

УДК 681.514

Федорещенко Николай Васильевич,*к.т.н., доцент, кафедра «Электропривод и электрический транспорт»**ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»**e-mail: n-fed38@mail.ru***Бубеева Любовь Петровна,***магистрантка, кафедра «Электропривод и электрический транспорт»**ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»***Лубкова Анастасия Павловна,***магистрантка, кафедра «Электропривод и электрический транспорт»**ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»***ИССЛЕДОВАНИЯ РОБОТА - МАНИПУЛЯТОРА ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ***Fedoreshchenko N.V., Bubeeva L.P., Lubkova A.P.***RESEARCH OF THE ROBOT - MANIPULATOR DURING MODERNIZATION**

Аннотация. Показана методика исследования механики робота – манипулятора на динамической модели при модернизации. Предлагается на предварительном этапе проектирования механизмов перемещения оценить динамические возможности объекта модернизации. Такая оценка позволит добиться максимального эффекта от механизма, правильно сформулировать техническое задание на модернизацию, а также выбрать параметры электродвигателя и механизма с учётом результатов, полученных при исследовании.

Ключевые слова: модернизация, робот, модель, исследования, оценка.

Annotation. The technique of studying the mechanics of a robot manipulator on a dynamic model during modernization is shown. It is proposed at the preliminary stage of the design of displacement mechanisms to choose the parameters of the electric motor and the mechanism based on the possible results obtained during the study.

Keywords: modernization, robot, model, research, evaluation.

Эксплуатация вполне работоспособного, но технически устаревшего оборудования сдерживает рост производительности труда, снижает качество и количество выпускаемой продукции. Анализ парка, например, роботов – манипуляторов (РМ) на отечественных предприятиях показывает, что большинство из них – это механизмы 80-х гг. выпуска. Среди них около 30% имеют только моральный износ приводов (ЭП), систем управления (СУ), датчиков, остальные устарели как физически, так и морально [1,5].

Решение этой проблемы – установка современного нового оборудования или глубокая модернизация имеющегося. Первый вариант является предпочтительным с точки зрения производительности и функциональных возможностей оборудования, но является весьма дорогостоящим. Это особенно актуально в связи с тем, что порядка 80% новых РМ, закупаемых в России - зарубежного производства и их стоимость сама по себе достаточно высока и, кроме того, привязана к курсу иностранных валют [1]. Вариант же глубокой, с заменой механики и ЭП с СУ, модернизации имеющегося оборудования

осуществляется отечественными специалистами и на отечественных предприятиях, поэтому на порядок и более, дешевле приобретения новых агрегатов [1,5]. При этом, эксплуатационные показатели модернизированного оборудования по основным параметрам вполне сопоставимы с новым оборудованием.

Под модернизацией оборудования будем понимать приведение РМ в соответствие с современными требованиями путем внесения частичных изменений и усовершенствований в конструкцию (механику) ЭП и СУ. Конечной целью модернизации являются: повышение производительности РМ, улучшение характеристик (быстродействия, точности перемещения), обеспечение работы в автоматизированном производстве [2,5].

На предварительном этапе модернизации, согласно [2,5], анализируются следующие факторы.

1. В каком техническом состоянии находятся отдельные компоненты РМ, прежде всего механика.

2. Оцениваются срок их службы, надёжность работы, текущие затраты на об-

служивание, совместимость с другими, в том числе и с планируемыми новыми компонентами электропривода.

3. Оценивается возможность данного механизма реализовывать планируемые показатели, прежде всего, быстродействие и точность, а также ряд других (плавность, статизм, экономичность).

4. Проводится исследование на моделях режимов работы механики РМ.

В данной статье показана методика исследования типового робота ЛАН – 1 грузоподъемностью 10 кг [3]. На рис.1 показан трёхкоординатный РМ 1 габарита, предназначенный для перемещения различных грузов (5 – 30 кг).

