ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ ТИПОВЫХ МНОГОМЕРНЫХ ПАССИВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ

В. И. Луковников, А. В. Козлов

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

В работе [1] был предложен многомерный операторный метод анализа систем автоматического управления (САУ), работающих на несущей переменного тока, использующих модуляцию-демодуляцию, имеющих нелинейности типа «степень» или «произведение», которые объединяет то, что их сигналы представляются в виде произведения по меньшей мере двух временных функций.

В отличие от традиционных методов анализа таких систем, базирующихся на представлении произведений функций с помощью одномерного преобразования Лапласа, в этой работе используется многомерное преобразование Лапласа [2] и его модификация по Луковникову [3], что позволяет устранить необходимость определения интеграла свертки и связанные с этим неудобства.

Далее в настоящей статье будет развиваться метод типовых многомерных динамических звеньев, основы которого были заложены в [1].

Под пассивным многомерным звеном понимается звено, входной и выходной сигналы которого имеют одинаковую размерность. Например, если на входе многомерного пассивного звена имеется двумерный сигнал $X_{вх}(p_1,p_2)$, то на его выходе будет тоже двумерный сигнал $X_{вых}(p_1,p_2)$.

На примере форсирующего звена первого порядка покажем, как используя свойства многомерного преобразования Лапласа [2, 3], можно получить передаточные функции типовых пассивных многомерных динамических звеньев.

Известно, что форсирующее звено первого порядка описывается дифференциальным уравнением

$$X_{вых}(t) = T\cdot\frac{dX_{вх}(t)}{dt} + X_{вх}(t), \tag{1}$$

где T – постоянная времени.

Если входной сигнал представлен в многомерном временном виде $X_{вх}(t)=\prod_{k=1}^{n} X_{вхк}(t_k)$, то уравнение (1) можно записать в многомерном операторном виде, следуя [1,3], как

$$X_{вых}(p_1,p_2,\dots,p_n) = T\cdot\sum_{k=1}^{n} p_k\cdot\prod_{k=1}^{n} X_{вхk}(p_k) + \prod_{k=1}^{n} X_{вхk}(p_k),$$

где $p_1,p_2,\dots,p_n$ – операторы.

Таким образом, передаточная функция форсирующего звена первого порядка будет определяться следующим соотношением:

$$W(p_1,p_2,\dots,p_n) = \frac{X_{вых}(p_1,p_2,\dots,p_n)}{X_{вх}(p_1,p_2,\dots,p_n)} = T\cdot\sum_{k=1}^{n} p_k + 1. \tag{2}$$

Полученные подобным (2) образом передаточные функции типовых пассивных звеньев сведены в таблицу, где через K обозначен коэффициент передачи, а через ξ – коэффициент затухания.

Проверим правильность полученной передаточной функции (2) путем сравнения конечных результатов преобразований во временной и операторной областях.

Пусть входной сигнал в одномерной временной области в виде

$X_{вх}(t) = t \cdot \sin(\omega \cdot t)$,

тогда выходной сигнал $X_{вых}(t)$ будет определяться следующим образом:

$$X_{вых}(t) = T \cdot \frac{d}{dt}(t \cdot \sin(\omega \cdot t)) + t \cdot \sin(\omega \cdot t) =$$

$$= T \cdot \sin(\omega \cdot t) + T \cdot t \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) + t \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (3)$$

Входной сигнал в двумерной временной области определяется

$X_{вх}(t_1, t_2) = t_1 \cdot \sin(\omega \cdot t_2)$.

