

УДК 681.5.075

**ОЦЕНКА НЕИЗМЕРЯЕМЫХ КОМПОНЕНТ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ**

М.Д. Хильчук¹, Е.А. Тарасов¹, Ф.В. Перевощиков²

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

позволяют решить задачу управления подобным электромеханическим объектом [3]. Такие алгоритмы называются наблюдателями состояния. Таким образом, исследование наблюдателей состояния является актуальной задачей.

Целью данной работы является построение модели наблюдателя состояния в совокупности с двигателем постоянного тока с независимым возмущением и исследование его работы в различных режимах.

Математическое моделирование. Наблюдатель состояния некоторой системы (в нашем случае двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ) 2ПФ160ЛГУХЛ4) строится как следящая система на основе уравнений электромагнитных процессов динамической системы. А также кроме моделей, содержит еще и регулятор, позволяющий произвести перестройку адаптивной модели к реальным процессам, происходящим в управляемом преобразователе (рис. 1).

Уравнения адаптивной модели основываются на системе уравнений и принимают вид (1):

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

где \hat{X} — оценка вектора состояния; \hat{Y} — оценка вектора измеряемых величин; \hat{A} — перенастраиваемая матрица собственной динамики; G — матрица корректирующих коэффициентов; B — матрица управления; U — вектор управляющих воздействий; C — матрица выхода.

В свою очередь, для оценки неизмеряемой переменной используется некоторым законом адаптации. Он может синтезироваться, например, из анализа подобранной функции Ляпунова и ее производной (2) [3].

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

где \hat{Z} — вектор неизмеряемых величин.

Результаты. На основе изображений по Лапласу вышеописанных уравнений (1-3) и широко известных моделей двигателя постоянного тока [1] получена имитационная модель рассматриваемого динамического объекта с параллельно включённым наблюдателем состояния с П-принципом компенсации. Расчёт имитационной модели производился в среде MATLAB Simulink. Для оценки влияния значения коэффициента усиления на работу наблюдателя было проведено ряд экспериментов с различными коэффициентами адаптации — $k_{л1}$ в диапазоне от 0 до R_y с шагом $0,2 \cdot R_y$, где R_y - полное активное сопротивление якорной цепи. Результаты вычисления оценки $\hat{\omega}(t)$ и тренда ее изменения при варьировании $k_{л1}$ представлены на рис. 1.

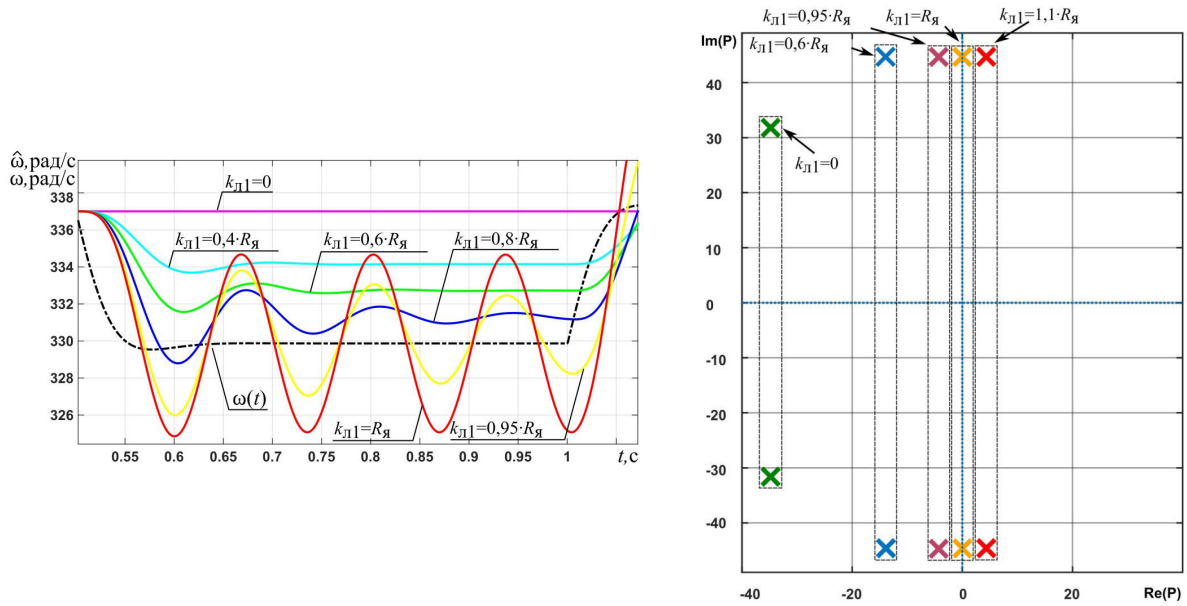


Рис. 1. Слева – отработка наблюдателем возмущающего воздействия на систему, справа – расположение сопряженных полюсов наблюдателя на комплексной плоскости при изменении k_{ol}

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.