

## ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРИВОДАМИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

доц. <sup>1</sup>Дайняк И.В., асп. <sup>1</sup>Титко Д.С., инж. <sup>2</sup>Дедков А.И.  
<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники», Минск  
<sup>2</sup>ОАО «КБТЭМ-ОМО», Минск

**Введение.** Объединение узлов точной механики с электронными, электрическими и компьютерными компонентами мехатронные системы перемещений позволило осуществлять проектирование и производство качественно новых модулей, систем и машин с интеллектуальным управлением их функциональными движениями. С развитием электрических приводов и возможностей их применения в индустриально-производственных и транспортных системах, стала очевидна необходимость полной интеграции составляющих элементов электропривода: механики, электрических машин, силовой электроники, микропроцессорной техники и программного обеспечения для наиболее полного использования возможностей электропривода и обеспечения им прецизионного движения [1–3].

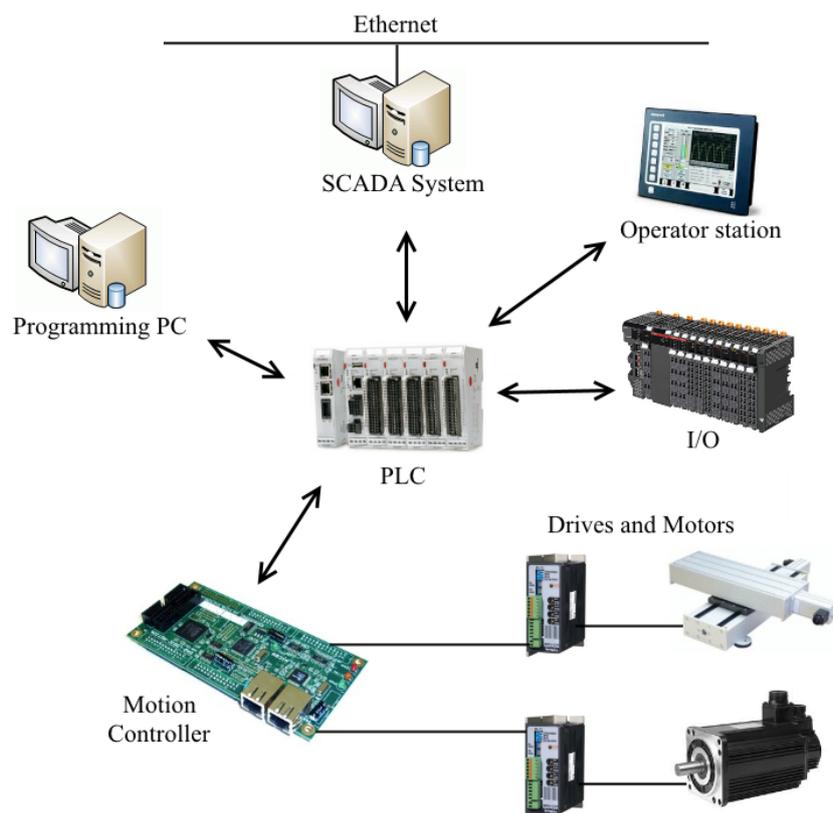


Рис. 1. Компоненты системы управления перемещениями на базе ПЛК

**Компоненты мехатронной системы перемещений.** Можно выделить следующие основные компоненты мехатронной системы прецизионных перемещений: объект перемещения; электропривод (с обратными связями либо без них); драйвер электропривода; интеллектуальный контроллер; аппаратно-программное обеспечение системы управления; пользовательский интерфейс. Традиционные системы перемещений используют ПЛК-технология для выполнения задачи управления и включают в свой состав некоторые аппаратные и программные элементы: ПК для визуализации, ПЛК с

различными сопроцессорами, ввод/вывод через полевую шину, управление движением через параллельный интерфейс LPT, операционную систему и различные языки программирования. Основные компоненты стандартной ПЛК-системы для управления электроприводами показаны на рис. 1.

Такие системы получили широкое применение и имеют ряд преимуществ. За счет фотоэлектронной изоляции всех модулей ввода/вывода, функции самотестирования и компонентной избыточности в больших масштабируемых ПЛК достигается большая надежность всей платформы. Большое количество интерфейсов ввода/вывода и поддержка многих типов сигналов позволяет адаптировать такую систему к различным ситуациям.