Передаточные функции типовых пассивных многомерных звеньев

№ п/п	Размерность звеньев / Тип звеньев	Одномерные	Многомерные	
1	Безинерционное	K	Двумерные	$\overline{n}$ – мерные
2	Идеальное дифференцирующее	$T \cdot p$	$T \cdot (p_1 + p_2)$	$T \cdot \sum_{k=1}^{n} p_k$
3	Форсирующее первого порядка	$T \cdot p + 1$	$T \cdot (p_1 + p_2) + 1$	$T \cdot \sum_{k=1}^{n} p_k + 1$
4	Форсирующее второго порядка	$T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T \times$ $\times p + 1$	$T^2 \cdot (p_1 + p_2)^2 + 2 \times$ $\times \xi \cdot T \cdot (p_1 + p_2) + 1$	$T^2 \cdot \left(\sum_{k=1}^{n} p_k\right)^2 + 2 \times$ $\times \xi \cdot T \cdot \sum_{k=1}^{n} p_k + 1$
5	Идеальное интегрирующее	$(T \cdot p)^{-1}$	$[T \cdot (p_1 + p_2)]^{-1}$	$\left(T \cdot \sum_{k=1}^{n} p_k\right)^{-1}$
6	Апериодическое первого порядка	$(T \cdot p + 1)^{-1}$	$[T \cdot (p_1 + p_2) + 1]^{-1}$	$\left(T \cdot \sum_{k=1}^{n} p_k + 1\right)^{-1}$
7	Апериодическое второго порядка	$(T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot$	$[T^2 \cdot (p_1 + p_2)^2 +$ $+ 2 \cdot \xi \cdot T \cdot (p_1 + p_2)$	$\left[T^2 \cdot \left(\sum_{k=1}^{n} p_k\right)^2 + 2 \times\right.$ $\left. \times \xi \cdot T \cdot \sum_{k=1}^{n} p_k + 1\right]^{-1}$

Входной сигнал в двумерной операторной области согласно таблице и сводке одномерных изображений в [4] будет определяться по выражению

$$X_{вх}(p_1,p_2)=\frac{1}{p_1^2}\cdot\frac{\omega}{p_2^2+\omega^2}.$$

Выходной сигнал в соответствии с (2) запишется следующим образом:

$$X_{вых}(p_1,p_2)=\frac{1}{p_1^2}\cdot\frac{\omega}{p_2^2+\omega^2}\cdot\left[T\cdot(p_1+p_2)+1\right]=\frac{1}{p_1}\cdot\frac{T\cdot\omega}{p_2^2+\omega^2}+$$

$$+\frac{1}{p_1^2}\cdot\frac{T\cdot\omega\cdot p_2}{p_2^2+\omega^2}+\frac{1}{p_1^2}\cdot\frac{\omega}{p_2^2+\omega^2}.$$

Перейдя в двумерную временную область в соответствии с таблицей и сводкой одномерных изображений [4], получим

$$X_{вых}(t_1,t_2)=T\cdot\sin(\omega\cdot t_2)+T\cdot t_1\cdot\omega\cdot\cos(\omega\cdot t_2)+t_1\cdot\sin(\omega\cdot t_2).$$

Перейдем в одномерную временную область, приравняв $t_1=t_2=t$ и получим

$$X_{вых}(t)=T\cdot\sin(\omega\cdot t)+T\cdot t\cdot\omega\cdot\cos(\omega\cdot t)+t\cdot\sin(\omega\cdot t). \qquad (4)$$

Сравнив (3) и (4), можно убедиться в истинности передаточной функции (2).

Литература

1. Луковников В.И. Многомерный операторный метод анализа систем с модуляцией // Вестник КГТУ, посвящ. 65 – летию проф. Соустина Б.П. – Красноярск: КГТУ, 1998. – С.102 – 110
2. Смышляева Л.Г. Преобразование Лапласа функций многих переменных. – Л.: Изд. ЛГУ, 1981. – 132с.
3. Луковников.В.И., Хабибуллин Д.А., Спорик А.Е. Модификация преобразования Лапласа для моделирования систем автоматического управления // Современные проблемы машиноведения. – Гомель: ГПИ, 1998. – Т.2. – С. 68 – 69
4. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. – Москва: 1970. – Т2. – С 411 – 442

ПОКАЗАТЕЛИ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ ЭНЕРГОСИСТЕМ НА ГЛУБИНУ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В УЗЛЕ НАГРУЗКИ

О. Г. Широков

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

О необходимости определения влияния электрических сетей энергосистемы на параметры кратковременных нарушений электроснабжения (КНЭ) и целесообразности доработки методик и программ расчетов переходных процессов для решения этой задачи говорится в [1, 2, 3].

Возможное количество отключений помехочувствительных электроприемников (ПЧЭ) определяется суммарной надежностью элементов питающей электрической цепи и степенью независимости источников питания, и в конечном итоге зависит от структуры электрической сети энергосистемы. В этом случае важной характеристикой схемы электрической сети является область (количество узлов) при коротких замыканиях (КЗ), в точках которой будет обеспечиваться полная или относительная независимость источников питания ПЧЭ и расширение этой области электрической сети является предпосылкой уменьшения отключений ПЧЭ. То есть, количественно оценить степень влияния схем основных сетей энергосистемы на качество электроснабжения ПЧЭ можно по числу узлов внешней электрической сети, КЗ