

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ

Бураков М.В.

Ключевые слова: датчик скорости вращения, нейронная сеть, обучение, моделирование.

Аннотация. Рассматривается задача конструирования датчика скорости вращения ротора электродвигателя. Массив показаний датчика угла поворота используется в качестве входной информации для нейронной сети, которая выдает оценку скорости. Приводятся результаты моделирования в MatLab Simulink, которые показывают, что нейросетевой измеритель скорости позволяет существенно улучшить точность.

NEURAL NETWORK SUPERVISOR OF PID CONTROLLER WITH GENETIC TUNING

Burakov M.V.

Keywords: adaptation, PID controller, supervisor, neural networks, genetic algorithms.

Abstract. In this paper describe a structure of neural supervisor of PID-controller for plants with variable parameters. To describe a supervisor, a linear neural network is used. The supervisor parameters are determined with a genetic algorithm. Simulation results are presented in MatLab Simulink. It is shown that PID-controller with neural supervisor can reduce overshoot and static error during transient process.

Проектирование систем управления электродвигателями предполагает использование измерителя скорости вращения. В частности, такая задача возникает при проектировании системы управления моментом двигателя-маховика космического аппарата [1, 2]. Наиболее простым вариантом здесь является использование датчика угла (ДУ) поворота ротора двигателя.

Информация об угле поворота в контуре управления представлена в цифровом виде, т. е. квантована по времени и по уровню.

Дискретность цифрового датчика угла (ЦДУ) определяется конструкцией датчика и характеризует минимальное изменение угла, которое может показать датчик. Часто используют понятие разрядность датчика. Если выходной сигнал датчика имеет n разрядов, то дискретность определяется формулой:

$$\Delta = \frac{\varphi_{\max}}{2^n},$$

где $\varphi_{\max}$ – максимальный измеряемый угол (360 град. для ДУ с неограниченным углом поворота).

Дискретность датчика определяется разрядность применяемого аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Если текущее значение угла $\varphi(t)$, то измеренное ЦДУ значение угла φ^* определяется формулой

$$\varphi^* = N \cdot \Delta = \left(\text{round} \left(\frac{\varphi(t)}{\Delta} \right) \right) \cdot \Delta,$$

где N – код на выходе АЦП.

Цифровой измеритель скорости (ЦИС) строится на основе показаний ЦДУ. Для определения скорости вращения необходимо вычислить приращение угла за заданное время измерения Δt . Если текущие показания ЦДУ обозначить как $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_k$, где k - номер такта измерения скорости, то величину скорости на такте i можно вычислить по формуле:

$$\omega_i = \frac{\varphi_i - \varphi_{i-1}}{\Delta t}.$$

Схема ЦИС показана на рис.1.

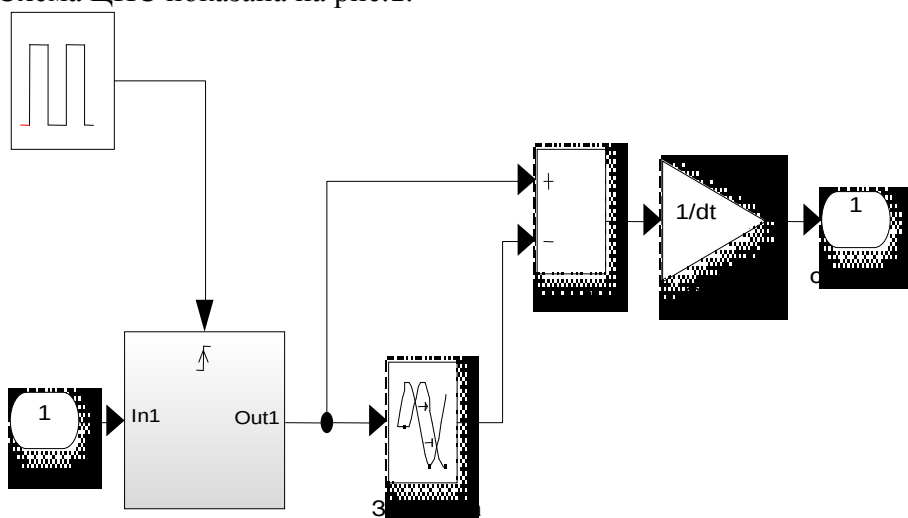


Рис. 1. Блок-схема измерения скорости в MatLab

Дискретность измерения скорости, т. е. минимальное изменение скорости, которое может показать ЦИС, определяется формулой:

$$\Delta_{\omega} = \frac{\Delta}{\Delta t}.$$

Как показывает эта формула, точность измерения скорости обратно пропорциональна дискрету времени измерения. Повысить точность измерения скорости можно при увеличении Δt или уменьшении Δ .

Уменьшение дискретности датчика угла имеет конструкционные ограничения – высоко разрядные датчики угла - сложные дорогие в изготовлении и эксплуатации приборы.

Увеличение времени измерения скорости вносит задержку в контуре управления и отрицательно сказывается на динамике и устойчивости системы.

Таким образом, возникает задача коррекции показаний датчика угла, которая может быть решена с использованием нейросетевой технологии.

Нейронные сети (НС) прямого распространения могут использоваться при решении различных задач, в том числе – идентификации и управления [1, 2]. Предлагаемая структура нейросетевого измерителя скорости (НИС) представлена на рис. 2.

