

КОМПЛЕКСНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕДАЧИ
ОДНОЗНАЧНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
И НАСЫЩЕНИЯ В СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА

При разработке нелинейных систем в основном используются приближенные методы их исследования, обосновывающиеся синусоидальной формой воздействия на входе нелинейностей, включенных в типовую замкнутую структуру [1]. В действительности же, форма воздействия на нелинейности близка к синусоидальной только в конечной области частотного диапазона, в начальной и средней областях она несинусоидальна. Вследствие этого происходит смещение центров симметрии огибающих гармоник на входе и выходе нелинейностей, возникают фазовые сдвиги по отдельным гармоникам, коэффициенты передачи становятся комплексными. Учет комплексности нелинейностей необходим для точной оценки колебательных процессов в замкнутых структурах.

Результаты работы получены двумя способами: с помощью ЭЦВМ и на специальной модели. Вычислительные программы реализуют метод припасовывания, в котором определяется огибающая вынужденных колебаний, из нее выделяются амплитуды и фазы отдельных гармоник на входе и выходе нелинейностей. Специальная электронная модель позволяет визуально наблюдать огибающую колебаний в диапазоне частот 50—200 Гц, а также непосредственно измерять амплитуды и фазы первой и ближайших высших гармоник обычными избирательными приборами и фазометрами.

Установлено, что в начальной области частотного диапазона статических систем вплоть до частоты $\omega = 0,1 \frac{1}{T_{\text{наиб}}}$

можно пренебречь влиянием инерционной части. Тогда коэффициенты передачи принимают вид:

для насыщения

$$K_H = \frac{K_{\text{нел}} (2\varphi + \sin 2\varphi)}{\pi(1 + K_L K_{\text{нел}}) - K_L K_{\text{нел}} (2\varphi + \sin 2\varphi)} ;$$

$$\sin \varphi = \frac{B(1 + K_L K_{\text{нел}})}{A K_L} ,$$

для нечувствительности

$$K_H = \frac{K_{\text{нел}} (\pi - 2\varphi - \sin 2\varphi)}{\pi (1 + K_L K_{\text{нел}}) - K_L K_{\text{нел}} (\pi - 2\varphi - \sin 2\varphi)} ;$$

$$\sin \varphi = \frac{B}{A K_L}$$

Здесь A — амплитуда внешнего воздействия $A \sin \omega t$ на входе типовой структуры с единичной обратной связью, состоящей из линейной части и нелинейного звена (НЗ); K_L — коэффициент усиления линейной части; $K_{\text{нел}}$ — тангенс угла наклона нелинейности; B — точка перегиба прямых, составляющих нелинейность.

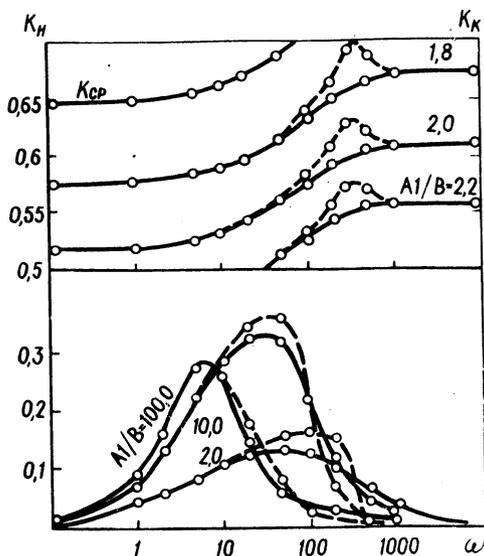


Рис. 1. Амплитудные и фазовые частотные характеристики коэффициентов передачи начальной области частотного диапазона.

Коэффициенты передачи начальной области частотного диапазона зависят от амплитуды A , коэффициента усиления K_L и имеют вещественный характер.

