

На правах рукописи

АЛЬТАХЕР АББАС А.КАРИМ

**СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОПРИВОДА  
ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА С ПОВЫШЕННОЙ СПОСОБНОСТЬЮ  
ДЕМПФИРОВАНИЯ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ**

Специальность 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Самара – 2021

Работа выполнена на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет».

Научный руководитель: **Доманов Виктор Иванович**,  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Электропривод и  
автоматизация промышленных установок»  
Ульяновского государственного технического  
университета

Официальные оппоненты: **Хамитов Рустам Нуриманович**,  
доктор технических наук, доцент, профессор  
кафедры "Электрическая техника" ФГБОУ ВО  
«Омский государственный технический  
университет», г.Омск.

**Лисин Сергей Леонидович**,  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Электропривод и промышленная автоматика»  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный  
технический университет», г.Самара.

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Южно-Уральский  
государственный университет (национальный  
исследовательский университет)" г. Челябинск.

Защита диссертации состоится 20 апреля 2021г. в 11 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.217.04 по адресу: 443100, Самара, ул. Первомайская, 18, Самарский государственный технический университет, корпус 1, ауд. 4а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Самарского государственного технического университета (ул. Первомайская, 18) и на сайте ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» <https://samgtu.ru>

Отзывы по данной работе в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская 244, Главный корпус, Самарский государственный технический университет, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.217.04; факс: (846) 278-44-00, e-mail: a-ezhova@yandex.ru

Автореферат разослан « » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Учёный секретарь диссертационного  
совета Д 212.217.04

кандидат технических наук



Е.В. Стрижакова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Конвейеры широко используются в добывающей и перерабатывающей промышленности. Процесс перемещения груза усложняется внешними и внутренними факторами. К ним можно отнести: упругость конвейерной ленты, действие диссипативных сил, случайный характер нагрузки, сложность описания асинхронного двигателя и др. При этом большинство существующих электроприводов конвейеров имеют простейшие схемы управления (ступенчатое реостатное регулирование). Это существенно ограничивает возможности таких структур и не позволяет в полном объеме решать поставленные задачи. Широкое распространение частотных преобразователей, их доступность и возможность создания электропривода с требуемыми характеристиками привело к тому, что передовые производители конвейеров (например, ONT SpA) начали использовать частотно-регулируемые асинхронные электроприводы в своей продукции. Это позволило решить ряд вопросов, связанных с работой конвейера: безударный пуск, снижение скорости в режиме наладки и малой нагрузки и повышение энергоэффективности.

Многие российские и зарубежные ученые посвятили свои работы регулируемым асинхронным электроприводам, в том числе для управления конвейерами: А.А. Булгаков, И.Я. Браславский, В.И. Бабакин, В.И. Галкин, В.А. Денисов, С.А. Ковчин, А.Е. Козярук, В.Г. Макаров, В.Н. Мещеряков, О.И. Осипов, А.Д. Поздеев, О.В. Слежановский, А.В. Стариков, И.И. Эпштейн, F. Blaschke, V. Bosc, J. Holts, W. Leonard.

Большое количество работ посвящено применению стандартных настроек. При этом асинхронный двигатель представляется либо нелинейной структурой, либо существенно упрощенной передаточной функцией 2-3 порядков. В то же время отсутствуют работы, посвященные вопросам синтеза электропривода конвейера, учитывающие особенности работы объекта управления и линеаризованного описания асинхронного двигателя. Так же представляет интерес вопрос реализации бездатчикового электропривода конвейера.

Таким образом, ряд вопросов совершенствования электроприводов конвейеров с учетом указанных требований остаются открытыми. Это позволило сформулировать тему актуального исследования.

**Целью диссертационной работы** является структурно-параметрический синтез электропривода конвейера, позволяющий демпфировать упругие колебания транспортной ленты.

**Объект исследования** – электротехнический комплекс однобарабанного и двухбарабанного ленточного конвейера.

**Предмет исследования** – Частотно-регулируемый электропривод со скалярным управлением асинхронным двигателем, работающем на нагрузку с упруго-диссипативными свойствами.

#### **Задачи диссертационного исследования**

1. Создание моделей ЭТК однобарабанного и двухбарабанного конвейера с учетом упруго-диссипативных сил, действующих в транспортной ленте.
2. Структурный синтез электропривода конвейера, обладающей повышенной способностью демпфирования колебаний в транспортной ленте.
3. Параметрический синтез регуляторов электропривода, обеспечивающий требуемый характер переходных процессов.
4. Разработка вычислителей координат, позволяющих применять электропривод с повышенной способностью демпфирования колебаний на существующих ленточных конвейерах без изменений в конструкции механической части.

#### **Научная новизна**

1. Разработана линеаризованная математическая модель электротехнического комплекса однобарабанного ленточного конвейера, отличающаяся учетом начальных условий потокосцеплений асинхронного исполнительного двигателя и упруго-диссипативных свойств транспортной ленты.

2. Предложен способ структурного построения электропривода ленточного конвейера, отличающийся наличием внутреннего контура регулирования момента

и позволяющий эффективно демпфировать колебания в упругой системе транспортной ленты

3. Разработана методика синтеза регуляторов электропривода ленточного конвейера, отличающаяся выбором желаемых передаточных функций разомкнутых контуров и обеспечивающая монотонный характер переходных процессов.

4. Разработан наблюдатель скорости ротора асинхронного двигателя, отличающийся вычислением скорости по измеренным действующим значениям тока, фазного напряжения и частоты на основе уточненной линеаризованной модели двигателя.

5. Предложен способ структурного построения системы управления электротехническим комплексом двухбарабанного ленточного конвейера, отличающийся введением перекрестных связей по углам поворота роторов асинхронных двигателей и обеспечивающий снижение амплитуд колебаний процесса растяжения-сжатия транспортной ленты.

### **Практическая значимость результатов работы**

1. Разработанный электропривод позволяет провести модернизацию электротехнического комплекса ленточного конвейера с минимальными изменениями в конструкции механической части.

