

УДК 62-83:501.1

**БЕСКОНТАКТНАЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ
ВРАЩАЮЩИХСЯ МАШИН**

А.Е. Сеферян, А.Ю. Топчий, А.В. Нестеров

Предложен метод параметрической идентификации математической модели ротора двигателя бесконтактным способом, основанный на акустических измерениях. Экспериментально показано, что точность предложенного метода является приемлемой для инженерной практики.

Ключевые слова: идентификация, MATLAB, шум, выбег ротора двигателя, момент инерции, постоянная времени.

В современной технике известны три способа определения момента инерции ротора двигателя: метод маятниковых колебаний раскачивания ротора двигателя; метод падающего груза; метод свободного выбега с записью осциллограммы скорости при самоторможении. Названные методы сложны в подготовке и проведении измерений [1]. Авторами предложен усовершенствованный метод свободного выбега, в основе которого лежит запись и последующая обработка звука выбегающего ротора. Метод реализован на программно-аппаратном комплексе, состоящем из персонального компьютера (ПК) со звуковой картой и динамического микрофона. Математическая обработка сигналов проведена с использованием пакета MATLAB с пакетами расширения Control System Toolbox, Signal Processing Toolbox и Statistics Toolbox.

Свободный выбег двигателя в соответствии с [2] можно описать дифференциальным уравнением $0 = k \cdot w + j \frac{dw}{dt}$, где k – коэффициент сопротивления вращению; j – момент инерции ротора. Этому уравнению соответствует передаточная функция $W(s) = \frac{K}{Ts+1}$, где $T = \frac{j}{k}$ – постоянная времени; s – оператор Лапласа; $K = \frac{1}{k}$ – статический коэффициент передачи.

Определение этих параметров проводилось экспериментально на стенде, состоящем из двигателя постоянного тока с контрольным тахогенератором и динамического микрофона. Выходной сигнал тахогенератора через делитель напряжения подавался на первый канал звуковой карты, выходной сигнал микрофона – на второй канал звуковой карты [3]. Одновременно фиксировались угловая скорость и амплитуда звука (громкость). Найденная таким образом зависимость между угловой скоростью и амплитудой звука при выбеге ротора двигателя позволяет определить постоянную времени по звуку выбегающего ротора. При выбеге двигателя сигнал со звуковой карты записывался командой WAVRECORD [4]. На рис. 1 представлены полученные сигналы.

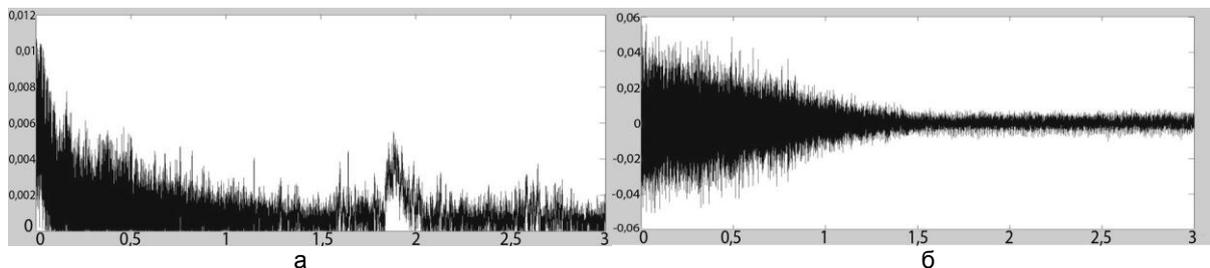


Рис. 1. Сигналы со звуковой карты: выход первого канала (а); выход второго канала (б)

В результате регрессионного анализа установлено, что огибающая временной зависимости сигнала с тахогенератора является экспоненциальной (рис. 2) и описывается уравнением $w = k \cdot \exp(-t/T)$. Огибающая временной зависимости сигнала микрофона – линейная (рис. 3), описывается уравнением $A = -b \cdot t + a$, где A – звуковое давление (дБ); b – коэффициент изменения звукового давления с течением времени; a – начальное звуковое давление. Адекватность регрессионных моделей проверена по критерию Фишера.

