

УДК 621.316.71

Р.Д. Пастухов¹, В.В. Проворов², А.Р. Кварталов¹**АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ
С ЦЕЛЬЮ ИХ ИЗУЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Центральный научно-исследовательский институт «Буревестник»²

Рассматривается автоматизированная сложноподчиненная система управления с применением соответствующих устройств и механизмов для стабилизации и регулирования наведения рабочего органа механизированного модуля на объект. Представлены функциональная схема системы управления с использованием ЭВМ в контуре управления электроприводом и описание взаимодействия составных частей машины.

Проводится анализ работы автоматизированной системы управления объектом наведения с целью выявления причин возникновения недостатков существующей системы и нахождения возможных путей их устранения. Ставится задача использования принципов цифровой обработки информации в автоматике наведения для изучения соответствующих разделов в курсе теории автоматического управления.

Даются рекомендации по улучшению характеристик автоматизированной системы наведения.

Ключевые слова: электродвигатель, система управления, точность наведения, привод, объект управления.

В современной военной технике в качестве объектов сопровождения наиболее распространенными являются различные бронированные высокопроходимые машины с установленными на них средствами огневого поражения целей.

Учитывая современные темпы ведения боя, необходима разработка систем управления различной техникой, обеспечивающих максимальную точность наведения на цель за минимальное время и сохранение положения рабочего органа наведения машины вне зависимости от внешних воздействий. Это требует высокой интеграции взаимодействия всех частей машины и применения высокоскоростных вычислительных устройств.

Для решения поставленной задачи необходимо рассмотреть принцип работы исполнительных устройств и их взаимодействие в системе наведения с объектом управления.

Для выполнения задачи слежения за целью, на машину устанавливается поворотный механический модуль с объектом управления и вспомогательное оборудование для осуществления задачи наведения.

Управление движением машины осуществляется экипажем.

Механический модуль изделия представляет собой поворотную платформу со станком, на которой установлен объект управления. На поворотной платформе расположена большая часть рабочих органов машины. Отработка заданного положения объекта в пространстве происходит за счет электродвигателей - приводов горизонтального и вертикального наведения с редукторами, передающими вращающий момент на объект управления, расположенный на платформе.

С помощью датчиков угла (рис. 1) происходит преобразование угла поворота в электрический сигнал, который позволяет определить угол поворота платформы вместе с механическим модулем относительно всей машины. В качестве указателя угловой скорости поворота используется специальный датчик – гироскоп (рис. 2).

Стабилизация и регулирование положения прибора наведения в пространстве осуществляется своей системой автоматического регулирования, которая должна отслеживать моментальные характеристики объекта управления.



Рис. 1. Датчик угла поворота объекта управления



Рис. 2. Гиротахометр

Для обеспечения заданного положения рабочего органа машины, применяются соответствующие устройства и механизмы, называемые электроприводом (рис. 3).



Рис. 3. Электрический привод

Современный электропривод – это электромеханическая система, состоящая из электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса.

Электропривод, как и любая другая система, имеет свои собственные параметры (координаты): угловая скорость вращения двигателя, скорость движения перемещаемого объекта, ток якоря электродвигателя постоянного тока и другие. Управление координатами электропривода осуществляется при помощи различных комбинаций воздействий на рабочие органы системы, которые вырабатываются схемами управления.

Для отслеживания объектом управления меняющегося положения органа управления на движущейся машине применяется стабилизатор, состоящий из приводов вертикального и горизонтального наведения (ВН и ГН) и системы стабилизации. Привод ГН, в свою очередь, содержит датчик линейных ускорений.

Принципы работы приводов ВН и ГН в режимах стабилизации и стабилизированного наведения во многом схожи. Каждый из этих двух приводов представляет собой систему автоматического регулирования, работа которой основана на принципе отработки рассогласования (ошибки), т.е. на сравнении действительного значения регулируемого параметра с его заданным значением.