2. Новая методика синтеза регуляторов электропривода ленточного конвейера проста в инженерном применении и реализована в виде расчетного файла в программе MathCAD.

3. Использование разработанного электропривода позволяет увеличить ресурс транспортной ленты конвейера с двумя приводными барабанами.

4. Результаты работы использованы при модернизации электрооборудования транспортера на Сенгилеевском цементном заводе Ульяновской области.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Математическая модель ЭТК конвейера, учитывающая параметры двигателя в рабочей точке и упруго-диссипативные свойства конвейерной ленты.

2. Структурные схемы электроприводов однобарабанного и двухбарабанного ленточного конвейера, обеспечивающие снижение амплитуд колебаний транспортной ленты.

3. Методика синтеза регуляторов электропривода конвейера, обеспечивающая монотонный характер переходных процессов.

4. Принципы построения вычислителей момента и скорости асинхронного двигателя.

5. Результаты натурных экспериментов по определению погрешности разработанных вычислителей.

### **Методы исследования**

При решении поставленных задач использовались методы теории электропривода, электрических машин, механических колебаний, численного моделирования в программной среде «Matlab Simulink».

**Апробация работы** Основные результаты работы обсуждались, получили положительную оценку, на следующих НТК:

1. Поволжская научно – практическая конференция «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве», г. Казань, 2015- 2016 гг.
2. Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ», г. Санкт-Петербург, 2016- 2017 гг.
3. Международная (Всероссийская) конференция по автоматизированному электроприводу АЭП-2016, г. Пермь, 2016 г.
4. Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017», г. Иваново, 2017 г.
5. Международная молодежная научная конференция "Тинчуринские чтения", г. Казань, 2017 г.
6. Международный балтийский морской форум, г.Калининград, 2017 г.

## **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 5 работ в изданиях, включенных в перечень ВАК, 8 работ в трудах и материалах Международных и Всероссийских конференций, 1 программа для ЭВМ.

## **Соответствие паспорту научной специальности**

Исследования, выполненные в диссертационной работе, соответствуют формуле паспорта специальности 05.09.03 Электротехнические комплексы и системы в частности:

Использование электрической энергии и электротехнической информации, принципы и средства управления объектами, определяющие функциональные свойства действующих или создаваемых электротехнических комплексов и систем промышленного, транспортного, бытового назначения и соответствует области исследований:

1. Изучение системных свойств и связей, математическое и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем.
2. Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления.
3. Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях.

## **Личный вклад автора**

Заключается в выполнении основного объема исследований, изложенных в работе, в анализе, обработке, обобщении результатов и формулировке выводов, а также в личном участии в апробации результатов и подготовке основных публикаций.

## **Структура и объем работы**

Основное содержание диссертационной работы изложено на 146 страницах машинописного текста, содержит 84 рисунка, 3 таблицы и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 125 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** сформулирована актуальность задачи структурно-параметрического синтеза электропривода ленточного конвейера с повышенной способностью демпфирования упругих колебаний, показана степень ее разработанности, определены цели и задачи исследования, отмечена научная новизна и практическая значимость, дана краткая аннотация работы в целом.

**В первой главе** рассмотрены известные структуры электроприводов конвейера и его кинематической цепи. Дана сравнительная оценка существующих технических решений, показаны недостатки и возможные пути улучшения этих электроприводов. Обоснована необходимость повышения демпфирования упругих колебаний.

**Во второй главе** проведена разработка математической модели электротехнического комплекса конвейера с учетом упругости транспортной ленты. Составлена расчетная схема кинематической цепи для однобарабанного конвейера (рисунок 1).

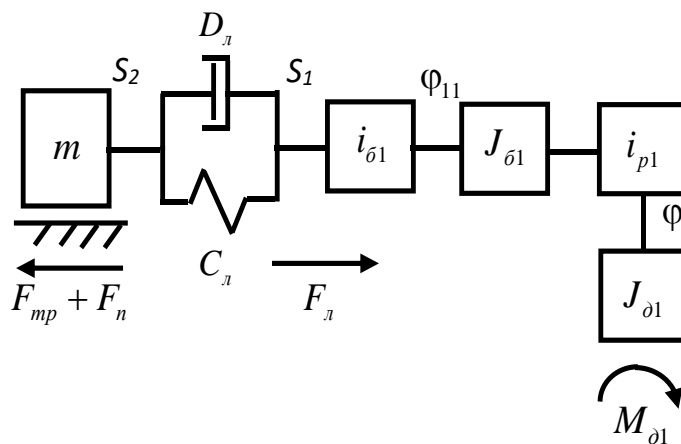


Рисунок 1 – Упрощенная расчетная схема кинематической цепи однобарабанного ленточного конвейера

На ее основе получена система уравнений электропривода со скалярным частотным управлением асинхронного исполнительным двигателем. Для нахождения передаточных функций ленточного конвейера проведена линеаризация исходной математической модели и использован принцип суперпозиции.



Проведенные преобразования линеаризованной системы уравнений позволили определить искомые передаточные функции однобарабанного ленточного конвейера

$$W_{\text{лк1}}(p) = \frac{S_2(p)}{f_{11}(p)} = \frac{k_{\text{лк1}}(b_0 p^2 + b_1 p + 1)}{(a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + 1)p}, \quad (1)$$

$$W_{\text{лк2}}(p) = \frac{V_2(p)}{f_{11}(p)} = \frac{k_{\text{лк1}}(b_0 p^2 + b_1 p + 1)}{a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + 1},$$

$$W_{\text{лк3}}(p) = \frac{S_2(p)}{F_n(p)} = -\frac{k_{\text{лк2}}(b_{01} p^4 + b_{11} p^3 + b_{21} p^2 + b_{31} p + 1)}{(a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + 1)p},$$

$$W_{\text{лк4}}(p) = \frac{V_2(p)}{F_n(p)} = -\frac{k_{\text{лк2}}(b_{01} p^4 + b_{11} p^3 + b_{21} p^2 + b_{31} p + 1)}{a_0 p^5 + a_1 p^4 + a_2 p^3 + a_3 p^2 + a_4 p + 1},$$

где  $k_{\dots}$ ,  $a_{\dots}$ ,  $b_{\dots}$  - коэффициенты, определяемые на основе исходных уравнений системы и с учетом линеаризации;  $S_2$ ,  $V_2$  - перемещение и скорость транспортной ленты при сходе с контрприводного барабана;  $F_N$  - нормальная к плоскости ленты составляющая силы;  $f_{11}$  - частота напряжения, поступающего на двигатель.

