

УДК 004.67

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.29.2.015](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.29.2.015)

## Контроллер двигателя постоянного тока с нейро-адаптивной нечеткой логикой управления

Хан Мьо Хтун, А.Н. Якунин

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,  
Москва, Российская Федерация*

**Резюме:** Разработка контроллеров двигательных приводов является актуальной задачей в промышленных и роботизированных манипуляторах. Контроллеры двигателей постоянного тока (ДПТ) могут применяться в различных задачах, так как их использование даёт гибкие возможности для развития алгоритмов управления. Многие известные контроллеры, использующие обратную связь, не могут поддерживать эффективность системы на приемлемом уровне. В работе предлагается разработка нового контроллера ДПТ, который позволяет увеличить эффективность его управления за счёт уменьшения  $t_n$  (времени нарастания),  $\sigma$  (перерегулирования) и  $t_p$  (времени регулирования) при сравнении с другими известными контроллерами (пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) контроллером и контроллером нечёткой (НЛ) логики). В статье рассматривается разработка контроллера на основе адаптивной системы с нейро-нечёткой логикой (АСНЛ) для эффективного управления скоростью ДПТ с нагрузкой. Реализована математическая модель разработанного контроллера в среде Matlab-Simulink. Сравнение предложенного контроллера с другими известными контроллерами выполнено по следующим критериям:  $t_n$ ,  $t_p$  и  $\sigma$ . Для подтверждения эффективности предложенного АСНЛ-контроллера выполнено его сравнение с известными контроллерами. Результаты моделирования показали, что разработанный АСНЛ-контроллер снижает  $t_n$  по сравнению с ПИД-контроллером на 5% и по сравнению с НЛ-контроллером на 17%,  $t_p$  по сравнению с ПИД-контроллером на 37% и по сравнению с НЛ-контроллером на 17%, и  $\sigma$  по сравнению с ПИД-контроллером на 6% с нагрузкой.

**Ключевые слова:** двигатели постоянного тока (ДПТ), пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД), нечёткая логика (НЛ), адаптивная система нейро-нечёткого вывода (АСНЛ).

**Для цитирования:** Хан Мьо Хтун., Якунин А.Н. Контроллер двигателя постоянного тока с нейро-адаптивной нечеткой логикой управления. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(2). Доступно по: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/HanYakunin\\_2\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/HanYakunin_2_20_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.015

## DC motor controller with neuro-adaptive fuzzy control logic

Han Myo Htun, A.N. Yakunin

*Department of Computer Engineering, National Research University "MIET", Zelenograd,  
Moscow, Russian Federation*

**Abstract:** The development of motor drive controllers is an urgent task in industrial and robotic manipulators. DC motor controllers (DCT) can be used in various tasks, as their use provides flexible opportunities for the development of control algorithms. Many well-known controllers that use feedback cannot maintain system performance at an acceptable level. The paper proposes the development of a new DCT controller, which allows to increase the efficiency of its control by reducing  $t_n$  (rise time),  $\sigma$  (overshoot) and  $t_p$  (regulation time) when compared with other known controllers (proportional-

integral-differential (PID) controller and fuzzy controller (NL) logic). The article discusses the development of a controller based on an adaptive system with neuro-fuzzy logic (ASNL) to effectively control the speed of the DCT with the load. The mathematical model of the developed controller in the environment of Matlab-Simulink is implemented. Comparison of the proposed controller with other known controllers is performed according to the following criteria:  $t_n$ ,  $t_p$  and  $\sigma$ . To confirm the effectiveness of the proposed ASNL controller, it was compared with known controllers. The simulation results showed that the developed ASNL controller reduces  $t_n$  compared to the PID controller by 6% and compared to the NL controller by 17%,  $t_p$  compared to the PID controller by 37% and compared to the NL controller by 17%, and  $\sigma$  compared to the PID controller by 6% with the load.

**Keywords:** DC motors (DC motors), proportional-integral-differential (PID), fuzzy logic (NL), adaptive neuro-fuzzy output system (ASNL).

**For citation:** Han Myo Htun, Yakunin A.N. DC motor controller with neuro-adaptive fuzzy control logic. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2020;8(2). Available from: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/HanYakunin\\_2\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/HanYakunin_2_20_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.015 (In Russ).

