

**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 нагрузления. 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 приводов 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 клети с нейросетевым настройщиком в контуре скорости и двухмассовой механической частью

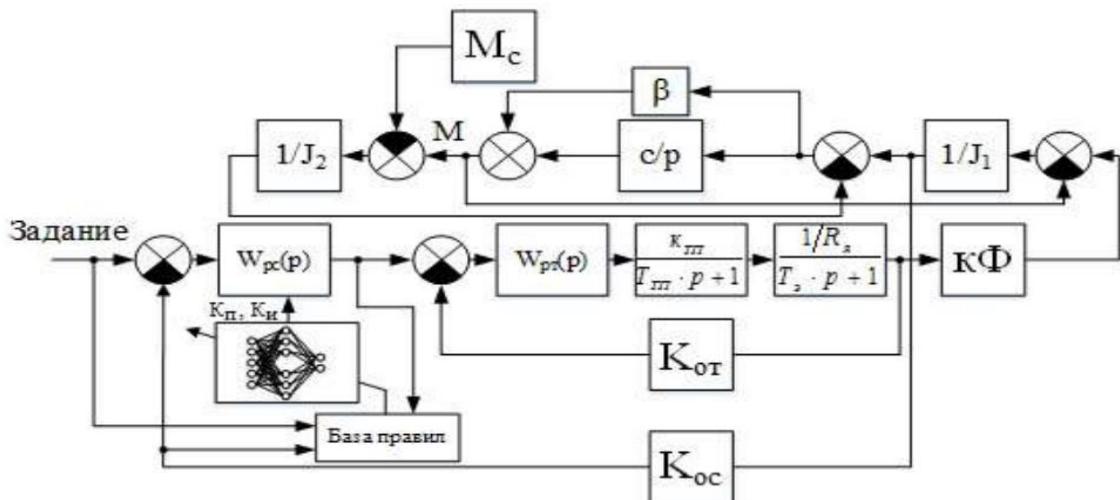


Рис. 1. Структурная схема прокатной клети с нейросетевым настройщиком в контуре скорости и двухмассовой механической частью

На данной структурной схеме приняты следующие обозначения:  $W_{pc}$  – передаточная функция ПИ-регулятора скорости ( $K_{PPC} = 70$ ;  $K_{IPC} = 1252$ ),  $W_{pm}$  – передаточная функция ПИ-регулятора тока ( $K_{PPT} = 0,279$ ;  $K_{IPT} = 11,96$ )  $k_{TP} = 131,5$  – коэффициент усиления тиристорного преобразователя,  $T_{mn} = 0,007\text{с}$  – постоянная времени тиристорного преобразователя,  $R_a = 0,061 \Omega$  – суммарное сопротивление якорной цепи,  $T_a = 0,022 \text{ с}$  – 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:  $S = 4,3\%$ ,  $\Delta t = 5\text{мс}$ .

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

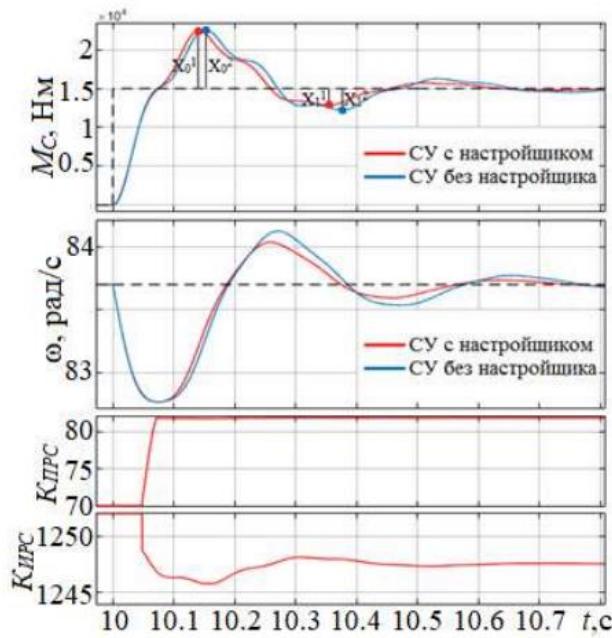


Рис. 2. Результаты эксперимента по компенсации возмущающего воздействия

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

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 клети 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. Кузицин, А.С. Клюев и др. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 272 с.