Для оценки адекватности полученных передаточных функций была создана компьютерная модель однобарабанного ленточного конвейера модели TNG1200, которая позволила построить график изменения перемещения  $S_2$  ленточного конвейера в районе контрбарабана при запуске асинхронного двигателя на номинальной частоте (рисунок 2). При моделировании передаточной функции (1) получен аналогичный график переходного процесса перемещения  $S_2$  (рисунок 3), что позволяет сделать вывод об адекватности полученных передаточных функций.

Также была разработана расчетная схема для двухбарабанного конвейера. Численные методы решения и компьютерное моделирование показали, что нестабильность скорости (несинхронность вращения роторов двигателей)

приводит к колебательным процессам в транспортной ленте, что снижает ресурс ее работы.

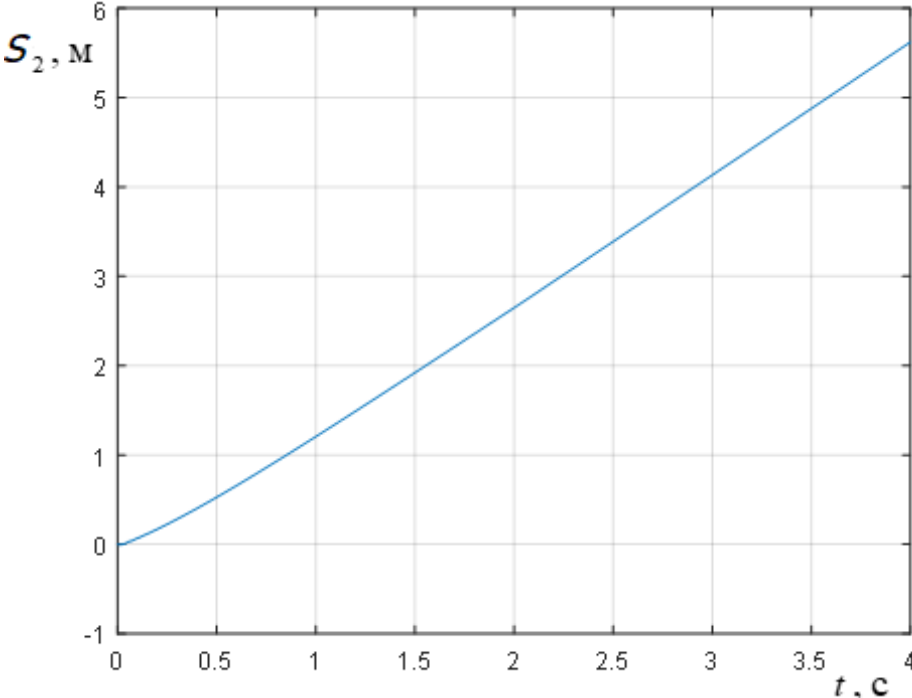


Рисунок 2 – График перемещения  $S_2$ , построенный с помощью нелинейной модели, набранной в программе Matlab Simulink.

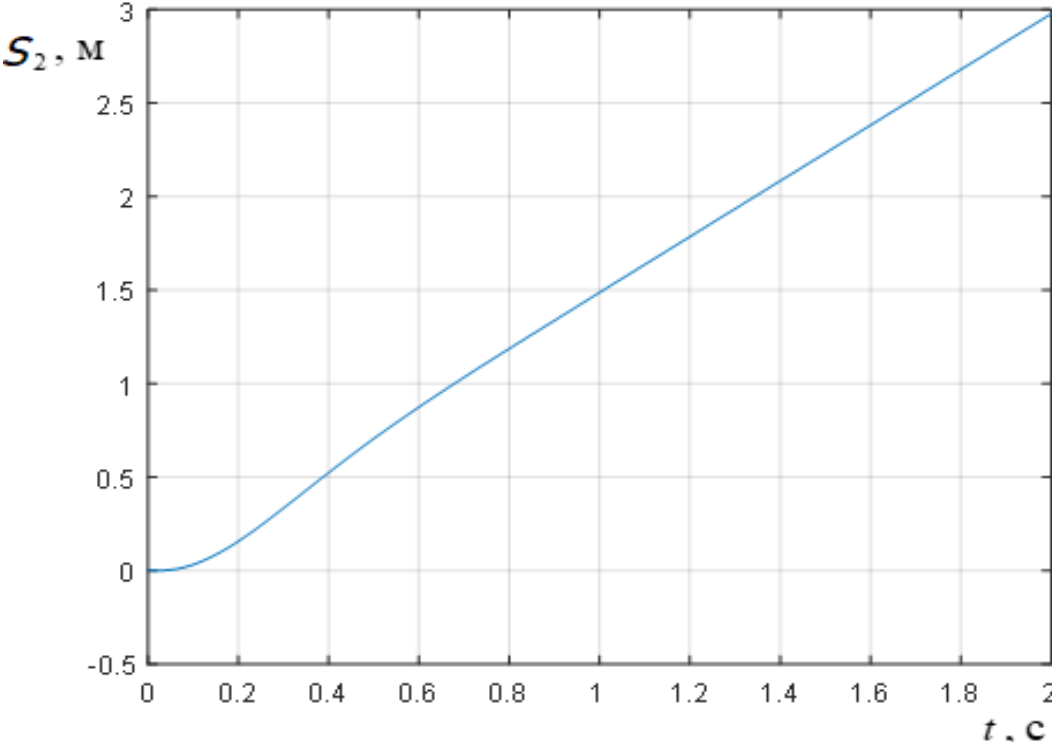


Рисунок 3 – График перемещения  $S_2$ , построенный с помощью передаточной функции (1).

