

## Модернизации систем управления электроприводами и технологической автоматике участка непрерывно-заготовочного стана

В сортопрокатном цехе №1 (СПЦ-1) АО «Оскольский электрометаллургический комбинат им. А. А. Угарова» (АО «ОЭМК») завершен комплекс работ «под ключ» по модернизации систем управления электроприводами и технологической автоматике первой группы клетей участка непрерывно-заготовочного стана (НЗС):

- рабочее проектирование (РД);
- изготовление объектно-ориентированного оборудования;
- стендовые испытания и паспортизация оборудования;
- разработка прикладного программного обеспечения;
- работы по демонтажу / монтажу оборудования;
- пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию;
- обучение персонала Заказчика обслуживанию новой системы управления.

СПЦ-1 был введен в эксплуатацию в 1987 году. Оборудование цеха было спроектировано, поставлено и введено в эксплуатацию фирмой Siemens. СПЦ-1 разделен на технологические участки, на каждом из которых была установлена электронно-вычислительная машина (ЭВМ - Process Rechner / PR) управления технологическим процессом участка. Собственно управление технологией участка осуществляется с автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов участков стана, оснащенных мониторами и мембранной многофункциональной клавиатурой. Мониторы и клавиатуры присоединены к PR посредством специфичной шины параллельного интерфейса. Система визуализации («управление мониторами и клавиатурами»), а также программа управления технологией участка, написана на языке низкого уровня – аналог ассемблера. ЭВМ (PR) участков цеха объединены между собой интерфейсом ТТУ («токовая петля») / протокол 3964(R) и обмениваются данными, организующими прослеживаемость производимой продукции и передачу от участка к участку технологических данных, позволяющих реализовать режимы автоматической работы данного участка в функции операций, произведенных над изделием на предыдущем технологическом участке («цех-автомат»). Исполнительные органы – приводы – механизмов участков реализованы на элементной базе Siemens и управляются либо непосредственно от ЭВМ (PR) участка («главные приводы»), либо от одного или нескольких контроллеров Simatic S5 (вспомогательные приводы), связанных с ЭВМ (PR) участка аппаратными каналами обмена сигналов. Контроллеры Simatic S5 управляют также системами энергоснабжения участка (смазка, вода и пр.) и присоединены к системе регистрации событий/состояния электрооборудования участков цеха (MESY) интерфейсом ТТУ / протокол 3964(R).

Цель модернизации – замена физически и морально устаревших систем управления и автоматике участка НЗС с сохранением согласованной работы вновь установленных систем с действующими старыми системами управления и автоматике участка НЗС и других технологических участков цеха.

Участок НЗС состоит из двух групп прокатных клетей, по четыре клетки каждая, расположенных в две параллельные линии. Управляющая ЭВМ участка – PR-C. Исходная заготовка размером 360x300 mm поступает на участок НЗС с участка блюминга (реверсивная клеть дуо «1000» - предыдущий технологический участок; управляющая ЭВМ участка – PR-B) и, после проката в первой (круг до 125 min / квадрат до 120 min), либо в первой и во второй группах НЗС (круг до 80 min / квадрат до 70 min) передается на участки пил горячей резки (ПГР) первой, либо второй линии линий (последующие технологические участки; управляющие ЭВМ PR-TN, PT-T2 соответственно). Управление участком НЗС производится с двух постов управления: ПУ11 – управление группой I клетей; ПУ12 - управление группой II клетей.

Схема транспортировки заготовки по участку НЗС изображена на рис. 1 – один из экранов АРМ оператора НЗС введенной в работу новой системы управления электроприводами и технологической автоматике участка.

Вход участка НЗС: рольганг перед первой группой клетей (место 1); выход участка НЗС: рольганг за первой группой клетей (место 5) и рольганг за второй группой клетей (место 10). Технологические места

заготовки на участке НЗС выделены на рис. 1 (экранах АРМ оператора) прямоугольниками серой заливки, номера мест обозначены цифрами в левом верхнем углу соответствующего прямоугольника. В случае занятости места границы прямоугольника и номер места маркируются красным цветом.

Перекалывание заготовки между линиями проката осуществляется двумя перекалывающими устройствами – шлепперами: №1 – за первой и №2 – за второй группами клетей – в функции прокатываемого сортамента (плана/планов прокатки) и выбора линии ПГР. Перемещение шлеппера осуществляется с непрерывным контролем позиции и возможностью остановки в промежуточной позиции (место 6 для шлеппера №1; место 11 – для шлеппера №2). Отметим, что для перекалывания, например, с места 3 на место 7 заготовка должна быть автоматически остановлена в одной из пяти (в функции длины) точек позиции 3 для правильного размещения заготовки относительно гребёнки шлеппера. Подобное требование, но уже для 3-ех точек останова, имеет отношение к местам 5 и 9 позиций заготовки.

