АСУ для лазерных систем на базе отечественного ПЛК

Сергей Шишкин

В статье автор представляет АСУ для лазерных систем на базе отечественного ПЛК FASTWEL I/O. Приведены аппаратные решения АСУ для управления составными частями лазерной системы. Обоснован выбор ПЛК.

Введение

При разработке автоматизированной системы управления АСУ для лазерных систем ЛС учитываются требования по назначению, унификации, удобству эксплуатации и др. Вышеуказанные требования, как правило, приведены в ТЗ на изделие или в частном ТЗ на АСУ. Кроме того, разработчик, конечно же, учитывает свой и коллективный опыт разработки и эксплуатации разработанных и эксплуатируемых АСУ, встроенных в ранее разработанные или аналогичные изделия. Эти знания, требования и опыт трансформируются в следующие принципы:

- АСУ должна быть выполнена на базе элементов и компонентов тех организаций, производственная политика которых предсказуема в долгосрочной перспективе. Например, нет смысла делать АСУ УД на базе ПЛК, если он будет снят с производства через год. Ситуация ещё более усугубится, если на фирме-изготовителе не будет никакого технологического запаса. В идеале изготовитель должен информировать потребителя о своей производственной политике и об изменениях в своей производственной программе, а также о технологическом запасе, который будет создан при изменении производственной программы;
- блочно-модульный принцип построения аппаратной части АСУ с возможностью наращивания функций

