

Д.С. Вараницкий, магистрант,

М.Ю. Ткачев, аспирант,

В.Ф. Борисенко, канд. техн. наук, проф.

Донецкий национальный технический университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА СИСТЕМ ЗАМЕНЫ ПОГРУЖНОГО СТАКАНА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

В статье рассмотрены вопросы совершенствования алгоритмов рационального выбора оптимальных электромеханических приводов для промышленных роботов на примере манипуляционной системы замены погружного стакана для непрерывной разливки стали.

Манипулятор, погружной стакан, привод, переходный процесс

Манипулятор для замены погружного стакана на слябовой машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) работает в кратковременном режиме, поэтому предполагается, что приводной двигатель должен обладать перегрузочной способностью не ниже $\lambda=1.8-2$. Исходя из этого, в качестве привода манипулятора используется двигатель 4АА50А4УЗ со следующими паспортными характеристиками: мощность $P=60$ Вт, частота вращения выходного вала $n = 1330$ об/мин, частота питающего напряжения $f = 50$ Гц, $\Delta/Y 220/380$ В.

Рассматриваемое устройство (рис. 1, 2) представляет собой промышленный манипулятор, который может быть представлен следующей расчетной схемой (рис.3) [1, 2]. Основная задача на первом этапе – составление расчетной схемы и системы уравнений, описывающих его поведение в процессе захвата, транспортировки и установки стакана. Для упрощения задачи предполагаем, что стакан зажат (с помощью системы пневмопривода), а траектория перемещения плеча в пространстве обеспечивается за счет работы приводов поворота и предплечья. Достижение конечного положения стакана в лабораторной модели манипулятора фиксируется с помощью путевого выключателя. В разрабатываемой модели задается усредненный угол перемещения, равный 90 град.

Промышленный робот (ПР) представляет собой управляемое устройство или машину, предназначенную для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве [3].