В третьей главе выполнен структурно-параметрический синтез системы управления ЭТК ленточного конвейера с учетом нелинейности и нестационарности объекта управления и наличия упруго-диссипативных сил в транспортной ленте. Поэтому предложено использовать электропривод, построенный по принципу подчиненного регулирования координат с внутренним контуром момента и внешним контуром скорости (рисунок 4).

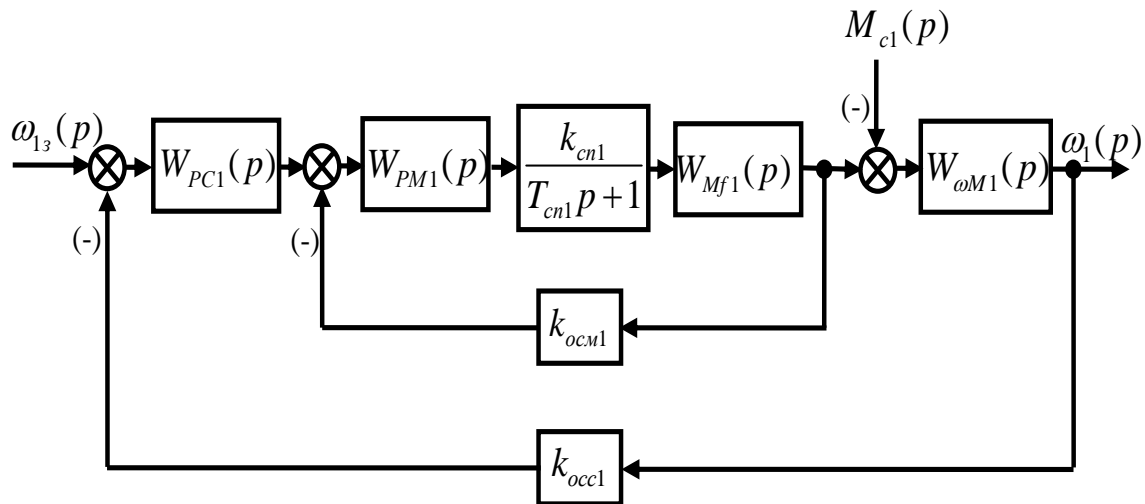


Рисунок 4 – Предлагаемая структурная схема регулируемого электропривода ленточного конвейера с асинхронным исполнительным двигателем

Основными требованиями к системе управления конвейера являются синхронизация вращения двигателей и исключение колебательных переходных процессов в контуре скорости. В связи с этим выбрана желаемая передаточная функция внутреннего контура (момента) следующего вида

$$W_{pжм1}(p) = \frac{1}{2T_{\mu1}p(0,5T_{\mu1}p+1)},$$

где  $T_{\mu1}$  – малая постоянная времени,  $T_{\mu1} = 2T_{сп1}$ ,  $T_{сп1}$  – период смены информации на входе преобразователя частоты.

Найдена передаточная функция регулятора момента, обеспечивающая монотонный характер переходного процесса в контуре

$$W_{PM1}(p) = \frac{a_{03}p^2 + a_{13}p + 1}{4T_{cn1}k_{cn1}k_{Mf1}k_{ocm1}p(b_{02}p + 1)},$$

где  $k_{осм1}$  – коэффициент обратной связи по моменту.

Аналогично была проведена настройка контура скорости. При этом для обеспечения монотонного характера переходного процесса необходим пропорционально-интегральный регулятор скорости с апериодическим фильтром на входе

$$W_{PC1}(p) = \frac{k_{осм1}(a_{22}p + 1)}{16T_{сн1}k_{осс1}k_{ом1}p(a_{13}p + 1)}.$$

На рисунках 5 и 6 приведены результаты моделирования электропривода конвейера с полученными настройками регуляторов, которые показывают, что колебательные процессы действительно отсутствуют.