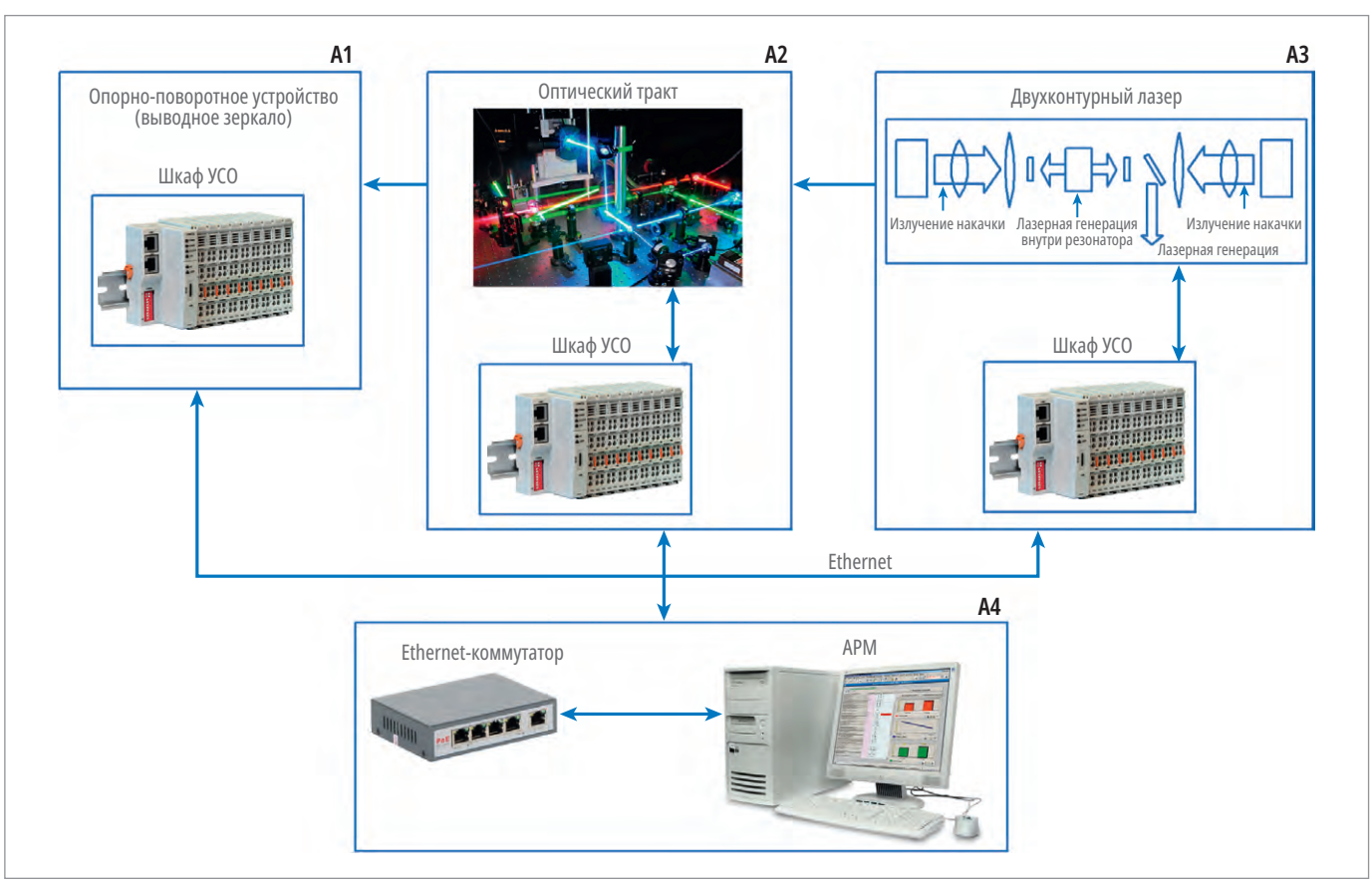


Рис. 1. Структурная схема АСУ ЛС

системы. Это не сводится только к банальному построению из идентичных блоков и модулей более сложных частей. Типовой модуль для решения локальной задачи в изделии представляет собой аппаратно-программный мини-комплекс, аппаратная часть которого может быть «разбросана» по шкафам УСО;

- построение АСУ на единой программно-аппаратной базе;
- аппаратная часть измерительных каналов должна быть включена в госреестр средств измерений;
- построение профессионального пользовательского интерфейса, обеспечивающего обучение персонала;
- использование типовой, универсальной, интегрированной среды разработки, дающей возможность:
  - применять готовые встроенные графические элементы для пользовательского интерфейса;
  - задействовать готовые и бесплатные библиотеки функций и функциональных блоков для часто встречающихся задач;
  - применять типовые драйверы и программы;
  - применять языки высокого уровня из стандарта МЭК 61131-3 (ST, IL, LD, FBD, SFC) и трансляцию разработанного приложения в исполняемый код процессора контроллера;
  - загружать приложения в контроллер и удалённую отладку, управление исполнением приложения в контроллере;
  - применять сервисные функции, включая диагностирование исполнения, загрузку и выгрузку файлов, трассировку значений переменных и т.д.;
  - отображать входные и выходные переменные разрабатываемого приложения на сетевые сообщения и каналы модулей ввода-вывода.

Рассмотрим более подробно ЛС как объект автоматизации. Структурная схема АСУ ЛС представлена на рис. 1.

Приведены три основные составные части ЛС: выводное зеркало А1 (или опорно-поворотное устройство); оптический тракт А2, двухконтурный лазер А3. В состав каждой части входит свой шкаф устройства связи с объектом УСО. В аппаратно-программном комплексе ЛС можно выделить четыре уровня (деление весьма условное, и в каждом уровне могут быть составные части).

Первый уровень: первичные средства измерения и контроля (видеокамеры, датчики температуры, давления; датчики углового положения; датчики измерителей мощности, лазерного излучения; лазеры юстировочные и др.), шаговые двигатели в линейных трансляторах и поворотных зеркалах, концевые выключатели и пр.

Второй уровень: вторичные преобразователи, нормирующие усилители, блоки управления исполнительных устройств.

Третий уровень: устройство связи с объектом, контроллер узла шины (контроллер узла сети), модули аналогового и дискретного ввода, контроллеры шаговых двигателей.

Четвёртый уровень: автоматизированное рабочее место оператора (АРМ оператора). Конструктивно элементы первого уровня расположены на оптических столах или входят в измерительные сборки. Элементы и компоненты второго и третьего уровня могут быть размещены в шкафах УСО.

Выбор ПЛК

Задачи автоматизации становятся более сложными и комплексными, в связи с этим растут требования и к ПЛК, в частности, к их коммуникационным возможностям, к удобству программирования и эксплуатации. При выборе ПЛК, да и, вообще говоря, средств автоматизации для распределённых систем управления на первое место выходит не только соотношение цена/качество, но и срок поставки, гарантии поставщиков, сервисное обслуживание, техническая поддержка. Необходимо также, чтобы все комплектующие, входящие в канал измерения, были заказаны у организаций, которые могут поставить откалиброванные каналы измерения с необходимыми нормативными документами (паспорта на комплектующие, сертификаты соответствия, свидетельство о поверке и т.д.). Применение программируемых логических контроллеров ПЛК – это применение готового решения для разработки и изготовления АСУ, поэтому его выбор является первоочередной задачей. Выбирая ПЛК при разработке аппаратной части АСУ, нужно учитывать все нюансы и обращать внимание буквально на всё. Решительно на всё. Даже на нюансы в конструкции ПЛК. Например, замена батарейки в ПЛК с выполнением демонтажа его корпуса – это нетехнологично. Разъём для интерфейса RS-232 типа RJ-45, а не DB-9 – это тоже недостаток.

Целесообразно, чтобы в применяемом ПЛК был реализован принцип модульности.

