

Алгоритмическое обеспечение задачи нейросетевого управления одноосным силовым гироскопическим стабилизатором

Я.О. Анисимов

Южно-Уральский государственный университет»(национальный исследовательский университет), Челябинск

e-mail: yan@yanchick.org

В работе дается описание решения задачи синтеза контура обратной связи одноосного силового гироскопического стабилизатора с использованием аппарата нейронных сетей.

Ключевые слова: силовой гироскопический стабилизатор, нейронная сеть, синтез обратной связи.

Рассматривается канал одноосного силового гиросtabilизатора, движение которого можно описать в виде следующей системы линейных дифференциальных уравнений[3]:

$$\begin{aligned} A\ddot{\alpha} + h\dot{\alpha} - H\dot{\beta} &= M_{\text{возм}} + M_{\text{ст}}, \\ B\ddot{\beta} + H\dot{\alpha} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где H - кинетический момент гироблока, A - момент инерции гиросtabilизатора, B - момент инерции гироблока силового гиросtabilизатора, h - коэффициент демпфирования, α - угол прокачки платформы, β - угол поворота гироблока.

Будем считать, что измерению доступен только угол прецессии гироскопа β . Рассматривается задача формирования управляющего момента $M_{\text{ст}}$, необходимого для компенсации возмущающего момента $M_{\text{возм}}$ по оси стабилизации. Предполагается формировать управление гиросtabilизатором по закону $M_{\text{ст}} = u = g(\beta)$, где g , в общем

случае, нелинейное динамическое звено, находящееся в контуре обратной связи. В качестве динамического звена могут выступать:

- корректирующее звено;
- наблюдающее устройство с регулятором;
- нейронная сеть.

Рассматривается случай, когда в контуре обратной связи содержится нейронная сеть.

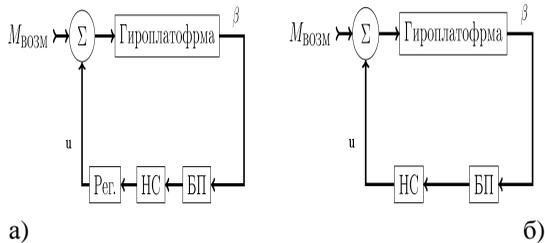


Рис. 1 Структура схемы управления

НС- нейронная сеть; БП- блок памяти; $M_{\text{возм}}$ - возмущающий момент β -сигнал, снимаемый с гироскопа; u -сигнал, подаваемый на двигатели

Рассматриваются две схемы управления гиросtabilизатором. В первой схеме нейронная сеть формирует управляющий сигнал, который подается на двигатели стабилизации(вариант «б» на рисунке 1)[2],[1]. Во втором случае с нейронной сети снимается оценка вектора состояния, которая подается на регулятор, сигнал с регулятора подается на двигатели стабилизации (вариант «а» на рисунке 1).

Предлагается к решению алгоритм для случаю когда устройство управления состоит из нейронной сети и регулятор. Таким образом, что M_{ct} в системе (1) будет определяться как:

$$M_{ct} = -P\hat{x}, \quad (2)$$

где $x = [\alpha, \beta, \beta]^T$ - вектор состояния системы, P - регулятор по состоянию.

Рассматривается «классический» алгоритм решения задачи синтеза нейронных сетей, который состоит из пяти этапов.

На *первом этапе* происходит формализация задачи, т.е. определяется неизвестная функция, которую нейронная сеть в процессе своей работы будет интерполировать, количество входных и выходных переменных. В предложенной постановке на вход

нейронной сети подается измеряемая компонента вектора состояния β и несколько её предыдущих значений, а на выходе нейронной сети — оценка всего вектора состояния \hat{x} .

На *втором этапе* происходит выбор структуры нейронной сети: определение топологии и параметров сети, видов активационных функций. Среди множества возможных топологий, выбирается многослойная нейронная сеть (“многослойный персептрон”). Математическая модель такой сети описывается уравнением[4]:

$$\hat{x} = o = f^{(2)}(W^{(2)} \left(f^{(1)}(W^{(1)}[\beta(k), \beta(k-1), \dots, \beta(k-m)]^T + b^{(1)}) \right) + b^{(2)}), \quad (3)$$

где $W^{(j)}$ - матрица весов j -го слоя нейронной сети, $b^{(j)}$ - вектор смещения j -го слоя нейронной сети, $f^{(j)}$ - функция активации j -го слоя нейронной сети, $y(k)$ - текущее значения измеренной компоненты состояния, o - выходной вектор нейронной сети, m - глубина рекурсии.