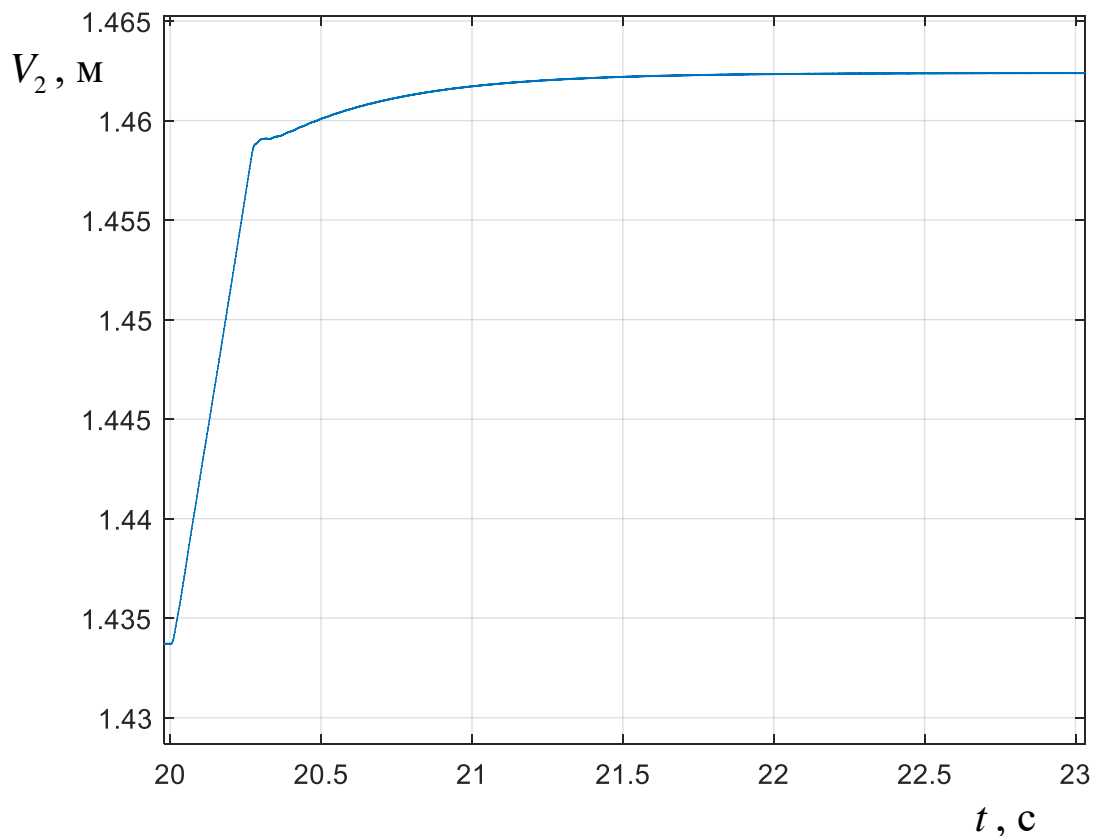


Рисунок 5 – График переходного процесса скорости движения  $V_2$  ленточного конвейера при подаче приращения частоты на 1 Гц.

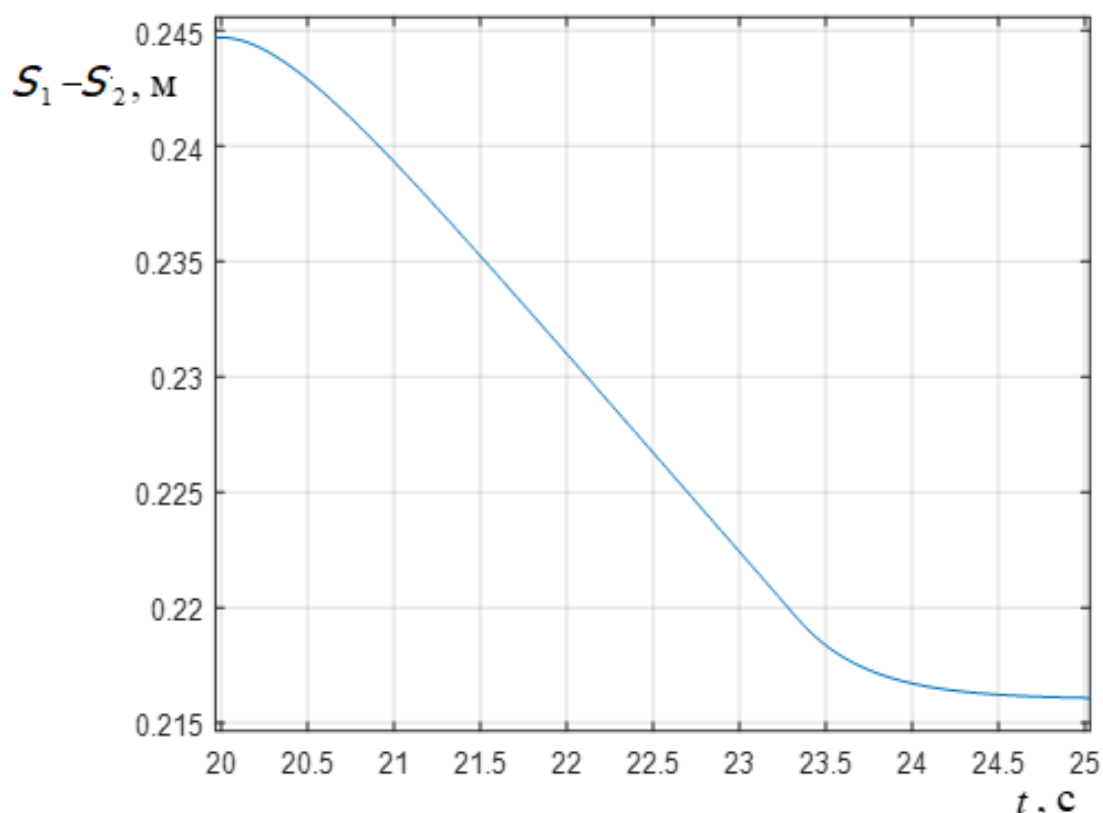


Рисунок 6 – График изменения растяжения транспортной ленты при торможении

Аналогично была проведена настройка электроприводов двухбарабанного конвейера. Исследование разработанной расчетной модели показало, что при появления синусоидальной помехи в сигнале датчика скорости появляются упругие колебания в транспортной ленте (рисунок 7).

Для устранения этих недостатков было предложено ввести перекрестные обратные связи по разности сигналов датчиков углов поворота роторов асинхронных двигателей (рисунок 8). В этом случае ключевым моментом в синтезе системы управления является выбор коэффициента  $k_{\Delta\alpha}$ , позволяющий минимизировать амплитуду колебаний процесса растяжения ленты. Моделирование такой системы показало, что зависимость  $A_{\sim} = f(k_{\Delta\alpha})$  имеет явно выраженный минимум при  $k_{\Delta\alpha} = 4$ .

**Четвертая глава** посвящена разработке вычислителей координат электропривода ленточного конвейера. Для реализации разработанного электропривода необходимо два датчика – момента и скорости АД. В существующих серийных конвейерах эти датчики отсутствуют. В частотных преобразователях имеются датчики токов и напряжений.