## Введение

Двигатели постоянного тока широко используются во многих промышленных применениях, таких как электромобили и роботизированные манипуляторы, благодаря точным, простым и непрерывным характеристикам управления. Традиционно для контроля скорости двигателей постоянного тока малой мощности широко используется метод контроля тока [1]. Желаемые характеристики крутящего момента могут достигаться контроллерами пропорционально-интегрального (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) типов. Контроллеры ПИ и ПИД имеют такие преимущества, как: хороший отклик, простая структура и приемлемая надежность, но у них есть недостатки, например: оптимальная настройка коэффициента усиления ПИ и ПИД довольно сложна. На сегодня известны несколько типов контроллеров, предназначенных для управления скоростью ДПТ при выполнении различных задач. Для простого управления и достаточно высокой производительности ДПТ могут быть использованы: нечеткий логический контроллер, адаптивная система нейро-нечеткой логики (АСНЛ), нечеткий генетический алгоритм, нечеткий рой и т.д.

Контроллер АСНЛ был предложен в начале 90-х годов компанией *Jang*. Сочетая понятия нечеткой логики и нейронной сети, это гибридная интеллектуальная система, которая позволяет улучшить автоматическое обучение и адаптацию. Основой для нейро-адаптивных методов обучения является процедура нечеткого моделирования, которая изучает набор данных и автоматически вычисляет параметры функции принадлежности, которые наилучшим образом позволяют соответствующей нечеткой логической системе отслеживать заданные данные ввода/вывода и будет определять контроль качества [2].

Цель данной работы – разработка контроллера на основе АСНЛ для эффективного управления скоростью ДПТ с нагрузкой. В работе будут решены следующие задачи: изучена модель двигателя постоянного тока, рассмотрены АСНЛ-контроллер, реализованы математические модели выбранного контроллера в среде *MATLAB-Simulink* и выполнен их сравнительный анализ по времени регулирования, времени нарастания и перерегулирования к нагрузке. Моделирования схем управления ДПТ на базе контроллера проведено в среде *MATLAB-Simulink*.

## Модель двигателя постоянного тока

Модель ДПТ представлена на Рисунке 1 [3].

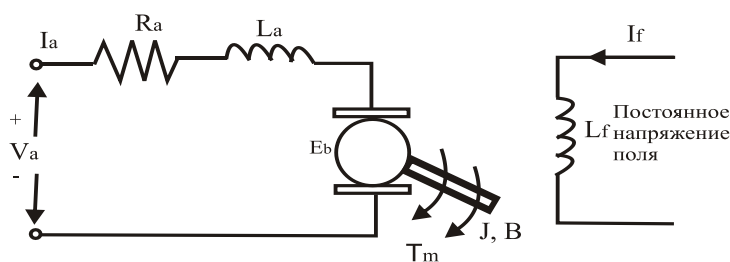


Рисунок 1 – Модель двигателя постоянного тока

Figure 1– DC Motor model

Предположим, что двигатель работает при напряжении  $V_a = 10$  В, а его максимальная скорость ( $\omega_{ref}$ ) не может быть превышена более чем на 1873 оборотов в минуту (или 196,1 рад/с). Такой скорости достаточно для использования в большинстве роботизированных приложениях. Для моделирования ДПТ будем использовать обозначения, которые представлены в Таблице 1.

Таблица 1 Параметры двигателя постоянного тока

Table 1 DC Motor Parameters

<i>Параметр</i>	<i>Наименование</i>	<i>Значение</i>
$V_a$	Напряжения ДПТ	10 В
$L_a$	Индуктивность якоря двигателя	0.0015 Гн
$R_a$	Сопротивление якоря	0.5 Ом
$J$	Механическая инерция в двигателе	0.00025 кг·м <sup>2</sup>
$K$	Моторная постоянная	0.05 Нм/А
$B$	Коэффициент демпфирования механической системы	0.0001 Нм/рад/с

Выражение, описывающее зависимость обратной электродвижущей силы (ЭДС) от угловой скорости ротора, может быть записано как:

$$E_b(t) = K\omega(t), \text{ где} \quad (1)$$

$E_b$  - ЭДС,  $\omega$  - угловая скорость ротора (рад/с).

Уравнение напряжения определяется как:

$$V_a = E_b(t) + I_a R_a(t) + L_a \left( \frac{dI_a}{dt} \right) \quad (2)$$

Из второго закона механики Ньютона крутящий момент двигателя может быть получен как:

$$T_m(t) = J \left( \frac{d\omega}{dt} \right) + B\omega(t) + T_L(t) = KI_a, \quad (3)$$

где  $T_L$  - крутящий момент нагрузки двигателя (Нм).

