

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ФАЗОРАЗНОСТНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ГРУППЫ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. Д. Кононов, А. А. Кононов

Воронежский государственный технический университет

Поступила в редакцию 26.02.2017 г.

Аннотация. Предлагается схема дистанционного управления движением группы технологических машин различного назначения, основанная на обработке информации, получаемой в разностно-дальномерной системе определения текущих координат объекта. Проводится описание функционирования системы управления, позволяющей выработать сигнал для коррекции движения мобильных объектов.

Ключевые слова: дистанционное управление движением, дискретные команды управления, информационные сигналы, коррекция движения, мобильные объекты.

Annotation. The circuit of a distance control by driving of group of technological machines of different assignment grounded on processing of information obtained in the dirrefency-ranging system of definition of current coordinates of plant is offered. The functional description of a management system permitting to work out a signal for motion correction of mobile plants is carried out.

Keywords: distance control by driving, discrete control instructions, information signals, motion correction, mobile plants.

ВВЕДЕНИЕ

Применение информационных технологий для автоматизации управления технологическими машинами различного назначения (а тем более параллельной работы комплекса таких машин) позволяет значительно повысить эффективность их использования при одновременном улучшении условия труда операторов.

В работах [1, 2] рассмотрены варианты дистанционного управления движением мобильных объектов (МО), основанные на обработке информации, получаемой в разностно-дальномерной навигационной системе определения текущих координат объекта с использованием разнесенных передающих станций. При автоматическом управлении единичным подвижным объектом обнаружение, анализ и первые меры по коррекции его движения в целом не представляют се-

рьезных затруднений [3, 4]. Однако при наличии группы МО такая задача становится для человека слишком сложной и поэтому будет решаться со значительными запаздываниями и погрешностями. Следовательно, весьма актуальной становится разработка методов управления комплексом технологических машин с использованием современных микропроцессорных средств.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для дистанционного автоматического управления движением группы технологических машин, работающих в общем пространстве и движущихся, как правило, друг за другом, требуется система, включающая ведущие и ведомые объекты с ориентиром в виде излучателя и воспринимающими элементами с устройствами преобразования информационных сигналов в координаты и автоматически управляемыми исполнительными механизмами (ИМ) на ведомых МО.

Рассмотрим систему генерации дискретных команд управления, в которой на ведущем МО расположен антенный токонесущий провод, служащий ориентиром для ведомого объекта. На ведомом объекте расположен датчик, воспринимающий электромагнитное поле токонесущего излучателя. Сигналы с датчика электромагнитного поля с помощью фазоизмерительного устройства (ФИУ) [5, 6] преобразуются в координаты ведомого объекта относительно ведущего. Каждый ведомый МО, в свою очередь, сам является ведущим для следующего ведомого объекта, то есть на ведомом МО также имеется свой излучатель сигнала, служащий ориентиром для следующего ведомого МО, на котором также установлен датчик электромагнитного поля и устройства преобразования сигналов этого датчика в координаты данного объекта относительно предыдущего и так далее.

Недостатком данной системы является невысокая точность управления группой, содержащей большое количество МО из-за накопления ошибок отклонения, так как в этой системе ошибки отслеживания траектории для каждой последующей технологической машины суммируются с ошибками отслеживания траектории предыдущих машин.

Целью предлагаемой системы является повышение точности [7, 8] группового вождения МО. Эта цель достигается тем, что в описываемой системе ориентир выполнен из двух взаимно перпендикулярных, соосно расположенных горизонтальных диполей, подключенных поочередно с помощью коммутатора к радиопередатчику, а воспринимающие элементы выполнены из идентичных радиоприемников, причем входы двух из них соединены с антенной, состоящей из пары взаимно перпендикулярных, соосно расположенных горизонтальных диполей, и их выходы подключены к схеме деления амплитуд. Выход схемы деления соединен с преобразователем выходного напряжения в сигнал коррекции по углу. Кроме того, выходы этих же приемников через сумматор и выходы двух других приемников с всенаправленными антеннами подключены к устройству определения дальности.

