

УДК 62–501.53

**В.Е. Обухов (асп., каф. САУ), Казингуфу Полуку(5 курс),  
О.А. Соколов, д.т.н., проф.**

## **ОБРАТИМЫЕ СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ КОПИРУЮЩИХ МАНИПУЛЯТОРОВ**

Копирующий манипулятор (КМ) является представителем механизмов экстремальной робототехники, которые применяются при выполнении работ с заведомо неопределимой технологией в агрессивных и токсичных средах: аварийно-спасательные и поисковые работы, работы с радиоактивными веществами, биологические исследования, проводимые с животными в экстремальных средах, усиление физических возможностей человека и протезирование. Использование таких механизмов связано с необходимостью обеспечения эффекта присутствия в рабочей зоне.

КМ относится к биотехническим системам управления (БТСУ), в которых сигналы целеуказания генерируются в результате двигательных функций оператора, сравнивающего действительное состояние объекта управления с желаемым и принимающего решение о подаче соответствующего управляющего воздействия.

Решение проблемы согласования движений (при выполнении маневра) и усилий (при взаимодействии с обслуживаемым объектом) достигается применением задающего органа – манипулятора, кинематически подобного исполнительному манипулятору. Каждая из степеней подвижности задающего и исполнительного манипуляторов оборудуются обратной следящей системой управления (СУ), функции которой сводятся к передаче угла поворота с задающего вала на исполнительный и отражению момента, приложенного со стороны нагрузки к исполнительному на задающий, т.е. исполнительный манипулятор копирует движения задающего, а оператор чувствует нагрузку.

Существующие классификации СУ КМ, как и все классификации, в значительной мере субъективны по выбору признаков. Из всех возможных классификационных признаков представляются наиболее существенными те из них, которые определяют деление СУ по функционированию на обратимые и необратимые, а по структуре – на симметричные и несимметричные системы. Систему будем считать обратной, если она выполняет свои основные функции, независимо от того с какой стороны производится управление. Все симметричные системы являются полностью обратимыми. Обратное утверждение не верно.

Одной из простейших обратимых симметричных систем является система, в которой сигналами задания следящих систем являются рассогласование задающего и исполнительного валов ( $\varphi_n - \varphi_o$ ) и ( $\varphi_o - \varphi_n$ ). Такая СУ всегда будет стремиться уменьшить рассогласование, что соответствует функции передачи угла с одновременным отражением усилий на вал оператора.

Оператор, при любых режимах работы, помимо внешних нагрузочных моментов ощущает и моменты “внутреннего сопротивления”, присущие самой системе. В связи с этим были предложены методы повышения точности ощущения оператором нагрузочных моментов [1], основанные на введении положительных (компенсирующих) связей.

На основании рассмотренных методов и особенностей симметричных систем на кафедре САУ СПбГТУ была предложена СУ. Путем изъятия тех или иных информационных каналов в ней можно реализовать симметричные и несимметричные варианты введения компенсирующих связей. Это одна из возможных обобщенных структур, позволяющая генерировать большое количество структурно-параметрических решений при использовании стандартного набора датчиков. В качестве датчика момента выступает упругий элемент.

Наличие у таких систем двух основных функций приводит к невозможности использования традиционных критериев качества управления. Из-за отсутствия обобщенного крите-

рия сложно сравнивать между собой различные структурные и параметрические решения, что не позволяет высказать конкретных рекомендаций по проектированию таких систем.

Предлагается в качестве критерия качества для функции отражения момента использовать коэффициент заполнения импульсов момента, который показывает относительную величину полезного момента. На основании этого критерия проведем сравнение нескольких СУ (каждая последующая является усовершенствованием предыдущей):

СУ (каждая последующая является усовершенствованием предыдущей):

- 1 - простейшая система, с введением компенсирующих связей пропорциональных внешним моментам;
- 2 - система 1 с использованием внутреннего контура управления по скорости;
- 3 - система 2 с использованием внутреннего контура управления по току;
- 4 - система 3 с использованием перекрестных связей по скорости;
- 5 - система 4 с использованием перекрестных связей по току.

Настройка регуляторов проводилась опытным путем, на основе моделирования СУ в DS88. Результаты исследований приведены на рис. 1.

Получили, что качество СУ в области низких частот значительно повышается при использовании перекрестных связей, а большое количество настроек (шесть регуляторов) позволяет варьировать этим качеством. Следует заметить, что ошибка по углу также снижалась от системы к системе.

Можно сделать вывод, что для одной степени подвижности КМ возможно достичь приемлемого качества управления. Однако, как это скажется на качестве управления всем манипулятором, пока сказать нельзя, такие исследования еще проводятся и возможно, что для их проведения имеющихся на данный момент средств моделирования будет недостаточно.

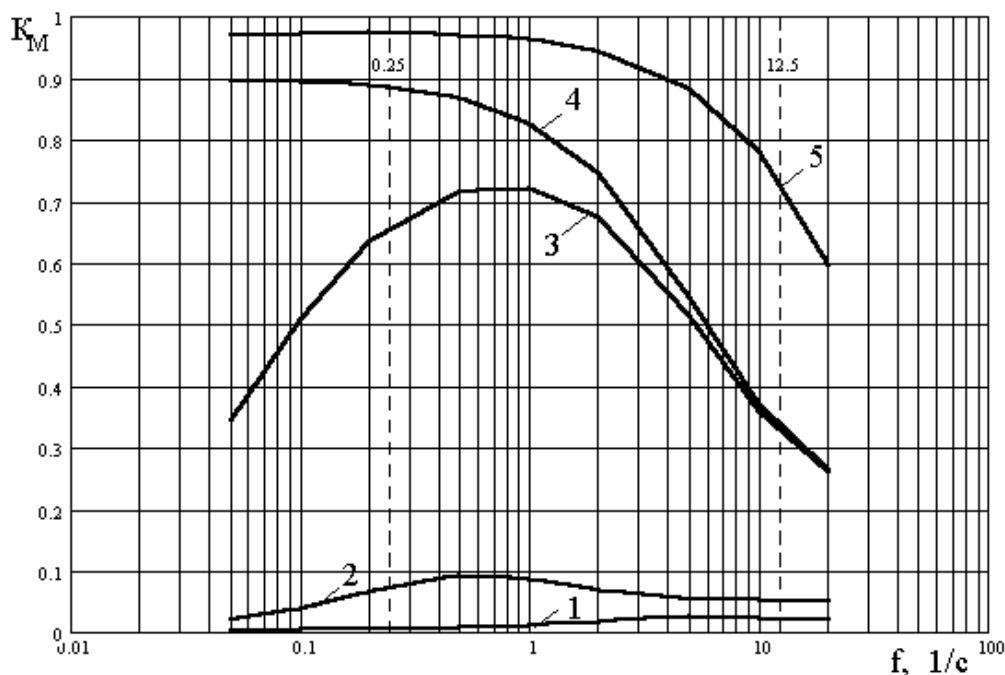


Рис. 1. Сравнение качества различных СУ.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Проектирование следящих систем двустороннего действия/ И.Н. Егоров, Б.А. Жигалов, В.С. Кулешов и др. — Под ред. В.С. Кулешова. — М.: изд. Машиностроение, 1980. — 300с.