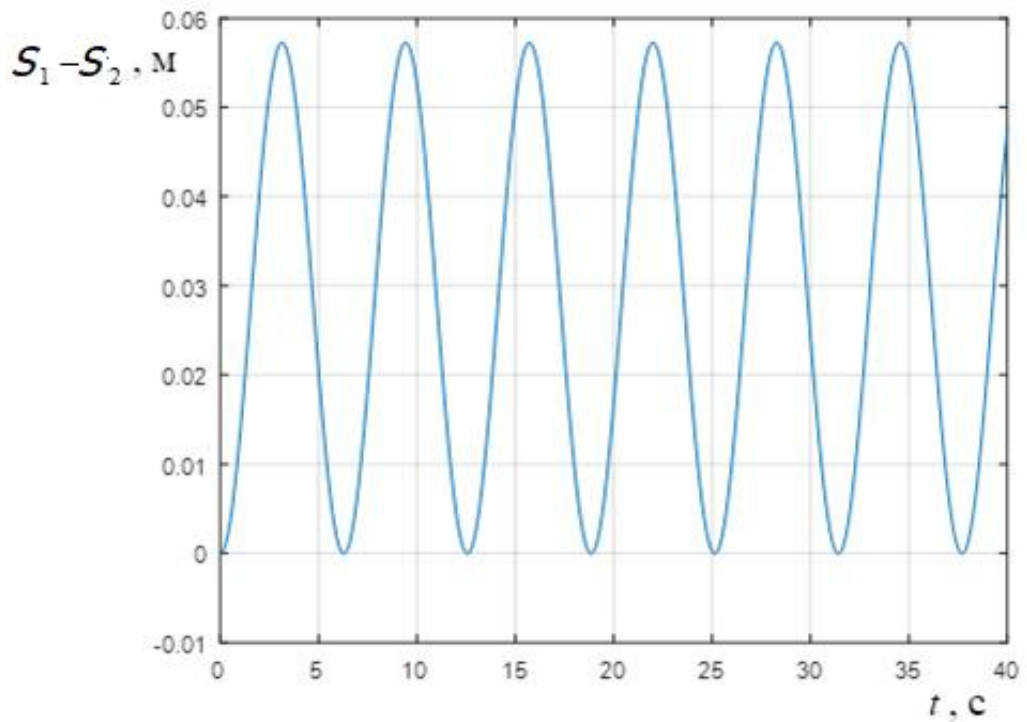


Рисунок 7 – График растяжения транспортной ленты при синусоидальном характере помехи датчика скорости одного из электроприводов

Это позволило создать вычислители требуемых координат системы.

Из формулы

$$I_{11} = \sqrt{I_{01}^2 + \frac{(I_{11ном}^2 - I_{01}^2)M_{\partial 1}^2}{M_{ном1}^2}},$$

где  $I_{11ном}$  – номинальный ток статора;  $I_{01}$  – ток холостого хода, получено выражение

$$M_{\partial 1} = M_{ном1} \sqrt{\frac{\left[ I_{11}^2 - \left( \frac{k_{U1} f_{11}}{\sqrt{(R_{11} + R_{01})^2 + (2\pi f_{11} L_{11})^2}} \right)^2 \right]^2}{I_{11ном}^2 - \left( \frac{k_{U1} f_{11}}{\sqrt{(R_{11} + R_{01})^2 + (2\pi f_{11} L_{11})^2}} \right)^2}},$$