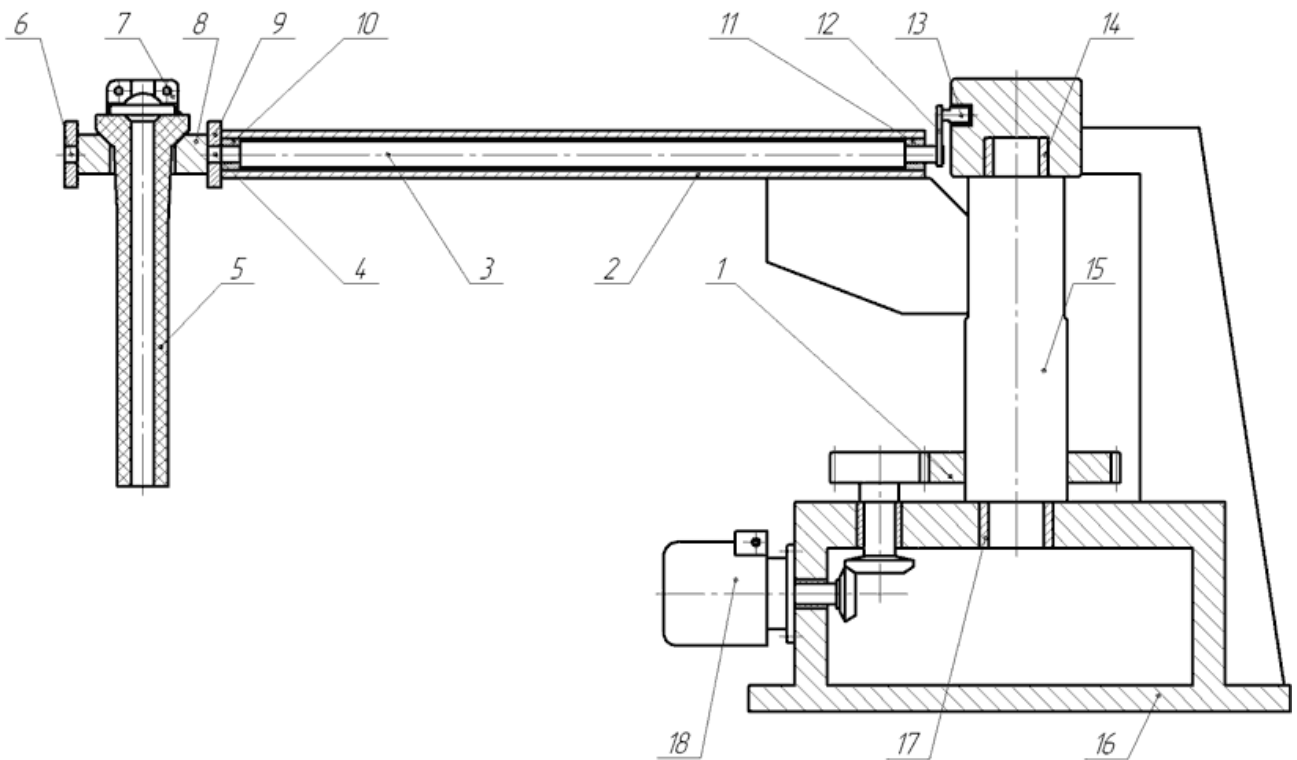


Рисунок 1 – Схема системы быстрой смены погружного стакана:
 1 – зубчатый венец; 2 – пустотелая консоль; 3 – трансмиссионный вал; 4,
 6 – цапфы; 5 – сменный погружной стакан; 7 – силовой
 гидроцилиндр; 8 – скоба; 9 – платформа; 10, 11 – подшипниковые опоры;
 12 – рычаг; 13 – ролик; 14, 17 – верхняя и нижняя
 неподвижные подшипниковые опоры; 15 – поворотная колонна;
 16 – основание; 18 – электромеханический привод

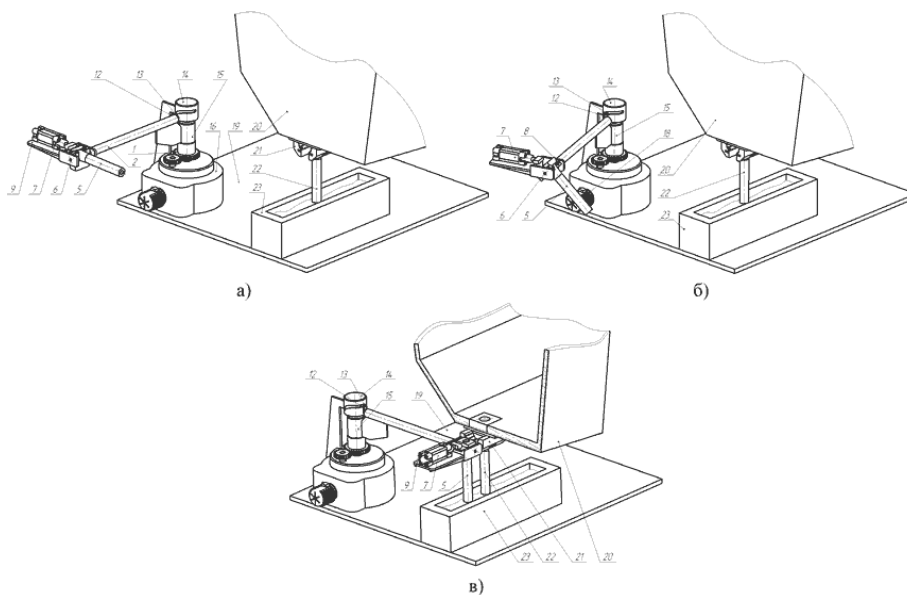


Рисунок 2 – Последовательность выполнения операции быстрой
 смены погружного стакана

