

## **ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГП «ХКБМ им. А.А. МОРОЗОВА»**

**Введение.** В настоящее время ГП «ХКБМ им. А.А. Морозова» является ведущим в Украине разработчиком и производителем комплексных тренажеров для боевых колёсных и гусеничных машин. Предприятие выпускает как комплексные динамические тренажеры экипажа, так и отдельные динамические тренажеры механиков-водителей, наводчиков, командиров. Данные тренажеры прошли значительный эволюционный путь от статических конструкций до высокоэффективных динамических комплексов на современных качающихся платформах. Вместе с расширением номенклатуры выпускаемых тренажеров постоянно проводился глубокий анализ современных технических решений в области цифровых и других технологий, применяемых при разработке тренажеров. Постоянно анализировалось состояние подобных разработок у наших отечественных конкурентов, у производителей из ближнего и дальнего зарубежья.

**Анализ современных направлений.** Изучение современных тенденций проводилось по нескольким направлениям:

- полнота моделируемых функций;
- современная аппаратная часть;
- варианты программно-аппаратной стыковки;
- современные конструкции динамических платформ;
- оборудование и методы управления электроприводами динамических платформ.

Результаты анализа обобщались и систематизировались с целью внедрения современных технологий в тренажерную тематику ГП «ХКБМ» и обеспечения современного уровня разрабатываемых тренажерных комплексов.

**Современные разработки ГП «ХКБМ».** Одними из последних разработок ГП «ХКБМ» являются комплексные динамические тренажеры экипажа бронетранспортёра БТР-4Е1 и танка Оплот. Для этих тренажеров была внедрена новая современная система управления электроприводами динамической платформы на основе комплектующих японской фирмы MITSUBISHI серии MR-J-3A. Перед этим был проведен анализ возможности перехода с синхронного электропривода на асинхронный. В результате данного анализа были получены следующие выводы:

1. Переход на асинхронный привод предполагает использование аппаратной связки асинхронный двигатель – частотный преобразователь вместо связки синхронный двигатель – сервоусилитель. Фактически это предполагает разработку новой схемы для системы управления.

2. Асинхронный двигатель имеет меньшую перегрузочную способность по моменту по сравнению с синхронным двигателем. Поэтому производители для асинхронного двигателя ограничивают коэффициент моментной перегрузки на уровне 2...2,5 (у синхронного двигателя данный показатель – 3...4). Это потребует применения асинхронных двигателей большей мощности и габаритов по сравнению с синхронными при прочих равных условиях.

3. Асинхронный двигатель имеет большие поперечные габариты и поэтому конструктивно может быть несовместим с разработанными в ГП «ХКБМ» конструкциями динамических платформ.

© Ю.М Гужва, 2016

4. Асинхронные двигатели по сравнению с синхронными имеют худшие регулировочные и тепловые характеристики в области околонулевых скоростей.

5. Асинхронные двигатели по сравнению с синхронными гораздо более чувствительны к колебаниям питающего напряжения.

6. Поставщики систем на основе асинхронного привода для снижения стоимости комплектуют свои системы двигателями неоригинального производства, что сказывается на надёжности.

7. Поставщики асинхронных приводов по непонятным причинам не предполагают установку в данных приводах многооборотных энкодеров абсолютного позиционирования. Предлагается установка относительного энкодера или, как максимум, однооборотного энкодера с нулевой меткой, что является значительным шагом назад по сравнению с синхронными приводами.

8. Очень часто в пользу асинхронного привода приводится тот аргумент, что асинхронный двигатель в среднем в два раза дешевле синхронного. Однако стоимость двигателя не является определяющей в стоимости всей системы. Стоимость аппаратуры управления сопоставима для обоих типов приводов.

Таким образом, асинхронный привод не является адекватной заменой синхронному приводу для динамической платформы. Тем не менее, принципиальных препятствий для такой замены нет, но это потребовало бы разработки фактически новой системы управления, доработки конструкции платформы, значительной переделки и новой отладки соответствующего программного обеспечения, новой программно-аппаратной настройки системы управления.

Синхронный привод для динамической платформы был сохранён, но был изменён принцип комплектования системы, способ организации основной обратной связи и доработана интерфейсная часть управления электроприводом. Если раньше электродвигатель закупался у одного производителя, а система управления поставлялась сторонним разработчиком, то в настоящее время всё оборудование электродвигатель-сервоусилитель-аппаратура управления поставляется одним и тем же поставщиком. Ранее обратная связь была организована по сигналам специального датчика на выходном валу редуктора платформы. Этот датчик закупался отдельно. В настоящее время обратная связь организована по сигналам энкодера абсолютного позиционирования на валу электродвигателя, который входит в стандартную поставку. Управление электродвигателями осуществляется непосредственно с ЭВМ, что позволило отказаться от промежуточного контроллера движения, который, как правило, применяется в подобных системах.

