

продолжительного срока рассмотрения заявок публикации патентов на многие из них еще отсутствуют.

27.09.13

Литература

1. Почвообрабатывающие машины для почвозащитного земледелия: обзорная информация / Т.Г. Гурова [и др.]. – М.: ВНИИПИ, 1991. – 100 с. – (Сельское хозяйство).
2. Румшиский, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшиский. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
3. Четыркин, Е.М. Статистические методы прогнозирования / Е.М. Четыркин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.

УДК 631.171:621.396

**Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов,
А.А. Кононов**
(Воронежский ГАСУ,
г. Воронеж, Российская Федерация)

**СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОЙ
ПЕРЕДАЧИ КОМАНД
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ
МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ
АГРЕГАТОВ**

Введение

Для организации дистанционного автоматического управления машинно-тракторными агрегатами (МТА) может применяться навигационный метод [1, 2], основанный на измерении текущих координат объекта и сопровождении его перемещения по заданной программной траектории. Метод реализуется разностно-дальномерной системой, использующей разнесенные передающие станции, с обработкой выходных сигналов на ЭВМ.

Устройства цифровой обработки информации, реализованные на базе современной микроэлектроники, имеют ряд преимуществ перед аналоговыми радиотехническими устройствами. Важнейшими из них являются возможность длительного накопления слабых сигналов, стабильность характеристик, большой динамический диапазон, высокая скорость выполнения расчетных операций, надежность, малый вес и габариты, возможность гибкой оперативной перестройки параметров рабочего комплекса. Все перечисленное дает перспективу создания высокоэффективной многофункциональной автоматизированной системы, обеспечивающей в реальных условиях слежение и управление многими подвижными рабочими агрегатами.

Объект исследований

Для навигационной координатной системы, осуществляющей определение параметров, характеризующих местоположение дистанционно управляемого подвижного агрегата [1, 3], определение координат

осуществляется на основе обработки фазовых характеристик выходных сигналов от передающих излучателей. В работе предлагается вариант технической реализации системы дистанционного управления МТА, в качестве примера которого будем рассматривать гусеничный трактор.

На рабочий агрегат необходимо передавать как дискретные, так и пропорциональные (аналоговые) команды. Под дискретными командами управления понимаются команды типа «вкл.», «выкл.», «перекл.», под пропорциональными – команды, для которых существует пропорциональная монотонная связь между положением ручки на пульте управления и величиной выходного сигнала приемного устройства.

Назначение и состав аппаратуры

В состав комплекта входит носимый пульт управления (ПУ), устройство приемное (УП) и информационное табло (ИТ). ПУ и УП представляют собой кодирующее и декодирующее устройства (кодек), используемые в системе дистанционной передачи команд управления на рабочий агрегат. ИТ является сервисным устройством, позволяющим производить визуальный контроль функционирования аппаратуры.

В качестве канала связи между ПУ и УП используются передатчик и приемник с частотно модулированной несущей в диапазоне 160 МГц, номинальной мощностью передатчика 30 мВт, девиацией частоты 2,5–5 кГц, коэффициентом нелинейных искажений передатчика в диапазоне модулирующих частот не более 10 %, отклонением частоты передатчика не более $2 \cdot 10^{-5}$ при точности установки частоты $6 \cdot 10^{-6}$ и чувствительностью приемника при отношении сигнал/шум 12 дБ не более 5 мкВ.

Время передачи дискретных команд управления в аппаратуре, то есть время с момента подачи команды с ПУ до момента появления управляющего сигнала на выходе УП, не должно превышать 0,1 с. Необходимое количество различных дискретных команд – 50. По достоверности передачи дискретных команд аппаратура должна иметь следующие характеристики:

- вероятность трансформации переданной команды – 10^{-7} ;
- вероятность отказа исполнения посланной команды (при повторении передачи до трех раз) – 10^{-6} ;
- вероятность возникновения одного ложного сигнала в год в отсутствии передачи – $6 \cdot 10^{-9}$.

Величины пропорциональных команд управления допускается передавать дискретно во времени, при этом шаг временной дискретизации должен быть не более 0,15 с. Пропорциональные команды (то есть передача непрерывной аналоговой информации) требуются для шести исполнительных механизмов (ИМ) управления работой трактора: механизма левого бортового фрикциона (ЛФ), механизма левого бортового тормоза (ЛТ), механизма правого бортового фрикциона (ПФ), механизма

правого бортового тормоза (ПТ), механизма муфт сцепления (МСц), механизма управления рабочим оборудованием трактора (ОТ). Передача пропорциональных команд для первых четырех механизмов – ЛФ, ЛТ, ПФ, ПТ, может осуществляться по одному информационному каналу (частотному или временному), так как при управлении одним из этих четырех механизмов состояния остальных трех однозначно определены.