Применяя преобразование Лапласа к уравнениям (1), (2) и (3) соответственно получаем

$$E_b(s) = K\omega(s) \quad (4)$$

$$V_a(s) = E_b(s) + (R_a + L_a s)I_a(s) \quad (5)$$

$$T_m(s) = (Js + B)\omega(s) + T_L(s) = KI_a(s), \quad (6)$$

Уравнения (4) - (6) могут быть представлены в форме блок-схемы, как показано на Рисунке 2. Передаточная функция по отношению к входному напряжению выражается как:

$$G(S) = \frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K}{(L_a s + R_a) + (Js + B) + K^2} \quad (7)$$

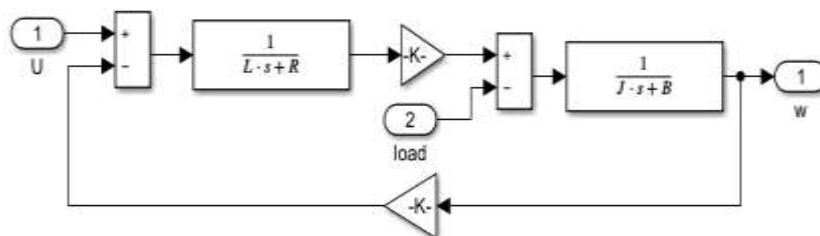


Рисунок 2 – Блок-схема ДПТ  
 Figure 2 – Block diagram of DC motor

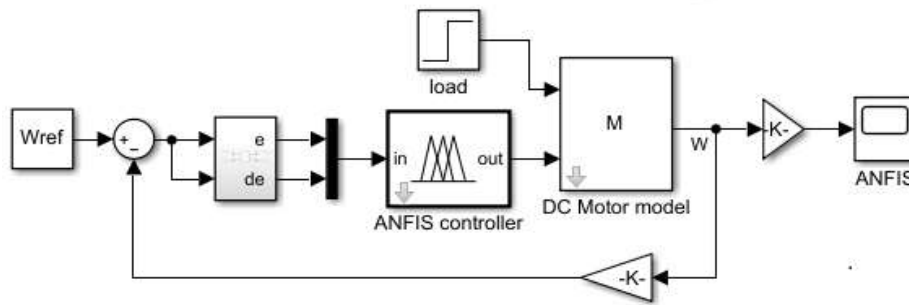
### Адаптивный Нейро-Нечеткий Контроллер

В настоящее время известны нейро-нечёткие способы моделирования и адаптивного управления нелинейными системами [4]. Адаптивная нейро-нечеткая система комбинирует обучающую способность нейронной сети с представлением знаний нечеткой логики. Нейро-нечеткие методы возникли в результате слияния искусственных нейронных сетей (ИНС) и систем нечеткого вывода (НВ) и стали популярными для решения реальных проблем. Нейро-нечеткая система основана на нечеткой системе, которая обучается по алгоритму, основанному на теории нейронных сетей. Контроллер адаптивной системы нейро-нечеткого вывода (АСНЛ) наследует преимущества вышеуказанных подходов контроллеров НВ и ИНС [5]. Существует несколько способов интеграции ИНС и НВ, и часто выбор зависит от приложений. Контроллер АСНЛ генерирует изменение опорного напряжения на основе ошибки скорости ( $e$ ) и её производной ( $de$ ) [6], которые определяются как:

$$e = \omega_{ref} - \omega \quad (8)$$

$$de = \left[ d(\omega_{ref} - \omega) \right] / dt, \quad (9)$$

где  $\omega_{ref}$  и  $\omega$  – опорная (желаемая) и фактическая скорости соответственно. Полная имитационная модель привода двигателя представлена на Рисунке 3. На Рисунке 4 представлена типичная архитектура АСНЛ-контроллера. Она содержит два входа и один выход в соответствии с системой нечеткого вывода Такаги-Сугено.



□

Рисунок 3 – Модель управления ДПТ с использованием АСНЛ-контроллера в MATLAB / Simulink.

Figure 3 – DC motor control model using the ANSL controller in MATLAB / Simulink.

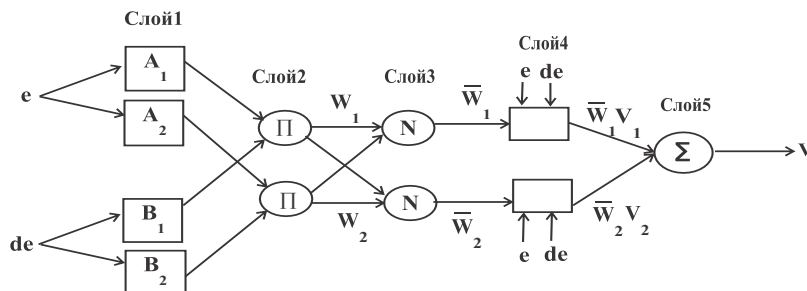


Рисунок 4 – Архитектура АСНЛ в соответствии с системой нечеткого вывода Такаги-Сугено  
Figure 4 – ANSL architecture in accordance with the Takagi-Sugeno fuzzy inference system