Применяемые электродвигатели имеют номинальную частоту вращения 2000 об/мин. Максимальная частота вращения может достигать 3450 об/мин, при этом крутящий момент снижается до 80% от номинального значения. Данная система имеет несколько режимов автонастройки, полуавтоматической настройки и ручной настройки. База данных настройки и диагностики включает в себя несколько сотен параметров, которые разделены на 7 групп. Данные группы имеют различные степени ограничения доступа – от пользовательских настроек до заводских параметров. Электронная система имеет несколько способов управления:

- управление по координате, скорости, моменту;
- управление в режимах координата-скорость, координата-момент, скорость-момент.

Система автономного питания сохраняет в памяти сервоусилителя данные энкодера после выключения питающего напряжения.

На рис. 1 представлена структурная схема системы управления для одного канала.

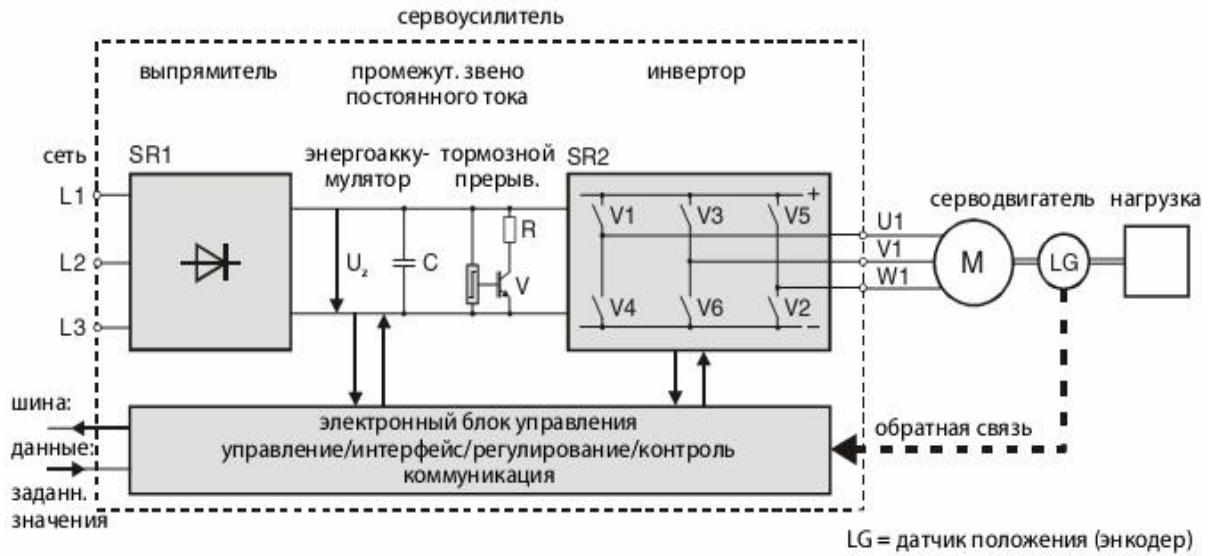


Рис. 1. Структурная схема системы управления для одного канала.

Программное обеспечение MITSUBISHI позволяет моделировать работу реальной системы без подключения нагрузки (Рис. 2).