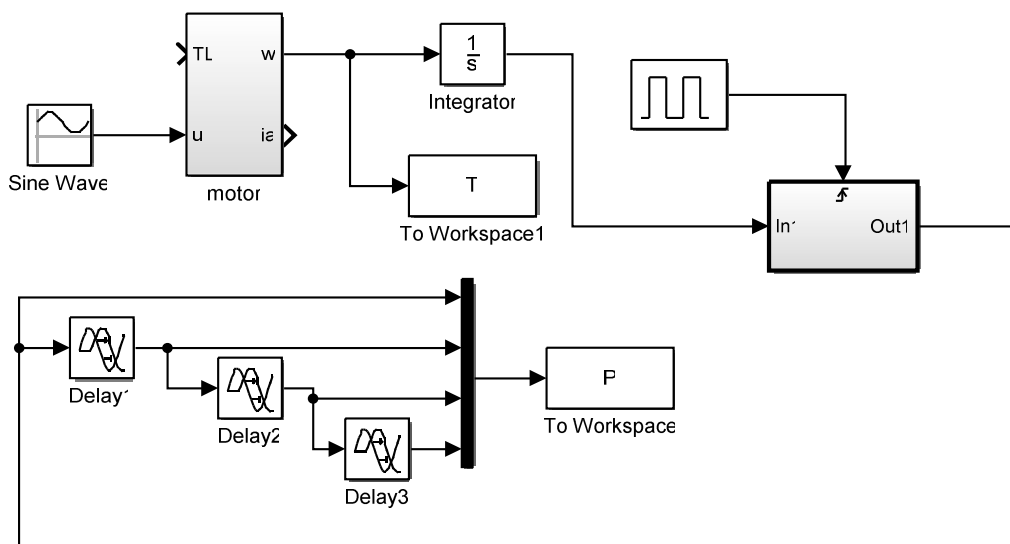


Рис. 2. Режим обучения нейросетевого измерителя скорости

Массивы Т и Р (рис. 2) служат для накопления данных для обучения. Использовалась 2-х слойная НС с пятью нейронами 1-го слоя (активационная функция – гиперболический тангенс) и одним нейроном 2-го слоя с линейной активационной функцией.

На рис. показано сравнение качества работы ЦИС и нейросетевого измерителя скорости.

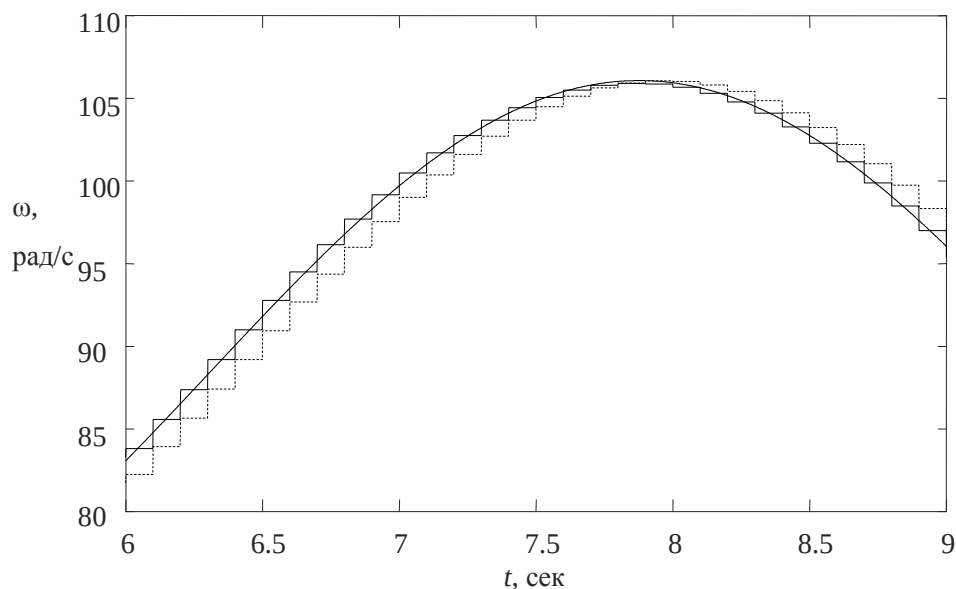


Рис. 3. Выходной сигнал ЦИС (пунктир) и НИС (сплошная) в сравнении с истинной скоростью (гладкая кривая)

Для обучения был использован алгоритм обратного распространения ошибки, реализованный в MatLab.

Таким образом, предложенный подход значительно уточняет оценку скорости, которая формируется по информации от датчика угла поворота ротора. Реализация НИС на базе микроконтроллера не вызывает больших затрат и не представляет принципиальных трудностей. НИС может быть использован в различных системах управления электродвигателями. В качестве недостатка следует заметить, что обучение НИС происходит для конкретного диапазона скоростей, это может потребовать использования системы переключаемых датчиков.

Список литературы / References

1. Burakov M.V. Neural network based identification and control of nonlinear Hammerstein-type plants // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2017. Issue 6. P. 78-81.
2. Burakov M.V. Neural network supervisor of PID controller with genetic tuning // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2018. Issue 10-2. P. 27-30.

Бураков Михаил Владимирович – кандидат технических наук, доцент, Государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия, bmv@sknt.ru	Burakov Mikhail Vladimirovich – candidate of technical sciences, associate professor, State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Petersburg, Russia, bmv@sknt.ru
--	---

Received 23.03.2019