

## НЕЙРОПОДОБНАЯ СТРУКТУРА РЕГУЛЯТОРА

Широкое применение пропорционально-интегро-дифференцирующих (ПИД) регуляторов подтверждает практическую целесообразность данного вида регуляторов, в особенности для управления по выходу объектами с неопределенностью [1].

Для управления объектами с неопределенностью, или с трудно формализуемыми динамическими свойствами применяются методы нечеткой логики для синтеза контроллера нечеткой логики. Известны приемы синтеза робастных и адаптивных ПИД, в частности, основанных на и нейроподобной структуре [2], [3].

Преимущество таких методов раскрывается в условиях возмущений объекта.

На рисунке 1 представлена структура системы с адаптивным ПИД-регулятором. Адаптация заключается в вычислении новых параметров регулятора (вектор параметров  $W$ ) в функции рассогласования  $e = y_{ref} - y$  между заданным  $y_{ref}$  и фактическим  $y$  векторами выхода системы. Сигнал управления формируется по выражению

$$u = W^T e. \quad (1)$$

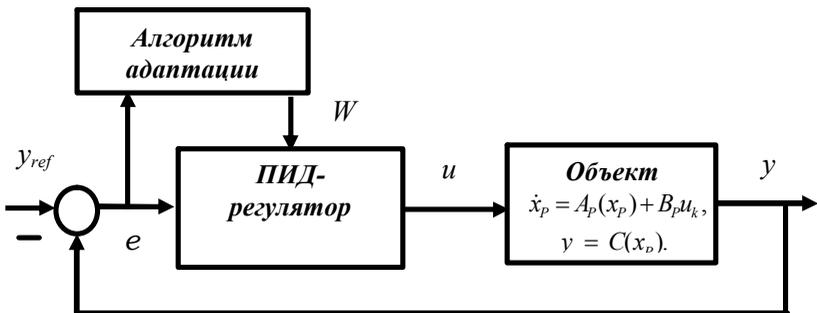


Рисунок 1 – Структура системы

Если вычисление вектора параметров выполняется в соответствии с выражением

$$W(k) = W(k-1) + \alpha^T (y_{ref} - y), \quad (2)$$

применяемом для обучения нейронной сети, то получается структура регулятора, подобная нейрону [2], а алгоритм адаптации является алгоритмом обучения ( $y_{ref}$  - вектор из обучающего множества). Здесь вектор коэффициентов  $\alpha$  означает интенсивность адаптации.

Следует отметить, что закон управления (1) с правилом (2) адаптации предполагает пошаговое интегрирование ошибки в канале вектора  $W(k)$  весовых коэффициентов. Поэтому возможен режим работы, когда канал интегрирования в структуре ПИД оказывается избыточным.

Возможны два режима в рассматриваемой структуре адаптации. В первом случае алгоритм адаптации работает медленнее, чем динамический процесс основного контура регулирования, а динамические свойства улучшаются по мере обучения, которое происходит в переходных режимах системы (рисунок 2).

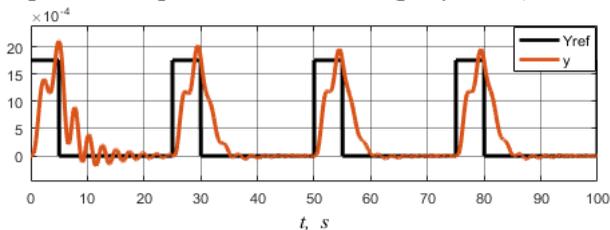


Рисунок 2 – Процесс с медленной адаптацией

Во втором случае за время регулирования основного контура адаптация завершается, что гарантирует выполнение необходимых показателей качества регулирования (рисунок 3).

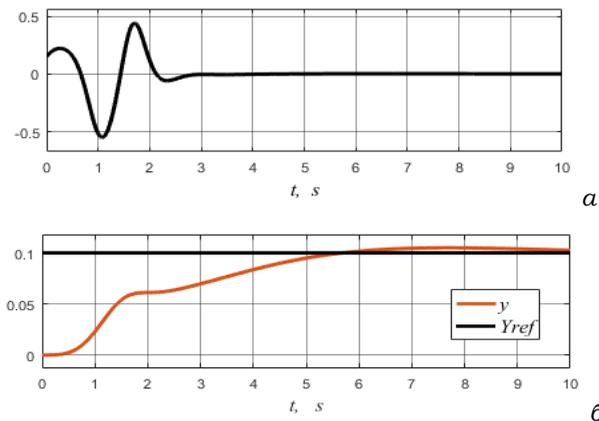


Рисунок 3 – Процесс с быстрой адаптацией, сигнал управления (а) и выходной сигнал(б)

Таким образом, в зависимости от условий синтеза и цели управления возможно применение различных способов адаптации и нейронных структур.

#### **Список использованной литературы**

1. Astrom, K.J. Advanced PID Control. /, K.J Astrom, T. Hagglund, – Nord Carolina: ISA, 2006.– 461 p.

2 Pajchrowski, T. Neural Speed Controller Trained Online by Means of Modified RPROP Algorithm // T. Pajchrowski, K. Zawirski K. Nowopolski, IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 11, NO. 2, april 2015. P. 560-568. DOI 10.1109/TII.2014.2359620.

3. Chuong, V.L. Robust Fractional-Order PI/PD Controllers for a Cascade Control Structure of Servo Systems. / V.L.Chuong, N.H. Nam., L.H Giang,.; T.N.L Vu, Fractal Fract. 2024, 8, 244. <https://doi.org/10.3390/fractalfract8040244>. p.1–17.

**УДК 62-83-52(075.32)**

**Бурба М.Д., аспирант**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск*

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ МЕХАТРОННЫЙ БЛОК ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Тенденции в развитии агропромышленного комплекса Республики Беларусь в настоящее время указывают на мероприятия, направленные на повышение технологической эффективности, энергосбережение и модернизацию производственных процессов [1]. Это является немаловажным и в части обновления мобильной сельскохозяйственной техники. Важность приобретает тематика рационального использования энергии. Эти задачи коррелируют с общемировыми тенденциями, где ключевыми направлениями становятся экологизация сельского хозяйства, внедрение систем с высоким КПД и широкая цифровизация технологических процессов, не говоря о роботизированных производствах.

Помимо широко применяемых механических приводов, доказавших свою эффективность и надежность, достижению повышения вышеописанных показателей послужит внедрение