

**Сушинский Кирилл Николаевич**

студент

ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»

г. Череповец, Вологодская область

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОПТИМАЛЬНОЙ НАСТРОЙКИ ПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРА НАГРУЖЕНИЯ**

***Аннотация:** в статье рассматриваются алгоритмы оптимальной настройки приводов постоянного тока в зависимости от характера нагружения. В частности, рассматривается метод нейросетевой настройки ПИД-регулятора, обозначены преимущества и недостатки методов и их сравнение друг с другом*

***Ключевые слова:** электропривод постоянного тока, ПИД-регулятор, нейросетевой настройщик, оптимальная настройка привода, демпфирование колебаний.*

Существующие системы управления автоматизированными приводами динамических систем не могут обеспечить стабильность технологического процесса. Колебательные процессы имеют случайный характер и, как правило, очень зашумлены.

Используемые ПИ-регуляторы скорости требуют точного задания коэффициентов и постоянных времени, а значит выполнить настройку регулятора с учетом изменения параметров изделия сложно, а зачастую и невозможно. Поэтому, для повышения энергоэффективности и стабильности процесса прокатки и надежности прокатного оборудования необходимо разработать научно-технические решения в области адаптивного управления автоматизированными главными приводами, что и является целью нашего исследования.

На протяжении более 40 лет данная проблема изучалась в разное время специалистами России, Украины, Японии, США, Германии. Практически все исследования специалистов касались диагностики вибраций и разработки систем

мониторинга, предотвращающих резонансные колебания в рабочих клетях станов холодной прокатки [1].

Следует отметить, что на сегодняшний день отсутствуют универсальные подходы, объясняющие как природу возникновения автоколебательных процессов, так и устраняющие и/или минимизирующие воздействия негативных вибраций на ход технологического процесса и состояние оборудования [3; 5].

Снижение уровня вибраций в приводах постоянного тока возможно за счет использования адаптивных демпирующих систем, а уменьшение вращательных колебаний привода – за счет применения адаптивных амортизаторов. Высокая стоимость систем активного адаптивного гашения вибраций и сложность их реализации на практике приводят к тому, что эти системы находятся пока в стадии разработки, хотя их применение может оказаться единственным возможным способом устранения вибраций.

Использование нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора в качестве адаптивной системы управления приводами постоянного тока, позволяет эффективно управлять работой систем во время переходных процессов.

Исследования показывают [114], что регулятор, оптимально-настроенный на переходные процессы, в большинстве случаев неэффективно отрабатывает возникающие в установившемся режиме возмущения. Для поддержания стабильного режима работы, необходимы иные коэффициенты, существенно отличающиеся от оптимальных для переходных процессов [1; 2; 3]. Для решения этой задачи применяются различные методы: применение адаптивных и оптимальных систем, различные методы настройки классического ПИ-регулятора, применение интеллектуальных методов, регуляторов с измененной структурой [5; 6]. При этом данным классам методов отработки возмущающих воздействий свойственны те же недостатки, что и при их применении в режиме переходных процессов: необходимость в наличии точной актуальной модели объекта управления для оптимальных и адаптивных систем, скептическое отношение реального производства к нестандартным регуляторам.

Поэтому, для решения задачи компенсации влияния действующих возмущений было решено дополнить адаптивную систему на основе нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора режимом настройки регулятора на компенсацию влияния возмущающих воздействий.

На рис. 1 изображена Структурная схема прокатной клетки с нейросетевым настройщиком в контуре скорости и двухмассовой механической частью

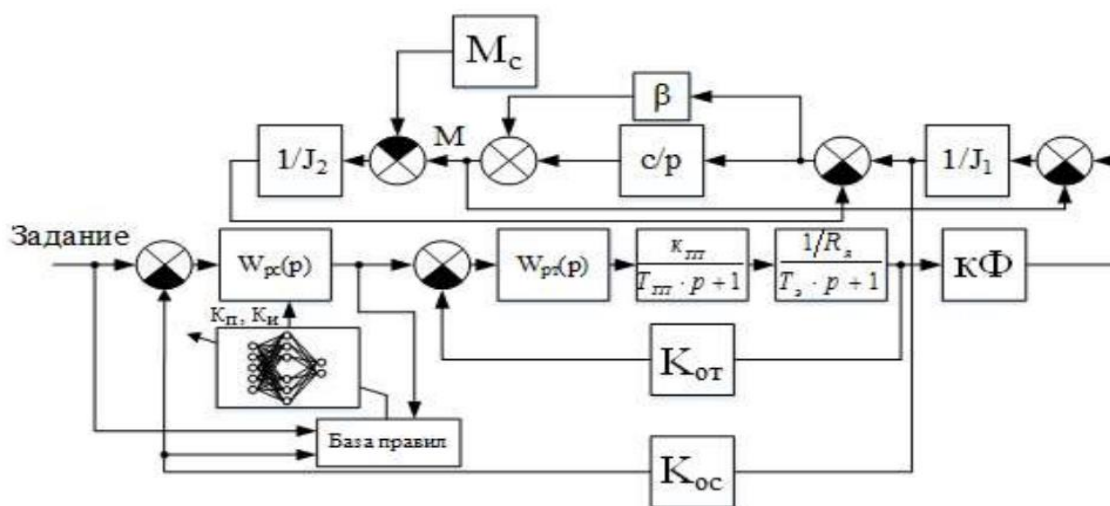


Рис. 1. Структурная схема прокатной клетки с нейросетевым настройщиком в контуре скорости и двухмассовой механической частью

