ми линейного расширения, приводит к динамическому изменению величин противонапряжений и в результате обеспечивает более корректную стабилизацию полотна в пропиле. Предложенный способ натяжения зубчатого венца характеризуется простотой и обеспечивает возможность создания напряженного состояния зубчатого венца в пилах большего диаметра и твердосплавных непосредственно на деревообрабатывающих предприятиях.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Санёв, В.И. О поперечной жёсткости дисковых пил в покое и при вращении / В.И. Санёв, В.К. Пашков // Изв. вузов. Лесной журнал. – 1970. – №3.

2. Суша, О.Н. Установка для исследования статической устойчивости круглых пил / О.Н. Суша, Д.С. Карпович // Энергия - 2013: материалы конф., 23-25 апреля 2013г. / ИГЭУ. – Иваново, 2013.

3. Басов, К.А. Графический интерфейс комплекса ANSYS. – М.: ДМК Прес,2006. – 248 с.

УДК 681.5.03

ПОДБОР МОДЕЛИ ПРИВОДА МАЛОМОЩНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ РАЗГОНЕ И ТОРМОЖЕНИИ

Морозова М.П., Оробей И.О., Гринюк Д.А.
Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Республика Беларусь

Как известно, для получения параметров настроек контура регулирования стабилизации частоты вращения требуется знать динамические характеристики объекта управления. В качестве объекта управления выступает маломощный двигатель постоянного тока с независимым возбуждением ДПР-42-Ф1-02. Датчиком частоты являлся практически такой же двигатель в режиме генератора, который жестко соединен с валом ведущего двигателя.

В качестве управляющей системы в контуре выступает Arduino. Напряжение с генератора через делитель для согласования диапазона подключено на АЦП вход микроконтроллера. В свою очередь PWM выход контроллера через силовой драйвер формирует напряжение для двигателя.

Наиболее часто в литературе можно встретить передаточную характеристику двигателя постоянного тока при моменте сопротивления M_{st} равном нулю как

$$W(s)=\frac{k_1}{T_E T_M s^2+T_M s+1},$$

где s – оператор Лапласа, T_E, T_M – соответственно электрическая и механическая постоянные.

Однако проведенные эксперименты показали наличие существенных нелинейных свойств в динамике микромощного электропривода.

Согласно программе микроконтроллер формировал меандровый сигнал с частотой для выхода частоты на стационарное значение. Кривые торможения и разгона фиксировались с помощью цифрового осциллографа (рисунки 1-2).

Результаты эксперимента пытались аппроксимировать рядом передаточных функций с запаздыванием, получив общий вид теоретического решения от реакции передаточной функции на единичный скачок.

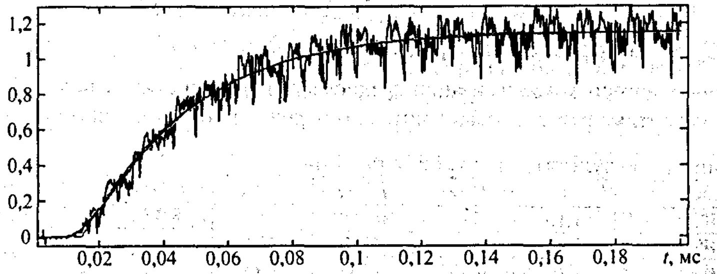

Рисунок 1 – Кривая разгона и результат ее аппроксимации

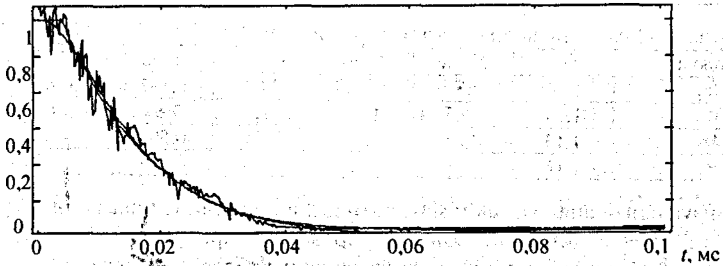

Рисунок 2 – Кривая торможения и результат ее аппроксимации

$$W_1(s)=\frac{k\exp(-\tau s)}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)(T_3 s+1)}$$

и ее решение

$$y(t)=k\left(1-C_1\exp\left(\frac{-(t-\tau)}{T_1}\right)-C_2\exp\left(\frac{-(t-\tau)}{T_2}\right)-C_3\exp\left(\frac{-(t-\tau)}{T_3}\right)\right);$$

$$W_2(s)=\frac{k(T_3 s+1)\exp(-\tau s)}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}$$

и ее решение

$$y(t)=k\left(1-C_1\exp\left(-\frac{t-\tau}{T_1}\right)-C_2\exp\left(-\frac{t-\tau}{T_2}\right)\right)$$

$$W_3(s)=\frac{k(T_3 s+1)\exp(-\tau s)}{(T_1 s+1)^2(T_2 s+1)}$$

и ее решение

$$y(t)=k\left(1-C_1\exp\left(-\frac{t-\tau}{T_1}\right)-(C_2+bt)\exp\left(-\frac{t-\tau}{T_2}\right)\right);$$

$$W_4(s)=\frac{k\exp(-\tau s)}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)},$$

и ее решение

$$y(t) = k\left(1 - C_1 \exp\left(-\frac{t-\tau}{T_1}\right) - C_2 \exp\left(-\frac{t-\tau}{T_2}\right)\right),$$

где C_1, C_2, b – коэффициенты, определяемые через T_1, T_2, T_3.

Используя алгоритм минимизации среднеквадратичного отклонения (СКО), были найдены оптимальные коэффициенты для передаточной функции (табл. 1-2).

Таблица 1 – Результаты для кривой разгона

Модель	k	T_1, мс	T_2, мс	T_3, мс	τ, мс	СКО·10^{-3}
W_1	1,16	31,0	0,869	7,64	8,37	5,92
W_2	1,15	62,4	42,4	75,1	14,4	5,98
W_3	1,13	0,552	21,6	8,43	11,5	5,96
W_4	1,16	31,6	6,89	-	9,65	5,92

Таблица 2 – Результаты для кривой торможения

Модель	k	T_1, мс	T_2, мс	T_3, мс	τ, мс	СКО
W_1	1,16	7,87	0,0699	7,68	0,543	653,18
W_2	1,15	56,7	16,2	71,1	3,88	605,10
W_3	1,13	8,05	8,04	8,55	0,597	652,91
W_4	1,16	7,79	7,77	-	0,613	653,14

Как визуальный анализ, так и математический результат показывают существенные отличия в динамике объекта управления при увеличении частоты и уменьшении. С хорошей точностью (особенно кривая торможения) динамики аппроксимируется характеристика апериодическими звеньями 2-3 порядка, однако общая динамика более сложна. Наибольшие погрешности наблюдаются на начальном участке, особенно для кривой разгона.

Сильнее всего изменяется механическая составляющая динамики и время запаздывания, что связано, скорее всего, с нелинейным влиянием сил трения и силового драйвера схемы.

УДК 681.5

АНАЛИЗ КРИТЕРИЯ СЕРИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРОГРАММИРУЕМЫМ КОНТРОЛЛЕРАМ

Сухорукова М.П., Шитик А.М., Оробей И.О., Гринюк Д.А.
Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Республика Беларусь

Наличие автоматизации технологических процессов стало обязательным условием в современных экономических условиях. Период экстенсивного пути повышения уровня автоматизации за счет установки измерительных приборов с необходимой точностью и настройкой локальных контуров практически завершился. В настоящее время уже недостаточно просто настроить пропорциональ-