Применительно к среднечастотной области проведены исследования для типовых несимметричных и симметричных ЛАХ различных порядков с целью обобщения результатов. Установлено

правило переноса частот, в соответствии с которым вид зависимостей среднечастотной области, полученных для типовых ЛАХ, не изменяется при пропорциональном переносе масштаба постоянных времени линейной части и масштаба частот. Определены параметры переноса частот: коэффициент усиления линейной части $K_{л}$, показатель колебательности системы M , первая, наибольшая постоянная времени $T_{наиб}$ и значения коэффициента передачи $K_{н}$ начальной области, полученные из формул (1), (2).

На рис. 1 приведены амплитудные и фазовые частотные характеристики коэффициентов передачи насыщения в системах с линейной частью первого (сплошные линии) и пятого порядков (пунктирные). Постоянная времени T линейной части системы первого порядка и $T_{наиб}$ линейной части пятого порядка приняты равными 0,1 с. Коэффициенты усиления $K_{л} = 100$, $K_{нел} = 1$, показатель колебательности системы пятого порядка $M = 1,5$. На оси $K_{н}$ отложены значения коэффициентов передачи насыщения в начальной области диапазона, на оси $K_{к}$ — значения конечной области. Переход характеристик от значений начальной области к значениям конечной происходит по кривым, подобным обратным амплитудно-частотным характеристикам эквивалентных замкнутых линейных систем

$$K_{ср}(\omega) \cong K_{н} + (K_{к} - K_{н}) W_{з} \left(\frac{\gamma}{\omega} \right), \quad (3)$$

где $W_{з} \left(\frac{\gamma}{\omega} \right)$ — относительная обратная ампли-

тудно-частотная характеристика эквивалентной замкнутой линейной системы; $\omega_{он}$ — частота нелинейного резонанса. Она отличается от резонансной частоты линейной части. Например, на графике (рис. 1) $\omega_{он}$ равна 350 рад/с, в то время как $\omega_0 = 1065$ рад/с. γ — коэффициент для переноса вдоль частотной оси $W_{з}$, $\gamma = \omega_{он} \omega_0$. Показатель колебательности $W_{з} \left(\frac{\gamma}{\omega} \right)$ зависит от амплитуды первой гармоники на входе нелинейного звена и от показателя колебательности M .

Фазочастотные характеристики подобны разностной фазовой характеристике разомкнутого φ_1 и замкнутого φ_2 состояний линейной части

$$\varphi = f(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (4)$$

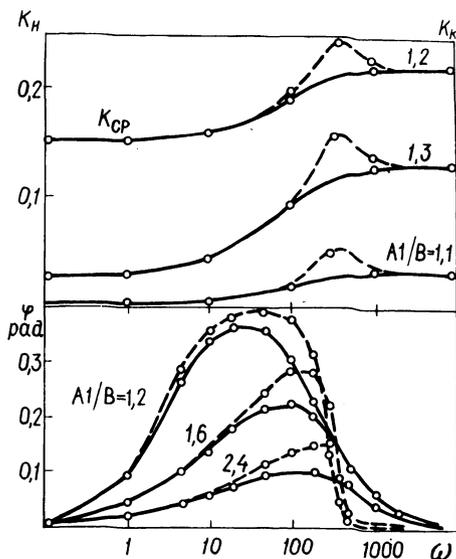


Рис. 2. Амплитудные и фазовые частотные характеристики коэффициентов передачи нечувствительности.

Экстремумы коэффициентов передачи НЗ располагаются над участками семейства фазовых характеристик с повышенной крутизной убывания.

На рис. 2 приведены амплитудные и фазовые частотные характеристики коэффициентов передачи нечувствительности, полученные при тех же значениях линейной части. Сопоставляя рис. 1 и 2, можно сделать заключение о подобии колебательных процессов в системах с нечувствительностью и насыщением.

Результаты работы устанавливают точный вид частотных характеристик нечувствительности и насыщения в начальной средней и конечной областях частотного диапазона. Их необходимо учитывать при оценке устойчивости, качественных показателей разрабатываемых нелинейных замкнутых структур, при исследовании вынужденных колебательных режимов.

Л и т е р а т у р а

1. Попов Е. П., Пальтов И. П. Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем. М., 1960.