Совокупность модулей системы, связанных с конкретным объектом автоматизации, образует узел системы сбора и обработки данных. Такой узел может быть установлен в непосредственной близости от объекта автоматизации, что позволяет сократить длину соединительных проводов, упростить монтаж оборудования, а также устраняет необходимость применения кросс-панелей. Приведём самые применяемые, «самые ходовые» модули ввода-вывода, которые могут входить в состав ПЛК ЛС:

- контроллеры узла сети;
- модули дискретного ввода;
- модули дискретного вывода;
- модули аналогового ввода;
- модули аналогового вывода;
- модули измерения температуры;
- модули сетевых интерфейсов;
- модули питания.

АСУ ЛС построена на базе ПЛК Fastwel. Рассмотрим особенности её применения в ЛС.

При применении ПЛК Fastwel I/O решается задача совместимости с различными промышленными сетями передачи данных. На аппаратном уровне для перехода на другую сеть достаточно сменить контроллер узла сети, при этом модули ввода-вывода вместе с присоединёнными к ним датчиками не требуют замены и демонтажа.

Идеология Fastwel I/O основана на предоставлении разработчику максимальных возможностей в конфигурировании, наращивании и обслуживании системы. Контроллеры узла сети обеспечивают возможность исполнения прикладных программ, реализующих алгоритмы сбора, обработки данных и управления, разработанных при помощи интегрированной среды разработки CODESYS V3 [1].

В настоящее время в серии Fastwel I/O имеется несколько моделей контроллеров узла сети со встроенными сетевыми интерфейсами CAN, RS-485 и Ethernet; 13 моделей модулей дискретного ввода/вывода; 11 моделей модулей аналогового ввода/вывода; 4 модели модулей питания, а также несколько моделей вспомогательных модулей (модуль оконечной нагрузки шины, модуль интерфейсный RS-485 и др.). Номенклатура модулей Fastwel I/O оптимизирована таким образом, чтобы быть минимально достаточной для большинства возможных применений. Модули обеспечивают подключение датчиков и исполнительных устройств, а также содержат цепи гальванической развязки и индикации

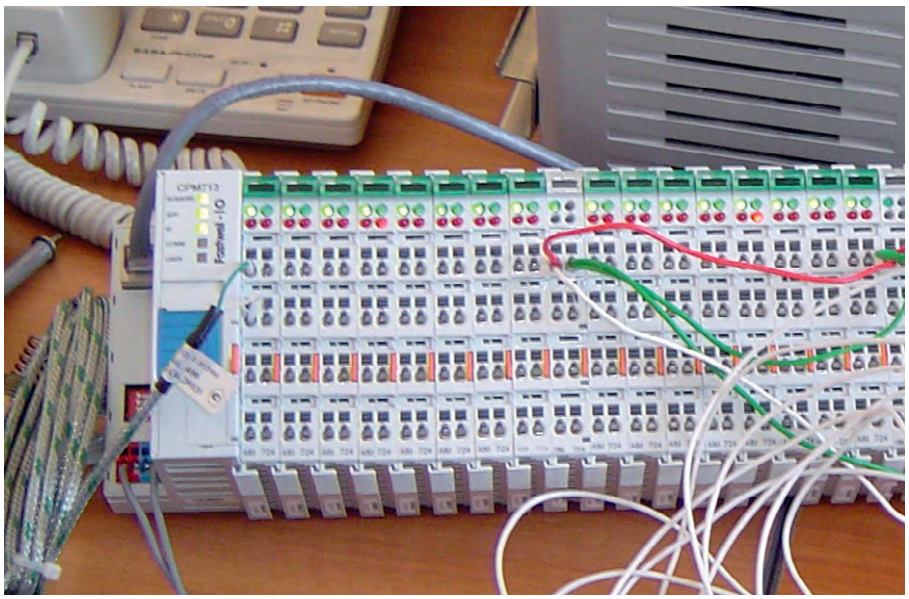


Рис. 2. Контроллер узла сети с модулями ввода/вывода

состояния. Описание, технические характеристики ПЛК Fastwel I/O приведены на сайте компании [1].

На рис. 2 приведена «батарея» контроллера узла сети с модулями ввода/вывода (ПЛК Fastwel I/O), собранная для отладки СПО.

Узел сети состоит из контроллера узла сети, модулей ввода-вывода и вспомогательных модулей. Контроллер узла сети служит для исполнения прикладной программы, разработанной в среде CODESYS V3, обмена данными с модулями ввода-вывода, а также информационного обмена по внешней сети. Он интегрирует возможности программируемого логического контроллера и подчинённого узла сети. Контроллер узла сети имеет два основных интерфейса: внешний и внутренний. Внешний интерфейс учитывает особенности и обеспечивает выполнение требований конкретной полевой шины (CAN, Modbus RTU, Modbus TCP). Внутренний интерфейс, специально разработанный для системы Fastwel I/O, – это шина FBUS. Он обеспечивает обмен данными и служебной информацией между модулями ввода-вывода и контроллером узла сети. Контроллер узла сети имеет также служебный интерфейс и индикаторы состояния. В узле сети реализована очень функциональная система подачи питающих напряжений на датчики и исполнительные устройства.