Пропорциональные команды должны передаваться с приведенной среднеквадратичной погрешностью $\pm 0,5\%$ в точках, соответствующих нулевому (нейтральному) и максимальному отклонению ручки управления.

ПУ должен иметь минимальные энергетическое потребление, вес и габариты, аппаратура должна быть простой и надежной в эксплуатации.

Принцип реализации кодека

Для передачи пропорциональных команд используется относительная фазовая модуляция сигнала низкой частоты f_c . Выходной сигнал ПУ (сигнал на модуляционном входе (МВ) передатчика) в случае излучения пропорциональных команд показан на рисунке 55а. Сигнал f_{CO} имеет нулевую фазу, относительно которой в УП определяются фазы сигналов от трех излучателей [1, 3]: $f_{C\phi_1}$, $f_{C\phi_2}$, $f_{C\phi_3}$, принимающие на практике значения от 0° до $\pm 170^\circ$. Для синхронизации информационных каналов во времени введен сигнал с частотой $f_{оп}$.

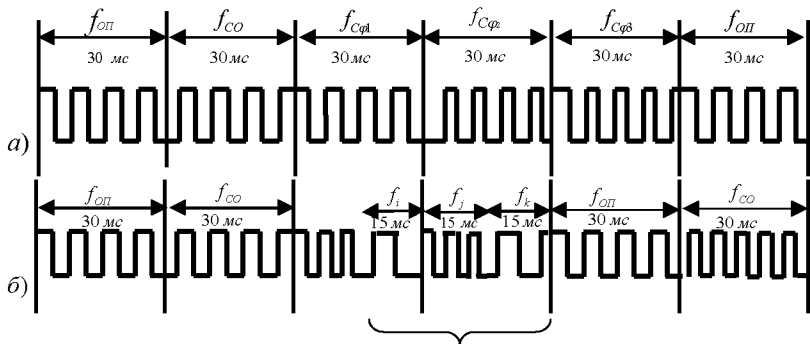


Рисунок 55 – Сигналы на модуляционном входе приемника

Для передачи дискретных команд используется трехчастотный последовательный код. Выходной сигнал ПУ в случае передачи дискретной команды показан на рисунке 55б. Код образуется на основании пяти кодовых частот. Кодовые комбинации с повторением подряд сигналов с одинаковыми кодовыми частотами исключаются. Общее количество комбинаций, получаемых в таком случае, определяется выражением $N = m^n$, где $m = 5$ – основание кода, $n = 3$ – количество позиций (симво-

лов). Таким образом, данный равномерный код позволяет построить 125 различных кодовых слов, которые могут использоваться для передачи $M = N$ различных сообщений. Для повышения помехоустойчивости кодирования обычно используются не все кодовые комбинации, а лишь часть из них, то есть $M < N$.

Дискретные команды формируются и передаются в произвольные моменты времени, нарушая при этом формирование пропорциональных команд. Это нарушение практически незаметно, так как общее время передачи дискретных команд составляет не более 1 % времени передачи пропорциональных команд. При декодировании дискретной команды используется поэлементный контроль качества приема. Команда не воспринимается (стирается), если в контрольной точке отсутствует элемент кода или обнаружена запрещенная комбинация.

Пульт управления (ПУ)

Все сигналы с частотами, участвующими в кодообразовании как дискретных, так и аналоговых команд, получают делением частоты задающего кварцевого генератора (КГ), равной 120 кГц. На выходах (рисунок 56) делителя частоты (ДЧ) формируются два сигнала с частотой f_c , сдвинутых по фазам на 90° . После фильтра нижних частот (ФНЧ) они приобретают синусоидальную форму, необходимую для нормальной работы фазовращающих трансформаторов (ФВТ). С выходов ФВТ снимаются сигналы $\sin(\omega_c \pm \varphi_1)t$, $\sin(\omega_c \pm \varphi_2)t$ и $\sin(\omega_c \pm \varphi_3)t$. Величина углов фаз φ_1 , φ_2 , φ_3 зависит от положения ручки управления фазовращающим трансформатором. Сигналы с выходов ФВТ и сигнал $\sin\omega t$ поступают в коммутатор (К), который по сигналам схемы управления и временной синхронизации (СУВС) обеспечивает их необходимое временное расположение. Суммарный сигнал с выхода коммутатора поступает в схему ИЛИ, куда также на своих временных позициях с выхода формирователя кодовых частот (ФКЧ) поступают сигналы с частотами $f_{оп}$ и $f_{со}$. Таким образом, формируется полный сигнал для пропорциональных команд, показанный на рисунке 55 а.