Предлагаемый АСНЛ-контроллер построен на основе системы нечеткого вывода Такаги-Сугено, имеющий два входа ( $e$  и  $de$ ) и один выхода ( $v$ ). Типичное нечеткое правило:

$$\text{Если } e = A_i, \text{ а } de = B_i, \text{ то } v = f(e, de) \quad (10)$$

где,  $A_i$  и  $B_i$  – упрощённая запись заданных непрерывных функций принадлежности и  $v$  имена переменных входа и выхода, соответственно. Структуру АСНЛ-контроллера можно описать как сеть, состоящую из 5 слоёв: □

Слой 1: Каждый адаптивный узел в этом слое генерирует оценки принадлежности для входных векторов  $A_i, i = 1, 2, 3$  в рассматриваемой архитектуре. Функция узла - это трапециевидная функция принадлежности:

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(e) = \left\{ \begin{array}{l} 0, e \leq a_i \\ \frac{e - a_i}{b_i - a_i}, a_i \leq e \leq b_i \\ 1, b_i \leq e \leq c_i \\ \frac{d_i - e}{d_i - c_i}, c_i \leq e \leq d_i \\ 0, d_i \leq e \end{array} \right\} \quad (11)$$

Слой 2: в этом слое имеется 9 правил. Каждый выходной узел является произведением всех входящих узлов и задается в следующем уравнении:

$$O_i^2 = W_i = \min(\mu_{A_i}(e), \mu_{B_i}(de)), i = 1, 2, 3. \quad (12)$$

Слой 3: Фиксированный узел  $i$  в этом слое рассчитывает отношение уровня активации  $i$ -го правила к сумме всех уровней активации:

$$O_i^3 = \bar{W}_i = \frac{W_i}{\sum_{j=1}^n W_j} \quad (13)$$

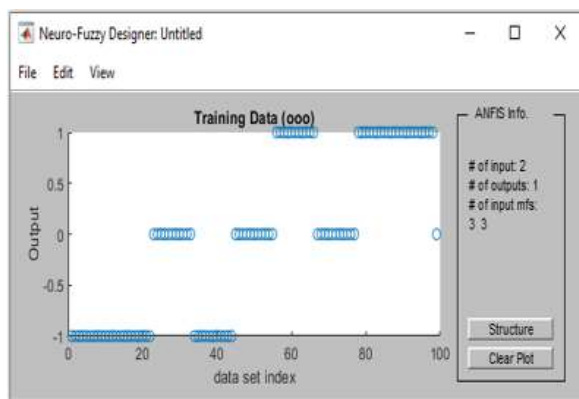
Слой 4: Адаптивный узел  $i$  на этом уровне вычисляет вклад  $i$ -го правила в общий выходной результат с помощью следующей функции узла:

$$O_i^4 = \bar{W}_i V_i = \bar{W}_i (p_i e + q_i de + r_i) \quad (14)$$

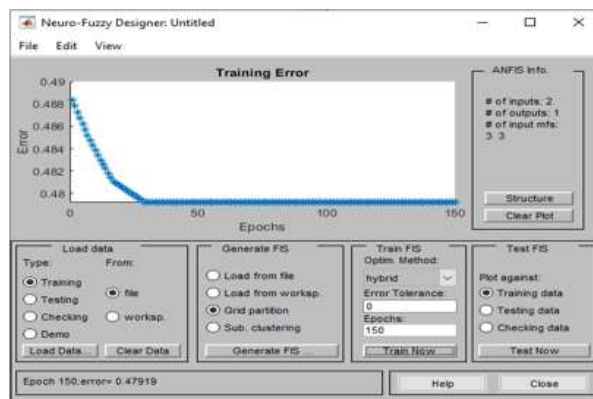
Слой 5: Единственный неподвижный узел в этом слое вычисляет общий вывод, как и суммирование вклада каждого правила:

$$O_i^5 = \sum_i^2 \bar{W}_i V_i = \frac{W_1 V_1 + W_2 V_2}{W_1 + W_2} \quad (15)$$

Обучаемые параметры - это  $(a_i, b_i, c_i$  и  $d_i)$  предпосылки и  $(p_i, q_i$  и  $r_i)$  последовательных параметров. Алгоритм обучения требует обучающий набор, определенный между входами и выходами [7]. В ходе разработки контроллера АСНЛ для его обучения была использована 91 выборка обучающих наборов данных. Набор данных, полученный в результате обучения, использовался для построения контроллера АСНЛ. Набор обучающих данных контроллера АСНЛ представлен на Рисунке 5 (а). Для обучения набора данных использовался гибридный метод. Среднеквадратическая ошибка обучения ( $RMS$ ), полученная после обучения набора данных контроллера АСНЛ, составила 0,479. Ошибка данных обучения  $RMS$  в зависимости от количества тренировочных эпох показана на Рисунке 5 (б).



