

УДК 621.3.016.313

А. В. Жердев, Н. А. Задорожний, канд. техн. наук, доц.

Донбасская государственная машиностроительная академия, Украина

## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЯХ И ДЕЙСТВИИ СИЛ ТРЕНИЯ

A.V. Zherdev, N.A. Zadorozhniy, Ph.D., Assoc. Prof.

### STABILITY OF ELECTRIC TWO-MASS MECHANICAL SUBSYSTEM IN ELASTIC OSCILLATIONS AND VARIABLE FRICTION FORCES

Главной задачей разработки автоматизированных электроприводов технологических машин является точное воспроизведение заданных законов движения исполнительных органов и уменьшение динамических нагрузок.

Для групп регулируемых электроприводов, используемых в станкостроении, робототехнике, металлургических машинах и подъемно-транспортных механизмах наличие упругих механических звеньев и значительное трение на валу двигателя является характерной чертой. В динамике упругие механические звенья являются причиной возбуждения колебаний с ростом дополнительных механических нагрузок электропривода, искажением заданных законов движения и снижения устойчивости системы в целом.

Целью работы является исследование изменений устойчивости при параметрировании коэффициента вязкого трения в упругой двухмассовой системе.

В диапазоне скоростей электродвигателя  $\omega_1 < \omega_d < \omega_3$  при отработке ошибки регулирования, составляющие вязкого трения изменяются по величине и могут принимать отрицательные значения. В результате влияния “отрицательного” вязкого трения на валу электродвигателя ослабляется демпфирование упругих колебаний в механической подсистеме электропривода, и при определенных значениях коэффициента трения  $\alpha_2 = dM_{тр}/d\omega_d$  происходит самовозбуждение колебаний (дестабилизация) и потеря устойчивости.

Динамические свойства исследуемого электропривода можно представить структурной схемой в обобщенной форме и общепринятыми обозначениями, приведенной на рис. 1.

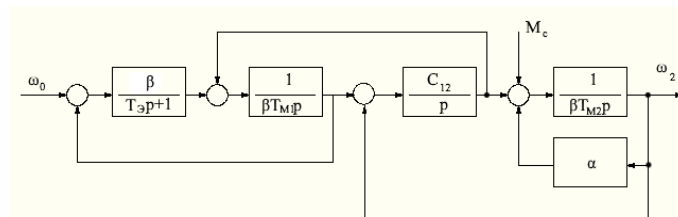


Рис. 1. Механическая подсистема

Механическая подсистема (МП) описана двухмассовой расчетной схемой с упругим звеном, электромагнитная подсистема (ЭП) – электродвигатель – колебательным звеном с трением на валу. Трение принимается вязким, но в зависимости от скорости знак коэффициента принимает положительные и отрицательные значения. Исследование электропривода как электромеханической системы (ЭМС) производится на основании метода её представления отдельными (парциальными) взаимодействующими подсистемами – МП и ЭП.

Свойства ЭМС определяются характеристическим уравнением:

$$\gamma T_y^2 T_{m1} T_{\varepsilon} p^4 + T_{m1} (T_{\varepsilon} T_{\delta} + \gamma T_y^2) p^3 + (\gamma T_{m1} T_{\varepsilon} + \gamma T_y^2 + T_{m1} T_{\delta}) p^2 + (\gamma T_{m1} + T_{\delta} + T_{\varepsilon} (\varepsilon - 1)) p + \varepsilon = 0 \quad (1)$$

где  $\varepsilon = 1 + \frac{\alpha_2}{\beta} = \frac{\omega_0}{\omega_2}$ .

Параметр  $\varepsilon$  выведен из уравнения механической характеристики  $\omega=f(M)$  для линейной части графика при допущении установившегося режима:  $\omega = \omega_0 - \frac{M_T}{\beta}$

Для проверки устойчивости электромеханической системы предлагается построить корневой годограф передаточной функции.

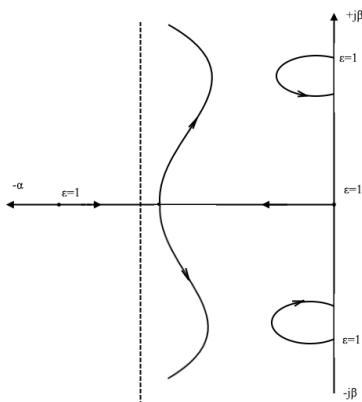


Рис. 2. Корневой годограф

На корневом годографе (рис.2) можно наблюдать, что в зависимости от коэффициента  $\varepsilon$  процессы в ЭП могут носить неустойчивый ( $\varepsilon < 1$ ), колебательный ( $\varepsilon = 1$ ) или монотонный характер ( $\varepsilon > 1$ ).

Исходя из результатов исследования можно сделать вывод, что механическая подсистема двухмассовой электромеханической системы будет устойчива только при наличии сил трения, оказывающих сопротивление движению инерционных масс. Следовательно, отрицательное вязкое трение можно отнести к полностью вредным явлениям в работе электромеханических систем.

В электромеханических системах, таких как металлообрабатывающие станки, рельсовый транспорт, валки прокатных станов могут возникать фрикционные автоколебания. К одной из причин их появления можно отнести отрицательное вязкое трение. Автоколебания, которые возникают в ЭМС, сокращают срок службы агрегатов, увеличивают упругие нагрузки в кинематических звеньях, ухудшают технологический процесс.

Для решения данной проблемы предложены различные способы: использование адаптивных регуляторов, введение дополнительных обратных связей по координатам электропривода, а также применение нейронных сетей систем управления.

Степень устойчивости ЭМС зависит от величины коэффициента вязкого трения  $\alpha$  относительно параметров ЭМС. Система является устойчивой с затухающей амплитудой колебаний при положительном вязком трении.

### **Литература**

1. Иванченко Ф.К., Красношопка В.А. Динамика металлургических машин. М.: Металлургия, 1983.– 295 с.
2. Ключев В.И. Анализ электромеханической связи при упругих колебаниях в электроприводе // Электричество.– 1971.– № 9.– С. 47 - 51.