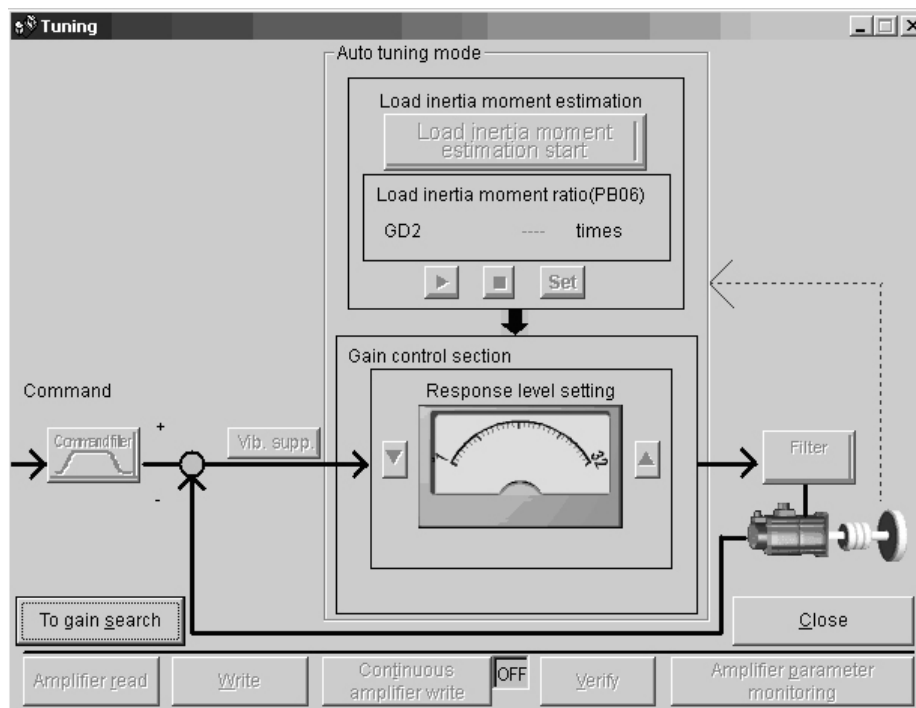


Рис. 2. Экранный интерфейс программы моделирования

Управление сервоусилителями осуществляется непосредственно с ЭВМ через интерфейс RS232/485 с тактом 20 мс, что является вполне приемлемым для решаемых задач.

В различных системах танка Оплот широко внедрены современные цифровые технологии. В частности это касается щита механика-водителя, в котором используется

специальный экран для отображения данных с контрольно-измерительных приборов (скорость движения машины, обороты двигателя, температуры теплоносителей и т.д.). Данный экран может работать в трёх режимах – графическом, цифровом и тестовом.

В тренажере любому реальному узлу соответствует имитатор или макет. При этом имитатор должен выполнять все функции реального узла и по отображению информации и по управлению. Учитывая данные требования, для тренажерного имитатора была выбрана в качестве основы жидкокристаллическая панель фирмы MITSUBISHI, которая как опцию имеет сенсорные функции и возможность подключения внешней памяти.

Производство жидкокристаллических панелей является одним из значимых направлений деятельности фирмы MITSUBISHI, поэтому данные изделия комплектуются программным обеспечением, имеющим развёрнутые тестовые и моделирующие функции, а также обширный набор графических шаблонов (рис. 3), который позволяет моделировать работу различных кнопок, тумблеров, галетных переключателей, светодиодов, стрелочных и цифровых приборов, а также отображать различные графики и диаграммы.



Рис. 3. Жидкокристаллические панели фирмы MITSUBISHI

Тем не менее, данного набора для тренажерных целей оказалось недостаточно и графическая часть была дополнена собственными разработками программистов ГП «ХКБМ». Кроме этого, интерфейс обмена для данной жидкокристаллической панели также оказался не вполне стандартизованным, поэтому были доработаны аппаратная часть интерфейса и система управляющих команд. На рис.4 представлен модуль КИП в реальном изделии в графическом режиме работы. На рис.5 представлен имитатор модуля КИП для тренажера экипажа танка Оплот в графическом режиме работы, запрограммированном разработчиками ГП «ХКБМ». Из рисунков видно, что имитатор достаточно точно моделирует поведение реального узла.



Рис. 4 Модуль КИП в реальном изделии



Рис. 5. Имитатор модуля КИП для тренажера

В настоящее время в ГП «ХКБМ» разрабатывается документация и программное обеспечение для платформы с шестью степенями свободы и, соответственно шестью электроприводами. Интерфейс обмена RS232/485 хорошо документирован, хорошо себя зарекомендовал, но к настоящему времени считается устаревшим из-за невысоких скоростей обмена при увеличении числа каналов управления. Данная проблема может быть решена с помощью более высокоскоростных интерфейсов, например, SSCNET III или аналогичных, скорость обмена у которых как минимум на порядок выше, чем для интерфейса RS-232/485. Более того, фирма MITSUBISHI анонсировала новую серию синхронных приводов MR-J-4, в которой один сервоусилитель может управлять тремя электродвигателями и допускает организацию дополнительной обратной связи по каждому каналу.

Таким образом, в ГП «ХКБМ им. А.А. Морозова» успешно внедряются современное оборудование и перспективные цифровые технологии для новых тренажерных комплексов и динамических платформ.

Гужва Ю.М., Нефёдов А.В., Новокрещенов А.О., Карпов Д.А.

#### ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ ДП «ХКБМ ім. О.О. МОРОЗОВА»

В статті розглянуті особливості впровадження сучасних цифрових технологій та обладнання для тренажерних комплексів ДП «ХКБМ», а також особливості програмного керування впровадженням обладнанням.

Гужва Ю.М., Нефёдов А.В., Новокрещенов А.О., Карпов Д.А.

#### ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГП «ХКБМ им. А.А. МОРОЗОВА»

В статье рассмотрены особенности внедрения современных цифровых технологий и оборудования для тренажерных комплексов ГП «ХКБМ», а также особенности программного управления внедрённым оборудованием.

Guzhva Yu.M., Nefyodov A.V., Novokreshchenov A.A., Karpov D.A.

#### INTRODUCTION OF MODERN TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT INTO THE TRAINING SYSTEMS OF KMDB

This article describes the specific features of introduction of modern digital technologies and equipment into the training systems of KMDB as well as the specific features of software-based control of the introduced equipment.