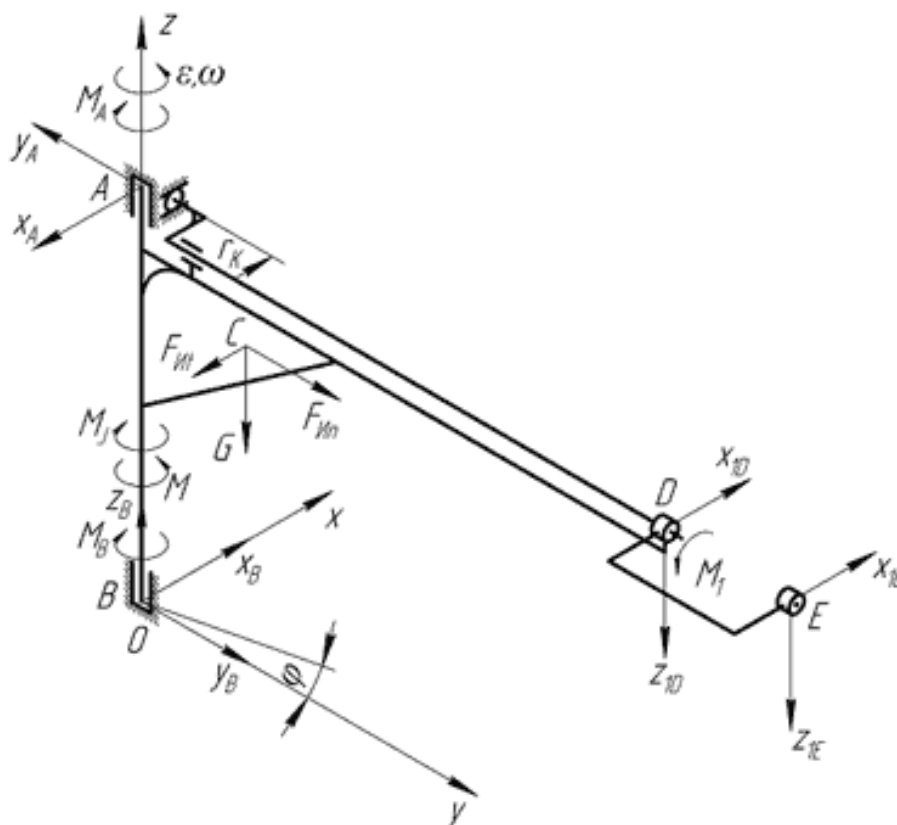


Рисунок 3 – Расчетная схема группы «консоль-колонна» манипулятора

Манипулятор – это устройство дистанционно управляемое оператором и (или) программным устройством, содержащее рабочий орган, который предназначен для имитации перемещений и рабочих функций кисти руки. Основу манипуляторов составляют пространственные механизмы со многими степенями свободы. Манипуляторы выполняют работы в средах, недоступных или опасных для человека (подводные глубины, вакуум, радиоактивная среда и другие агрессивные среды), вспомогательные работы в промышленном производстве. Также манипуляторы используются в медицинской технике (например, в протезировании). В системе автоматического регулирования и управления существует устройство, непосредственно осуществляющее механическое перемещение (или поворот) регулирующего органа объекта управления, называемое исполнительным механизмом. По типу привода различают гидравлический, пневматический, электрический и комбинированный исполнительный механизм (напр., электрогидравлический). Исполнительные механизмы предназначены для перемещения регулирующих органов в системах автоматического регулирования технологическими процессами в соответствии с

командными сигналами автоматических регулирующих и управляющих устройств. Исполнительные механизмы перемещают рабочие органы неполноповоротного принципа действия (шаровые и пробковые краны, поворотные дисковые затворы, заслонки). Они устанавливаются вблизи регулирующих устройств и связываются с ними посредством тяг и рычагов [3].

Исполнительные механизмы изготавливаются с датчиком обратной связи (блоком сигнализации положения выходного вала), для работы в системах автоматического регулирования, или без датчиков обратной связи – с блоком конечных выключателей, для режима ручного управления.