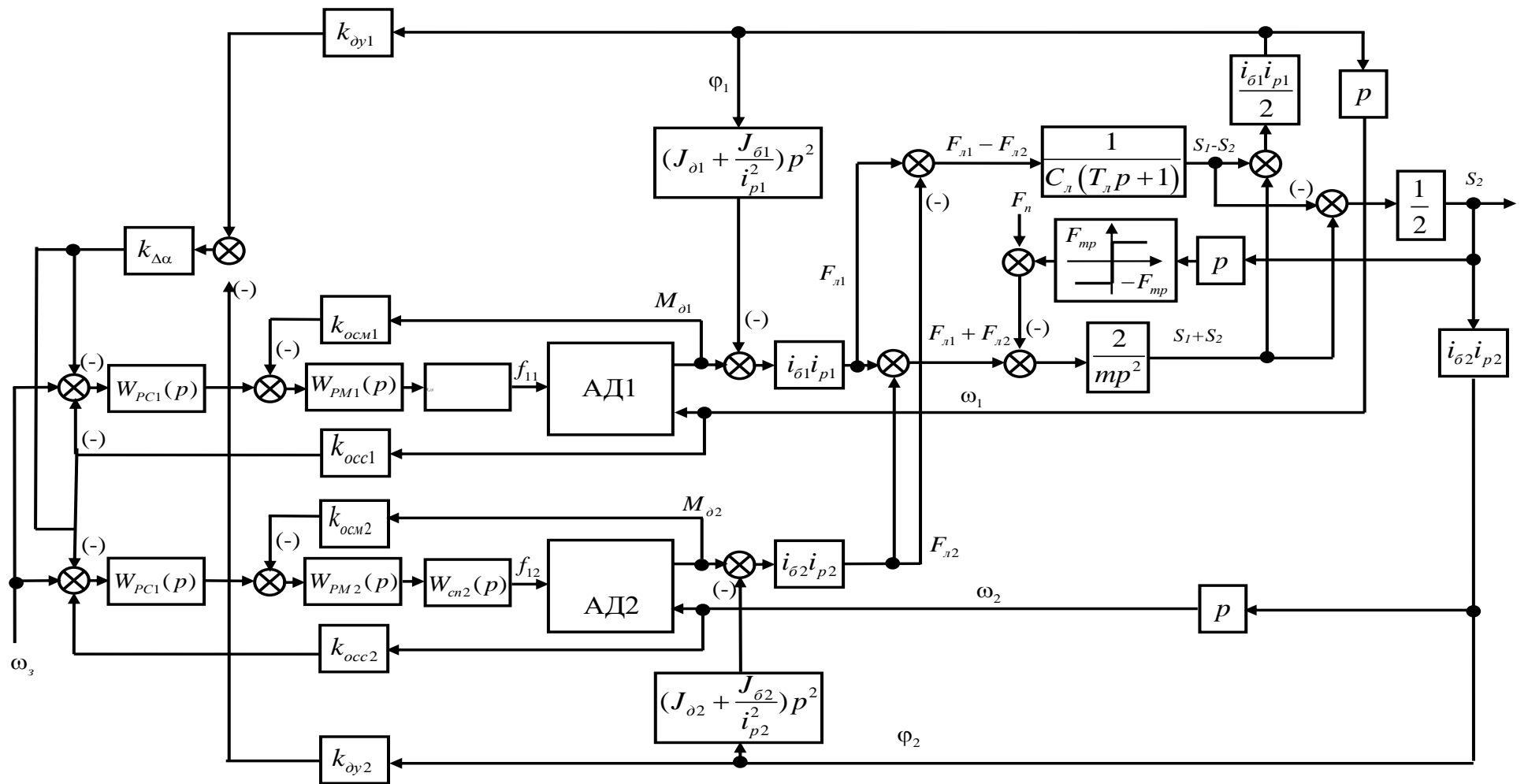


Рисунок 8 – Структурная схема электротехнического комплекса двухбарабанного ленточного конвейера с перекрестными связями по разности сигналов датчиков углов поворота роторов двигателей

на основе которого синтезирована структурная схема наблюдателя (вычислителя) момента (рисунок 9).

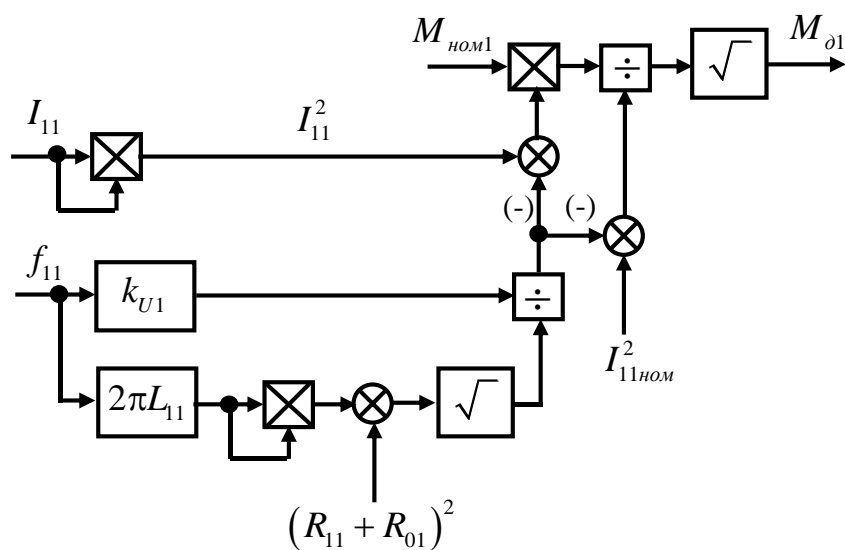


Рисунок 9 – Структурная схема наблюдателя момента асинхронного двигателя

Разработка уточненной линеаризованная модель асинхронного двигателя позволила получить формулу для определения скорости асинхронного двигателя при скалярном частотном управлении

$$\omega_1 = \frac{2\pi f_{11}}{Z_{n1}} \left[ \omega_{01}^{50} - \omega_{1ном} - k_{\omega U1.ном} \left( \frac{f_{11ном}}{f_{11}} \right)^{\left( a + \frac{b}{f_{11}} \right)} (U_{11} - k_{U1} f_{11}) \right] \times$$

$$\times \sqrt{\frac{\left( I_{11}^2 - \left[ \frac{k_{U1} f_{11}}{\sqrt{(R_{11} + R_{01})^2 + (2\pi f_{11} L_{11})^2}} \right]^2 \right)}{\left( I_{11ном}^2 - \left[ \frac{k_{U1} f_{11}}{\sqrt{(R_{11} + R_0)^2 + (2\pi f_{11} L_{11})^2}} \right]^2 \right)}}} \quad . (2)$$

На основе этого выражения сформирована упрощенная функциональная схема вычислителя (наблюдателя) скорости (рисунок 10).



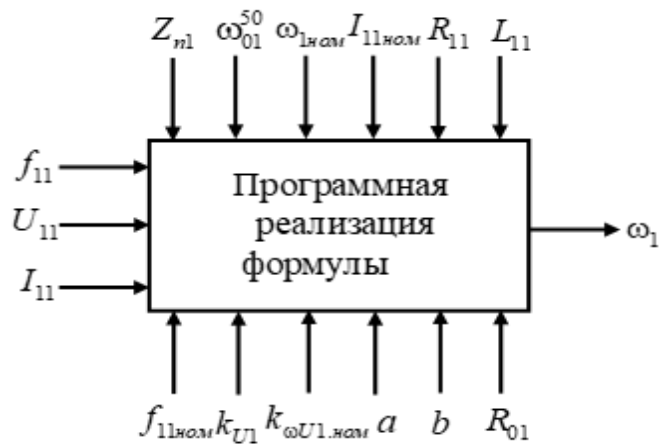


Рисунок 10 – Упрощенная функциональная схема наблюдателя (вычислителя) скорости вращения асинхронного двигателя при скалярном частотном управлении.

Натурные эксперименты показали, что погрешность разработанного вычислителя момента не превышает 6%, а вычислителя скорости – 1% от реальной величины в диапазоне скоростей, необходимых для функционирования ленточного конвейера.

### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана линеаризованная математическая модель однобарабанного ленточного конвейера, учитывающая влияние упругих и диссипативных сил в транспортной ленте на работу асинхронного двигателя, причем расхождение результатов, полученных в линейной и нелинейной моделях, не превышает 1%.
2. Предложено в электроприводе ленточного конвейера использовать двухконтурную систему подчиненного регулирования скорости с внутренним контуром регулирования момента, причем произведенный параметрический синтез регуляторов обеспечивает требуемый диапазон регулирования, монотонный характер переходных процессов и отсутствие колебаний в упругой системе транспортной ленты однобарабанного конвейера.
3. Разработана система синхронизации движения барабанов в двухдвигательном приводе ленточного конвейера, замкнутая по разности сигналов датчиков угла поворота роторов асинхронных двигателей.