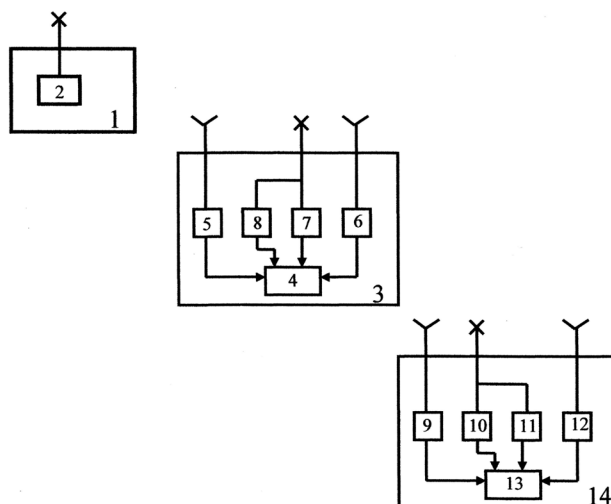


Рис. 1

Система для управления движением группы МО (рис. 1) включает ведущую машину 1 с радиопередатчиком координатной системы 2, ведомые машины 3, 14, радиоприемники с антеннами, состоящими из взаимно перпендикулярных, соосно расположенных горизонтальных диполей 7, 8, 10, 11, радиоприемники с всенаправленными антеннами 5, 6, 9, 12, устройства преобразования выходных сигналов воспринимающих элементов в координаты 4, 13. Излучатель 2 состоит из радиопередатчика, коммутатора и электронных ключей.

Схема воспринимающих элементов с устройствами преобразования информационных сигналов в координаты ведомой машины содержит радиоприемники с идентичными амплитудными и фазочастотными характеристиками, схему деления амплитуд, суммирующее устройство, смесители, гетеродин, фазоизмерительное устройство и специализированное вычислительное устройство (СВУ) для преобразования дискретных сигналов ФИУ в текущие координаты ведомого объекта.

Система работает следующим образом. Выходной сигнал радиопередатчика 2, коммутируется ключами, управляемыми от коммутатора, и излучается одним из взаимно ортогональных, соосно расположенных горизонтальных диполей.

Сигнал, излучаемый антенной передатчика, принимается антеннами радиоприемников, установленными на ведомых объектах.

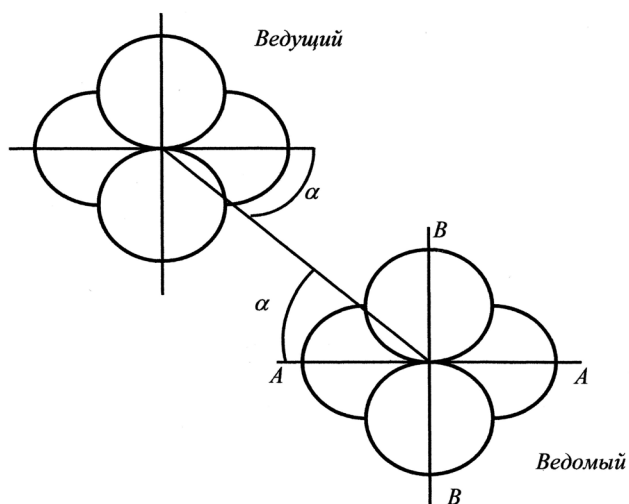


Рис. 2

На входы приемных элементов подано напряжение с двух взаимно перпендикулярных, соосно расположенных горизонтальных диполей, причем один диполь установлен параллельно курсу ведомого МО, другой перпендикулярно ему: тем самым и на передающем и на приемном конце системы связи образуются направленные антенны для устройства измерения угла. При этом для каждого угла α диаграмм направленности в связке «ведущий – ведомый» (рис. 2) существует свое соотношение амплитуд сигналов, принимаемых антеннами приемников.

Сигналы с их выходов поступают на схему деления амплитуд и если соотношение амплитуд, связанное с углом α , отличается от заданного значения, то выдается сигнал коррекции, поступающий в преобразователь СВУ сигналов ФИУ в текущие координаты ведомого объекта относительно ведущего.

