

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
БЕСПИЛОТНЫМ ТРЕХОСНЫМ СВЕКЛОУБОРОЧНЫМ
КОМБАЙНОМ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ**

**AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AN UNMANNED THREE-
AXIS BEET HARVESTER WITH AN ELECTROMECHANICAL
DRIVE**

Жуковский А. И., Клименок И. С., студ.,

Поздняков Н.А., ст. преп.,

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

A. Zhukovsky, I. Klimenok, student, Pozdnjakov N.A., Senior Lecturer,

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Рассмотрена специфика концепции современных трехосных свеклоуборочных комбайнов с электромеханическим приводом от дизельного двигателя, как колес, так и рабочих аппаратов, разработаны структурные схемы модулей комплексной мехатронной системы управления.

The specifics of the concept of modern three-axle beet harvesters with an electromechanical drive from a diesel engine, both wheels and working devices, are considered, block diagrams of modules of an integrated mechatronic control system are developed.

Ключевые слова: *трехосный свеклоуборочный комбайн, мехатронная система, электромеханический привод.*

Keywords: *three-axle beet harvester, mechatronic system, electro-mechanical drive.*

ВВЕДЕНИЕ

Концепция бесступенчатой технологии привода колес и активных рабочих органов (АРО) путем использования в трансмиссиях трехосных, в том числе беспилотных свеклоуборочных комбайнов комплексной мехатронной системы управления и модулей электромеханических передач с разделением мощностей различными вариантами

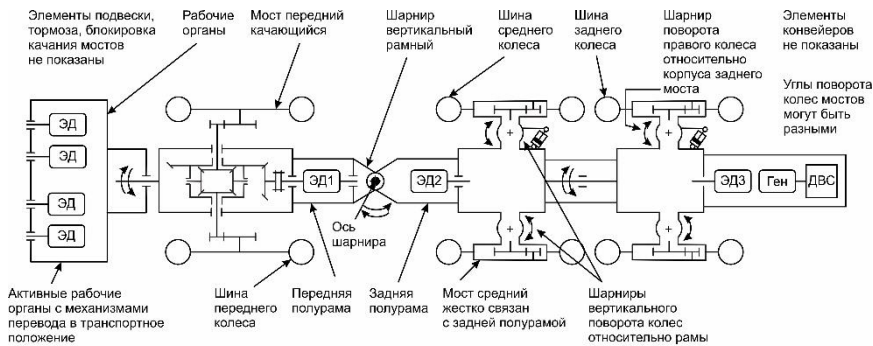
мостовых, бортовых, индивидуальных приводов, является доминирующей тенденцией при их создании, благодаря преимуществам такой технологии по возможностям управления, повышению производительности, экономичности и показателей других эксплуатационных свойств подобной с.-х. техники [1, 2, 3].

В статье приведены результаты анализа специфики концепции современных трехосных свеклоуборочных комбайнов с электромеханическим приводом от дизельного двигателя, как колес, так и рабочих аппаратов, предложены структурные схемы модулей комплексной мехатронной системы управления.

СТРУКТУРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ТРЕХОСНЫМ СВЕКЛОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

В бортовом управляющем компьютере беспилотного трехосного свеклоуборочного комбайна реализована комплексная мехатронная система управления приводами колес и рабочих органов, технологическими процессами машины, в зависимости от его состояния при штатной эксплуатации, реализуются экстремальные, оптимальные и адаптивные алгоритмы управления для различных подсистем рассматриваемого комбайна (рис. 1).

Из непрерывно просчитываемых прогнозов-сценариев требуемых управляющих воздействий на мехатронные сервоприводы выбирается лучший по критерию надежности гарантированного достижения результата. На основе программных средств искусственного интеллекта обычно реализуются принципы ситуационного управления беспилотным комбайном; алгоритм фильтра Калмана для достижения точности определения координат местоположения; модуль самообучения на основе процедур искусственного интеллекта и баз знаний; технология телематического контроля за процессами и техническим состоянием комбайна. Для работы мехатронная надсистема включает набор аппаратных средств, алгоритмов управления исполнительными силовыми модулями электроприводов, а также гидравлических подсистем (например, смазки и управления двигателем при пуске, приводами тормозных механизмов, гидроцилиндрами подъема рабочего аппарата и складывания полурам и т.д.) трехосного свеклоуборочного комбайна (рис. 2-4).



