

КОМПЛЕКСНЫЙ СТАТИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕР ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Е.В. Галушко, канд. техн. наук, доцент, О.Ч. Ролич, канд. техн. наук, А.П. Мериленко, канд. техн. наук (УО БГАТУ); К.М. Шестаков, канд. техн. наук, доцент, Ю.В. Бондарев, магистрант, А.А.Прокопенко, аспирант, Мэн Цинсун, аспирант (БГУ).

Аннотация

В статье представлены этапы разработки комплексного тренажера зерноуборочного комбайна. Проанализированы учебные и исследовательские задачи, решаемые сегодня в программно-аппаратных комплексах тренажеров. Рассмотрены принципы построения архитектуры и технологии программирования тренажерных систем при решении задач имитации функционирования сельскохозяйственной техники. Показаны пути упрощения систем уравнений, участвующих в подготовке математических моделей объектов в тренажерных комплексах.

Введение

Со времен создания первого летного тренажера, построенного в Англии в 1910 году, тренажеры превратились в обязательный элемент поддержки разработки новых машин и стали способствовать внедрению современных методик обучения управлению сложной дорогостоящей техникой. На сегодняшний день, например, соотношение часов подготовки летчиков на тренажере и действующем образце составляет примерно 10:1. Затраты на приобретение тренажера окупаются в течение года.

Наличие тренажеров в разработке – показатель ее уровня и конкурентоспособности. Тренажер в цикле обучения отражает степень зрелости и завершенности методики обучения.

Разрабатываемый комплексный тренажер зерноуборочного комбайна (КТЗК) содержит все основные органы управления и приборы, на нем имитируются виртуальная закабинная обстановка и моделируются процессы, существенные для обучения [1-3].

В классическом процессе подготовки обучаемый получает информацию в основном через органы зрения и слуха. Усвоение материала с помощью тренажера связано как с осмыслением опыта предшественников, так и наиболее важного собственного опыта. Информационное наполнение собственного опыта включает в себя оценку правильности принимаемых решений и учитывает специфику индивидуального мышления, необходимого для наиболее глубокого усвоения. Именно тренажеры, подключающие все органы чувств, создают условия для осмысления происходящего как собственного опыта.

Руководителю занятия и специалистам, допускающим обучаемого к работам, необходимо знание индивидуального портрета его пригодности, видения предельных возможностей и перспективы. Тренаже-

ры позволяют создать индивидуальный портрет обучаемого, учитывать специфику и скорость его реакции. Применение тренажерной техники позволяет путём многократного повтора критических, сложных и близких к аварийным ситуаций добиться их правильной отработки обучаемым.

Конструктор, создатель новой техники, желает на стадии разработки до изготовления опытных образцов и в ходе испытаний проверить на себе, специалиста заказчика и будущих пользователей правильность и эффективность принимаемых решений. И здесь наилучшие условия предоставляют гибкие тренажеры. Их наличие сокращает сроки доводки изделий, повышает конкурентоспособность, позволяет быстрее найти наилучшие варианты.

Развитие компьютерных технологий в значительной степени ориентируется на поддержку механизмов создания виртуальной реальности. Технологии искусственного интеллекта используются в тренажерах как полигон для отработки новых решений. Прямое следствие этой тенденции – резкое снижение цен на аппаратные средства и программные продукты их наполнения. Переход стоимостей подобных массовых изделий с десятков тысяч к сотням долларов качественно расширяет спектр и возможности тренажерной техники.

Так как тренажеры являются верхним по эффективности уровнем в общей пирамиде средств обучения, сегодня необходимость их построения и совершенствования воспринимается на различных уровнях руководства многих стран. Звучали слова поддержки тренажеростроения и с трибуны третьего Всебелорусского народного собрания. В Белоруссии созданы уникальные тренажеры для обучения экипажей боевых машин пехоты, танков, самолетов [4].

Период от начала разработки сложных тренажеров до поставки их заказчику составляет три-четыре

года, причем основное время затрачивается на разработку первых образцов. Тесно связаны с тренажерами и задачи создания автоматических систем управления сложными машинами, функционирующими практически без участия человека.

Исходя из среднестатистических данных метеоусловий регионов Республики Беларусь, на процесс сбора урожая, в том числе и зерновых культур, отводятся кратчайшие сроки. Поэтому время обучения комбайнера высококачественному использованию сложной зерноуборочной техники очень ограничено. В зимний и весенний сезоны тренажеры помогут проводить обучение и поддерживать навыки эксплуатации сложной зерноуборочной техники путем максимального приближения имитируемых условий к реальным.