Сложность описания электропривода ПР состоит в том, что звенья манипулятора функционируют в общем комплексе как единая многозвенная динамическая система. Это обуславливает применение многокоординатных электроприводов (ЭП) и затрудняет рассмотрение свойств такого исполнительного устройства в целом. Трудоемкость усугубляется тем, что угловые координаты оказываются под знаками тригонометрических функций, а уравнения движения являются нелинейными. Очевидно, что сложность всей системы уравнений динамики не позволяет решить задачу аналитически, поэтому приходится прибегать к математическому моделированию с применением ЭВМ. Для математического описания электропривода манипулятора ПР предлагается использовать расчетную схему манипулятора (рис. 3).

Кинематическая схема разработана таким образом, что от одного и того же приводного двигателя движение через редуктор с двумя выходами передается с одной стороны на поворот руки манипулятора, а с другой стороны – на поворот предплечья, которое реализует поворот стакана. Передаточные числа редуктора подобраны таким образом, что оба звена осуществляют поворот на 90° за одно и то же время. Угловой путь у обоих звеньев одинаков, линейные перемещения существенно разнятся. Расчетная схема манипулятора может быть существенно упрощена, если рассматривать каждое из движений в отдельности.

Для упрощенной схемы передачи движения от двигателя к звеньям (рис.4) можно записать результирующее уравнение движения, в которое войдут нагрузки от первого и второго звеньев – M_{c1} и M_{c2} [4, 5].

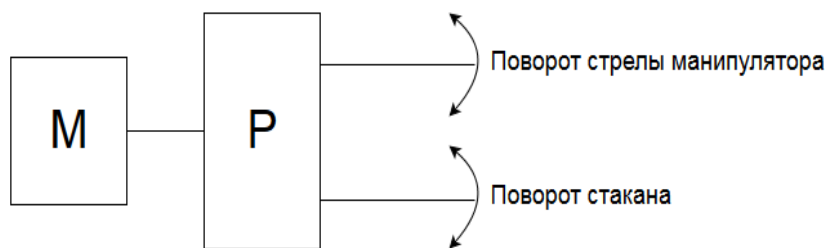


Рисунок 4 – Упрощенная схема передачи движения от двигателя к звеньям

Аналогично поступаем с моментами инерции звеньев. Тогда:

$$M - M_{c1} - M_{c2} = (J_{дв} + J_1 + J_2) \frac{d\omega}{dt} \quad (1)$$

Решение этого уравнения при упрощенном задании моментов сопротивления может быть выполнено графоаналитическим способом. Предварительно задаемся масштабами по моменту времени и частоте вращения. Далее из уравнения движения, представленного в виде [4, 5]:

$$M_{дин} = J_{\Sigma} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (2)$$

находим масштаб по моменту инерции:

$$m_J = \frac{m_M m_t}{m_{\omega}} \quad (3)$$

Построение выполняется в следующей последовательности. Предполагается, что все величины приведены к частоте вращения двигателя.

Во втором квадранте (рис. 5) строим механическую характеристику двигателя, суммарную механическую характеристику от воздействия двух звеньев. Весь интервал изменения частоты вращения двигателя разбиваем на 8-10 участков $\Delta\omega_1, \Delta\omega_2 \dots \Delta\omega_i$. Для каждого из интервалов $\Delta\omega_i$ находим средние значения моментов двигателя и сил сопротивления, затем определяем $M_{дин}$ на интервале $\Delta\omega_i$. Величины динамических моментов откладываем по оси y . По оси момента откладывается отрезок AO , пропорциональный моменту инерции. Точка A – полюс построения, она соединяется с концами

отрезков динамических моментов на участках. Тогда получаем кривые $Ab_1, Ab_2 \dots Ab_i$. Из точки O проводим луч, параллельный Ab_1 , до пересечения с первой горизонталью скорости (точка k). Точку k сносим на ось времени (k'). Треугольник Ab_1O подобен треугольнику Okk' . Из подобия треугольников следует, что отрезок Ok' пропорционален времени разгона на интервале $\Delta\omega_1 - \Delta t_1$.