К недостаткам ПЛК-системы относится тот факт, что требуется множество компонентов для каждой отдельной функции. Как правило, такая система включает множество аппаратных платформ, баз данных и пакетов программ, поэтому их объединение и настройка для передачи команд и данных представляет собой непростую задачу.

За последние годы ПК на базе микропроцессоров стали более производительными и дешевыми, что в свою очередь привело к переходу с ПЛК на ПК в системах управления перемещениями по одной координате, а также в многокоординатных системах перемещений [4, 5]. К преимуществам новых систем относятся возможность точной визуализации, простые функции управления и хранения данных, возможность получения отчетов и др. Все это достаточно сложно реализовать в системах на ПЛК. Описанные преимущества привели к тому, что ПК получили широкое применение сегодня, особенно в области сбора данных и управления технологическими процессами.

Типичная структура системы управления электроприводом на базе ПК приведена на рис. 2.

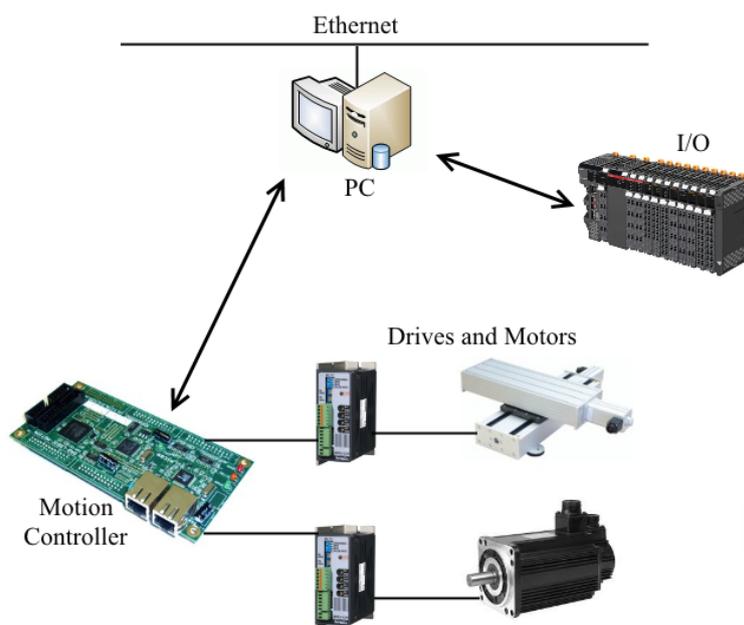


Рис. 2. Компоненты системы управления перемещениями на базе ПК

Для управления шаговыми и синхронными двигателями используются драйверы – для коммутации обмоток, контроллеры – для логического управления приводами, и комбинированные устройства. Драйверы, как правило, поддерживают функцию дробления шага, что позволяет достичь высокой разрешающей способности при построении и реализации программируемых движений.

Распространенными блоками управления являются устройства, которые воспринимают внешние управляющие сигналы 0 В/5 В и преобразуют их в соответствующие перемещения шагового двигателя. Один управляющий импульс соответствует одному шагу или микрошагу шагового двигателя. Если управляющие импульсы должны следо-

вать по определенному, заранее известному, алгоритму, то удобнее применять специализированные контроллеры шаговых двигателей, которые управляют не отдельным дискретным перемещением, а задают траекторию движения с нужными величинами скорости и ускорения, воспринимают сигналы от внешних датчиков, имеющих в системе, для синхронизации шагового привода с другими элементами технологического оборудования.

**Структуры управления многокоординатными системами перемещений.** Если система перемещений является многокоординатной, то есть включает несколько приводов, то необходимо реализовывать синхронные перемещения по нескольким управляемым осям (координатам). Типовой структурой системы управления для многокоординатной многоприводной системы перемещений является структура с общей шиной, показанная на рис. 3. В такой системе отдельным контроллерам от управляющего ПК по шине передаются задания на перемещение, которые обрабатываются приводами отдельных координатных осей.