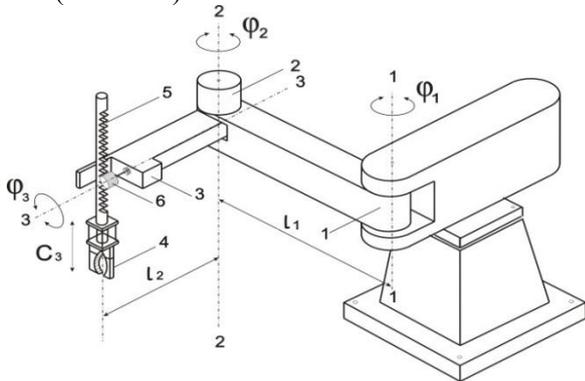


Рисунок 1 – Робот – манипулятор ЛАН – 1.

Конструктивная схема промышленного робота (РМ) с грузоподъемностью от 5 до 30 кг, используемого в сборочных операциях, например, в автомобильной промышленности. РМ — это машина, имеющая исполнительный механизм (манипулятор) с тремя степенями подвижности. Два механизма поворота, расположенные в шарнирах 1 и 2, осуществляют программные повороты $\varphi_1(t)$, $\varphi_2(t)$ вокруг вертикальных осей (1–1 и 2–2 соответственно), механизм подъема 3 осуществляет поступательное перемещение $C_3(t)$ объекта манипулирования, зажатого в захватывающем механизме 4. В механизме подъема 3 использована зубчатая реечная передача с зубчатой рейкой 5 и зубчатой шестерней 6. Перемещения по степеням подвижности выполняется последовательно, начиная с перемещения $\varphi_1(t)$. Силовые модули 3-х индивидуальных приводов промышленного робота сосредоточены в центрах масс шарниров 1 (1-й привод), 2 (2-й привод) и механизма подъема (3-й привод). Центр тяжести груза (объекта манипулирования) совпадает с цен-

тром приведения масс захватывающего механизма 4. [3].

Уравнение движения динамической модели РМ составляется как уравнение сил сопротивления и движущих сил на основе уравнений Лагранжа 2-ого рода [1]:

$$m \frac{d^2 Y}{dt^2} + \lambda \left(\frac{dY}{dt} - \frac{dx}{dt} \right) + c(y - x) = p$$

Первая составляющая в левой части уравнения - сила инерции, вторая сила трения, третья сила упругости.

В стандартной форме уравнения движения будет иметь вид:

$$\frac{m}{c} s^2 y + \frac{\lambda}{c} s y + y = \frac{1}{c} p + \frac{\lambda}{c} s x + x$$

Таким образом, получаем:

$$T_1^2 s^2 y + T_2 s y + y = kp + T_2 s x + x,$$

где

$$T_1 = \frac{m}{c} \quad T_2 = \frac{\lambda}{c} \text{ — постоянные времени;}$$

$K=1/c$ – коэффициент передачи;

c – жёсткость механической передачи,

Н/м;

λ – коэффициент вязкого трения, кг/с;

x (φ) – входное перемещение (угол поворота), в делениях;

m – момент, кг*м;

p – сила, Н.

Математическая модель представлена с помощью передаточных функций:

$$Y(s) = W_p(s)P(s) + W_x(s)X(s),$$

где передаточная функция по силовому возмущению (нагрузка на валу) равна:

$$W_p(s) = \frac{Y(s)}{P(s)} = \frac{k}{T_1^2 s^2 + T_2 s + 1},$$

а передаточная функция системы по кинематическому (задающему) возмущению:

$$W_x(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{T_2 s + 1}{T_1^2 s^2 + T_2 s + 1}.$$

Решение вышепоказанных передаточных функций в виде переходных характеристик можно получить на ЭВМ. Для исследования была использована прикладная программа [4], моделирующая динамическую систему, которая находится под действием управляющего и силового воздействий (кинематического и силового возмущений). Рабочее окно этой программы «Исследование переходных характеристик механики ЭП» показано на рис. 2. В окне анимации использованы следующие обозначения: 1 – масса, 2 – жесткость связи массы со входом, 3 – кинематическое воздействие, 4 – вязкое тре-

ние. На изображении осциллографа зафиксирована реакция системы в виде перемещения массы (линия 5) на скачок входного сигнала (линия 6).