АСУ одного каскада двухконтурного лазера

Рассмотрим работу одного каскада двухконтурного лазера (далее лазера). На рис. 3 приведена схема оптическая структурная лазера.

Лазер включает в себя: лазерную камеру 1 с внутренней полостью с прозрачными торцевыми окнами, источники излучения накачки 2 на основе лазерных диодов, оптические средства формирования и фокусировки излучения накачки во внутреннюю полость камеры, состоящие из двух линз – сферической 3 и цилиндрической 4. При этом поток активной среды организован в замкнутом герметичном контуре, через полость лазерной камеры в направлении, поперечном к оптической

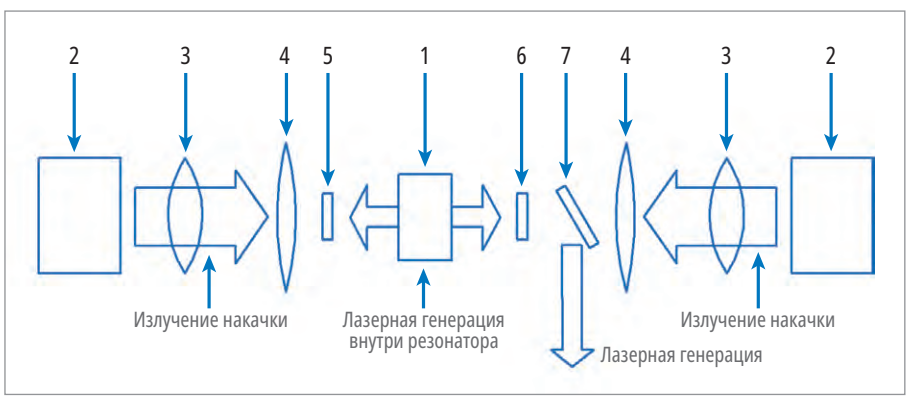


Рис. 3. Схема оптическая структурная лазера

оси камеры, при помощи нагнетателя. Плоскопараллельный резонатор, состоящий из двух зеркал: высоко отражающего зеркала 5, выходного зеркала 6 и выводящего излучение генерации зеркала 7. Направление лазерного излучения и оптическая ось камеры совпадают.

Структурная схема АСУ лазера на базе ПЛК Fastwel I/O приведена на рис. 4.

Выделим основные системы, модули и блоки, работа которых автоматизирована и встроена в АСУ лазера:

- система обогрева рабочего контура и контура обдува;
- блок управления нагнетателем рабочего контура БУН1;
- блок управления нагнетателем контура обдува БУН2;
- модуль управления источниками диодной накачки;
- система термостабилизации камеры лазерной и источников диодной накачки.

Модульный принцип построения и номенклатура модулей ввода-вывода ПЛК Fastwel I/O позволяет оптимизировать аппаратную структуру для конкретной составной части изделия.

Рассмотрим применение модулей Fastwel для вышеуказанных систем АСУ. В системе обогрева рабочего контура и контура обдува будут задействованы модули следующих типов:

- контроллер универсальный программируемый CPM723-01;
- модуль ввода сигналов с термопар AIM72401;
- 8-канальный модуль дискретного вывода DIM71801;
- 2-канальный модуль релейного выхода DIM71301.

Рабочий контур и контур обдува разделены на отдельные участки обогрева. AIM72401 и DIM71801 задействованы при организации ПИД-регулирования для поддержания заданной температуры на каждом участке обогрева. Понятно, что термопары, контролирующие температуру, подключаются к модулям AIM72401. Модули DIM71801 управляют нагревателями через твердотельные реле.

Для построения блоков управления нагнетателями БУН1 и БУН2, модулями управления источниками диодной накачки, системой термостабилизации камеры лазерной и источников диодной накачки можно применить готовые решения с сетевыми интерфейсами RS-485, Ethernet, CAN и др. и протоколами передачи Modbus: Modbus ASCII, RTU, TCP и др. Например, для БУН1 и БУН2 можно задействовать преобразователи частоты