На данной структурной схеме приняты следующие обозначения:  $W_{pc}$  – передаточная функция ПИ-регулятора скорости ( $K_{ПРС} = 70$ ;  $K_{ИРС} = 1252$ ),  $W_{pm}$  – передаточная функция ПИ-регулятора тока ( $K_{ПРТ} = 0,279$ ;  $K_{ИРТ} = 11,96$ )  $k_{ТП} = 131,5$  – коэффициент усиления тиристорного преобразователя,  $T_{mn} = 0,007$ с – постоянная времени тиристорного преобразователя,  $R_{я} = 0,061$  Ом – суммарное сопротивление якорной цепи,  $T_{я} = 0,022$  с – электромагнитная постоянная времени якорной цепи,  $K_{om} = 0,003$  – коэффициент обратной связи по току,  $K_{oc} = 0,08$  – коэффициент обратной связи по скорости,  $M_c$  – момент нагрузки. Для экспериментов приняты следующие значения параметров:  $S = 4,3\%$ ,  $\Delta t = 5$ мс.

На рис. 2 представлены результаты эксперимента по компенсации возмущающего воздействия:

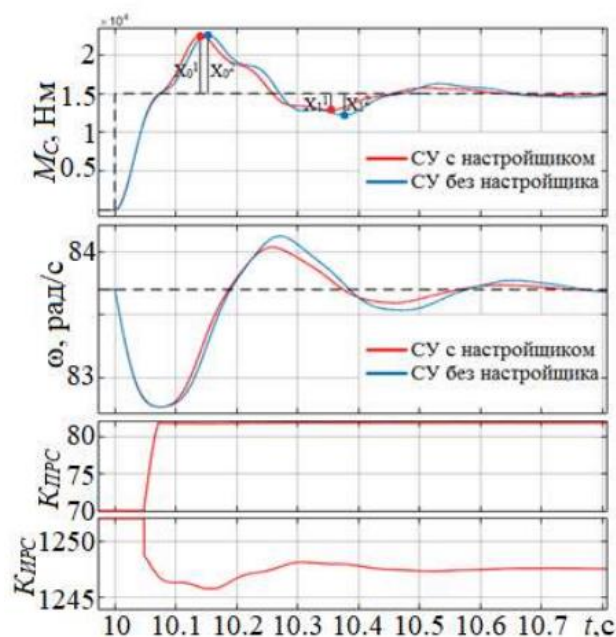


Рис. 2. Результаты эксперимента по компенсации возмущающего воздействия

Результаты эксперимента позволили снизить амплитуды колебаний динамического момента электропривода (амплитуда первого колебания для системы с настройщиком  $X_0^1 = 74,2$  кН\*м, амплитуда второго колебания для системы с настройщиком  $X_1^{(1)} = 21,6$  кН\*м, амплитуда первого колебания для системы без настройщика  $X_0^{(2)} = 76$  кН\*м, амплитуда второго колебания для системы без настройщика  $X_1^{(2)} = 27,7$  кН\*м).

По формуле (1) были вычислены логарифмические декременты затухания динамического момента для системы с нейросетевым настройщиком ( $\lambda_1 = 1,009$ ) и без него ( $\lambda_2 = 1,234$ ). Результаты показали, что использование нейросетевого настройщика позволило ускорить затухание динамического момента на 18%.

$$\lambda = \ln \left( \frac{X_0}{X_1} \right) \quad (1)$$

Таким образом, было проведено сравнительное моделирование системы управления электропривода с нейросетевым настройщиком и без него для режима компенсации возмущающих воздействий. Снижение колебаний динамического момента в главном электроприводе прокатной клетки позволит повысить надежность механических передач и снизить энергопотребление привода в режиме отработки возмущающих воздействий. Применение настройщика в целом

позволило снизить отклонение от задания на 15% и повысить скорость отработки возмущения на 45% по сравнению с системой без адаптации.

### ***Список литературы***

1. Французова Г.А. Расчёт и исследование возможностей систем автоматического управления с типовым ПИД-регулятором и модифицированным ПИД-регулятором / Г.А. Французова, Е.П. Котова // Автоматика и программная инженерия. – 2017. – №1(19). С. 10–15.
2. Шубладзе А.М. О возможностях ПИД-управления типовыми инерционными и колебательными объектами / А.М. Шубладзе, С.И. Кузнецов // Автоматика и телемеханика. – 2007. – №7. – С. 18–30.
3. Свенчанский А.Д. Электрические промышленные печи. Дуговые печи и установки специального нагрева / А.Д. Свенчанский, И.Г. Жердев, А.М. Кручинин [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1981.
4. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления / В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюкин. – М.: Изд-во журнала «Радиотехника». – 2002. – 480 с.
5. Ротач В.Я. Автоматизация настройки систем управления // В.Я. Ротач, В.Ф. Кузищин, А.С. Ключев и др. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 272 с.