Основная часть

В состав комплексного тренажера зерноуборочного комбайна (КТЗК) входят следующие основные компоненты [1]:

- кабина зерноуборочного комбайна с органами

- управления и приборами контроля;
- электронные системы съема и генерации сигналов, поступающих с оборудования кабины и на нее;
- системы имитации силовых усилий и воздействий на органы управления;
- компьютерная система расчета математических моделей искусственных и естественных объектов, формирования изображений обстановки;
- комплексное программное обеспечение, включающее в себя программы расчета математических моделей, программы считывания и первичной обработки показаний первичных датчиков, программы формирования показаний индикаторов комбайна, программы имитации сигналов с датчиков, не включенных в состав тренажера, программы визуализации закабинной обстановки, программы сетевого взаимодействия и т. п.;
- методическое обеспечение.

На рис. 1. представлена структурная схема связи компьютеров между собой и с системой микроконтроллеров [3, 5]. Система микроконтроллеров обеспечивает первичную обработку сигналов с датчиков и

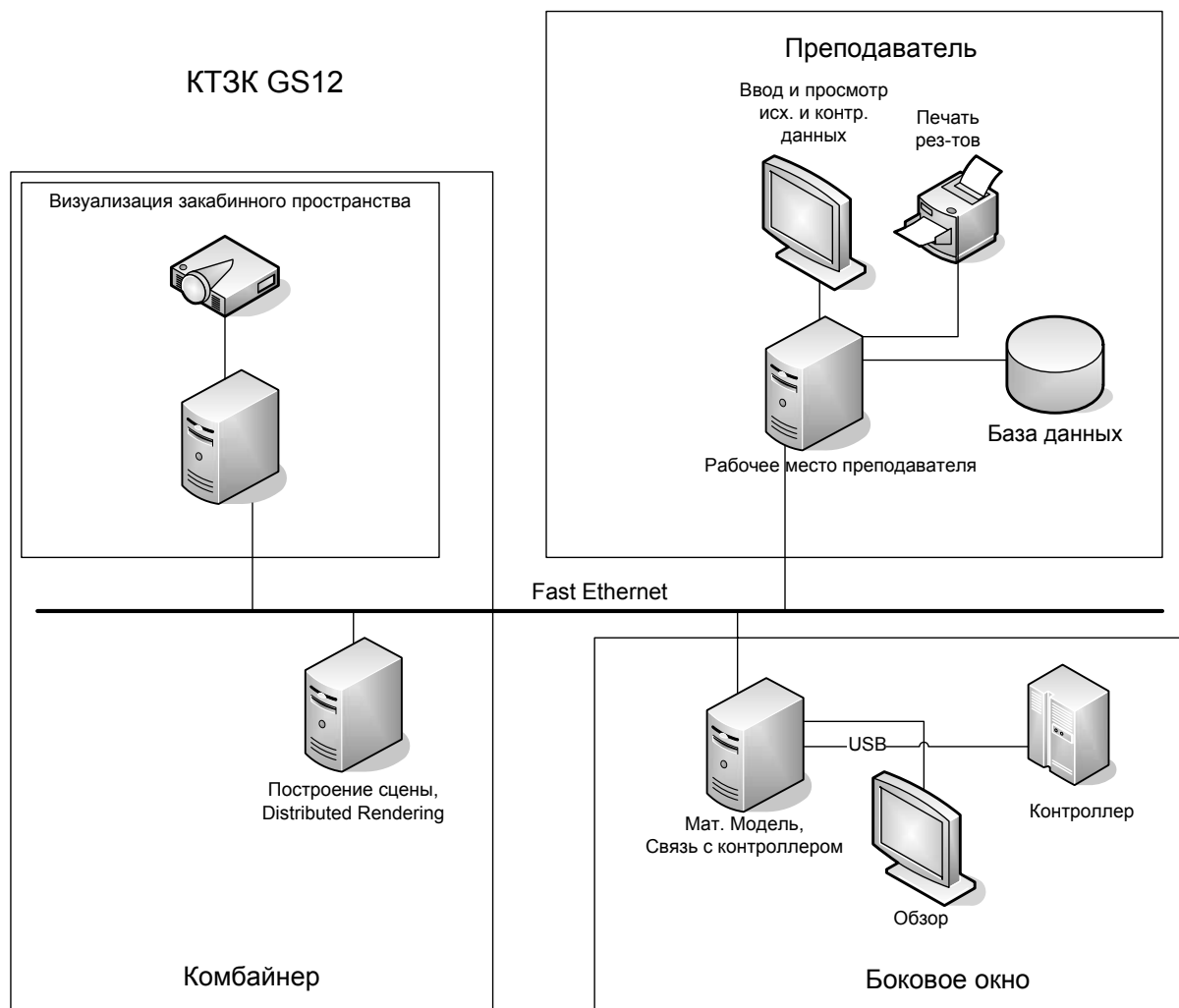


Рисунок 1. Структурная схема компьютерной системы тренажера

выдачу управляющих воздействий на силовые устройства, простейшие индикаторы, бортовой компьютер. Перечисленные связи на рисунке не показаны. Система микроконтроллеров по USB подсоединена к компьютеру, осуществляющему расчет математических моделей объектов и формирование выходного файла текущей обстановки. К данному компьютеру подключен и монитор отображения процессов выгрузки зерна. Выходной файл по компьютерной сети поступает на компьютеры визуализации и рабочее место преподавателя. Здесь осуществляется построение сцены и выдача задания с контролем на выполняемое упражнение.