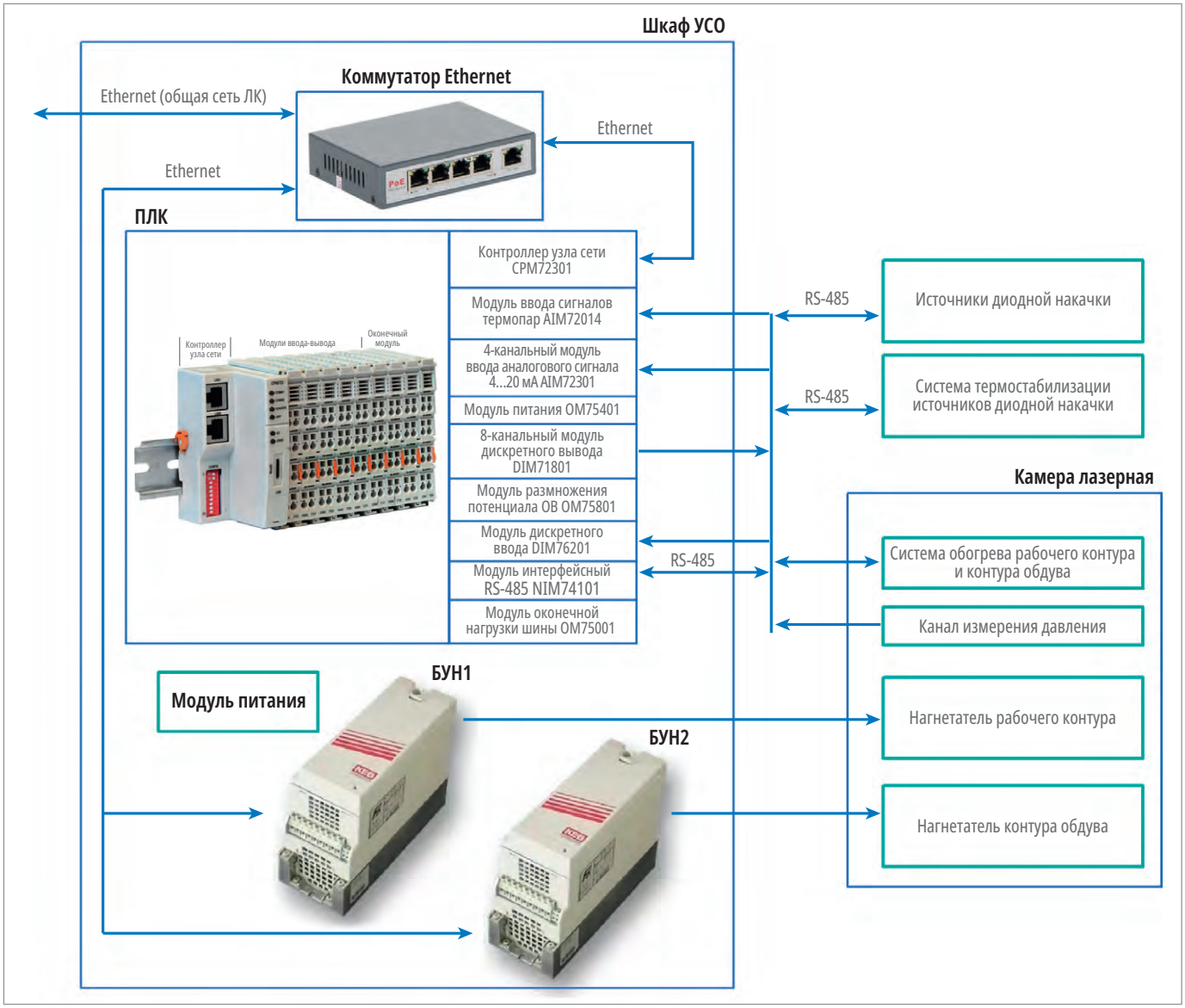


Рис. 4. Структурная схема АСУ лазера на базе ПЛК Fastwel I/O

для управления асинхронным электродвигателем. Программных ресурсов в ПЛК более чем достаточно для управления всеми вышеуказанными системами. Рабочая программа «зашита» в CPM723-01.

С автоматизированного рабочего места оператора АРМ можно удалённо контролировать и управлять работой лазера. Его параметры настройки могут корректироваться с АРМ, а откорректированные параметры можно сохранить в энергозависимой памяти (ЭП) ПЛК. С АРМ можно обновлять программное обеспечение ПЛК, просмотреть и архивировать параметры, сохранить их в файл или загрузить их из файла.

Работа лазера происходит следующим образом. После подачи напряжения ПЛК инициализируется исходными параметрами, необходимыми для поддержки заданных режимов работы лазера. Причём если в ЭП ПЛК имеются параметры, отличные от значений, записанных на этапе разработки алгоритма программного обеспечения, то ПЛК инициализируется параметрами из ЭП ПЛК. После инициализации параметров ПЛК осуществляет проверку фактических параметров работы оборудования лазера. Сбор фактических параметров работы выполняется ПЛК путём опроса модулей аналогового и дискретного ввода Fastwel и данных, получаемых с БУН1 и БУН2. Если фактические параметры не соответствуют заданным, то ПЛК пытается устранить несоответствие. Если устранить несоответствие не получилось, то ПЛК передаёт на АРМ сигнал о неисправности оборудования и записывает фактические параметры для последующего анализа в ЭП ПЛК. Контроль состояния оборудования лазера выполняется ПЛК с момента загрузки заданных параметров до момента отключения питания. Переключение режимов лазера может быть организовано с виртуального выносного пульта управления СПО АРМ. Один каскад лазера – это один контроллер узла сети. Увеличение количества каскадов лазера ведёт соответственно к увеличению количества контроллеров узла сети в лазере.

