Слагаемые под знаком корня в выражении (1) имеют смысл энергетических КПД по отдельным видам мощности. Энергетический КПД по активной мощности определяется по [3] как произведение обычного КПД на коэффициент.

Энергетические КПД для активной η_{ae}, реактивной η_{pe} и мощности искажения η_{ue} определяются как:

$$\eta_{ae} = \frac{P мех.a}{S\ nomp} = \eta_a \cdot \kappa_{ма}; \tag{2}$$

$$\eta_{pe} = \frac{P мех.p}{S\ nomp} = \eta_p \cdot \kappa_{мр}; \tag{3}$$

$$\eta_{ue} = \frac{P мех.u}{S nomp} = \eta_u \cdot \kappa_{ми}, \tag{4}$$

где η_a, η_p, η_u, $\kappa_{ма}$, $\kappa_{мр}$, $\kappa_{ми}$ – коэффициенты полезного действия и мощности, соответствующие мощности активной, реактивной и искажения,

$$\eta_e = \left[\eta_a^2 \cdot \kappa_{ма}^2 + \eta_p^2 \cdot \kappa_{мр}^2 + \eta_u^2 \cdot \kappa_{ми}^2\right]^{1/2}. \tag{5}$$

Предложенный обобщенный коэффициент полезного действия является комплексной характеристикой и позволяет оценить энергетику электродвигателя колебательного движения при любом характере и величине нагрузки и любом способе возбуждения колебательного движения.

В качестве теоретической идеи решения проблемы следует принять, на наш взгляд, единообразный подход к построению системы оценок как электрической, так и механической мощностей, а также обобщения энергетических показателей.

Литература

1. Резниченко В.Ю. Энергетика переходных процессов асинхронных короткозамкнутых двигателей //Автореф. дис.... канд.техн. наук. – М.: МЭИ , 1973.
2. Иванов М.И. Процессы энергообмена в динамических режимах работы асинхронных машин // Автореф.дис.... канд. техн.наук. – М.: МЭИ, 1981.
3. Копылов И.П., Амбарцумова Т.Т. Расчет энергетических показателей АД при автоматизированном проектировании // Электротехника. – 1983. – N 7. – С.32 – 34
4. Ткалич С.А. Разработка колебательного электропривода с повышенными энергетическими показателями // Автореф. дис.... канд.техн. наук. – Томск: ТПИ, 1988.
5. Тодорев В.В. Энергетические характеристики АД колебательного движения в составе электрогидропривода // Автореф.дис.... канд.техн. наук. – Минск: БПИ, 1990.
6. Луковников В.И., Середа В.П. Динамические режимы работы асинхронного электропривода. – М.: Изд. ВЗПИ, 1990. – 210 с.

РАЗВИТИЕ МНОГОМЕРНОГО ОПЕРАТОРНОГО МЕТОДА ДЛЯ АНАЛИЗА СИСТЕМ С ОБРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ

Д. Н. Комяков, А. В. Козлов
Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь

В работе [1] интуитивно было высказано предположение, что "...рассматривать многомерную передаточную функцию для соединений с обратными связями имеет смысл только для пассивных четырехполюсников, поскольку в случае активных четырехполюсников число независимых переменных увеличивается бесконечно ".

Детальное изучение этой задачи показало, что высказанное предположение неверно. Действительно, рассматривая одиночный модулирующе-демодулирующий четырехполюсник с единичной отрицательной обратной связью (рис. 1 *а*), можно в одномерной временной области записать выражение для выходного сигнала в виде

$$X_{вых}(t)=\left[X_{вх}(t)-X_{вых}(t)\right]\cdot f(t)=X_{вх}(t)\cdot\frac{f(t)}{1+f(t)}=X_{вх}(t)\cdot\varphi(t).$$