Примечание:

1. ЭД - электродвигатели;

2. схема симметрична относительно продольной оси комбайна;

3. управление траекторией движения ходовой системы осуществляется изменением углов излома полурамы и углов поворота плоскостей колес мостов.

Рисунок 1 – Схема ходовой система свеклоуборочного трехосного комбайна с электромеханическим приводом

Структурные схемы трансмиссии комбайна (рис. 1) и модуля электропривода (рис. 2) отражают состав машины и алгоритм функционирования части системы мехатронного управления простейшим модулем электропривода (рис. 2, 3).

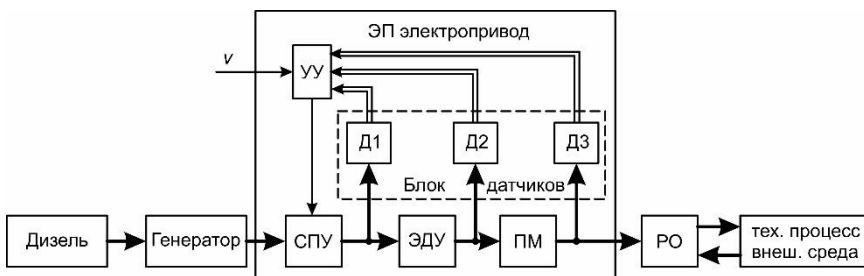


Рисунок 2 – Структура модуля электропривода

ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРНОГО СОСТАВА ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МЕХАТРОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА

Основные элементы простейшей структурной составляющей – модуля подсистемы мехатронного электромеханического привода, из которых состоит часть надсистемы мехатронного управления свеклоуборочным комбайном включает (рис. 2):

ЭДУ – электродвигатель асинхронный с векторным управлением с выходным валом;

СПУ – силовое преобразовательное устройство – единичная мехатронная подсистема электропривода в составе различных вариантов бортового и мостового исполнения мехатронной надсистемы – привода колес ходовой системы, элементов рабочего аппарата и конвейеров свеклоуборочного трехосного комбайна;

ИЭЭ – источник электрической энергии для преобразования ее параметров: напряжения, тока, частоты генератора к значениям, необходимым для питания ЭДУ, с учетом изменения параметров и динамических характеристик самого источника вследствие ограничения его мощности или ограничения мощности дизельного двигателя в составе модуля «дизель – генератор»;

ПМ – передаточный механизм электропривода для преобразования параметров механической энергии ЭДУ к заданному виду, например вращательному у колеса, колебательному у некоторых элементов рабочего аппарата и др., и к требуемым значениям переменных величин: вращающего момента, частоты вращения, скорости движения, необходимых для функционирования структурных элементов надсистемы – ходовой системы и рабочего аппарата трехосного свеклоуборочного комбайна с электромеханическим приводом от дизельного двигателя;

Д1–Д3 – датчики-сенсоры фазовых переменных – координат, характеризующих текущее состояние ЭП, информация о которых используется для формирования обратных связей, необходимых для управления движением в соответствии с технологическими и техническими требованиями. Координатами являются токи и напряжения СПУ и ЭДУ, движущие и упругие моменты, скорость, ускорения, угловое и линейное перемещения и др., которые подаются в управляющее устройство;

УУ – управляющее устройство, вырабатывает необходимый сигнал управления, подаваемый на СПУ;

Уз – задающий сигнал и сигнал от датчиков обратных связей. Уз поступает от оператора, программного блока либо от компьютеризированной системы более высокого уровня иерархии, контролирующего ход технологического процесса в целом;

Унагр – статические и динамические нагрузки от взаимодействия выходного звена подсистемы с внешней средой;

ЭП – электромеханический привод или единичная мехатронная подсистема в составе объекта управления как макросистемы мехатронного управления;

ОУ – объект управления, включающий несколько мехатронных структурных элементов – свеклоуборочный комбайн с мехатронным управлением, как при ручном задании входных воздействий, так и при автономном функционировании, в случае задания входных воздействий от внешних управляющих надсистем связи с ОУ.

