3/2 \alpha} (\sqrt{2} \sqrt{81 + 16R^4 \omega^2 \mu^2 \sigma^2 + 9} - 6), \quad (4)$$

где W - число витков катушки ВП; μ - магнитная проницаемость объекта контроля; $\alpha = \frac{L}{R}$ - относительное расстояние до объекта контроля.

Для вычисления спектральной плотности тока $J(\omega)$ использовалось прямое преобразование Фурье для косинусоидального радиоимпульса:

$$J(\omega) = \frac{J}{\omega - \omega_0} \sin(\omega - \omega_0) \frac{T}{2} + \frac{J}{\omega + \omega_0} \sin(\omega + \omega_0) \frac{T}{2}, \quad (5)$$

здесь $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ - частота заполнения; ω - текущая частота.

Выражения 1 и 2 вычислены с помощью ЭВМ. Верхний предел ограничивался частотой $\omega_0 + 3 \frac{2\pi}{T}$. Такое допущение приводит к ошибке, соизмеримой с ошибкой определения $L_{вн}(\omega)$ и $R_{вн}(\omega)$.

Результаты расчетов эквивалентных вносимых параметров в зависимости от частоты f_0 для объектов с различной электропроводностью приведены на рис.1, а в зависимости от зазора - на рис.2; влияние

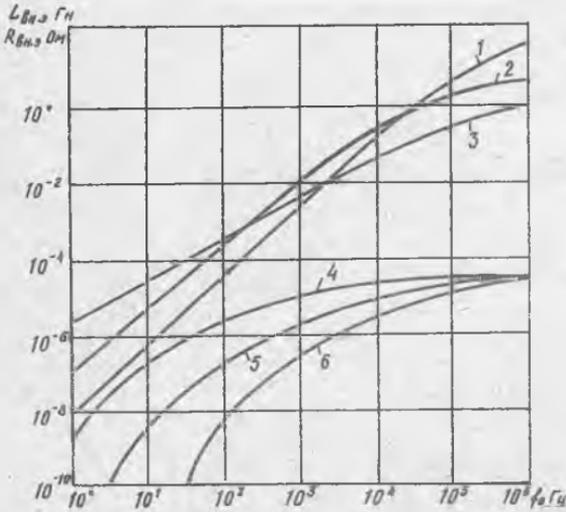


Рис.1. Зависимость эквивалентного сопротивления: 1 - $\sigma_1 = 0,5 \cdot 10^6$; 2 - $\sigma_2 = 5 \cdot 10^6$; 3 - $\sigma_3 = 5 \cdot 10^6$ и эквивалентной индуктивности 4 - $\sigma = 50 \cdot 10^6$; 5 - $\sigma = 5 \cdot 10^6$; 6 - $\sigma = 0,5 \cdot 10^6$ для $\alpha = 0,3$, $T = 10^{-3}$ С

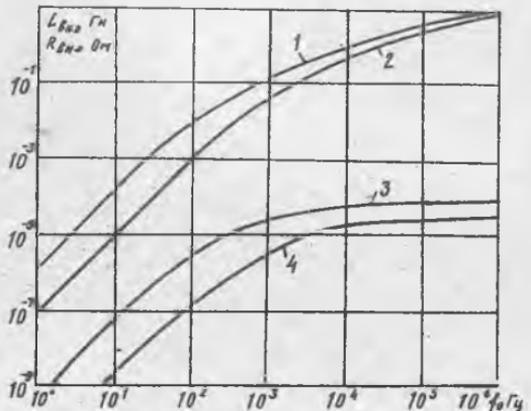


Рис.2. Зависимость эквивалентного сопротивления от частоты: 1 - $\alpha_1 = 0,15$; 2 - $\alpha_2 = 0,3$ и эквивалентной индуктивности: 3 - $\alpha = 0,5$; 4 - $\alpha = 0,3$

длительности питающих импульсов показано на рис.3; зависимость величины постоянной времени $\tau_{0и}$ от частоты приведена на рис.4.