При изменении количества нейронов в скрытом слое, объеме памяти на входе нейронной сети, а также вида активационной функции в скрытом слое нейронной сети происходит изменение параметров переходного процесса замкнутой системы. Таким образом на данном этапе варьируя указанные параметров нейронной сети возможно осуществление оптимизации переходного процесса по тому или иному критерию.

Параллельно с этим выполняется *третий этап*: создание обучающей выборки. Выборка должна отражать все возможные режимы работы. Как показывает практика оптимальным будет следующая схема формирования выборки: в составе контура обратной связи эталонной системы включается линейный регулятор по состоянию. Сигнал на входе регулятора будет желаемым значением для выхода обучаемой нейронной сети. В качестве входа для нейронной сети используется вектор, снимаемый с блок памяти на входе. При этом берется состояния соответствующее поведению гиростабилизатора при гармоническом возмущении по оси стабилизации при фиксированной частоте.

На *четвертом этапе* происходит выбор алгоритма обучение, его параметров и собственно обучение нейронной сети. Т.к. Объем обучающей выборки достаточно велик, то оптимальным для рассматриваемой задачи являются алгоритмы второго и выше

порядков.

На *заключительном этапе* происходит верификация обученной нейронной сети на тестовой выборке. При проверке может быть осуществлена как при помощи математического моделирования гиросtabilизатора с нейронной сетью, так и проверка обученной нейронной сети на специальном макетном комплексе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анисимов Я.О., Кацай Д.А. Управление трехосным индикаторным гиросtabilизатором с использованием нейросетового подхода // Навигация и управление движением. Материалы XIII конференции молодых ученых, СПб: ГНЦ РФ ОАО "ЦНИИ "Электроприбор", 2011

2. Анисимов Я.О., Кацай Д.А. Описание подходов к синтезу управления трехосного индикаторного стабилизатора с использованием аппарата нейронных сетей// В мире научных открытий. Серия Математика. Механика. Информатика - 2011 - №8.1(20) – 439-448 с.

3. Лысов А.Н., Лысова А.А. Теория гироскопических стабилизатор. Учебное пособие. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009.

4. Оссовский С. Нейронные сети для обработки информации. — М.: ИПРЖР, 2000.

Algorithmic providing of the problem of neural network control of the monoaxial power gyroscopic stabilizer

Ya.O. Anisimov

South Ural State University
e-mail: yan@yanchick.org

The description of the problem solution of synthesis of feedback contour of the monoaxial power gyroscopic stabilizer with use of the device of neural networks is given in the work.

Keywords: power gyroscopic stabilizer, neural network, synthesis of feedback.

References

1. Anisimov Ya.O., Katsay D.A. Upravlenie trekhosnym indikatornym girostabilizatorom s ispol'zovaniem neyrosetevogo podkhoda [Control of a Three-axis Indicator gyrostabilizer with use of Neural Network Approach]. *Navigatsiya i upravlenie dvizheniem: materialy XIII konferentsii molodykh uchenykh, S.-Pb, TsNII "Elektropribor"* [Navigation and Movement Control. Proc. of XIII Conf. of Young Scientists, SPb: JSC Central Research Institute Elektropribor], 2011.
2. Anisimov Ya.O., Katsay D.A. [Description of Approaches to Control Synthesis of the Three-axis Indicator Stabilizer with Use of the Neural Networks Device]. *In the World of Discoveries. Mathematics. Mechanics. Informatics*, 2011, №8.1(20), 439-448 p. (in Russ.)
3. Lysov A.N., Lysova A.A. *Teoriya giroskopicheskikh stabilizatorov: uchebnoe posobie* [Theory of Gyroscopic Stabilizers. Manual]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2009.
4. Ossovskii S. *Neironnye seti dlya obrabotki informatsii* [Neural Networks for Information Processing]. Moscow, IPRZhR Publ., 2000.