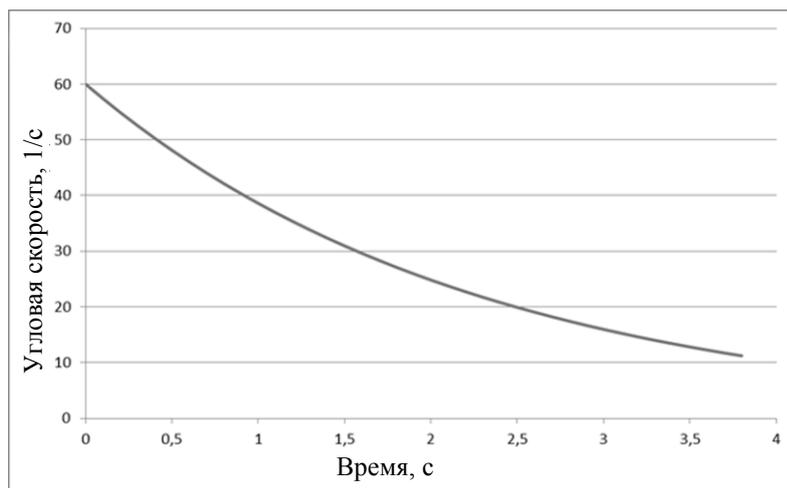


Рис. 2. График выбега двигателя (по тахогенератору) $\omega(t)$

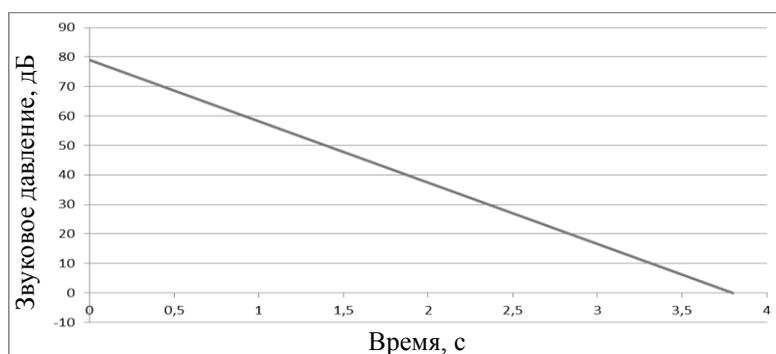


Рис. 3. График уменьшения амплитуды звука при выбеге $A(t)$

Связав громкость звука с угловой скоростью через масштабные коэффициенты μ, τ : $A = \mu \cdot \ln \omega + \tau$, получим

$$A = \mu \cdot \ln k - \mu \cdot \frac{t}{T} + \tau, \quad T = b \cdot \mu.$$

При проведении эксперимента на стенде с двигателем постоянного тока «Динамо сливен» были получены следующие величины: $T=2,267$ с; $J=0,0059$ кг·м²; $k=0,0026$; $\mu=0,0283$; $\tau=88,275$. Сравнение с паспортным значением $J=0,0043$ кг·м² показывает состоятельность предложенного метода, поскольку ошибка не превышает 7%.

Таким образом, предложен усовершенствованный метод свободного выбега, основанный на акустических измерениях. Экспериментально показано, что точность предложенного метода является приемлемой для инженерной практики.

1. Борцов Ю.А., Суворов Г.В., Шестаков Ю.С. Экспериментальное определение параметров и частотных характеристик автоматизированных электроприводов. – Л.: Энергия, 1969. – 105 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1974. – 84 с.
3. ГОСТ 11929-87. Машины электрические вращающиеся. – Введ. 01.01.1988. – М.: Стандартинформ, 2009. – 35 с.
4. Лазарев Ю.Ф. MatLAB 5.x. – Киев: Ирина, ВНУ, 2000. – 384 с.

Сеферян Артур Ефремович – Кубанский государственный технологический университет, студент, seartur@mail.ru

Топчий Александр Юрьевич – Кубанский государственный технологический университет, студент, topchiyau@gmail.com

Нестеров Александр Владимирович – Кубанский государственный технологический университет, кандидат технических наук, доцент