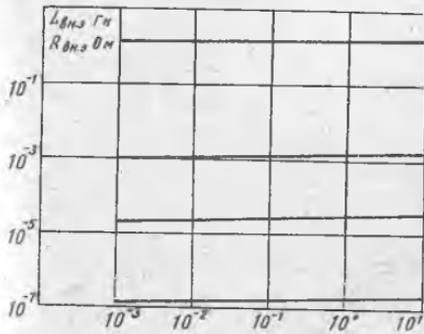
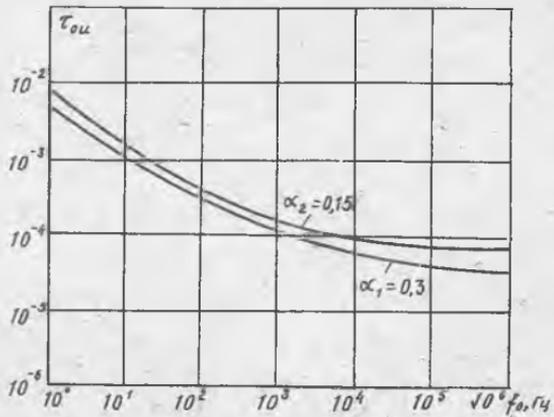


Рис.3. Зависимость эквивалентных вносимых параметров от длительности импульса питающего тока

Рис.4. Зависимость эквивалентной по постоянной времени от частоты



На основании проведенного анализа и расчетов можно отметить, что эквивалентные параметры $L_{ВНЗ}$ и $R_{ВНЗ}$ зависят не только от параметров объекта контроля μ и σ , расстояния до него z , радиуса катушки ВП R , но и от параметров питающего тока: длительности и частоты. С увеличением частоты питающего тока f_0 эквивалентные параметры сигнала вначале растут относительно быстро (до $f_0 = 10^2 + 10^3$ Гц для рассматриваемого ВП), а затем почти не изменяются.

Увеличение длительности импульса питающего тока T незначительно влияет на величину вносимых параметров. Электропроводность σ , величина зазора z влияют на $L_{внз}$ и $R_{внз}$ так же, как и на $L_{вн(\omega)}$ и $R_{вн(\omega)}$. Поэтому увеличение z и уменьшение σ приводит к уменьшению $\tau_{0л}$.

Постоянная времени $\tau_{0л}$, характеризующая длительность переходного процесса в системе ВПП - объект контроля слабо зависит от длительности импульса и сильно - от частоты заполнения. Наблюдается быстрое уменьшение $\tau_{0л}$ с увеличением f_0 .

Полученные результаты показывают возможность оценки длительности переходного процесса и пути изменения его. При контроле перемещений, зазоров и вибраций скорость контроля может быть увеличена за счет повышения частоты питания ВПП. При $f_0 < 10^3$ Гц длительность переходного процесса имеет порядок $\tau_{0л} \sim (10^{-2} + 10^{-3})$ с, при $f_0 \sim (10^5 + 10^6)$ Гц - $\tau_{0л} \sim (5 \cdot 10^{-4} + 10^{-6})$ с.

Если f_0 изменять нельзя, то в относительно малых пределах можно изменять $\tau_{0л}$ за счет размеров преобразователя R .

Л и т е р а т у р а

1. Быховский Ю.С. Динамические погрешности ТВП. - В сб.: Исследования по акустике, электрофизике и радиоэлектронике. Вып. 3 (72). КуАИ, 1975.
2. Соболев В.С., Шкарлет Ю.Н. Накладные и экранные датчики. Новосибирск, "Наука", 1967.

Н.И. Филимонов, Е.А. Муштаков

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ПОСТРОЕНИЯ СРАВНИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ПОВЫШЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ

В сравнивающих устройствах (СУ), построенных по схеме усилителя постоянного тока (УПТ) с модуляцией и демодуляцией (МДМ) сигнал на выходе демодулятора представляет собой последовательность импульсов в виде меандра. Если режим работы демодулятора - синхронный с работой модулятора, то выходной сигнал несет информацию как о величине разностного напряжения $U_0 = U_s - U_x$, так и о его знаке.

Здесь U_x - измеряемое напряжение; U_s - эталонное напряжение.