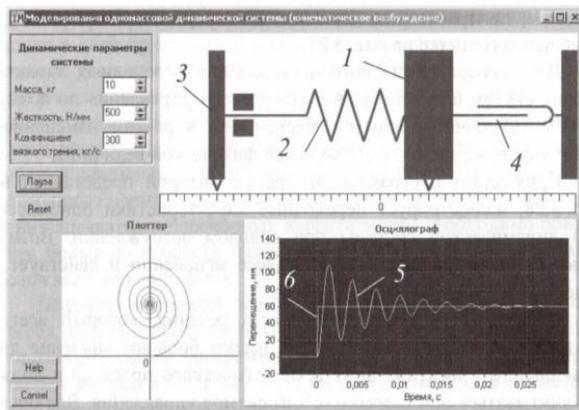


Рисунок 2 – Рабочее окно программы

Представление модели системы в переменных состояния позволяет также получить фазовый портрет системы, т.е. траекторию движения в координатах скорость/перемещение.

Для исследования были поставлены следующие задачи.

1. Найти такое перемещение x (заданное), при котором грузы заданной массы, будут перемещаться за минимальное время, с заданной точностью и минимуме колебаний.

2. Определить границы устойчивого режима при кинематическом и силовом воздействии (при этом изменяются жёсткость механизма робота и коэффициент вязкого трения).

3. Оценить влияние на показатели качества в динамике наброски и сброски на грузки.

4. Найти границы зоны упругих колебаний при изменении параметров.

По полученным на модели переходным процессам и годографам были построены за-

висимости: $t_{nn} = f_1(m)$, $G = f_2(m)$, $A_k = f_3(m)$, $t_{nn} = f_4(x)$, $G = f_5(x)$, $A_k = f_6(x)$. Эти графики были получены при различных кинематических воздействиях (3 значения), а также при изменении параметров механической системы (массы груза, коэффициента вязкого трения, жесткости механизма) в возможных рабочих и критических режимах.

Динамические характеристики оценивались по времени переходного процесса – t_{nn} при 5%, перерегулированию –

$$G\% = \frac{S_{\max} - S_{\text{уст}}}{S_{\text{уст}}} \cdot 100\%,$$

степени колебательности (число полных колебаний за t_{nn}) – A_k .

Аналогично проводились исследования при силовом возбуждении. Исследовался режим противодействия перемещению (сталкивание груза с опоры) схвата РМ. При этом изменялась сила противодействия и параметры РМ. Обработка полученных результатов проводилась аналогично, как и при кинематическом воздействии.

В результате проведённых исследований сформирована база данных динамических характеристик РМ модели ЛАН – 1 при различных режимах и параметрах. Эти данные предназначены для оценки возможных характеристик механики РМ, выборе оборудования (редуктора, двигателя, размеров плеч руки РМ). На основании материалов исследований имеется возможность точной формулировки технического задания (ТЗ) на модернизацию.

В процессе выполнения ТЗ после выбора всего механического оборудования необходимо проверить режимы работы РМ (механики) с помощью этой же программы [4]. Такой подход позволяет эффективно модернизировать действующее электрооборудование быстро и относительно недорого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: основные типы и технические характеристики: учебное пособие / Ю. Г. Козырев. – Москва: КНОРУС, 2021. – 560 с.

2. Игнатъев Н.П. Проектирование нестандартного оборудования: Справочно-методическое пособие – г. Азов: ООО Азов-Печать, 2013. – 484 с.

3. Подлинева Т.К. Проектирование управляемого электропривода: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 60 с.

4. Петраков Ю.В., Драчев О.И. Теория автоматического управления технологическими системами: учебн. пособие для студентов вузов. — М.: Машиностроение, 2008. – 336 с.