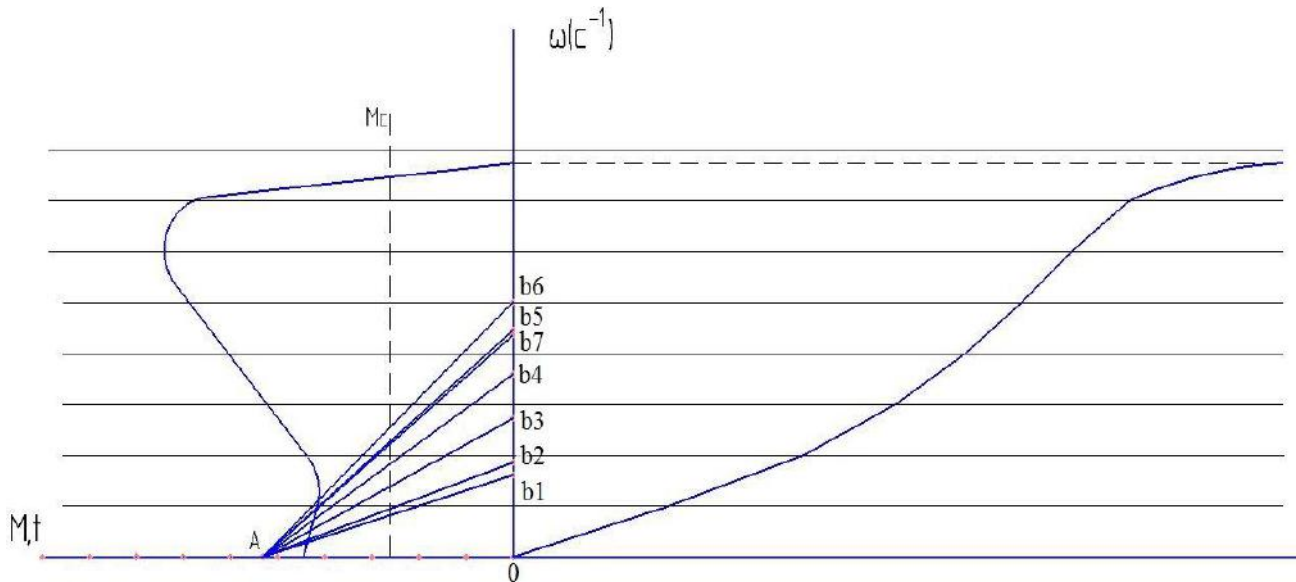


Рисунок 5 – Построение переходного процесса графоаналитическим методом для пуска системы

Таким образом, полученные результаты используются при проектировании и наладке лабораторного стенда системы быстрой смены погружных огнеупорных стаканов на слябовой МНЛЗ. Для двигателя и промежуточных механических звеньев опытно-промышленного образца манипулятора в будущем будет уточнено время обработки поворота на 90 град.

Список литературы

1. Патент 96891 Україна, B22D41/56, B22D11/106. Маніпулятор для заміни занурювального стакана на слябовій машині безперервного лиття заготовок / С.П. Єронько, М.Ю. Ткачов, К.В. Дубойський; Донец. нац. техн. ун-т. – №2010155511; заявлено 23.12.2010; опубл. 12.12.2011, бюл. №23. – 5 с.
2. Єронько С.П. Расчет и конструирование системы быстрой замены погружных стаканов при непрерывной разливки стали / С.П. Єронько, А.Л. Сотников, М.Ю. Ткачев // Металл и литье Украины. – 2011. – №12. С. 36-44.
3. Борисенко В.Ф. Введение в специальность / В.Ф. Борисенко – Донецк, ДонНТУ, 2014. – 357 с.
4. Фролов К. В. Механика промышленных роботов. Кн. 1: Кинематика и динамика / К. В. Фролов, Е. И. Воробьев, С. А. Попов и др. – М., Высш. шк., 1988. – 304 с.
5. Андрианов Ю.Д. Автоматические манипуляторы и робототехнические системы / Ю.Д. Андрианов, Л.Я. Глейжр, М.Б. Игнатъев и др. – М., Машиностроение, 1984. – 288 с.

© Д.С. Вараницкий, М.Ю. Ткачев, В.Ф. Борисенко, 2015