Выходные сигналы радиоприемников суммируются, при этом суммарная диаграмма направленности в горизонтальной плоскости антенн приемников, близка по форме к круговой.

Для повышения точности определения координат измерение разности фаз производится на частоте 50 кГц, что достигается гетеродинным преобразованием, которое реализуется смесителями, кварцевым генератором, узкополосными фильтрами с частотой настройки 50 кГц. С выходов фильтров сигналы поступают на фазометрический блок дискретного типа, выход которого связан со

входом СВУ преобразования сигналов фазоизмерительного устройства в текущие координаты ведомого объекта относительно ведущего, позволяющие реализовать управление исполнительными механизмами МО.

Таким образом, используемые в данной системе в качестве преобразователя выходных сигналов фазоизмерительное устройство и специализированное вычислительное устройство позволяют перемещать ведомый объект по произвольной заданной траектории с необходимой точностью.

В качестве примера рассмотрим алгоритм определения дальности и угла сопровождения МО. Для определения плоскостных координат ведомого МО относительно ведущего достаточно измерить две разности расстояний $R_1 - R$ и $R_2 - R$ (рис. 3), каждая из которых характеризует линию положения. Геометрическим местом точек, разность расстояний которых до двух заданных позиций есть величина постоянная, является гипербола, то есть линии положения являются гиперболами с фокусами в точках приема. Местоположение источника излучения (антенны передатчика, установленного на ведущем объекте) определяется точкой пересечения гипербол.

На ведомом МО антенны воспринимающих элементов удобнее располагать по одной прямой. Для этой ситуации (рис. 3) дальность до источника излучения R из геометрических соображений определяется по формуле

$$R = \frac{2D^2 + \Delta R_1^2 - \Delta R_2^2}{2(\Delta R_1 + \Delta R_2)}, \quad (1)$$

где $\Delta R_1 = R_1 - R$ и $\Delta R_2 = R_2 - R$ – разности расстояний между источниками излучения и соответствующей точкой приема;

$2D$ – расстояние (база) между антеннами.

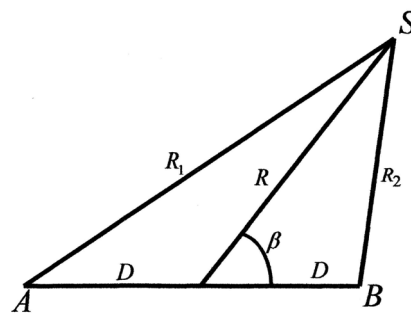


Рис. 3

Азимут источника

$$\cos \beta = \frac{\Delta R_1 (D^2 - \Delta R_2^2) - \Delta R_2 (D^2 - \Delta R_1^2)}{D(2D^2 + \Delta R_1^2 - \Delta R_2^2)}. \quad (2)$$

Таким образом, для вычисления координат необходимо определить ΔR_1 и ΔR_2

$$\begin{aligned} \Delta R_1 &= (a_{изм} - a_o) \cdot m_T \\ \Delta R_2 &= (b_{изм} - b_o) \cdot m_T \end{aligned}, \quad (3)$$

где $a_{изм}$, $b_{изм}$ – измеренные разности фаз между сигналами крайних и среднего приемников;

a_o , b_o – постоянные составляющие фазовых набегов;

m_T – масштабный коэффициент

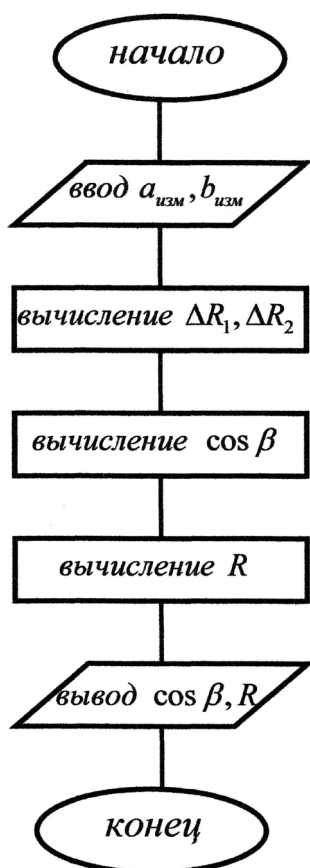


Рис. 4

$$m_T = \frac{\lambda}{T_{np} \cdot K_T \cdot N_T}, \quad (4)$$

где λ – длина волны модулирующего сигнала;
 T_{np} – период следования импульсов после гетеродинного преобразования;

K_T – коэффициент перевода T_{np} в единицы измерения фазометра;

N_T – число усреднений фазометра.