При подготовке исходного материала практиковалось применение методов распознавания образов. Принятие решений по оценке ситуации проводится с применением стандартных процедур [6].

Все представленные компьютеры являются графическими рабочими станциями, оснащенными видеоадаптерами с современными графическими процессорами высокого быстродействия и «широкой по интерфейсу» памятью размера от 512 Мбайт.

Программирование функционирования компонентов проводится в среде C++ 8 версии с поддержкой DirectX 9.0 и на макроассемблере, выбранного

типа микроконтроллера [5, 7].

Схема прохождения потоков информации с учетом требований реального времени в основном цикле функционирования тренажера представлена на рис.2. В нем оптимизировано быстродействие цикла при запросах к распределенным базам данных с центральным сервером (компьютер расчета математических моделей, использующий вызовы удаленных процедур) [8].

В основе комплексного тренажера лежат математические модели элементов имитируемой техники. Математическое моделирование сегодня приобретает новый облик и поставляет обучаемому информацию в наиболее естественном виде [9]. Диапазон глубины имитации достаточно велик.

В расчетной базе тренажера заложена математическая модель идеальных объектов, построенная при предположении идеальности процесса, как изготовления всех компонентов, так и взаимодействия их с объектами. В перспективных разработках используются модели, построенные уже с учетом износа, разброса параметров технологических процессов и элементов комплектации. В последнем случае на помощь приходят теории чувствительности, динамического хаоса. Модели в основном линейных и поливариантных систем упрощены на основании веществ-