Применение ПЛК для создания автоматизированной системы параллельного и непрерывного контроля и управления одновременно несколькими технологическими процессами и исполнительными функциональными узлами двухконтурного лазера в режиме реального времени приведено в [2].

АСУ оптического тракта

Оптический тракт в ЛК выполняет следующие основные функции:

- реализация оптических резонаторов для получения лазерных излучений;
- формирование светового пучка с высокой плотностью мощности (фокусировка);

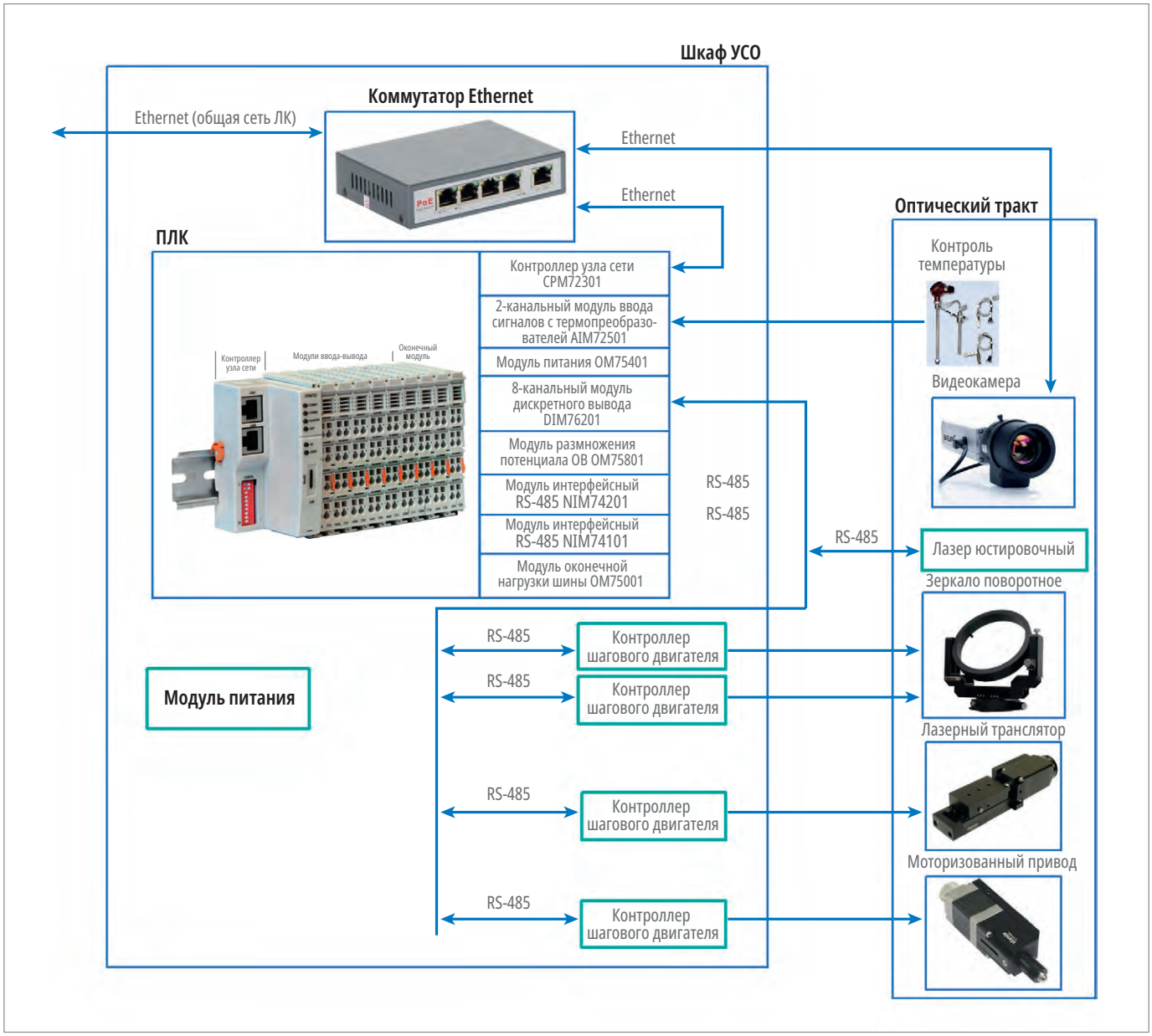


Рис. 5. Структурная схема АСУ оптического тракта

- измерение и контроль параметров лазерного излучения (мощность, расходимость и др.).