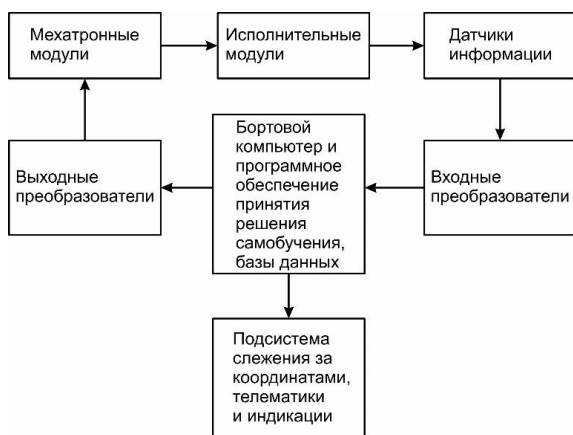


Рисунок 3 – Функциональная схема модуля слежения за местоположением и траекторией движения в мехатронной системе автономного трехосного свеклоуборочного комбайна

Цель управления ОУ состоит в обеспечении максимального КПД комплексной системы с несколькими исполнительными рабочими органами, включая колеса ходовой системы, и качества выполнения технологических операций в соответствии с назначением на базе многодвигательной мехатронной структуры на основе бортового компьютера и его программного обеспечения (ПО). ПО реализует современные методы поиска оптимального управления, например элементы искусственного интеллекта, метод нечеткой логики, изобретающей машины, САД подсистем, компьютерных симуляторов процессов и др. Все это в совокупности с новой концепцией одновременного начала проектной разработки и создания техниче-

ской реализации ОУ позволяет достичь синергетического усиливающего эффекта общего повышения эффективности и функциональных качеств разработки, в сравнении с одновременной традиционной раздельной разработкой вначале частей структурных компонент и последующим согласованием их для целей управления.

Как показывает анализ конструкций свеклоуборочных комбайнов, наиболее перспективным является индивидуальный электромеханический привод колес, что отражает следующая схема (рис. 4).

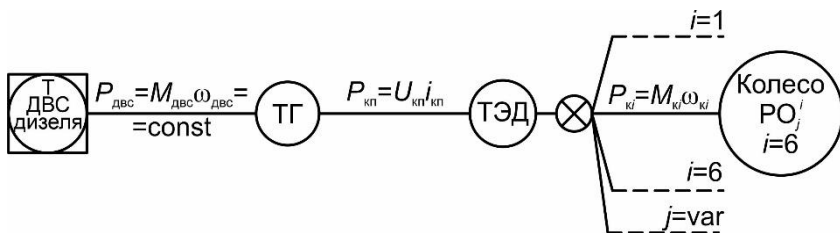


Рисунок 4 – Схема последовательного индивидуального привода колес и активных рабочих органов в зависимости от вида рабочей операции трехосного свеклоуборочного комбайна с дизель-электрическим модулем

Все рассмотренные выше компоненты общей системы мехатронного управления необходимы для обеспечения функционирования ее центральной части, реализуемой в бортовой ЭВМ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена схема и выполнен анализ структурного построения электромеханической трансмиссии в составе автономного трехосного свеклоуборочного комбайна с комплексной мехатронной системой автоматического управления приводом колес от дизель-генераторной трансмиссионной установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атаманов, Ю. Е. Проблемные вопросы проектирования двухпоточной трансмиссии колесного трактора / Ю. Е. Атаманов, Г. А. Таяновский // Современные методы проектирования машин : республиканский межведомственный сборник научных трудов : в 7 т. / под общ. ред. П. А. Витязя ; редкол.: П. А. Витязь (пред.) [и др.]. – Минск:

Технопринт, 2004. – Вып. 2, т. 3 : Проектирование приводов машин. – С. 59-63.

2. О концепции тягового электропривода сельскохозяйственного трактора / П. А. Амельченко [и др.] // Инновационные технологии в производстве сельскохозяйственной продукции: сборник науч. статей Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2-3 июня 2015 г. - Минск: БГАТУ, 2015. - С. 17-19.

3. Таяновский, Г. А. Об изменении концепции и общей компоновки сельскохозяйственных тракторов = On changes in concept and general composition Agricultural tractors / Г. А. Таяновский // Научные решения проблем развития тракторной техники, многоцелевых колесных и гусеничных машин, городского электротранспорта [Электронный ресурс] : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященный 65-летию кафедры "Тракторы", 20-21 января 2019 / редкол.: В. П. Бойков (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 172-192.