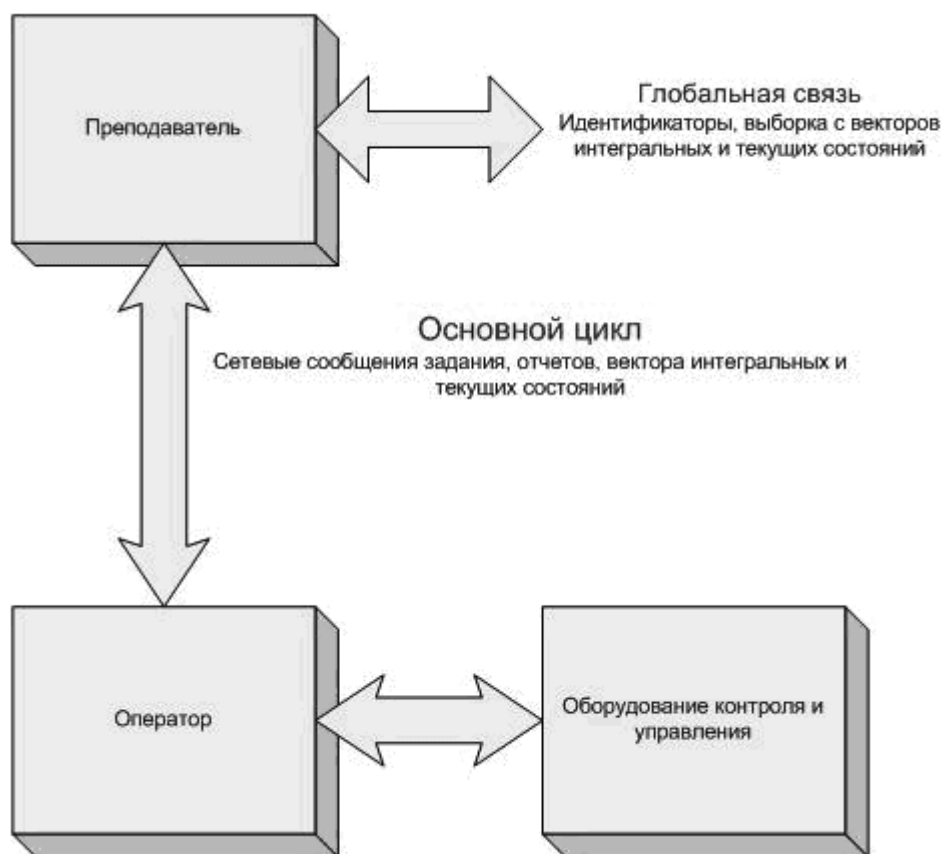


Рисунок 2. Схема передачи данных в основном цикле функционирования тренажера

венного разложения Шура. Данный метод упрощения математических моделей систем повышает точность приближения упрощенной модели к исходной по переходным и устанавливающимся значениям, ускоряет реакцию систем на действия органов управления и изменения окружающей среды [4, 10]. К реальным условиям модели адаптируются через добавление различных файлов, исходно представляемых в графическом формате, что позволяет получить упрощенные адаптивные уравнения функционирования имитируемой техники, позволяющие решать их не более чем в единицы, десятки миллисекунд на вычислительном комплексе тренажера.

В ходе создания тренажера и его последующей эксплуатации рабочие модели должны корректироваться по замечаниям пользователей. Для такой доработки предусмотрены внешние файлы данных, изменение которых доводит «поведение» объектов без перекомпиляции программ.

Визуализация происходящих процессов входит в

одну из наиболее интенсивно и успешно решаемых задач современной компьютерной техникой. При создании систем визуализации от разработчиков требуется не отстать от уровня передовых решений максимум на год. При разработке использовался нарабатанный мировой опыт в интегральных решениях [11] и частных задачах [12].

В основу построения сцены положено использование прямоугольной площадки, экрана, который располагается перпендикулярно направлению взгляда. При построении экрана используются три вектора: нормаль к поверхности площадки, являющаяся противоположной направлению зрения, вектор направленный вертикально вверх, а также вектор, лежащий в плоскости экрана. Третий вектор дополняет тройку векторов до правой. На основе нормали и третьего вектора строится четвертый, перпендикулярный им и лежащий в плоскости экрана.

Полученные таким образом вектора (третий и четвертый) используются для построения экрана. В