Элементы оптического тракта – это лазеры юстировочные, зеркала поворотные, ирисовые диафрагмы, линзы, видеокамеры, экраны, затворы защитные, триппель-призмы и пр. Все вышеперечисленные элементы позволяют построить оптический тракт сложной оптической системы. В линейных трансляторах, моторизованных держателях зеркал, моторизованных приводах присутствуют шаговые двигатели, которыми необходимо управлять. Задача поворота зеркала на заданный угол с заданной точностью сводится к задаче по управлению шаговым электродвигателем. Готовое решение – это применение контроллера шагового двигателя (далее КШД). Фирмы, реализующие на рынке шаговые двигатели, как правило, предлагают к ним блоки управления с сетевыми интерфейсами управления: RS-485; CAN, USB, PROFIBUS, Ethernet и пр. КШД – это готовое решение с сетевым интерфейсом и коммуникационным протоколом (Modbus ASCII, Modbus RTU, Modbus TCP и др.). Структурная схема АСУ оптического тракта представлена на рис. 5.

Для управления элементами и системами оптического тракта ОТ лазера узел сети ПЛК Fastwel I/O может состоять из следующих модулей:

- контроллер универсальный программируемый CPM723-01;
- 2-канальный модуль ввода сигналов термопреобразователей сопротивления AIM72501;
- 8-канальный модуль дискретного ввода DIM76201;
- модуль интерфейсный RS-485 NIM74101;
- модуль интерфейсный RS-232 NIM74201;
- модуль питания OM75401.

К модулю AIM72501 подключаются датчики температуры (термопреобразователи сопротивления) для контроля температуры в оправах лазерных зеркал, ловушек излучения, лучепроводах и пр. Модули интерфейсные NIM74101 и NIM74201 для подключения элементов оптического тракта с сетевыми интерфейсами. Применение ПЛК в управлении оптического тракта позволяет решать такие задачи, как автоматизированная или автоматическая юстировка.

АСУ ОПУ

Система управления ОПУ должна обеспечивать:

- выведение ОПУ в заданную точку пространства по азимуту и по углу места;