Формирование дискретных команд осуществляется следующим образом: по сигналам от ключей управления (КУ) и временной синхронизации формируются сигналы, управляющие ФКЧ. На выходе ФКЧ появляются сигналы, соответствующие коду дискретной команды, которые поступают через схему ИЛИ на модуляционный вход передатчика. Код каждой дискретной команды заканчивается колебанием с частотой $f_{оп}$. Во время формирования дискретной команды сигнал на выходе коммутатора отсутствует. Полный сигнал для дискретной команды показан на рисунке 55б.

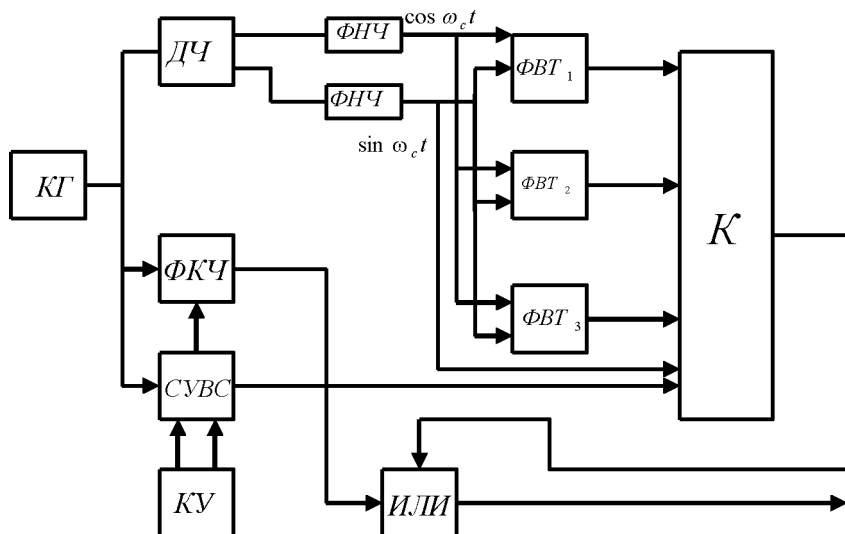


Рисунок 56 – Структурная схема пульты управления

От ключей управления в СУВС могут поступать одновременно два или более сигнала. При этом СУВС обеспечивает последовательное во времени формирование соответствующих дискретных команд.

Устройство приемное

По функциональному признаку УП (рисунок 57) можно разделить на три основных блока: блок дифференциальных фильтров (БДФ), блок декодирования пропорциональных команд, блок декодирования дискретных команд.

Выходные сигналы ПУ (рисунок 55) через радиоканал (РК) поступают на вход БДФ. В БДФ входят восемь (по числу применяемых частот) избирательных активных RC-фильтров, восемь амплитудных детекторов и восемь компараторов напряжения. Полосы пропускания фильтров согласованы с длительностью принимаемых частотных сигналов ($\Delta F = 1/\tau$). Форма частотных характеристик фильтров в данном случае не имеет большого значения при анализе качества приема, так как величина отношения сигнал/помеха на выходе фильтров, согласованных по полосе пропускания ΔF с длительностью посылки τ , будет практически одинакова для различных типов фильтров, имеющих на входе одинаковые величины отношения сигнал/помеха.

Сигнал с выхода каждого фильтра поступает на свой амплитудный детектор, на выходе последнего формируется сигнал, напряжение U_d которого с коэффициентом $1/n$ поступает на один вход компаратора, а