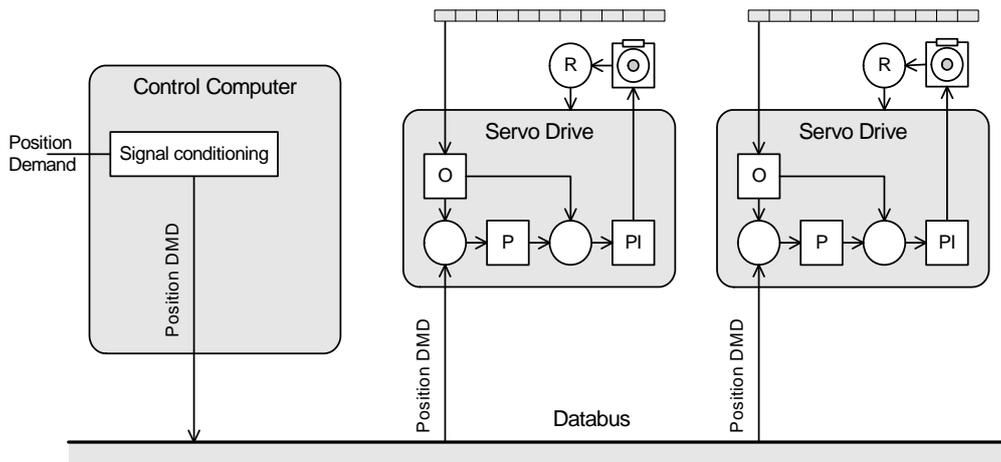


Рис. 3. Структура управления с общей шиной без сигналов обратной связи

Для более точной синхронизации работы приводов может быть реализована структура с обратной связью, показанная на рис. 4, в которой по общей шине в управляющий ПК также передаются данные о текущей позиции и скорости приводов.

В этом случае требуется реализация более широкого двунаправленного канала передачи данных по шине, что особенно критично при высоком разрешении реализуемых дискретных шаговых траекторий. Кроме того, как это показано на рис. 4, реализация блока сбора данных (так называемого «наблюдателя») о текущей позиции и скорости для всех приводов, составляющих систему перемещений, не требуется.

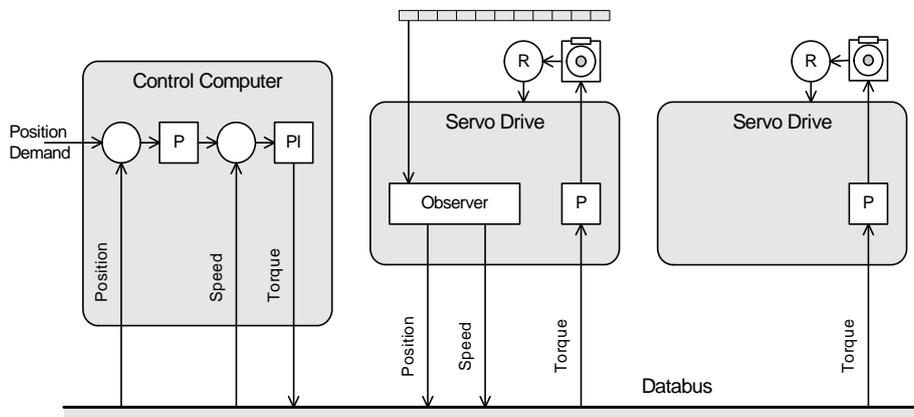


Рис. 4. Структура управления с общей шиной и сигналами обратной связи

Такая централизованная система управления предполагает реализацию всех процессов управления объектами в едином центральном органе управления. Этот орган собирает информацию о состоянии всех объектов управления, осуществляет ее обработку и каждому объекту управления выдает свою собственную управляющую команду. При таком подходе создается возможность реализации оптимального управления системой перемещений в целом, поскольку каждое управляющее воздействие вырабатывается на основе всей информации о системе.

Пример централизованной системы управления электроприводами, реализованной на базе одного управляющего ПК и промышленной шине Ethernet, показан на рис. 5, а на рис. 6 показан вариант реализации на основе технологии EtherCAT.

