

УДК 681.5.075

**ОЦЕНКА НЕИЗМЕРЯЕМЫХ КОМПОНЕНТ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ**

М.Д. Хильчук¹, Е.А. Тарасов¹, Ф.В. Перевошиков²

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Е.А. Тарасов

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ma6a70@gmail.com

**ESTIMATION OF IMMEASURABLE COMPONENTS OF THE STATE VECTOR OF DYNAMIC
OBJECTS**

M.D. Khilchuk¹, E.A. Tarasov¹, F.V. Perevoshchikov²

Scientific Supervisor: cand. phys.-math. sciences, E.A. Tarasov

¹Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

²Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: ma6a70@gmail.com

***Abstract.** In this paper, we study the operation of a state observer for a DC motor with an independent perturbation and calculate the unmeasurable components of this vector using the measured components. A DC motor and a state observer were simulated using an electromagnetic model. A picture of the distribution of singular points of an observer of a dynamic object is obtained when the parameters of the adaptation law change in the compensation contour.*

Введение. В настоящее время, управляемые технические объекты представляют собой совокупность электромеханического преобразователя энергии, силового преобразователя и устройства управления. Последнее обеспечивает управление в соответствии с заданным алгоритмом, который опирается на данные, полученные с групп датчиков измеряемых переменных состояний. Среди таких датчиков, есть использующие эффект Холла. Они обеспечивают высокий диапазон и точность измерений, но при этом имеют цену в несколько порядков, превышающую другие датчики [1].

Так же есть аппараты, устанавливаемые непосредственно на вал электромеханического преобразователя или исполнительного механизма. К таким механизмам можно отнести датчики скорости, положения и момента. В некоторых случаях их использование нецелесообразно или вовсе невозможно [2]. Этот факт обуславливает невозможность получения достоверных данных о механических компонентах полного вектора состояния системы, что усложняет задачу качественного управления объектом в соответствии с технологическими требованиями.

Однако, с развитием микропроцессорной техники стало возможным использовать специальные математические конструкции, которые могут на основе измеряемых компонент вектора состояния управляемого преобразователя вычислить неизмеряемые компоненты. В свою очередь эти компоненты

позволяють вирішити задачу управління подібним електромеханічним об'єктом [3]. Такі алгоритми називаються спостерігачами стану. Таким чином, дослідження спостерігачів стану є актуальною задачею.

Цілью даної роботи є побудова моделі спостерігача стану в сукупності з двигателем постійного струму з незалежним возмущенням і дослідження його роботи в різних режимах.

Математичне моделювання. Спостерігач стану деякої системи (в нашому випадку двигателя постійного струму незалежного возмущення (ДПТ НВ) 2ПФ160ЛГУХЛ4) будується як слідяча система на основі рівнянь електромагнітних процесів динамічної системи. А також крім моделей, містить ще і регулятор, який дозволяє провести перестройку адаптивної моделі к реальним процесам, що відбуваються в управляемому преобразователі (рис. 1).

Рівняння адаптивної моделі базуються на системі рівнянь і приймають вигляд (1):

$$\begin{cases} \frac{d\hat{X}}{dt} = \hat{A} \cdot \hat{X} + B \cdot U + G \cdot (\hat{Y} - Y), \\ \hat{Y} = C \cdot \hat{X}. \end{cases} \quad (2)$$

де \hat{X} – оцінка вектора стану; \hat{Y} – оцінка вектора вимірюваних величин; \hat{A} – перенастроювана матриця власної динаміки; G – матриця коректуючих коефіцієнтів; B – матриця управління; U – вектор керуючих впливів; C – матриця виходу.

В свою чергу, для оцінки невимірюваної змінної використовується деяким законом адаптації. Він може синтезуватися, наприклад, з аналізу підібраної функції Ляпунова і її похідної (2) [3].

$$\hat{Z} = f(Y - \hat{Y}, \hat{Z}). \quad (2)$$

де \hat{Z} – вектор невимірюваних величин.

