

## **ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (ЭМС) С НЕЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ТРЕНИЯ (НХТ).**

В ряде работ ([1,2]) была исследована динамика ЭМС с НХТ S (или N) типа. Показано, что устойчивость таких систем может быть обеспечена введением в них обратных связей. Однако, достаточно часто реализация этих связей невозможна или затруднена (например, обратные связи по упругому моменту и скорости второй массы). В этом случае обратная связь может быть замкнута не по реальному сигналу, а по его оценке, полученной с помощью наблюдающего устройства. Несмотря на то, что исследования систем с наблюдателями широко ведутся с начала 70-х годов (в том числе и ЭМС [3]), анализ влияния наблюдателей на динамику ЭМС с НХТ указанного вида до сих пор проведен не был.

Характерной особенностью таких систем является нелинейность, неопределенность и, вообще говоря, неоднозначность и нестационарность зависимости коэффициента трения от скорости скольжения. В то же время, с практической точки зрения целесообразна реализация линейного стационарного (неадаптивного) наблюдателя или, по крайней мере, нелинейного наблюдателя пониженного порядка. (Хотя в настоящее время развитие микропроцессорной техники сняло многие ограничения на объем вычислительных процедур, быстрдействие микроконтроллеров, на которых реально возможно построение систем управления еще очень далеко от быстрдействия Pentium и RISC процессоров или специализированных процессоров цифровой обработки сигналов).

Предварительные выводы о возможности реализации таких вариантов наблюдателей были сделаны в результате анализа работ других авторов со сходной тематикой. Так в работе [4] показано, что линейный наблюдатель всегда может быть использован для стабилизации нелинейной системы, содержащей нелинейность, удовлетворяющую условиям применения критерия Попова, и имеющей доступный для измерения полностью наблюдаемый выход линейной части. Если выход линейной части системы для измерения не доступен, стабилизация может быть осуществлена при условии устойчивости линеаризованной системы. Анализ устойчивости линеаризованной ЭМС с НХТ был проведен в работах [1,2] и их результаты могут быть использованы в данном случае. Аналогичные [4] выводы сделаны в работе [5] - с применением методов Ляпунова показано, что для определенного класса нелинейных систем глобальная асимптотическая устойчивость может быть обеспечена при использовании линейного наблюдателя. Показано также, что система неустойчивая с линейным наблюдателем может быть глобально устойчива с глобально асимптотически устойчивым нелинейным наблюдателем пониженного порядка. С помощью метода, предложенного в работе [6], глобальная асимптотическая устойчивость системы с неопределенной нелинейностью и наблюдателем может быть обеспечена при условии, что нелинейность ограничена конусом. В описанном в [7] методе обеспечения робастности системы с оптимальным регулятором и наблюдателем используется круговой критерий, что, по-видимому, позволяет учесть такую особенность НХТ, как неоднозначность. В работе [8] робастность системы с наблюдателем гарантируется использованием методов Монте-Карло.

В целом, использование перечисленных и аналогичных им методов разработки устойчивых нелинейных систем с наблюдателями является сложным и трудоемким процессом, а возможность их успешного применения к ЭМС с НХТ не очевидна. Достаточно простой инженерной методики построения таких систем в настоящее время не существует, ее разработка ведется авторами доклада. В частности, для наблюдателей с управлением по току якоря и коррекцией по скорости двигателя, с управлением по скорости двигателя и коррекцией по скорости исполнительного органа, с управлением по напряжению тиристорного преобразователя и коррекцией по току якоря рассматриваются различные варианты учета характеристики трения. Для оценки влияния наблюдателей на динамику системы используются различные методы, в частности, сравнение границ устойчивости системы с наблюдателем с результатами, полученными в исследованиях [1,2].

## Список использованных источников:

1. Клепиков В.Б., Луцкова Т.Б. Свойства обратных связей в электромеханических системах с отрицательным вязким трением // I международная конференция по электромеханике и электротехнологии МКЭЭ, 1994.
2. Клепиков В.Б., Осичев А.В. Определение границ устойчивости электроприводов с вязким трением с учетом упругости кинематической цепи // Электричество №1, 1989.
3. Борцов Ю.А., Соколовский Г.Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. -СПб.: Энергоатомиздат, 1992.
4. STRANE, R. E., VOGT, W. G. Stabilization of nonlinear systems using linear observers. //Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, vol.96, 1974.
5. DOTE, Y., HOFT, R. G. On stabilization of classes of nonlinear systems with state observers //Control science and technology for the progress of society; Proceedings of the Eighth, Triennial World Congress, Kyoto, Japan, August, 24-28, 1981. Volume 1.- Oxford: Pergamon Press, 1982.
6. SABERI, A. SANNUTI, P. Observer-based control of uncertain systems with non-linear uncertainties. //International Journal of Control, vol. 52, 1990.
7. OKADA T., KIHARA M., FURIHATA H. Robust control system with observer. //International Journal of Control, vol. 41, 1985.
8. GAUGH, W. J. Single-state observer design considerations for aircraft application. //Guidance, Navigation and Control Conference, Williamsburg, VA, August 18-20, 1986. Technical Papers.- New York: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1986.