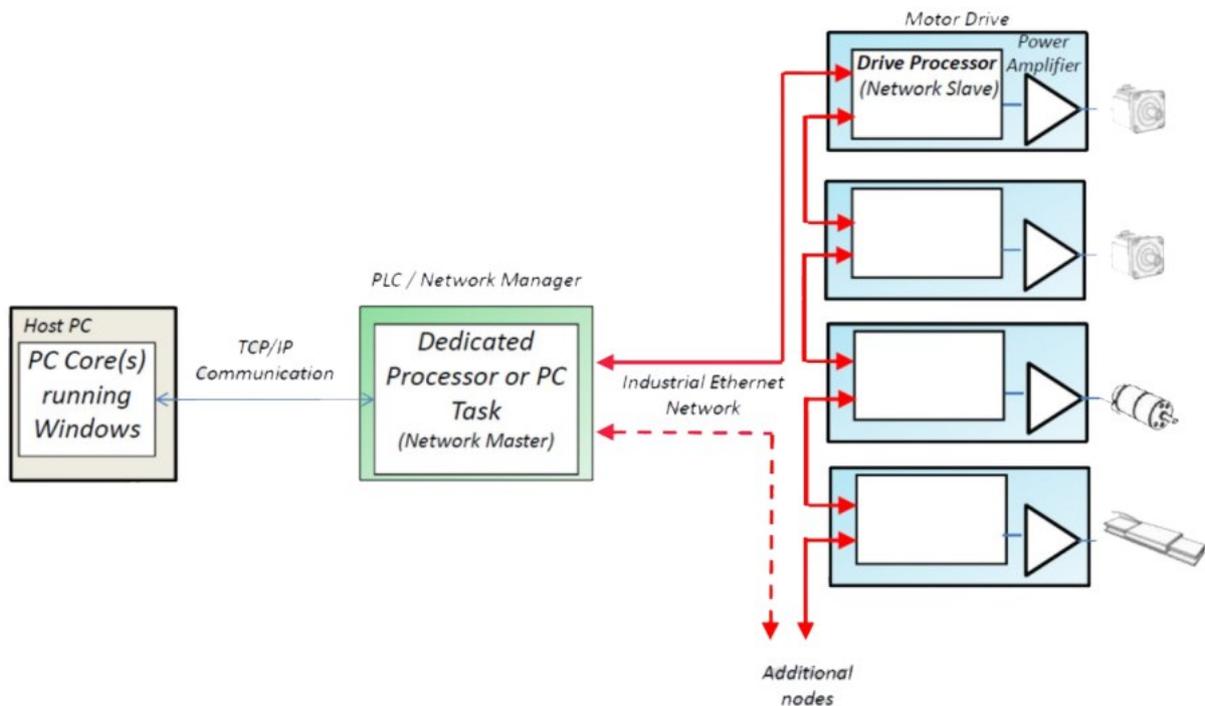


Рис. 5. Типовая структура управления электроприводами

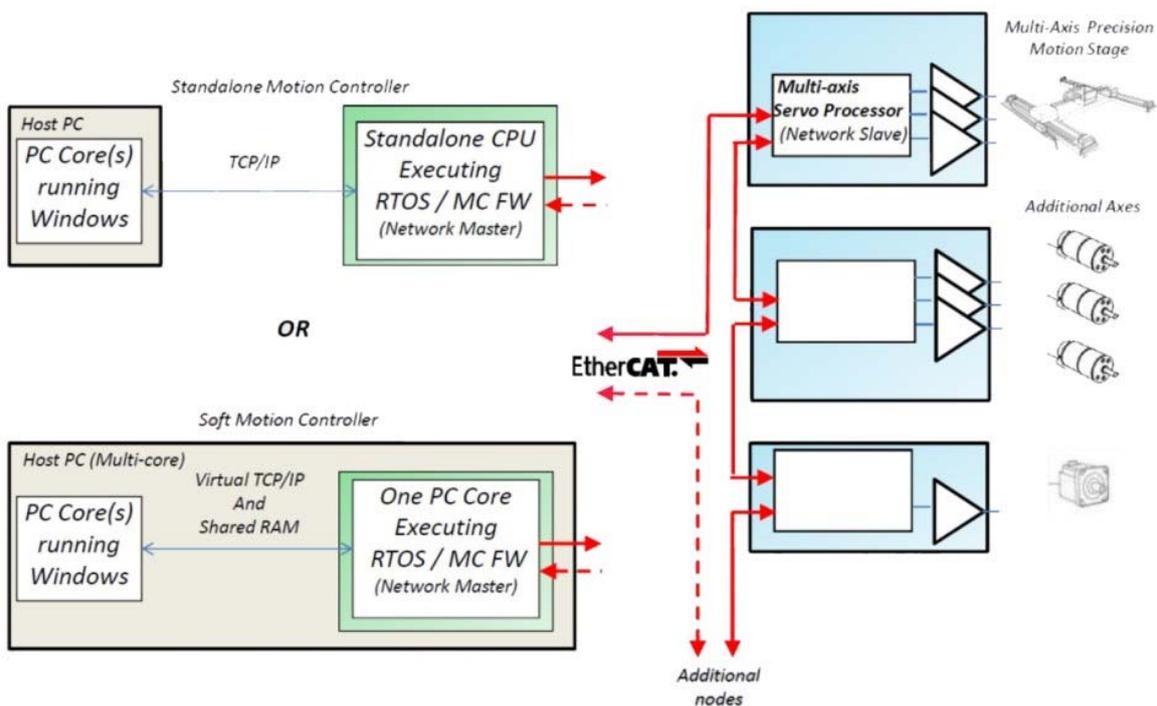


Рис. 6. Улучшенная структура управления электроприводами

В централизованной системе управления достаточно просто реализуются процессы информационного взаимодействия, исключается необходимость в пересылках промежуточных результатов процессов управления, достаточно легко осуществляется корректировка оперативно изменяющихся данных. Возникает возможность достижения максимальной эксплуатационной эффективности при минимальной избыточности технических средств.

Однако у этого подхода есть недостатки:

- необходимость для органа управления собирать, запоминать и обрабатывать чрезвычайно большие объемы информации;
- наличие запоминающих устройств очень большого объема;
- необходимость использования вычислительных средств очень высокой производительности;
- чрезвычайно высокие требования по надежности ко всем элементам технического обеспечения и ко всем элементам программного обеспечения, потому что выход из строя любого элемента приводит к выходу из строя всей системы;
- высокая суммарная протяженность и перегруженность каналов связи при наличии территориально разнесенных объектов управления;
- значительное усложнение алгоритмов управления при увеличении количества модулей движения.

В централизованном виде управления существует еще одна разновидность системы управления – так называемая централизованная рассредоточенная структура. В отличие от полностью централизованной структуры она не имеет четкой локализации в едином управляющем органе. Ее использование позволяет снизить требования к объемам памяти, производительности и надежности каждого управляющего органа без снижения качества управления, суммарная протяженность и стоимость каналов связи в такой системе может быть снижена. Тем не менее, есть и недостатки:

- усложненность информационных процессов вследствие необходимости обмена данными между центрами обработки;
