

вибрации оконных стекол пассивных методов звукоизоляции недостаточно. Увеличение количества стекол в стеклопакете не гарантирует адекватного подавления речевого сигнала на всех частотах из-за резонансных явлений. Таким образом, ключевым элементом безопасности для помещений с большими окнами становится применение оптимизированных систем активной защиты (САЗ). Их эффективность напрямую зависит от корректного размещения вибродатчиков на поверхности стекол и точной настройки амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) генераторов шума для каждого конкретного окна. Оценка защищенности должна проводиться по контрольным точкам на всех поверхностях остекления.

Достижение максимального уровня безопасности возможно только при интеграции организационных мер (расширение контролируемой зоны) с техническими решениями, где пассивная защита линий связи дополняется активной виброакустической защитой ограждающих конструкций, образуя эшелонированную систему предотвращения утечек информации.

Литература

1. Кутузов, В. И. Повышение эффективности защиты информации от утечек информации через окна по акустическому и виброакустическому каналу при использовании средств активной защиты / В. И. Кутузов. – URL: <https://journalpro.ru/articles/povyshenie-effektivnosti-zashchity-informatsii-ot-utechek-informatsii-cherez-okna-po-akusticheskomu> (дата обращения: 19.09.2025).
2. Нуриев, С. А. Защищенность речевой информации в научных организациях от утечки по техническим каналам / С. А. Нуриев, И. Н. Карцан // Современные инновации, системы и технологии. – 2023. – № 3. – С. 349–361.

ОДНОКОНТУРНЫЙ ПОЗИЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

К. А. Хаджинова, М. К. Хаджинов

*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, г. Минск*

Рассмотрена разработка одноконтурных позиционных электроприводов, способных конкурировать с традиционными трехконтурными системами. Предложены два варианта: с ПДД-регулятором в прямой цепи и с ПД-регулятором в обратной связи. Оба обеспечивают астатизм и высокую устойчивость, демонстрируя конкурентоспособность по длительности переходной характеристики при одинаковом периоде дискретизации.

Ключевые слова: одноконтурные позиционные электроприводы, трехконтурные системы управления, ПДД-регуляторы, ПИ-регуляторы, астатизм по возмущениям, устойчивость к изменениям параметров, малогабаритные устройства.

SINGLE-LOOP POSITION ELECTRIC DRIVE

K. A. Khadzhinova, M. K. Khadzhinov

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk

This paper examines the development of single-loop positional electric drives capable of competing with traditional three-loop systems. Two designs are proposed: one with a PDD controller in the feedforward loop and one with a PD controller in the feedback loop. Both provide astatic behavior and high stability, demonstrating competitiveness in terms of transient response duration with the same sampling period.

Keywords: single-loop positional electric drives, three-loop control systems, PDD controllers, PI controllers, astatic behavior, stability to parameter changes, compact devices.

Целью работы является разработка одноконтурных позиционных электроприводов, способных конкурировать с традиционными трехконтурными системами. Это актуально для малогабаритных устройств, таких как беспилотники, где необходимо уменьшить количество датчиков. Разработка одноконтурных электроприводов повысит компактность и надежность без ущерба для точности и быстродействия [1].

Высокоточные позиционные электроприводы обычно используют три контура управления с обратными связями от трех датчиков. Однако для малогабаритных устройств, таких как беспилотники, это неудобно из-за сложности конструкции. Поэтому актуальна разработка одноконтурного электропривода с одним датчиком.

Ставится задача создать одноконтурный электропривод, конкурентоспособный с трехконтурным. В традиционном трехконтурном приводе:

- медленная динамика двигателя компенсируется системой управления;
- быстродействие зависит от периода дискретизации алгоритма управления;
- астатизм по возмущению обеспечивается ПИ-регулятором.

Эти свойства будем последовательно воплощать в одноконтурный позиционный электропривод.

Исходные данные для проектирования включают период дискретизации вычислений алгоритма управления в микроконтроллере (T_s) и передаточную функцию исполнительного электродвигателя с выходом угловой скорости $W_{дв}$, представленную в формуле (1):

$$W_{дв}(s) = \frac{K_{дв}}{(T_a \cdot s + 1)T_m \cdot s + 1}. \quad (1)$$

Коэффициент датчика углового положения считаем равным 1.