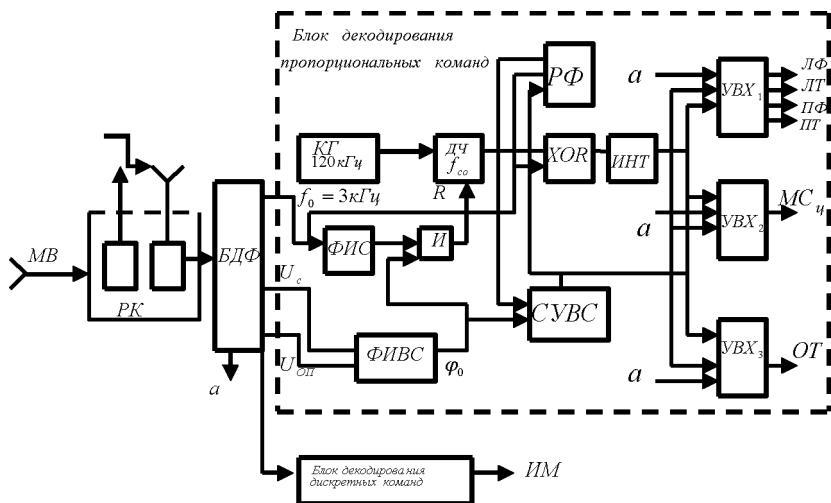


Рисунок 57 – Структурная схема устройства приемного

на другой его вход поступает напряжение с выходов остальных семи детекторов. При этом напряжение на втором входе компаратора определяется максимальным напряжением из всех напряжений на выходах этих семи амплитудных детекторов. Импульс на выходе компаратора появится только тогда, когда напряжение сигнала U_d превысит в n раз максимальное из существующих на других детекторах напряжений (при экспериментальных исследованиях $n = 2$).

Декодирование пропорциональных команд осуществляется следующим образом. По сигналам $U_{оп}$ и U_c , снимаемым с выходов соответствующих компараторов, в формирователе импульса временной стабилизации (ФИВС) возникает импульс φ_0 , который поступает в СУВС. В СУВС также поступает с делителя частоты (ДЧ) сигнал $f_{с0}$, который используется для формирования временных интервалов. На выходе СУВС формируются импульсы выборки и временной синхронизации $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$, показанные на рисунке 58.

Импульс φ_0 формируется при условии, что сразу после окончания импульса $U_{оп}$ следует импульс U_c . Временное расположение импульса φ_0 относительно начала входного сигнала $f_{с0}$ практически не зависит от уровня сигнала на входе БДФ. Это условие обеспечивается принципом работы БДФ.

Формирователь импульсов стробирования (ФИС) создает короткие импульсы срабатывания $\tau = 0,5 \text{ мкс}$, которые по времени совпадают с положительными фронтами сигнала f_c . Импульсы стробирования через схему И, управляемую сигналом φ_0 , поступают на входы R дели-

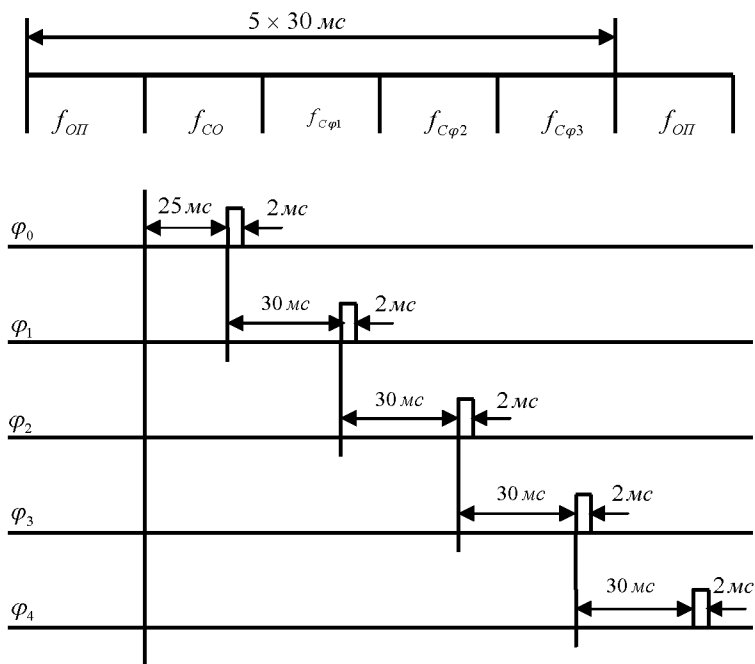


Рисунок 58 – Импульсы считывания пропорциональных команд

теля частоты ДЧ, и на выходе делителя формируется сигнал f_{CO} , частота которого равна 3000 Гц , а фаза соответствует нулевому значению.

Сигналы f_{CO} и f_C поступают на схему «исключающее ИЛИ» (XOR), на выходе которой формируются прямоугольные импульсы с частотой $2 f_C$ и скважностью, зависящей от рассогласования фаз входных сигналов. Со схемы XOR сигнал поступает на интегратор ИНТ, где выделяется среднее значение его напряжения, то есть на выходе ИНТ получается напряжение, величина которого линейно зависит от рассогласования фаз входных сигналов f_{CO} и $f_{C\phi}$.