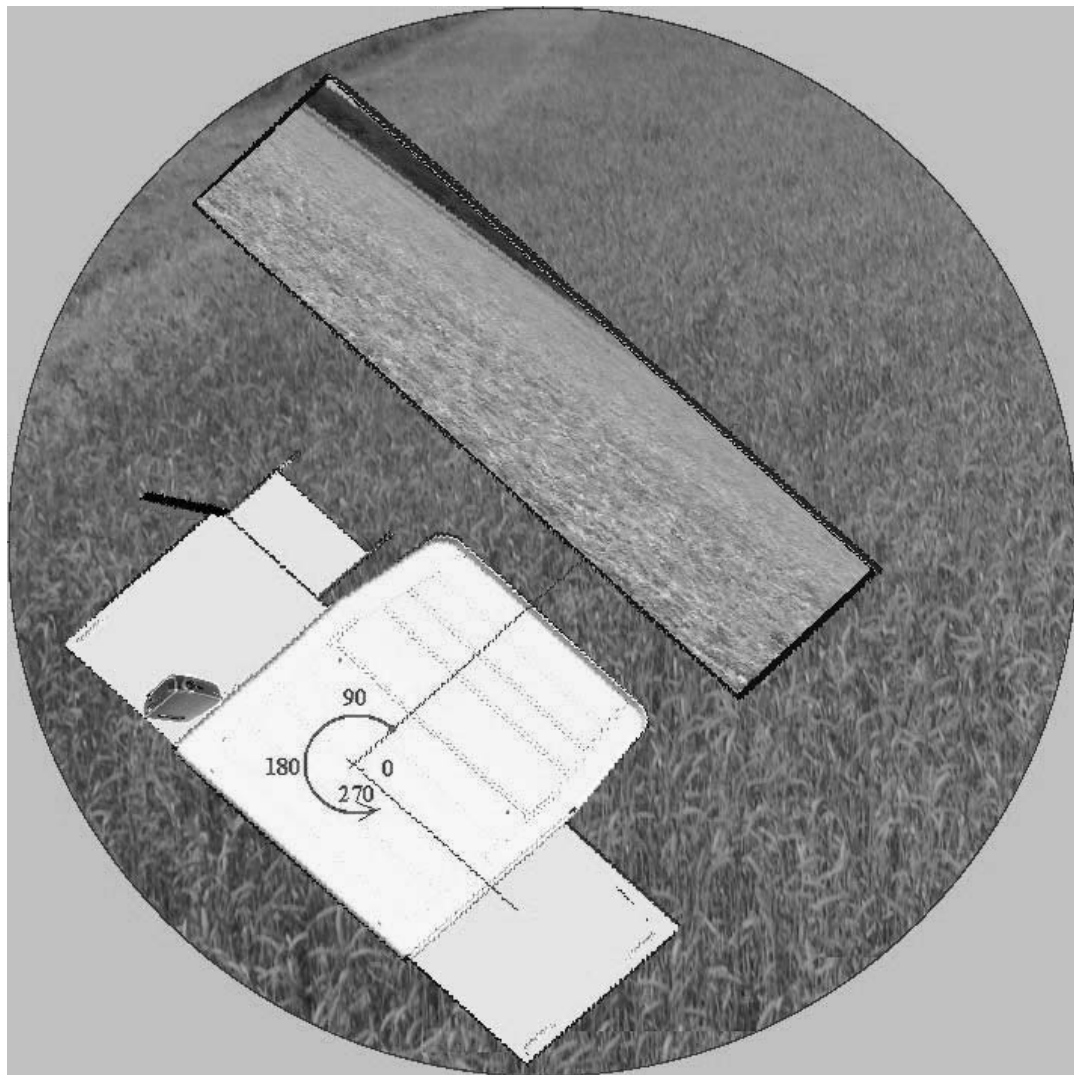


Рисунок 3. Имитируемое положение комбайна в процессе уборки зерна

качестве центральной выбирается точка, лежащая на линии зрения, на определенном удалении от наблюдателя. Данная точка на щите располагается на пересечении диагоналей данной прямоугольной площадки.

Экран выступает в качестве основы, на которую выводятся видеопотоки. Использование шейдеров позволяет смешивать данные видеопотоки, менять координаты вывода.

Видеопотоки получаются путем построения графа фильтров. В начале графа ставится видеоисточник, в конце VMR9 (video mixing render 9), у которого стандартный распределитель (Allocator) был заменен собственным (MyAllocator), что позволило получать распакованные кадры без вывода их на экран, то есть в режиме RenderLess, что, в свою очередь, позволяет не привязывать отрисовку сцены к моментам получения распакованных кадров. Иначе пришлось бы привязывать FPS (frame per second – число кадров в секунду) трехмерной сцены к FPS видеозаписи.

Одним из важнейших вопросов визуализации, решенных в ходе разработки, было естественное управляемое представление скашиваемого поля. На рис. 3. представлено положение тренажера комбайна в «поле», отображаемое на основном экране. Изменение положения комбайна, согласно положениям органов управления и предыстории, должно синхронно отображаться на экране с моделированием работы косилки и иных движущихся частей комбайна.

На рис. 4. представлен результат работы над файлами данных с показом обстановки в реальном времени. Как видно из рисунка, сохранена реалистичность сцены. В процессе разработки средняя частота смены кадров от 56 кадров в секунду поднята до 100, что удовлетворяет поставленным требованиям и оставляет резерв для усложнения задачи.

В будущем планируется добавить поддержку различных типов полей, различающихся произрастающей культурой, что естественно влияет на внешний вид

скашиваемого поля. Также планируется ввести поддержку проведения уборочных работ в различное время суток. В зависимости от того проводится ли уборка урожая утром, днем или вечером условия будут разными, что, в свою очередь, может существенно повлиять на качество проведения данных работ.