4. Предложена методика синтеза регуляторов системы управления электротехническим комплексом двухбарабанного конвейера, обеспечивающая снижение амплитуд колебаний в упругой системе транспортной ленты в 200 раз, что приводит к увеличению ресурса ее работы.

5. Разработаны наблюдатели момента и скорости на основе уточненной линеаризованной модели асинхронного двигателя при скалярном частотном управлении, позволяющие вычислить момент асинхронного двигателя, погрешность которого не превышает 6% от фактического значения, и скорость двигателя с погрешностью до 1% от реальной величины в диапазоне скоростей, необходимых для функционирования ленточного конвейера.

6. Методом компьютерного моделирования доказано, что амплитуда колебаний процесса растяжения транспортной ленты в однобарабанном конвейере длиной 167,1 м с разработанным электроприводом и наблюдателями момента и скорости не превышает 2 мм, в ленточных конвейерах с двумя приводными барабанами использование датчиков углов поворота роторов асинхронных двигателей и наблюдателей момента и скорости, позволило исключить упругие колебания в транспортной ленте при условии действия периодических помех в сигналах наблюдателей.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

**Публикации в изданиях, входящих в перечень ВАК**

1. Альтахер Аббас А. Карим. Расчет и анализ схемы наблюдателя скорости двигателя постоянного тока / В.И. Доманов, А.В. Доманов, Альтахер Аббас А. Карим. «Электроника и электрооборудование транспорта» № 5. 2016 С. 25-27.

2. Альтахер Аббас А. Карим. Синтез и анализ работы вычислителя скорости вентильного двигателя / В.И. Доманов, А.В. Доманов, Альтахер Аббас А. Карим. «Электроника и электрооборудование транспорта». № 3. – 2017. С.30-32.

3. Альтахер Аббас А. Карим. Работа системы управления асинхронного двигателя с вычислителем момента / В.И. Доманов, А.В. Доманов, Альтахер Аббас А. Карим. «Электроника и электрооборудование транспорта». № 3. – 2018. С. 38-40.

4. Альтахер Аббас А. Карим. Особенности работы системы управления двигателя постоянного тока с наблюдателем скорости / В.И. Доманов, А.В. Доманов, Альтахер Аббас А. Карим. «Промышленные АСУ и контроллеры». № 1.- 2018. С.18-21.

5. Альтахер Аббас А. Карим. Система управления карьерным транспортером / В.И. Доманов, А.В. Доманов, Альтахер Аббас А. Карим. «Промышленные АСУ И Контроллеры», № 6. – 2020. С. 27-33.

### **Программа для ЭВМ**

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019617910. Российская Федерация. Программа расчета скорости и момента вентильного двигателя / Доманов В.И., Доманов А.В., Альтахер Аббас А. Карим. Правообладатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет». Номер заявки: 2019616824. Дата регистрации: 05.06.2019. Дата публикации: 24.06.2019.

### **Публикации, опубликованные в других изданиях**

1. Альтахер Аббас А. Карим. Анализ работы схемы наблюдателя скорости двигателя постоянного тока / Доманов В.И., Альтахер Аббас А. Карим// Сборник докладов I Поволжской науч.-практ. конф. «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве», г.Казань. 2015 г. С. 3-6.

2. Альтахер Аббас А. Карим. Исследование моделей наблюдателей координат двигателя постоянного тока / Доманов В.И., Доманов А.В., Альтахер Аббас А. Карим// Материалы XXIX междунар. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ», г. Санкт-Петербург, 2016 г.С.92-94.

3. Альтахер Аббас А. Карим. Анализ работы модели асинхронного двигателя / Доманов В.И., Альтахер Аббас А. Карим// Сборник докладов II Поволжской науч.-практ. конф. «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве», г.Казань. 2016 г. С. 3-8

4. Альтахер Аббас А. Карим. Синтез и анализ схемы наблюдателя скорости двигателя постоянного тока / Доманов В.И., Доманов А.В., Альтахер Аббас А. Карим// Труды IX Международной (XX Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2016, г. Пермь. 2016 г. С.140-142.

5. Альтахер Аббас А. Карим. Анализ точности работы модели асинхронного двигателя / Доманов В.И., Альтахер Аббас А. Карим// Материалы двенадцатой международной науч.-техн. конф. Студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017», г. Иваново. 2017 г. С.3-5.

6. Альтахер Аббас А. Карим. Анализ ошибок вычислителя скорости вентильного двигателя/ Доманов В.И., Доманов А.В., Альтахер Аббас А. Карим// Материалы докладов XII Междун. молодежной науч. конф. "Тинчуринские чтения", г. Казань, 2017 г. С.359-361.

7. Альтахер Аббас А. Карим. Исследование работы вычислителей координат вентильного двигателя / Доманов В.И., Доманов А.В., Альтахер Аббас А. Карим // Сборник трудов V Международного балтийского морского форума, г.Калининград, 2017 г. С. 1232-1238.

8. Доманов В.И. Анализ работы вычислителя момента асинхронного двигателя / Доманов В.И., Доманов А.В., Альтахер Аббас А. Карим// Материалы XXX международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ», г. Санкт-Петербург, 2017 г. С. 86-89.

Разрешено к печати диссертационным советом Д 212.217.04  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»  
(протокол № 02 от 09.02.2021 г.)

Альтахер Аббас А.Карим

Структурно-параметрический синтез электропривода  
ленточного конвейера с повышенной способностью  
демпфирования упругих колебаний

Автореферат

Подписано в печать 09.02.2021. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 1,16.

Тираж 100 экз. Заказ 66.

ИПК «Венец» УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, Северный Венец, 32.