При анализе систем автоматического управления широко используют функциональные схемы. На рис. 4 показана функциональная схема САУ, которая включает следующие элементы:

1 – задающее устройство, которое задает режим работы, подает командный, начальный импульс или сигнал;

2 – элемент сравнения. В него входит сигнал XI от задающего устройства, сигнал $X0$, определяющий норму или уровень контролируемой величины. С учетом сигнала от элемента

9-й главной обратной связи элемент 2 сравнивает поступившие сигналы и посылает дальше скорректированный сигнал X_2 ;

3 – преобразующий элемент. Поступающий в него сигнал преобразуется в другую форму, более удобную для дальнейшей передачи. Например, если сигнал X_2 был дан в форме гидравлического (пневматического, механического) давления, то элемент 3 преобразует его в электрический ток. Так как подобного рода преобразование может требовать дополнительной энергии, то элемент 3 связан с источником энергии ПЭ;

4 – суммирующий элемент. В него поступают два сигнала: X_3 и X_8 от корректирующего элемента (элемента памяти) 8. Эти сигналы суммируются элементом 4 в сигнал X_4 и направляются в следующий элемент;

5 – элемент усиления. Входящий сигнал X_4 может быть слабым и для последующей передачи должен быть усилен. Это делается элементом 5, который связан с источником энергии ПЭ;

6 – исполнительный элемент, исполняет полученный сигнал (электродвигатель, электромагнитное реле, серводвигатель);

7 – регулируемый объект, или рабочая машина.

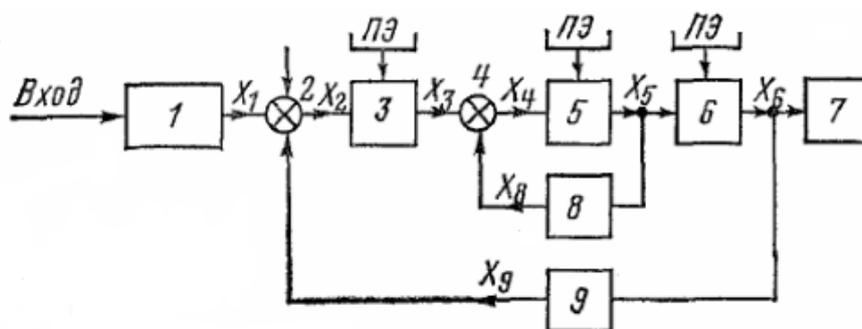


Рис. 4. Функциональная схема САУ

Каждый элемент автоматики – это преобразователь энергии, на вход которого подается величина X' , а с выхода снимается величина X'' . Для каждого элемента в установившемся режиме существует определенная зависимость $X''(X')$, называемая статической характеристикой.

Существующие схемы управления электроприводом делятся на две основные категории: замкнутые и разомкнутые.

Замкнутая система автоматического управления характеризуется наличием обратных связей, она имеет, по крайней мере, одну (главную) обратную связь, соединяющую выход системы с ее входом. Кроме того, могут быть внутренние (дополнительные) обратные связи, соединяющие выход и вход отдельных элементов САУ, например, связь X_8 (рис. 4). Благодаря этому, отслеживаются мгновенные значения координат электропривода на их соответствие заданным. Поскольку разомкнутые системы таких связей не имеют, то в разомкнутых САУ задающее устройство (включающая, регулирующая аппаратура) не получает информацию о фактическом режиме работы электроустановки (приводного электродвигателя или рабочей машины).

Замкнутые схемы управления электроприводов применяются в тех случаях, когда требуется обеспечить движение исполнительных органов машин с высокими показателями качества регулирования – большим диапазоном регулирования координат и точностью их поддержания, заданным качеством переходных процессов, а также высокой экономичностью и оптимальным функционированием самого электропривода. Другими словами, силовая часть такого электропривода имеет структуру «преобразователь – двигатель», в которой двигатель питается от специального управляемого преобразователя. Кроме того, замкнутые схемы управления позволяют получить высокую жесткость механических характеристик электропривода. Жесткость механических характеристик электропривода обеспечивается нали-

чием обратных связей по току и напряжению. Кроме того, применение обратных связей позволяет в системах «преобразователь – двигатель» не только получить жесткие механические характеристики двигателя, но и дает возможность обеспечить желаемое качество переходных процессов при пуске, торможении или реверсировании двигателей.