Напряжение с выхода ИНТ поступает в устройства выборки и хранения (УВХ1, УВХ2, УВХ3), которые имеют двухступенчатую структуру.

Необходимость двухступенчатой памяти УВХ объясняется тем, что при прерывании пропорциональной команды дискретной происходит искажение информации, принимаемой в момент $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ (рисунок 58). В момент импульса φ_4 , который формируется только при наличии входного сигнала $f_{оп}$, во вторую ступень памяти переписывается только неискаженная информация, так как наличие импульса φ_4 является признаком того, что информация не была искажена дискретной командой.

В схеме определения знака рассогласования фаз (РФ) определяется знак фаз $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$. Передача информации на выход схемы происходит по импульсу выборки φ_4 . Сигналы знака рассогласования поступают в УВХ и обеспечивают разделение выходных сигналов второй ступени памяти по знаку рассогласования.

Результаты исследований

В результате проведенных исследований разработаны оригинальные схемы пульта управления и передающего устройства, обеспечивающие канальное излучение пропорциональных и дискретных команд коррекции тракторного перемещения МТА в рабочем процессе.

Разработана также схема приемного устройства, реализующего разделение, декодирование и взаимодействие пропорциональных и дискретных команд с выходом на исполнительные механизмы управления работой МТА.

Заключение

1. Представленный вариант реализации устройства управления по выходным сигналам разностно-дальномерной системы представляется перспективным, так как обладает достаточной надежностью и обеспечивает оперативное устранение уводов мобильных объектов от заданной траектории в рабочем процессе.

2. Предлагаемое устройство цифровой обработки выходных сигналов координатной системы для дистанционного управления движением мобильных объектов, реализованное с применением элементов дискретной микроэлектроники, обладает высокой стабильностью, а также удовлетворяет требованиям всепогодности, работе в любое время суток, имеет малый вес и габариты.

3. Проведенные исследования имеют практическое значение и могут быть полезны при разработке систем дистанционного управления мобильными объектами. Приведенный вариант аппаратуры для управления работой МТА (на примере гусеничного трактора) является мало-затратным и обеспечивает достаточно устойчивое сопровождение ведомого агрегата.

03.06.13

Литература

1. Маршаков, В.К. Система определения координат для автоматического управления мобильными объектами / В.К. Маршаков, А.А. Кононов, В.Н. Аникин // Сб. докладов XVII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2011. – Т. 2. – С. 1118–1125.
2. Авдеев, Ю.В. Разработка алгоритма определения координат в задаче дистанционного управления движением машинно-тракторных агрегатов / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов // Механизация и электрификация сельского

хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 24–31.

3. Авдеев, Ю.В. Устройство цифровой обработки выходных сигналов координатной системы для дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов, Н.А. Варданян // Изв. ВУЗов. Строительство. – 2011. – № 10. – С. 74–79.

УДК 631.331.022

**Ю.Л. Салапура, В.Ф. Марышев,
Д.В. Зубенко**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

А.В. Новиков

*(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

**РЕЗУЛЬТАТЫ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ПИТАТЕЛЯ
ЭЖЕКТОРНОГО ТИПА
ЗЕРНОВОЙ
ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ
СЕЯЛКИ**

Введение

Проблема увеличения производства зерна была и остается ключевой задачей, решение которой служит основой продовольственной безопасности страны. Поэтому Государственной программой устойчивого развития села на 2011–2015 годы предусматривается доведение валового сбора зерна в республике в 2015 году до 12 млн тонн [1]. Хотя селекционерами получены сорта хлебных злаков урожайностью более 80 ц/га, но на практике уровень ее реализации не по всем культурам превышает 50 % [2]. И это зависит от ряда значимых факторов: почвенно-климатических условий, сорта семян возделываемых культур, вносимых удобрений и средств защиты растений. Однако даже при всех благоприятных факторах получение высокого урожая невозможно без применения надлежащей технологии возделывания и технических средств для ее реализации. От того, насколько правильно и в требуемые агротехнические сроки для конкретных условий будет подготовлена почва под посев, равномерно распределены семена по площади поля и заделаны на требуемую глубину, зависит их полевая всхожесть, выживаемость и интенсивность дальнейшего развития, а в конечном итоге – величина урожая.

Для решения поставленных задач необходимо применение высокопроизводительных широкозахватных зерновых сеялок и комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов, на которых, в основном, возможно применение пневматической системы высева.

Анализ исследований и публикаций

В настоящее время в мировой практике производства посевных машин, где в качестве транспортирующего элемента используется воз-