- сложность корректировки хранимой в памяти информации;
- значительная избыточность технических средств и, следовательно, повышение расходов на их приобретение, монтаж и эксплуатацию;
- сложность синхронизации процессов обмена информацией.

В данной работе не рассматриваются системы управления, основанные на поведении, так как они относятся к управлению роботами. В таких системах производится декомпозиция элементов системы управления на модули выполнения задач. Каждый из таких модулей непосредственно подключен к датчикам и модулям движения, при этом используется только информация, необходимая для выполнения специфических задач. Модули поведения объединяются в слои, где верхний слой переопределяет некоторые аспекты нижнего слоя, а взаимодействие между слоями задается жесткими связями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жарский, В.В. Системы многокоординатных перемещений и исполнительные механизмы для прецизионного технологического оборудования / В.В. Жарский [и др.] ; под ред. д-ра техн. наук, проф. С.Е. Карповича. – Минск : Бестпринт, 2013. – 208 с.
2. Жарский, В.В. Планарный привод прямого действия для многокоординатной системы перемещений / В.В. Жарский // Доклады БГУИР. – 2007. – № 6. – С. 44–49.
3. Жарский, В.В. Привод прямого действия / В.В. Жарский // Ремонт. Инновации. Технологии. Модернизация : специализированный журнал. – 2009. – № 7(45). – С. 26.
4. Программируемые движения в прецизионных системах перемещений : мо-

ногр. / С.Е. Карпович, В.В. Жарский, И.В. Дайняк. – Минск : ФУАинформ, 2008. – 206 с.

5. Joos, H-D. *A methodology for multi-objective design assessment and flight control synthesis tuning* / H-D. Joos // *Aerospace Science and Technology*. – 1999. – P. 161–176.

6. Karakaya, S. *A New Mobile Robot Toolbox for Matlab* / S. Karakaya, G. Kucukyildiz, H. Ocak // *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. – 2017. – Vol. 87, Iss. 1. – P. 125–140.