Результати. На основі зображень по Лапласу вищеописаних рівнянь (1-3) і широко відомих моделей двигателя постійного струму [1] отримана імітаційна модель розглянутого динамічного об'єкта з паралельно включеним спостерігачем стану з П-принципом компенсації. Розрахунок імітаційної моделі здійснювався в середовищі MATLAB Simulink. Для оцінки впливу значення коефіцієнта посилення на роботу спостерігача було проведено ряд експериментів з різними коефіцієнтами адаптації – $k_{л1}$ в діапазоні від 0 до R_y з кроком $0,2 \cdot R_y$, де R_y – повне активне опір якорної ланки. Результати розрахунку оцінки $\hat{\omega}(t)$ і тренду її зміни при варіюванні $k_{л1}$ представлені на рис. 1.

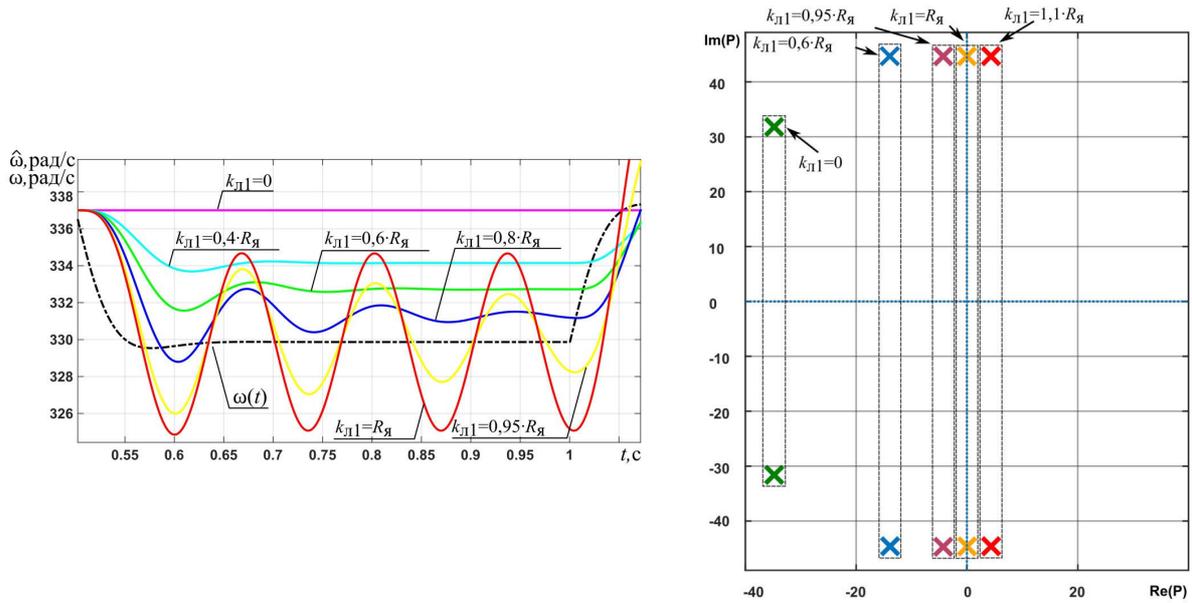


Рис. 1. Слева – отработка наблюдателем возмущающего воздействия на систему, справа – расположение сопряженных полюсов наблюдателя на комплексной плоскости при изменении k_{ol}

Заключение. В результате проведенных исследований было выявлено, что действительная часть полюсов наблюдателя отрицательна для асимптотически устойчивых процессов, что согласуется с классической теорией управления [4]. При увеличении k_{ol} расстояние особых точек до границы устойчивости уменьшается вместе со степенью колебательности которая, в свою очередь характеризует степень затухания процесса. При большем k_{ol} степень затухания меньше и переходный процесс длится дольше. Помимо этого, стоит отметить то, что работа на границе устойчивости обеспечивается при $k_{ol} = R_y$, поскольку внутренние обратные связи электромагнитной системы компенсируются и система приобретает автоколебательный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.
2. Лаходынов В.С. Модели оптимальной оценки и прогноза неизмеряемой переменной состояния электромеханического объекта: Дис. канд. техн. наук. – Томск, 2010. – 146 с.
3. Калачев Ю.Н. Наблюдатели состояния в векторном электроприводе: Учеб. пособие. – М.: Самиздат, 2015. – 90 с.
4. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч. I. Теория линейных систем автоматического управления / Под ред. А.А. Воронова. – М.: Высш. шк., 1986. – 367 с.