(а)



(б)

Рисунок 5 – Набор данных для обучения и (Б) Ошибка данных обучения  $RMS$

Figure 5 – Training dataset; and (B)  $RMS$  training data error

В ходе выполнения работы было реализовано 100 эпох обучения. Количество функций принадлежности для двух входных переменных  $e$  и  $de$  равно 3 и 3 соответственно. Количество правил составляет 9 ( $3 \times 3 = 9$ ). Трапециевидная функция принадлежности задается 3 параметрами. Поэтому разработанный АСНЛ-контроллер содержит в общей сложности 39 подходящих параметров, из которых 18 ( $3 \times 3 + 3 \times 3 = 18$ ) являются исходными параметрами, а 27 ( $3 \times 9 = 27$ ) являются последовательными параметрами. На Рисунке 6(а) показана оптимизированная функция принадлежности для  $e$  и  $de$  после обучения. На Рисунке 6(б) показана модель структуры АСНЛ.

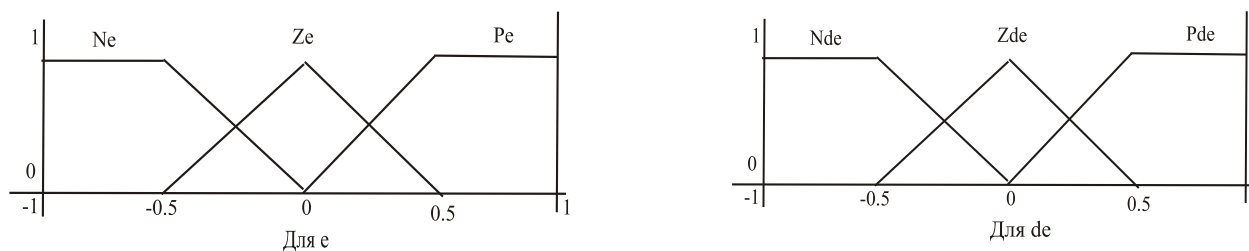


Рисунок 6(а) – Функция принадлежности для  $e$  и  $de$  после обучения  
 Figure 6(a) – Membership function for  $e$  and  $de$  after training

Для управления скоростью двигателя типичное нечеткое правило состоит в том, что если скорость двигателя меньше желаемой скорости, скорость двигателя будет увеличиваться, если скорость двигателя больше желаемой скорости, скорость двигателя будет уменьшаться. В процессе создания необходимых выходных напряжений с помощью АСНЛ контроллера ошибка должна быть минимизирована.

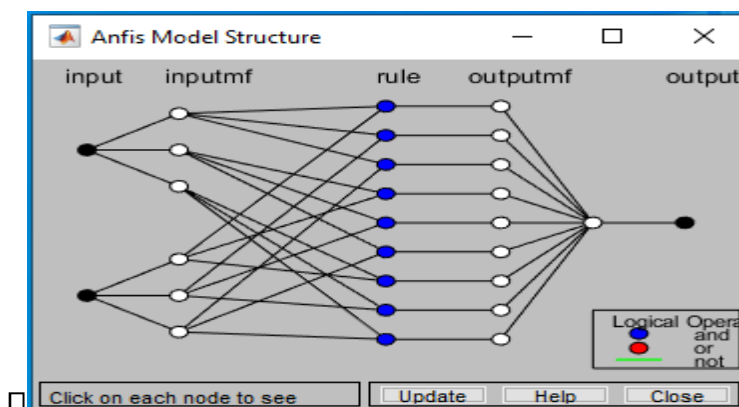


Рисунок 6(б) – Структура модели АСНЛ  
 Figure 6(b) – Structure of the ASNL model

Например: если ошибка положительная, а изменение ошибки - положительное, то выход контроллера должен быть положительным. В этом случае скорость все еще не достигает требуемого значения, поэтому требуется увеличение скорости, которое прямо пропорционально напряжению контроллера. Таким образом, увеличение напряжения помогает двигателю достичь желаемой скорости.