При минимальной скорости вращения обратная связь по току максимальна, а по мере увеличения скорости вращения она ослабляется. Так как к работе приводов ВН и ГН предъявляются повышенные требования в отношении жесткости механических характеристик, в схеме применено стабилизированное питание, которое обеспечивает стабильность выходных значений характеристик электропривода вне зависимости от стороннего возмущающего воздействия.

Характеристики разомкнутых систем управления электроприводами, построенных по той же структуре «преобразователь – двигатель», не могут иметь высокую жесткость из-за наличия внутреннего сопротивления как преобразователя, так и двигателя.

Главный недостаток систем с обратными связями - это невозможность определения точного соответствия полученных значений координат заданным.

Точное отслеживание положения механического модуля поворотной платформы машины в предлагаемой к рассмотрению конструкции обеспечивается введением цифровой системы автоматического управления электропривода, где объектом регулирования является положение рабочего органа машины. Каждый из отслеживаемых параметров ВН и ГН является зависимой величиной от скорости сигнала задания и от его фактического моментального значения, отслеживание которого возможно благодаря наличию обратных связей и соответствующих датчиков. Таким образом, цифровая система автоматического управления представляет собой сложноподчиненную систему, регулирующую три основные координаты: угловое положение объекта регулирования в системе координат машины, угловую скорость вращения механического модуля поворотной платформы в соответствующей плоскости и ток якоря электродвигателя.

Поворот механического модуля поворотной платформы, контроль за объектом управления, за прибором наведения и стопорением механического модуля осуществляется оператором с помощью пульта управления наводчика (ПУН) (рис. 5).



Рис. 5. Пульт управления наводчика

Кроме того, для корректного выполнения практических задач специальной техники, необходимо учитывать, что при движении изменяется положение машины в пространстве относительно земли, т.е. необходимо обеспечить стабилизацию положения прибора наведения на объекты относительно всех трех осей. Иными словами, необходим учет колебаний объекта стабилизации – крен, тангаж и рысканье. Таким образом, для решения задачи повышения точности наведения предлагается использовать как ключевые принципы работы систем автоматизированного управления электроприводом (САУЭП), так и стабилизацию положения рабочего органа машины. Для этого в известную систему стабилизации машин дополнительно вводится с соответствующими связями задающее устройство стабилизации с датчиками положения независимо стабилизированного в пространстве инерциального объекта по ГН и ВН, датчик положения по ВН, модули расчета скорости вращения вала электро-

двигателя от усилителей мощности по ГН и ВН, которые включаются в аппаратуру системы управления рабочим отделением модуля экипажа машины.

Управление электродвигателями в САУЭП осуществляется блоком управления БУ (рис. 6), который вырабатывает регулируемое по величине напряжение, прикладываемое к якорным цепям электродвигателей. Величина напряжения формируется силовыми транзисторными ключами, соединёнными в мостовую схему и работающими в режиме широтно-импульсной модуляции. Выходное напряжение формируется исходя из поступивших в БУ сигналов.



Рис. 6. Блок управления

Приводы БУ имеют автоматический и полуавтоматический режим управления.

В полуавтоматическом режиме наведение объекта управления на цель производится с помощью поворота корпуса пульта управления наводчика, от которого в БУ поступает сигнал по внешнему интерфейсу CAN о скорости поворота пульта управления. Чем быстрее производится поворот пульта, тем с большей скоростью осуществится вращение механического модуля поворотной платформы.

При работе в автоматическом режиме приводы горизонтального и вертикального наведения координируются по сигналам, полученным с модуля телетепловизионного дальнометра (МТТД) (рис. 7).