Выводы

В основе комплексного тренажера лежат математические модели элементов имитируемой техники с широким диапазоном глубины имитации. В расчетной базе тренажера используется математическая модель идеальных объектов, построенная при предположении идеальности процесса. Модели линейных и поливариантных систем упрощены на основании вещественного разложения Шура. Таким образом, повышается точность приближения упрощенной модели к исходной по переходным и устанавливающимся значениям, а также ускоряется реакция систем на действия органов управления и изменения окружающей среды. К реальным условиям модели адаптируются через добавление разностных файлов, исходно представляемых в графическом формате, что позволяет получить упрощенные адаптивные уравнения функционирования имитируемой техники, позволяющие решать их не более чем в единицы, десятки миллисекунд на вычислительном комплексе тренажера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаборатория прикладных компьютерных технологий в АПК/ Бел. гос. агр. технич. ун-т// Агропанорама, № 5. – 2008. – С.48.
2. Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS 12»: инструкция по эксплуатации. – ПО «Гомсельмаш», 2008.
3. Шестаков, К. М. Программирование сложных компьютерных систем одноцелевого назначения/



Рисунок 4. Совместная сцена движущегося поля и вращающейся косилки с версии программы визуализации GS32

К.М. Шестаков, Мэн Цинн Сунн// Электроника инфо, № 9, 2008. – С. 58-61.

4. Занкевич, Н. Состояние и перспективы развития бронетанкового вооружения и техники/ Н. Занкевич// Армия, № 2, 2008. – С. 12-17.

5. Галушко, Е.В., Ролич О.Ч., Шестаков К. М. Электронные системы комплексных тренажеров для обучения эксплуатации и ремонта сложной сельскохозяйственной техники: доклады Межд. научно-практической конференции: Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса АПК. – Минск: БГАТУ, 2009. – Ч. 1. –С. 94-99.

6. Шестаков, К. М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций/ К.М. Шестаков. – Мн.: БГУ, 2005 – 184 с.

7. Ролич, О. Ч. Технологии программирования: курс лекций / О.Ч. Ролич. – Минск: БГУ, 2008. – 144 с.

8. Прокопенко, А.А. Оптимизация по быстродействию систем распределенных баз данных с центральным сервером, использующих вызовы удален-

ных процедур или функций/ А.А. Прокопенко, К.М. Шестаков// Электроника инфо, № 7, 2008. – С. 51-54.

9. Modeling and Simulation of an M1 Abrams Tank with Advanced Track Dynamics and Integrated Virtual Diesel. Engine Automotive Research Center Department of Mechanical Engineering and Applied Mechanics The University of Michigan Ann Arbor, 2002, – P.221.

10. Мэн Цинсун. Метод упрощения моделей для сложных сбалансированных систем управления/ Мэн Цинсун, К.М. Шестаков// Вестник БГУ, серия 1. – 2008, №3. – С. 44-51.

11. Harry Perros, Computer Simulation Techniques: The definitive introduction! Computer Science Department NC State University Raleigh, NC. – January, 2008. – P.168.

12. Козлов, С.М. Визуализация эффекта дождя в автомобильных тренажерах/ С.М. Козлов, Н.А. Ельков, И.В. Белого. – Новосибирск: Лаборатория программных систем машинной графики ИАиЭ СО РАН. Новосибирск, Россия: International Conference Graphicon, 2006, <http://www.graphicon.ru/>

УДК 62-83:621.316.9(088.8)

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 8.07.2009

ЗАЩИТА ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В АВАРИЙНЫХ СОСТОЯНИЯХ (ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ПЕРЕГРУЗКИ)

В. В. Гурин канд. техн. наук, доцент, Е. В. Лавцевич, аспирантка, П. А. Равинский, аспирант (УО БГАТУ)

Аннотация

Приведена характеристика возможных способов защиты асинхронного трехфазного электродвигателя по контролируемым параметрам от неполнофазного режима работы, увлажнения обмотки, стопорного режима работы, при отклонении и несимметрии напряжений, неисправности подшипников, чрезмерной вибрации и нарушения охлаждения. Показано, что аварийные состояния электродвигателя могут контролироваться токовыми или температурными защитами, за исключением контроля увлажнения обмотки и вибрации.

Введение

В нашей стране осуществляется техническое перевооружение сельскохозяйственного производства. Морально устаревшее электрооборудование заменяется на более качественное и надежное. Это относится и к электрическим двигателям, аппаратуре управления и защиты. Однако их эксплуатационная надежность в сельском хозяйстве остается все еще недостаточной.

В известной нам литературе по защите электродвигателей в сельском хозяйстве описано много устройств и принципов защиты, но не приводится анализ

контролирующих параметров для построения устройств защиты от всех аварийных состояний. Приведенный ниже материал устраняет этот недостаток.

Основная часть

Основными аварийными состояниями асинхронных электродвигателей (за исключением перегрузки) в порядке их распространения являются: неполнофазный режим; увлажнение обмотки; стопорный режим; отклонение или асимметрия напряжений выше нормы; неисправность подшипников; чрезмерная вибрация; нарушение охлаждения.