Рассмотрим одноконтурный электропривод с ПД-регулятором в прямой цепи. Используем пропорционально-дифференциальный регулятор второго порядка (ПДД), вкладывая обратную передаточную функцию двигателя $1/W_{дв}$. В знаменатель регулятора добавляем минимальные инерционности $T_s/3$. В контур добавляем эквивалентную инерционность дискретизации $1,3 \cdot T_s$. Таким образом, остаются три инерционности суммой $2T_s$ и интегратор от двигателя. Желаемую частоту среза ω_c контура управления видим в формуле (2):

$$\omega_c = \frac{0,5}{T_s}. \quad (2)$$

Добавляем коэффициентом к ПДД-регулятору. Для компенсации возмущений ставим ПИ-регулятор в прямую цепь контроля. Коэффициент интегральной составляющей ПИ-регулятора (ω_{pi}) делаем существенно меньше частоты среза, как показано в формуле (3):

$$\omega_{pi} = \frac{\omega_c}{50}. \quad (3)$$

Общий регулятор состоит из последовательно включенных ПИ- и ПДД-регуляторов [2].

Теперь рассмотрим одноконтурный электропривод с ПД-регулятором в цепи обратной связи. Сформируем передаточную функцию $W_{эм}(s)$ эталонной модели электропривода третьего порядка с желаемой полосой пропускания, например, равной $1/4T_s$. Это позволяет задать форму переходной характеристики [1].

Обратную передаточную функцию эталонной модели без старшей степени s^3 записываем числителем передаточной функции ПД-регулятора второго порядка для обратной связи. В знаменатель ПД-регулятора добавляем две малые инерционности, равные $T_s/4$.

ПИ-регулятор с электродвигателем настраивается на совпадение полосы пропускания с эталонной моделью. Контур управления электродвигателем, включающий ПИ-регулятор в прямой цепи и ПД-регулятор второго порядка в цепи обратной связи, имеет переходную характеристику практически идентичную характеристике эталонной модели.

Оба одноконтурных электропривода обладают свойством астатизма к возмущениям благодаря наличию ПИ-регуляторов [3]. Размещение ПД-регулятора в цепи обратной связи делает систему управления малочувствительной к существенным изменениям динамических параметров электродвигателя. Даже при гипотетическом изменении знака полюсов моделирование не показало неустойчивости контура.

Моделирование подтвердило конкурентоспособность обоих одноконтурных позиционных электроприводов по длительности переходной характеристики: для первого варианта время переходного процесса составило $t_{nn} = 0,00176$ с, а для второго – $t_{nn} = 0,00124$ с. Эти результаты лучше, чем у промышленных трехконтурных систем при одинаковом периоде дискретизации $T_s = 0,0002$ с.