### Результаты

В ходе выполнения работ выполнено моделирование и сравнение разработанного АСНЛ-контроллера с существующими контроллерами: ПИД [8] и НЛ [9] по временным характеристикам. В качестве критериев сравнения использовано  $t_n$  (время нарастания (*rise time*)),  $\sigma$  (перерегулирование (*overshoot*)) и  $t_p$  (время регулирования (*settling time*)). Данные параметры отражены на Рисунке 7, на котором, в качестве примера, приведена переходная (временная) характеристика реакции объекта на единичное ступенчатое воздействие ПИД-контроллера.

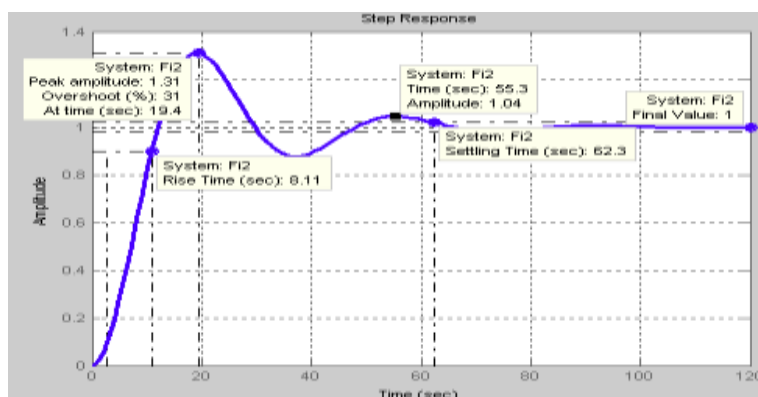


Рисунок 7 – Переходная характеристика ПИД-контроллера  
Figure 7 – Transient response of the PID controller

Как Реакция и характеристики системы для эталонной скорости (100 рад/с) с контроллерами ПИД, НЛ, АСНЛ и предложенного АСНЛ-контроллера без нагрузки представлены на Рисунке 8. двигатель достигает желаемой скорости (100 рад/с) за 0,1 с предложенным АСНЛ-контроллером, за 0,185 с НЛ-контроллером [9] и 0,28 с ПИД-контроллером [8]. В данной работе проанализированы характеристики переходного процесса ДПТ (Таблица 2) при использовании различных выбранных контроллеров.

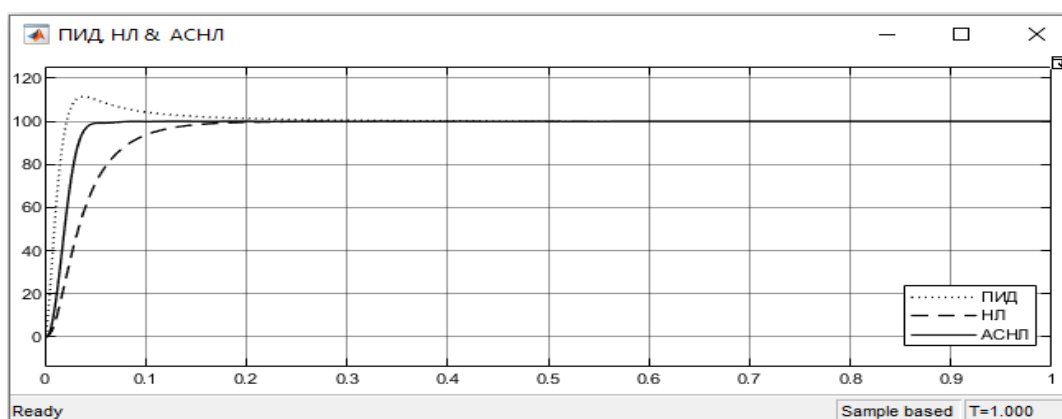


Рисунок 8 – Скорость ДПТ с контроллерами ПИД, НЛ и предложенного АСНЛ  
Figure 8 – Speed DC motor with PID, NL and proposed ASNL controllers

Таблица 2 – Таблица 2 Сравнение временных характеристик контроллеров при работе  
Table 2-Comparison of the time characteristics of the controllers when working without load

Типы контроллеров	Время нарастания(сек)	Перерегулирование (%)	Время регулирования (сек)
ПИД [8]	0.025	13 %	0.26
НЛ [9]	0.155	0 %	0.165
АСНЛ	0.08	0%	0.09

Преимущество АСНЛ-контроллера по сравнению с другими рассматриваемыми состоит в том, что он имеет меньшее время нарастания, время регулирования и



перерегулирование. Скорость двигателя быстрее достигает желаемого значения по сравнению с другими контроллерами.

