

СТАБИЛИЗАЦИЯ СКОРОСТИ ДПТ С ШИРОКИМ ИЗМЕНЕНИЕМ МОМЕНТА

Гринюк Д.А., Сухорукова И.Г., Алексеев В. Л., Василевич А. А.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск, Беларусь

Испытания механических конструкций являются неотъемлемой частью развития многих технологий производства деталей в различных отраслях промышленности. Особенно сейчас, когда широко внедряются композиционные конструкции, которые аналитическими методами трудно просчитываются. 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 потребительского товара, который производится на ограниченном количестве предприятий в мире.

Испытание механических характеристик лыж подчиняются ГОСТ 30045-93. Это послужило основным ориентиром для разработки стенда. Следует отметить, что в мировой практике существуют различные подходы к тестированию лыж [1]. Авторы предлагают и другие подходы, отличные от выше указанного ГОСТ или стандартов ISO [2, 3].

ГОСТ 30045-93 содержит описание рядов тестов, каждый из которых имеет свои особенности. Ввиду аппаратного ограничения при реализации силового теста вынуждены были использовать актуатор. В зарубежной литературе под актуаторами понимают исполнительные устройства систем управления. Основой для выбора конкретного типа являлась 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 было использование широтно-импульсной модуляции питающего напряжения. В качестве силового регулятора может выступать силовое твердотельное реле или специализированный драйвер. Контролировать частоту оборотов можно путем пересчета линейного перемещения рабочего органа.

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 пропорционально координате (II) и резкое увеличение момента при достижении момента выпрямления (III).

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.

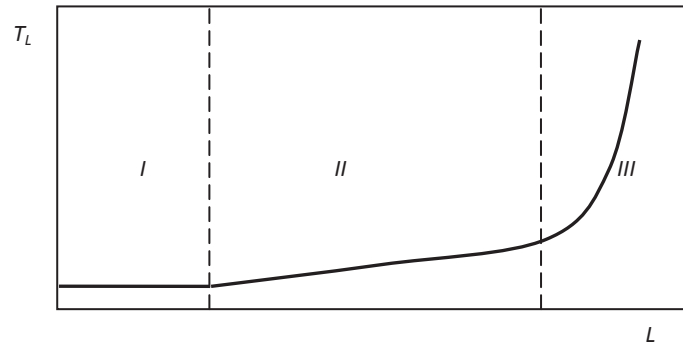


Рис. 1. Зависимость момента от перемещения

С целью обеспечения качественного поддержания скорости рабочего 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.

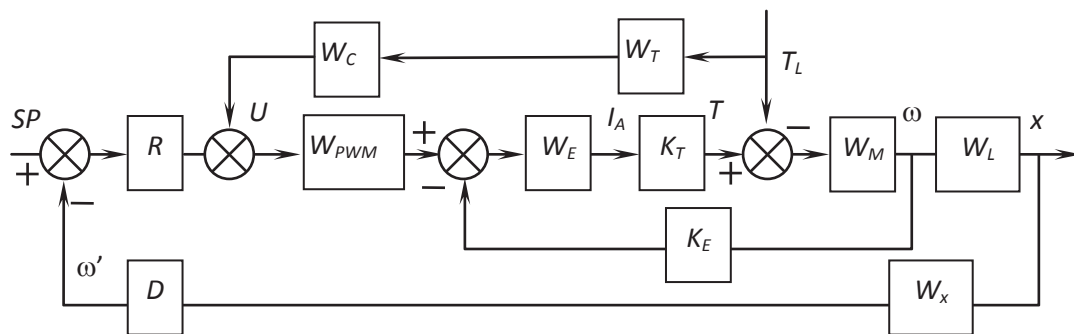


Рис. 2. Структура системы регулирования

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