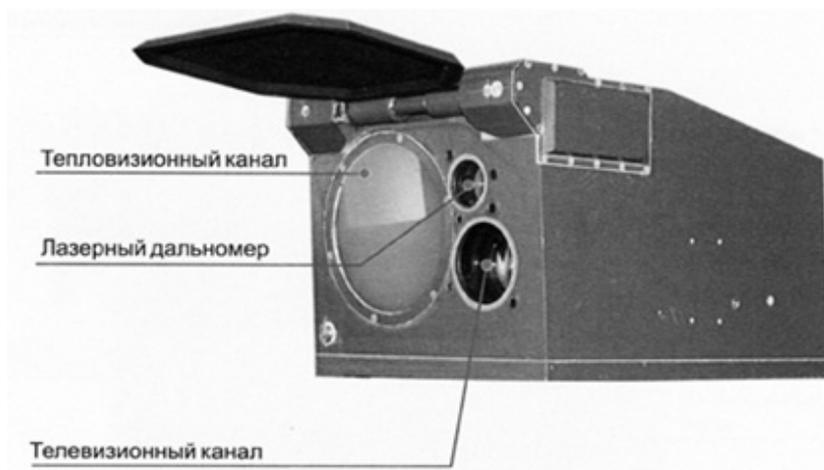


Рис. 7. Модуль телетепловизионный дальномерный (МТТД)

МТТД обеспечивает:

- обнаружение целей днем и ночью, в том числе, в сложных климатических условиях;
- высокоточное цифровое позиционирование;
- измерение дальности до объекта наведения;
- передачу видеoinформации по протоколу HD-SDI.

Контроль за процессом наведения осуществляется с пульта управления цифрового (ПУЦ) (рис. 8) и монитора бортовой ЭВМ, на которые поступают текущие и заданные значе-

ния углового положения механического модуля поворотной платформы и изображение объекта наведения, а также проводится высокоточная цифровая обработка сигналов и введение их в систему управления наведением рабочим органом машины по протоколу CAN.

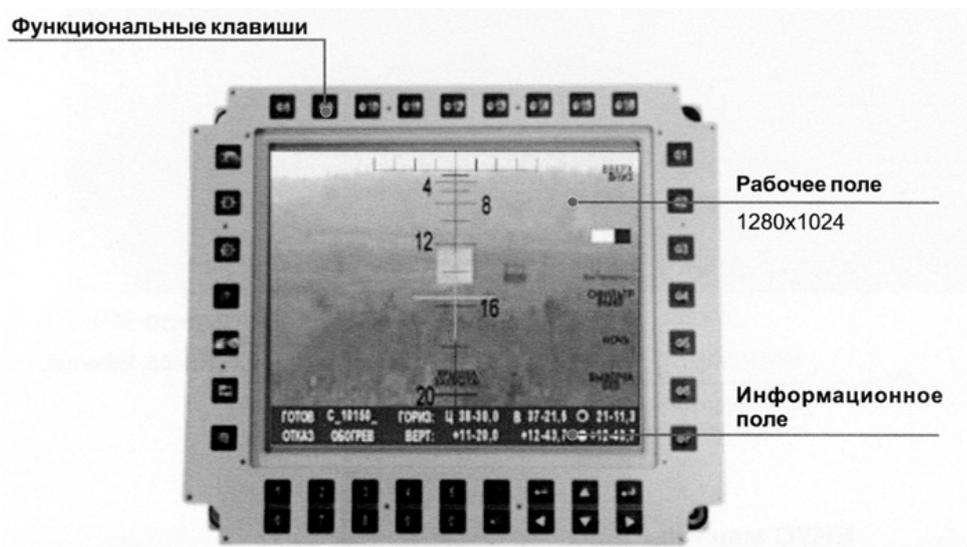


Рис. 8. Пульт управления цифровой

Обмен данными в машине между МТТД, ПУН, ПУЦ и датчиками угла цифровыми горизонтального и вертикального наведения (ДУЦ ВН и ДУЦ ГН) происходит посредством интерфейса CAN. Кроме того, обмен данными между оборудованием машины и блоком управления проходит по каналу с протоколом RS – 485.