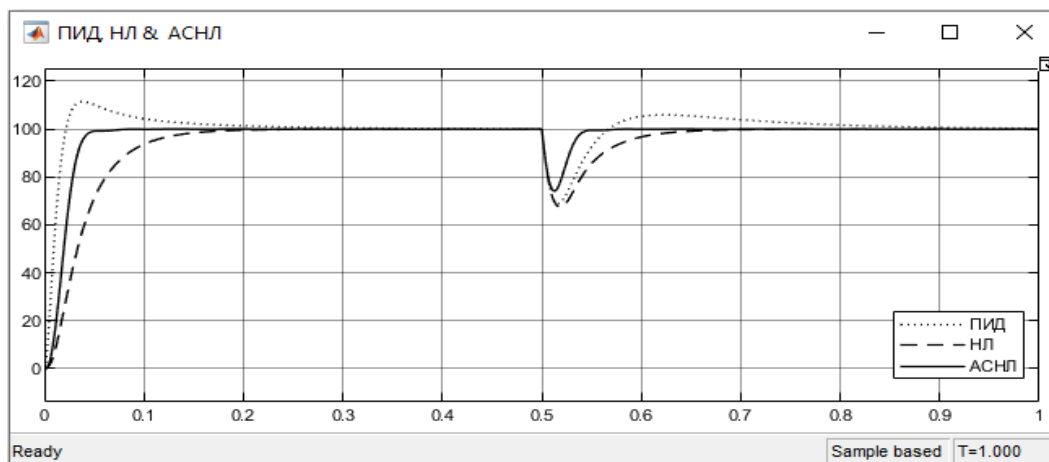


Рисунок 9 – Скорость ДПТ с контроллерами ПИД, НЛ и предложенного АСНЛ при нагрузке

Figure 9 – DC motor speed with PID, NL and proposed ASNL controllers under load

Таблица 3 – Сравнение временных характеристик контроллеров при работе с нагрузкой  
 Table 3- Comparison of the time characteristics of controllers when working with a load

Типы контроллеров	Время нарастания(сек)	Перерегулирование (%)	Время регулирования (сек)
ПИД [8]	0.55	6 %	0.85
НЛ [9]	0.63	0 %	0.64
АСНЛ	0.52	0%	0.53

Реакция и характеристики системы для эталонной скорости (100 рад/с) с контроллерами ПИД, НЛ, АСНЛ и предложенного АСНЛ при нагрузке 0,1 Nm в момент времени  $T=0.5$  с представлены на Рисунке 9. В Таблице 3 показана скорость двигателя с нагрузкой. Несмотря на то, что при использовании контроллера АСНЛ нагрузка крутящим моментом  $\tau_L = 0,1 Nm$  в  $T=0.5$  с, она оказывает меньшее влияние на скорость, чем НЛ контроллер.

### Заключение

В работе реализованы математические модели выбранных контроллеров в среде *MATLAB-Simulink* и выполнен их сравнительный анализ по временным характеристикам. Полученные результаты в работе показали, что разработанный контроллер АСНЛ снижает время нарастания по сравнению со НЛ-контроллером на 48%, время регулирования по сравнению со ПИД-контроллером на 65% и НЛ-контроллером на 45%, и перерегулирование по сравнению с ПИД-контроллером на 13% без нагрузки. При нагрузке АСНЛ-контроллером снижает время нарастания по сравнению со ПИД-

