

УДК 62-83:621.313

Н.В.Иванова (6 курс, каф. САУ), С.А.Ковчин, д.т.н., проф.

### СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ

При решении аспектов проблемы энергосбережения все больший интерес вызывают вопросы потребления электроэнергии автоматизированными электроприводами. В нашей работе сделана попытка использовать для этой цели известную формула Релея-Парсеваля:

$$\int_0^{\infty} [x_n(t)]^2 dt = \int_0^{\infty} [x_n(j\omega)]^2 d\omega, \quad (1)$$

где  $x_n(t)$  – временная характеристика,  $x_n(j\omega)$  - амплитудная характеристика.

Отметим, что в электромеханической системе запас энергии равен  $E = J \frac{\omega^2(t)}{2}$ .

Следовательно, если полагать  $x(t) = \omega(t)$ , то формула (1) отражает энергетические свойства САУ.

Мы предлагаем использовать для проведения сравнительной оценки динамики (и энергии) линейных и нелинейных систем квадратичную функцию ошибки по скорости  $e(t) = g(t) - h(t)$ , где  $g(t)$  – входной сигнал,  $h(t)$  – переходная характеристика.

Рассмотрим линейную и нелинейную системы, имеющие в своем составе наиболее часто встречающееся звено с передаточной функцией  $W = \frac{k_a \cdot (1 + T_2 \cdot s)}{s^2 \cdot (1 + T_3 \cdot s)}$ . Системы

отличаются одним элементом: в линейной системе – это пропорциональное звено, в нелинейной – линеаризованный статический нелинейный элемент. На вход системы подается сигнал, превышающий уровень ограничения в  $n$  раз ( $n=1,2,3$ ).

В табл. 1 приведены для нескольких показателей колебательности  $M$  расчетные значения интеграла левой части формулы (1) как для линейной (I1), так и нелинейной (I2) систем, а также отношения этих интегралов. Аналогично сделан расчет и для соответствующих показателей времени первого согласования, которые характеризуют быстроедействие системы ( $ts1$  и  $ts2$ ).

Таблица 1.

M	n	I1 - лин	I2 - нел	I1/I2	ts1 - лин	ts2 - нел	ts1/ts2
1,05	1	0,0134	0,0134	1,0000	0,0371	0,0371	1,0000
	2	0,0656	0,0758	0,8654	0,0496	0,0485	1,0227
	3	0,1849	0,2229	0,8295	0,0680	0,0628	1,0828
...							
1,5	1	0,0448	0,0448	1,0000	0,0761	0,0761	1,0000
	2	0,2134	0,2229	0,9574	0,0918	0,0996	0,9217

	3	0,5875	0,5953	0,9869	0,1121	0,1254	0,8939
...							
	1	0,0923	0,0923	1,0000	0,0984	0,0984	1,0000
	2	0,4410	0,4062	1,0857	0,1161	0,1281	0,9063
2,5	3	1,2182	1,0902	1,1174	0,1379	0,1585	0,8700

Отношения результатов интегрирования квадратичных функций ошибки линейной и нелинейной систем для различных значений  $M$  представим в виде зависимостей от уровня входного сигнала. Соответствующие графики приведены на рис. 1.

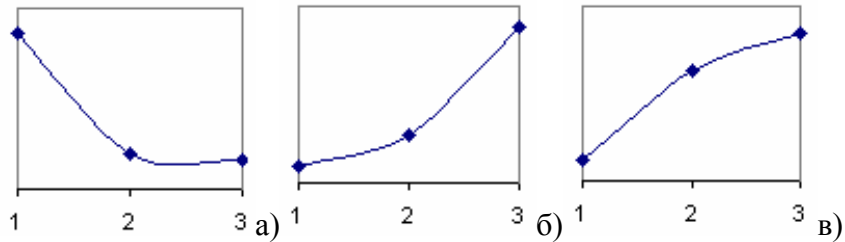


Рис. 1. Зависимость  $f = I1/I2 (n)$ :  
а)  $M = 1,05 \div 1,5$ ; б)  $M = 1,7 \div 1,9$ ; в)  $M = 2,1 \div 2,5$ .

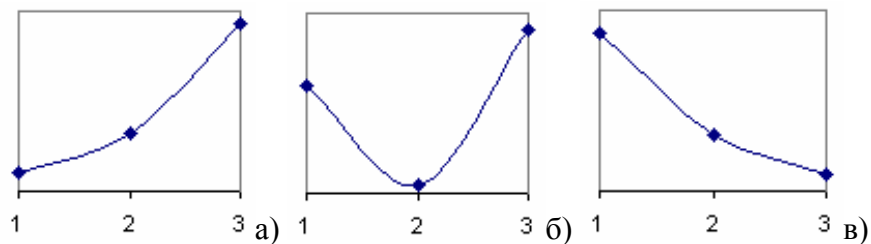


Рис. 2. Зависимость  $f = ts1/ts2 (n)$ :  
а)  $M = 1,05$ ; б)  $M = 1,1$ ; в)  $M = 1,3 \div 2,5$ .

Одновременно с энергетикой мы сравнили быстродействие систем по времени «первого согласования». Зависимость относительного времени «первого согласования» (обратная величина быстродействия) от уровня входного сигнала имеют следующий вид (рис. 2).

*Выводы:*

1. Анализируя графики, представленные на рис. 1, можно заключить, что при малой колебательности переходных процессов и возрастании входного сигнала линейная система потребляет меньше энергии, чем нелинейная. Поэтому соответствующая зависимость (рис. 1а) имеет спадающий характер. При увеличении колебательности линейной САУ аналогичные зависимости (рис. 1б) имеет возрастающий характер. Дальнейшее увеличение колебательности системы меняет только кривизну функции (рис. 1в).

2. Относительное быстродействие линейной системы при аналогичных условиях и очень малой колебательности переходных процессов (рис. 2а) имеет падающий характер. При незначительной колебательности характеристика быстродействия (рис. 2б) имеет экстремум, а при дальнейшем возрастании колебательности динамического процесса относительное быстродействие монотонно растет.

3. Эти результаты объясняются тем, что при возрастании колебательности динамических процессов их пики срезаются в нелинейной системе, что увеличивает время ее переходных процессов, но при этом энергии затрачивается меньше.