Протоколы CAN и RS – 485 используют дифференциальный сигнал, способствующий высокому уровню помехозащищенности.

Таким образом, в состав системы наведения входят (рис. 9).

- блок управления (БУ) (осуществляющий сбор и обработку информации от исполнительных элементов);
- электродвигатель привода вертикального наведения (ЭД ВН);
- электродвигатель привода горизонтального наведения (ЭД ГН);
- датчики углового положения приводов вертикального и горизонтального наведения (ДУ ВН и ДУ ГН);
- пульт управления цифровой (ПУЦ);
- панель управления наводчика (ПУН);
- стопора электромеханические приводов (Ст ВН и Ст ГН);

Схема соединения составляющих системы управления наведением объекта управления представлена на рис. 9.

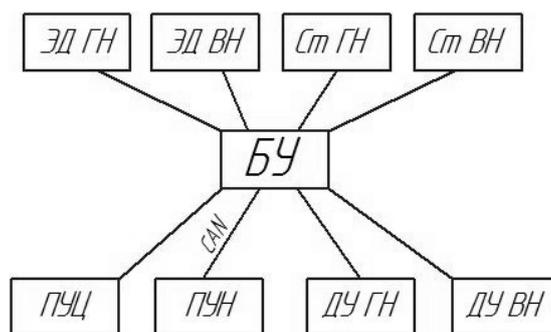


Рис. 9. Схема системы управления наведением объекта управления

Выводы

Рассмотрев систему управления наведения на объект управления, можно полагать, что данная система отражает общую мировую тенденцию в развитии и модернизации систем наведения.

Взаимодействие составных частей машины с включенным в контур управления бортового вычислительного устройства обеспечивает максимальную скорость и точность наведения и позиционирования в пространстве с учетом различных погрешностей и внешних факторов, влияющих на эффективность наведения рабочего органа.

Дальнейшее улучшение характеристик системы наведения возможно путем замены существующего оборудования более совершенным, а также выполнение работы по облегчению всей конструкции в целом, что положительно повлияет на технические характеристики изделия.

Библиографический список

1. Замкнутые системы автоматического управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/automation/1526-zamknutyе-sistemy-avtomaticheskogo.html>.
2. Система управления и стабилизации вооружения боевого модуля управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/254/2548941.html>.
3. Система дистанционного управления вооружением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/255/2550407.html>.
4. Стабилизатор вооружения боевого модуля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/255/2551626.html>.
5. Элементы стабилизатора вооружения модернизированного танка ПТ-76Б [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topwar.ru/34626-staryu-dobryu-plavun.html>.
6. Дистанционно-управляемая турельная установка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nevskii-bastion.ru/6s21/>.
7. Привод вертикального наведения и стабилизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/253/2530438.html>.
8. Системы управления огнем танков и БМП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://military.wikireading.ru/55245>.

*Дата поступления
в редакцию 20.08.2017*

R.D. Pastukhov¹, V.V. Provorov², A.R. Kvartalov¹

THE ANALYSIS OF AUTOMATED AIMING SYSTEM FUNCTIONS FOR THE PURPOSE OF THEIR RESEARCH IN THE STUDY PROCESS OF TECHNICAL UNIVERSITY

Nizhny Novgorod state technical university of R. E. Alekseev¹,
Central Research Institute "Burevestnik"²

Purpose: Consideration is being given to the automated complex control system with the use of corresponding devices and mechanisms for stabilization and control of aiming the mechanized module working body to an object.

Methods The function chart of the control system with the use of a computer in electric drive control loop and the description of machine components interaction are presented.

The work analysis of an automated object aiming control system is carried out in order to identify the causes of deficiencies in existing systems and to find the possible ways of their elimination is carried out.

The task of using the principles of digital information processing in aiming automatic equipment for studying the appropriate sections of the of automated control system is setted.

Results: Recommendations about improving performance of automated targeting system are given.

Key words: electric motor, control system, aiming accuracy, drive, object of control.