контроллером на 5% и НЛ-контроллером на 17%, время регулирования по сравнению с ПИД-контроллером на 37% и НЛ-контроллером на 17%, и перерегулирование по сравнению с ПИД-контроллером на 6% с нагрузкой. АСНЛ-контроллер может быть найден применение в промышленности и приложениях для роботов. Его использование может повысить точность и производительность при работе с двигателями постоянного тока. Одно из направлений для дальнейших исследований – анализ способов контроля скорости ДПТ с помощью методов эволюционных вычислений, таких как генетический алгоритм, оптимизация роя частиц и т.д.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Молейкутый Георгий. Управление скоростью отдельно возбужденного двигателя постоянного тока. *Американский журнал прикладных наук*. 2008;5(3):227-233.
2. Юсиф Аль Мешхедани. Гибридный контроллер ANFIS для 6-DOF манипулятора с 3D-моделью. *Международный журнал компьютеров и технологий*. 2013;4(2):631-638.
3. Usoro H, Itaketo U.T., Umoren M.A. Управление двигателем постоянного тока с использованием алгоритма нечеткой логики. *Нигерийский технологический журнал*. 2017;36(2):594-602.
4. Джайн М., Сингх М., Чандра А., Уильямсон С.С. Управление без датчика синхронного двигателя с постоянными магнитами с использованием MRAS на основе ANFIS. Международная конференция электрических машин и приводов (IEMDC). 2011:599-606.
5. Yaguo. Ле, Амира Й., Хайкал, Файз Ф. Арид. Диагностика неисправностей вращающихся механизмов на основе нескольких комбинаций ANFIS с GA. *Механические системы и обработка сигналов*. 200:2280-2294.
6. Басма А. Омар, Чжэнцзя. Он, яньян. Цзы, Цяо. Ху. Адаптивный нейро-нечеткий регулятор скорости для отдельно возбужденного двигателя постоянного тока. *Международный журнал компьютерных приложений*. 2012;39(9):29-37.
7. Jyh-Shing Roger Jang. Адаптивные сетевые системы нечеткого вывода. *IEEE Транзакции по системам человек и кибернетика*. 1993;23(3):665-683.
8. Ясир Али Алматил, Ахмед Абдельрахман. Управление скоростью двигателя постоянного тока с использованием нечеткого логического контроллера. *Международная конференция по коммуникациям, управлению, вычислительной технике и электронике (ICCCSEE)*. 2017:1-7.
9. Исмаил Н. Л., Закария К. А., Мох Назар Н. С., М. Сярипуддин, Мохтар А. С. и С. Танакоди. Сриниваса Кишоре Бабуб. Управление скоростью двигателя постоянного тока с использованием нечеткого логического контроллера. *Материалы конференции AIP*. 2018;1930(1):020026(1-6).

## REFERENCES

1. Moleykuty George. Speed Control of Separately Excited DC Motor. *American Journal of Applied Sciences*. 2008;5(3):227-233.
2. Yousif Al Mashhadany. Hybrid ANFIS Controller for 6-DOF Manipulator with 3D Model. *International Journal of Computers & Technology*. 2013;4(2):631-638.
3. H. Usoro, U.T. Itaketo, M. A. Umoren. Control of a dc motor using fuzzy logic algorithm. *Nigerian Journal of Technology*. 2017;36(2):594-602.

4. Jain, M., Singh, M., Chandra, A., Williamson, S.S. Sensor less Control of Permanent Magnet Synchronous Motor using ANFIS Based MRAS. *International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*. 2011:599-606.
5. Yaguo. Le, Amira Y. Haikal, Fayz F. Areed. Fault diagnosis of rotating machinery based on multiple ANFIS combination with GAs. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2007:2280-2294.
6. Basma A. Omar, Zhengjia. He, Yanyang. Zi, Qiao. Hu. An Adaptive Neuro-Fuzzy Speed Controller for a Separately excited DC Motor. *International Journal of Computer Applications*. 2012;39(9):29-37.
7. Jyh-Shing Roger Jang. Adaptive network based fuzzy inference systems. *IEEE Transactions on systems man and cybernetics*. 1993;23(3):665-683.
8. Yasser Ali Almatheel, Ahmed Abdelrahman. Speed Control of DC Motor Using Fuzzy Logic Controller. *International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE)*. 2017:1-7.
9. N. L. Ismail, K. A. Zakaria, N. S. Moh Nazar, M. Syaripuddin, A. S. N. Mokhtar и S. Thanakodi. Srinivasa Kishore Babub. *DC Motor Speed Control using Fuzzy Logic Controller. AIP Conference Proceedings*. 2018;1930(1):020026(1-6).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Хан Мью Хтун**, аспирант, кафедра Вычислительной Техники, Институт Микроприборов и Систем Управления (МПСУ), Национальный исследовательский университет МИЭТ, Москва, Российская Федерация.

*e-mail:* [hanmyoe123htun@gmail.com](mailto:hanmyoe123htun@gmail.com)

**Han Myo Htun**, Phd Student, «Вычислительной Техники» Department Of Computer Engineering, National Research University "MIET", Zelenograd, Moscow, Russian Federation.

**Якунин Алексей Николаевич**, д.т.н., доцент профессор, кафедра Вычислительной Техники, Институт Микроприборов и Систем Управления (МПСУ), Национальный исследовательский университет МИЭТ, Москва, Российская Федерация.

*e-mail:* [yakunin.alexey@gmail.com](mailto:yakunin.alexey@gmail.com)

**Alexey N. Yakunin**, Dr. Tech. Sci., Professor, «Вычислительной Техники» Department Of Computer Engineering, National Research University "MIET", Zelenograd, Moscow, Russian Federation.