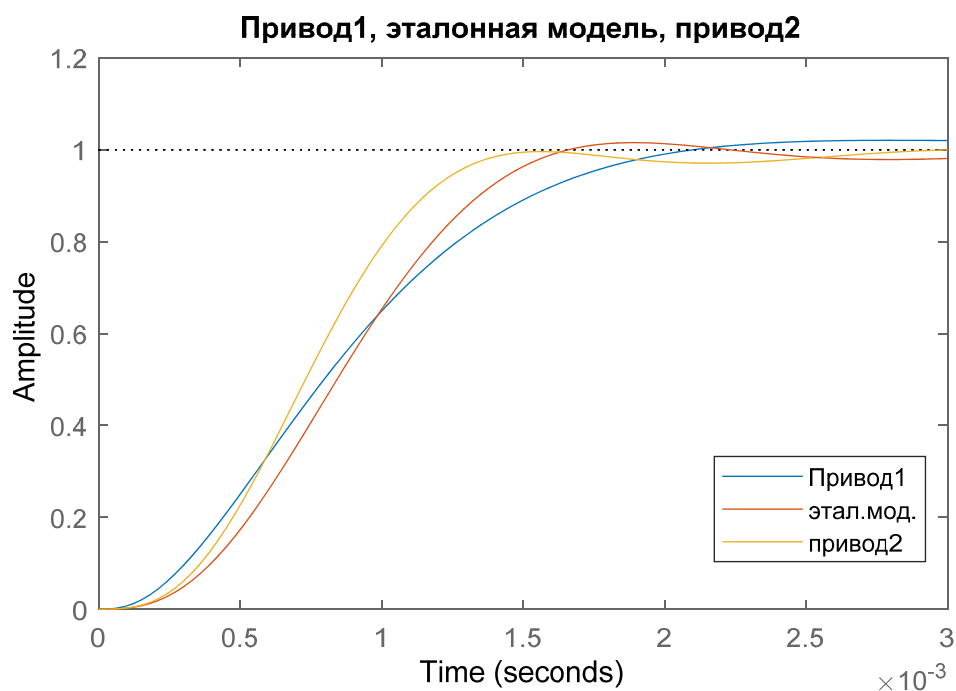


Рис. 1. Моделирование приводов

В рамках работы разработаны два варианта одноконтурных позиционных электроприводов, конкурентоспособных с традиционными трехконтурными системами. Оба варианта обеспечивают высокую эффективность и астатизм по возмущениям благодаря ПИ-регуляторам. Моделирование подтвердило их превосходство по длительности переходной характеристики при одинаковом периоде дискретизации, что делает их перспективными для малогабаритных устройств без потери точности и быстродействия.

Литература

1. Программно-управляемый позиционный электропривод с улучшенными характеристиками на базе инерционного преобразователя при идеальном валопроводе : пат. RU2455749C1 ; заявитель и патентообладатель [не указан]. – Оpubл. 10.07.2012.
2. Мин Хеин. Адаптивная система управления судовым электроприводом с высоким уровнем искусственного интеллекта // Вестник Астраханского государственного технического университета (серия Морская техника и технология). – 2016. – № 2. – С. 95–101.
3. Хаджинов, М. К. Сравнение эффективности регуляторов электропривода / М. К. Хаджинов, А. В. Павлова, Н. А. Стасевич. – URL: https://libeldoc.bsuir.by/-bitstream/123456789/-53841/1/Hadjinov_Sravnenie.pdf. (дата обращения: 21.02.2024).

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 5G, IoT И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМУ СВЯЗИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ

А. Д. Алексеенко, В. А. Федоренко

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Рассмотрено влияние современных технологий – 5G, Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (AI) – на развитие связи и различные отрасли экономики. Автор проводит комплексный анализ, выделяя ключевые преимущества их внедрения, такие как высокая скорость передачи данных, низкая задержка и автоматизация процессов, а также возможные риски, включая высокие затраты на инфраструктуру и киберугрозы. Делается вывод о необходимости сбалансированного подхода и совместных усилий бизнеса, государства и науки для успешной и безопасной интеграции технологий.

Ключевые слова: интернет вещей, искусственный интеллект, система связи.

INTRODUCTION OF MODERN 5G, IoT AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES INTO THE COMMUNICATION SYSTEM TO INCREASE EFFICIENCY AND RELIABILITY

A. D. Alekseenko, V. A. Fedorenko

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk

The paper examines the impact of modern technologies, such as 5G, the Internet of Things (IoT), and artificial intelligence (AI), on the development of communication and various sectors of the economy. The author provides a comprehensive analysis, highlighting the key advantages of these technologies, such as high data transfer speeds, low latency, and automation of processes, as well as the potential risks, including high infrastructure costs and cyber threats. The article concludes that a balanced approach and collaborative efforts between businesses, governments, and academia are necessary for the successful and secure integration of these technologies.

Keywords: internet of things, artificial Intelligence, communication system.

Современные технологии, такие как 5G, Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект (AI), открывают новые горизонты в области связи и оказывают значительное влияние на различные отрасли. Их интеграция в существующие системы связи может упростить процессы, повысить эффективность и улучшить надежность.

Плюсы внедрения:

1. *Высокие скорости передачи данных.* Технология 5G обеспечивает высокоскоростную передачу данных, что позволяет поддерживать потребности в больших объемах информации, характерных для IoT-устройств.