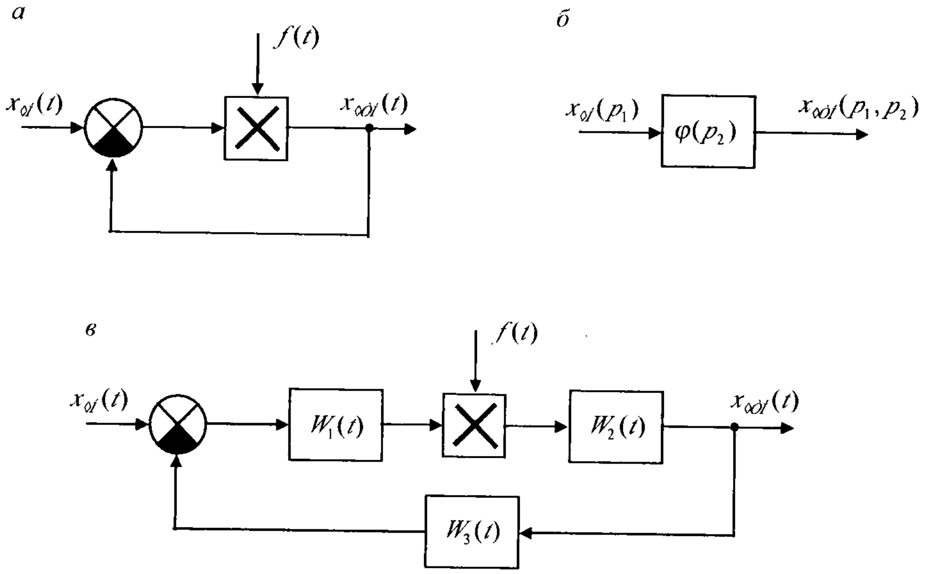

Рис. 1. Разновидности структурных схем активных четырехполюсников с обратными связями: в мгновенных значениях (*а*, *в*), в операторном виде (*б*).

Отсюда видно, что введение обратной связи просто преобразует исходный блок перемножения в новый блок перемножения без обратной связи, но с другой опорной временной функцией $\varphi(t)=\frac{f(t)}{1+f(t)}$. Значит при переходе в многомерную временную область здесь будет две, а не бесконечное число различных независимых временных переменных как предполагалось в [1].

$$X_{вых}(t_1,t_2)=X_{вх}(t_1)\cdot\varphi(t_2).$$

Результат для двухмерной операторной области можно получить из следующего соотношения:

$$X_{вых}(p_1,p_2)=X_{вх}(p_1)\cdot L\left\{\frac{f(t_2)}{1+f(t_2)}\right\}=X_{вх}(p_1)\cdot\varphi(p_2), \qquad (1)$$

где $L\left\{\frac{f(t_2)}{1+f(t_2)}\right\}$ – операторное изображение функции $\frac{f(t_2)}{1+f(t_2)}$, равное $\varphi(p_2)$.

Выражение (1) соответствует структурной схеме на рис.1 б, где активный (перемножающий временные функции) четырехполюсник заменен на пассивный с передаточной функцией $\varphi(p_2)$.

Выражение (1) можно использовать и для других схем активных многомерных типовых звеньев, определяя соответствующим образом аналитическое выражение временной функции $\varphi(t)$.

Так, например, для схемы, представленной на рис. 1 *в*,

$$\varphi(t)=\frac{W_1(t)\cdot f(t)\cdot W_2(t)}{1+W_3(t)\cdot W_1(t)\cdot f(t)\cdot W_2(t)}. \qquad (2)$$

Определение функции $\varphi(t)$ представляет определенные трудности, так как в общем случае приходится решать получаемое из (2) дифференциальное уравнение с переменными параметрами

$$[\varphi(t)W_3(t)\cdot W_1(t)\cdot f(t)\cdot W_2(t)]\cdot\varphi(t)+\varphi(t)=W_1(t)\cdot f(t)\cdot W_2(t),$$

порядок которого определяется порядками временных операторных функций $W_1(t), W_2(t), W_3(t)$.

Пусть в рассматриваемой схеме $X_{вх}(t)=t$, $f(t)=1(t)$, $W_1(t)=\dfrac{K_1}{1+T_1\cdot D}$, $W_2(t)=\dfrac{1}{T_2\cdot D}$, $W_3(t)=K_2$, где K_1, K_2 – коэффициенты передачи; T_1, T_2 – постоянные времени; $D=\dfrac{d}{dt}$ – временной оператор.

Прямой подстановкой в (2) найдем

$$\varphi(t)=\frac{K_1\cdot 1(t)}{(1+T_1\cdot D)\cdot T_2\cdot D+K_2K_1\cdot 1(t)},$$

откуда получим дифференциальное уравнение

$$T_1\cdot T_2\cdot\frac{d^2\varphi}{dt^2}+T_2\cdot\frac{d\varphi}{dt}+K_1\cdot K_2\cdot 1(t)\cdot\varphi=K_1\cdot 1(t).$$

В случае $T_1=0.25c, T_2=1c, K_1=K_2=1$ решение этого уравнения при нулевых начальных условиях будет иметь вид

$$\varphi(t)=\frac{2+\sqrt{3}}{2\cdot\sqrt{3}}\cdot e^{(-2+\sqrt{3})\cdot t}+\frac{\sqrt{3}-2}{2\cdot\sqrt{3}}\cdot e^{-(2+\sqrt{3})\cdot t}+1,$$

что дает изображение

$$\varphi(p_2)=\frac{2+\sqrt{3}}{2\cdot\sqrt{3}}\cdot\frac{1}{p_2-(\sqrt{3}-2)}+\frac{\sqrt{3}-2}{2\cdot\sqrt{3}}\cdot\frac{1}{p_2+(\sqrt{3}+2)}+\frac{1}{p_2}.$$

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.