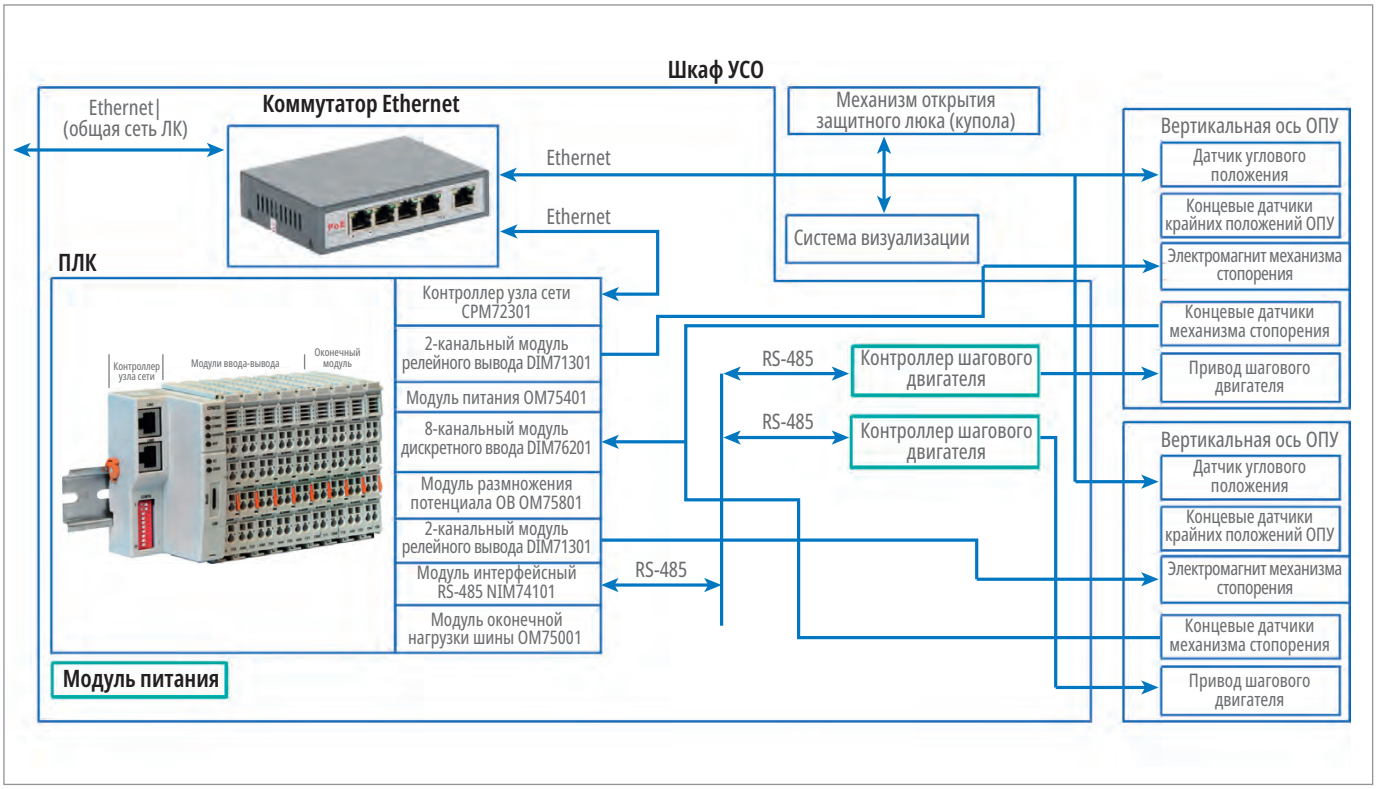


Рис. 6. Структурная схема АСУ ОПУ

- позиционирование ОПУ с заданной точностью;
- управление вспомогательными механизмами и оборудованием.

Основные характеристики ОПУ:

- масса оптико-механической части;
- угол обзора по азимуту и по углу места;
- скорость перемещения зеркала;
- ускорение перемещения зеркала;
- скорость и ускорение при сопровождении;
- точность сопровождения.

В зависимости от массогабаритных параметров зеркала, точности позиционирования и других факторов приводы ОПУ могут быть выполнены на шаговых двигателях с редукторами или на синхронных высокомоментных серводвигателях для перемещения ОПУ по горизонтальным и вертикальным осям.

На рис. 6 приведена структурная схема АСУ ОПУ с приводами на шаговых двигателях.

Для управления элементами и системами ОПУ лазера узел сети ПЛК Fastwel I/O может состоять из следующих модулей:

- контроллер универсальный программируемый CPM723-01;
- 2-канальный модуль релейного вывода DIM71301;
- 8-канальный модуль дискретного ввода DIM76201;
- модуль интерфейсный RS-485 NIM74101;
- модуль интерфейсный RS-232 NIM74201;
- модуль питания OM75401.

Заключение

В настоящее время на российском рынке имеются все необходимые средства автоматизации, в том числе и ПЛК для реализации АСУ лазерных систем на достаточно высоком техническом уровне. Основные российские производители ПЛК: Контар, Овен, Segnetics, Fastwel и др.

Можно привести несколько аргументов в пользу отечественной компании-изготовителя ПЛК и др. средств автоматизации и комплектующих к ним:

- проблема совместимости импортных ПЛК с отечественными инженерными решениями. Например, отечественная промышленность выпускает датчики с выходным токовым сигналом 0…5 мА. У импортных систем ввода/вывода отсутствуют модули ввода под вышеуказанный сигнал;
- условия применения. Здесь нужно учесть географию и условия применения в нашей стране, а также ментальность пользователей и персонала, эксплуатирующего изделие с АСУ (здесь имеются в виду организации, осуществляющие техническое обслуживание, плановый ремонт изделия и т.д.);
- разобщённость между покупателем и производителем. Большинство официальных дилеров известных зарубежных компаний работает (работало) по принципу: «продал и забыл». Техническая поддержка сведена к минимуму (хотя есть и приятные исключения). Серьёзные вопросы для исполнителя (непосредственного разработчика АСУ и эксплуатационных организаций) появляются на этапе разработки КД и эксплуатации системы. Для разработки и эксплуатации изделия с АСУ нужна реальная техническая поддержка;
- наличие полноценной технической документации. Для отечественного разработчика, работающего в системе ЕСКД, очень важно, чтобы на все комплектующие АСУ была необходимая техническая документация. А это значит, что на все элементы АСУ должны быть технические условия (разработанные по ГОСТ 2.114-95), должна быть эксплуатационная документация в соответствии с ГОСТ 2.601-2006 и ГОСТ 2.610-2006. Всё это можно требовать только от отечественного производителя, который выпускает серийную продукцию в необходимом объёме. ●

Литература

1. URL: www.fastwel.ru.
2. Патент на изобретение № 2621616. Двухконтурный лазер и способ его эксплуатации. Шишкин С.В., Карпенко С.В., Резепов И.Н., Миронов Н.О., Вдовкин Л.Н. 2017.
3. Патент на изобретение № 2503105. Лазер с диодной накачкой. Андреев И.В. и др. 2012.

Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru