

ПОДДЕРЖАНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ДПТ С ШИРОКИМ ИЗМЕНЕНИЕМ МОМЕНТА

Испытания механических конструкций является неотъемлемой частью развития многих технологий производства деталей в различных отраслях промышленности. Особенно сейчас, когда широко внедряются композиционные конструкции, которые трудно просчитываются аналитическими методами. Необходимость испытаний в одних случаях обусловлена требованиями законодательства и сертификации, в других – элементом разработки и оптимизации. Испытания можно проводить на универсальных стендах, которые широко выпускаются для научных и заводских лабораторий производителями тензометрического оборудования. Они хорошо автоматизированы, современны, но не всегда позволяют достичь соответствия необходимых испытаний. Особенно в случае, когда испытания проводятся для потребительского товара, который производится на ограниченном количестве предприятий в мире.

Основной документ, которым руководствовались при разработке стенда по испытаниям механических характеристик лыж, являлся ГОСТ 30045-93. Следует отметить, что в мировой практике существуют различные подходы к тестированию лыж [1]. Авторы предлагают и другие подходы, отличные от выше указанного ГОСТ. Некоторые положения прописаны и в стандартах ISO [2, 3]. Анализ патентов показал, что большинство аспектов обеспечения качественно тестирования лыж, были решены в 80-х годах прошлого века. Проблемы производства решаются в рамках заводских лабораторий предприятий по выпуску лыжной продукции.

ГОСТ 30045-93 содержит описание рядов тестов, каждый из которых имеет свои особенности. Ввиду аппаратного ограничения при реализации силового теста было принято решение использовать актуатор. В зарубежной литературе под актуаторами понимают исполнительные устройства систем управления. Основой для выбора актуатора являлось необходимость линейного перемещения в диапазоне до 300 мм и усилия до 1000 кг. Кроме этого, по условиям испытания, следовало ограничить скорость перемещения рабочего органа. Поскольку основой для актуатора является двигатель постоянного тока, естественным решением для регулирования частоты является исполь-

зование широтно-импульсной модуляции питающего напряжения. В качестве силового регулятора может выступать силовое твердотельное реле или специализированный драйвер.

Общее управление станда построено на базе ПЛК Wago 750-881. Реле имеет лучшие условия сопряжения, однако присутствует ограничение по несущей частоте, и устройство будет работать на индуктивную нагрузку. Использование специализированного драйвера потребует решение вопроса сопряжения 24 вольтового выходного модуля ПЛК с 5 вольтовой цепью управления драйвера.

Конструкция станда не позволяет напрямую контролировать частоту оборотов. Однако схема предусматривает контроль линейного перемещения рабочего органа с помощью оптического датчика линейных перемещений. Для построения системы стабилизации необходимо в контроллере осуществлять процесс дифференцирования сигнала с датчика.

Момент сопротивления перемещению регулирующего органа имеет нелинейный характер (рис. 1). Можно выделить три стадии: перемещение до соприкосновения с поверхностью лыжи (I); участок пропорционального нарастания момента по отношению к координате (II) и резкое увеличение момента при достижении момента выпрямления (III).

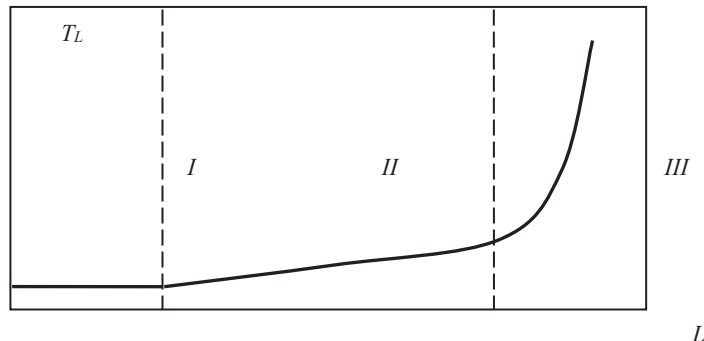


Рисунок 1 - Зависимость момента от перемещения

Исходя из уравнений для электрических и механических процессов

$$U = E + R_A I + L_A \frac{dI}{dt}; T - T_L = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1)$$

где U — напряжение питания двигателя; E — противо-ЭДС индуцируемая в якоре; I — ток в якоре; R_A, L_A — сопротивление и индуктивность якоря двигателя; J, T и T_L — суммарный момент инерции, момент вращения и момент сопротивления движению, приведенные к валу двигателя; ω — скорость вращения вала.

С целью обеспечения качественного поддержания скорости рабо-

чего органа в соответствии с требованиями выше указанного ГОСТ рациональным решением будет использование комбинированной системы управления (рис.2) [4], где W_C – компенсатор момента; W_T – датчик момента; R – регулятор скорости; W_{PWM} – широтно-импульсный преобразователь; U – сигнал управления; W_E – электрическая постоянная времени двигателя; $K_T K_E$ – константы двигателя; W_M – механическая постоянная времени; W_L – динамика редуктора и преобразователя вращательного движения в поступательное; I_A – ток якоря; D – дифференциатор; W_x – датчик механического перемещения.

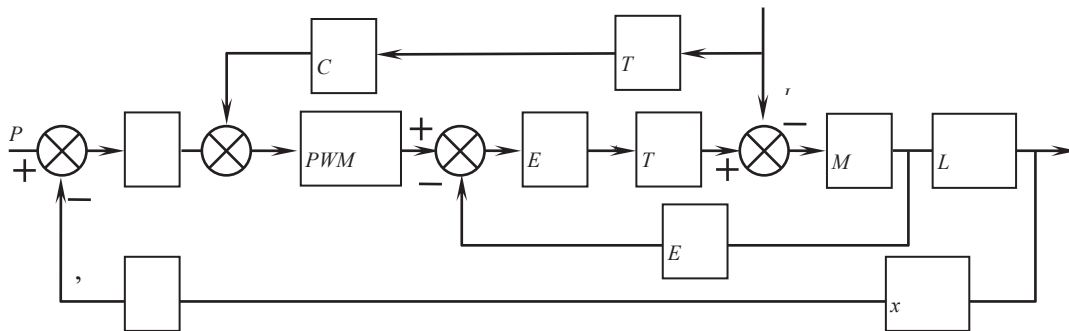


Рисунок 2 - Структура системы регулирования

Ввиду особенности объекта управления использование полной инвариантности по отношению к помехе не представляется возможным. Из-за этого придется ограничиться компенсацией в полосе спектра помехи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Faturdo Orellana, R. Experimental Methods to Measure Mechanical Properties of Cross Country Skis: Load-displacement and Contact Surface <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1031308&dswid=6548>
2. ISO 7138:2017 Cross-country skis — Determination of mass and location of balance point
3. ISO 7798:2017 Cross-country skis — Determination of fatigue indexes — Cyclic loading test
4. D. Hryniuk, I. Suhorukova, N. Oliferovich and I. Orobei, Complex tuning of the PID controller according to integral criteria, *2018 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream)*, Vilnius, 2018, pp. 1-4. doi: 10.1109/eStream.2018.8394117