Блок-схема алгоритма в упрощенном виде представлена на рис. 4.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таким образом, с выхода ФИУ информация об измеренных значениях соответствующих разностей фаз $a_{изм}$, $b_{изм}$ поступает на вход СВУ, реализующего соответствующую систему команд.

Перед началом работы программа, записанная на языке символического кодирования загружается в оперативную память СВУ, а также вводятся все необходимые константы D , m_T , a_o , b_o . Далее по измеренным значениям $a_{изм}$, $b_{изм}$ в СВУ вычисляются ΔR_1 , ΔR_2 , затем определяется местоположение любой ведомой машины из группы для выработки команд управления.

Применение данной системы позволит увеличить точность управления группой подвижных агрегатов за счет того, что максимальная ошибка отслеживания траектории для каждой технологической машины не зависит от ошибки отслеживания траекторий предыдущих машин и является величиной постоянной для всех МО группы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононов А. Д., Кононов А. А. Разработка алгоритма определения координат и сигнала рассогласования в задаче автоматического управления мобильными объектами в дорожном строительстве // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2014. – № 1. – С. 84–89.

2. Кононов А. Д., Кононов А. А. Исследование возможностей создания координирующего программного устройства для реализации алгоритмов автоматического управления движением мобильных объектов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2015. – № 1. – С. 9 – 13.

3. Кононов А. Д., Авдеев Ю. В., Кононов А. А. Алгоритм обработки сигналов датчиков системы следящего дистанционного управления землеройно-транспортными машинами //

Изв. вузов. Строительство. – 2009. – № 3–4. – С. 95–99.

4. Авдеев Ю. В., Кононов А. Д., Кононов А. А. Анализ принципов дистанционного адаптивного управления землеройно-транспортными машинами // Изв. вузов. Строительство. – 2012. – № 9(645). – С. 41–46.

5. Авдеев Ю. В., Кононов А. Д., Кононов А. А., Варданян Н. А. Сравнительный анализ фазовых методов определения координат в задачах дистанционного автоматического управления машинами дорожно-строительного комплекса // Изв. вузов. Строительство. – 2014. – № 1. – С. 86–93.

6. Авдеев Ю. В., Кононов А. Д., Кононов А. А., Варданян Н. А. Метод компенсации погрешностей измерения координат при автоматическом дистанционном управлении машинами дорожно-строительного комплекса // Изв. вузов. Строительство. – 2014. – № 8(668). – С. 75–80.

7. Алгазинов Э. К., Матвеев М. Г., Тюкачев Н. А., Ховив А. М. Модели управления автоматическим повторным включением на электрических подстанциях // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2011. – № 2. – С. 5–9.

8. Аверина Л. И., Бобрешов А. М., Шуттов В. Д. Адаптивный цифровой метод уменьшения внеполосного излучения усилителей мощности // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2013. – № 1. – С. 82–88.

Кононов Александр Давыдович – канд. физ.-мат. наук, проф. кафедры информатики и графики Воронежского государственного технического университета.

Тел.: (473) 293-31-83

Email: kniga16@mail.ru

Kononov Alexandr Davydovich – Candidate of physics.-math. Sciences, Professor of the dept. of Computer science and graphs, Voronezh State Technical University.

Tel.: (473) 293-31-83

Email: kniga16@mail.ru

Кононов Андрей Александрович – д-р техн. наук, проф. кафедры информатики и графики Воронежского государственного технического университета.

Тел.: (473) 223-98-36

Email: kniga16@mail.ru

Kononov Andrey Alexandrovich – Doctor of technical sciences, Professor of the dept. of Computer science and graphs, Voronezh State Technical University.

Tel.: (473) 223-98-36

Email: kniga16@mail.ru