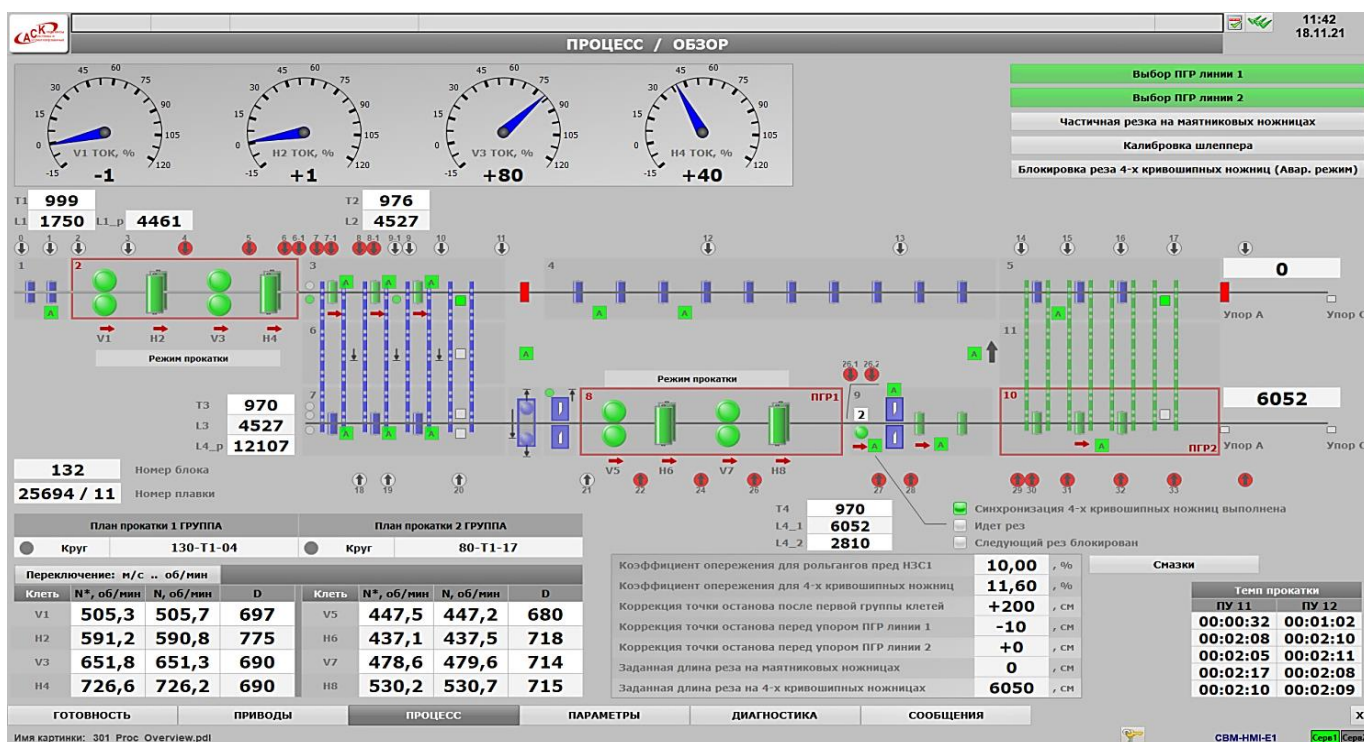


Рис 1. Схема транспортировки заготовки по участку НЗС.

При прокатке через вторую группу клетей заготовка размерами более 65 метров разрезается на две части на 4-ех кривошипных ножницах, установленных за второй группой, для обеспечения возможности передачи раската на ПГР линии 1. Длина мерного реза задается оператором. В случае, если рез на 4-ех кривошипных ножницах невозможен, производится мерный рез на маятниковых ножницах, установленных перед второй группой клетей. В обоих случаях длины двух частей разрезанной заготовки передаются на управляющие ЭВМ PR-TN, PT-T2 соответствующего участка пил для автоматической расстановки пил в положения, обеспечивающие рез на товарные длины с минимальной обрезью.

Перед второй группой клетей установлен также кантователь, предназначенный для поворота (кантовки) квадратной заготовки на  $45^{\circ}$ . Кантовка производится автоматически при распознавании системой идентификатора (ID) профиля заготовки (ID = «квадрат»).

Структурная схема комплекса технических средств (КТС) после проведения модернизации систем управления электроприводами и технологической автоматикой первой группы клетей участка НЗС приведена на рис.2.

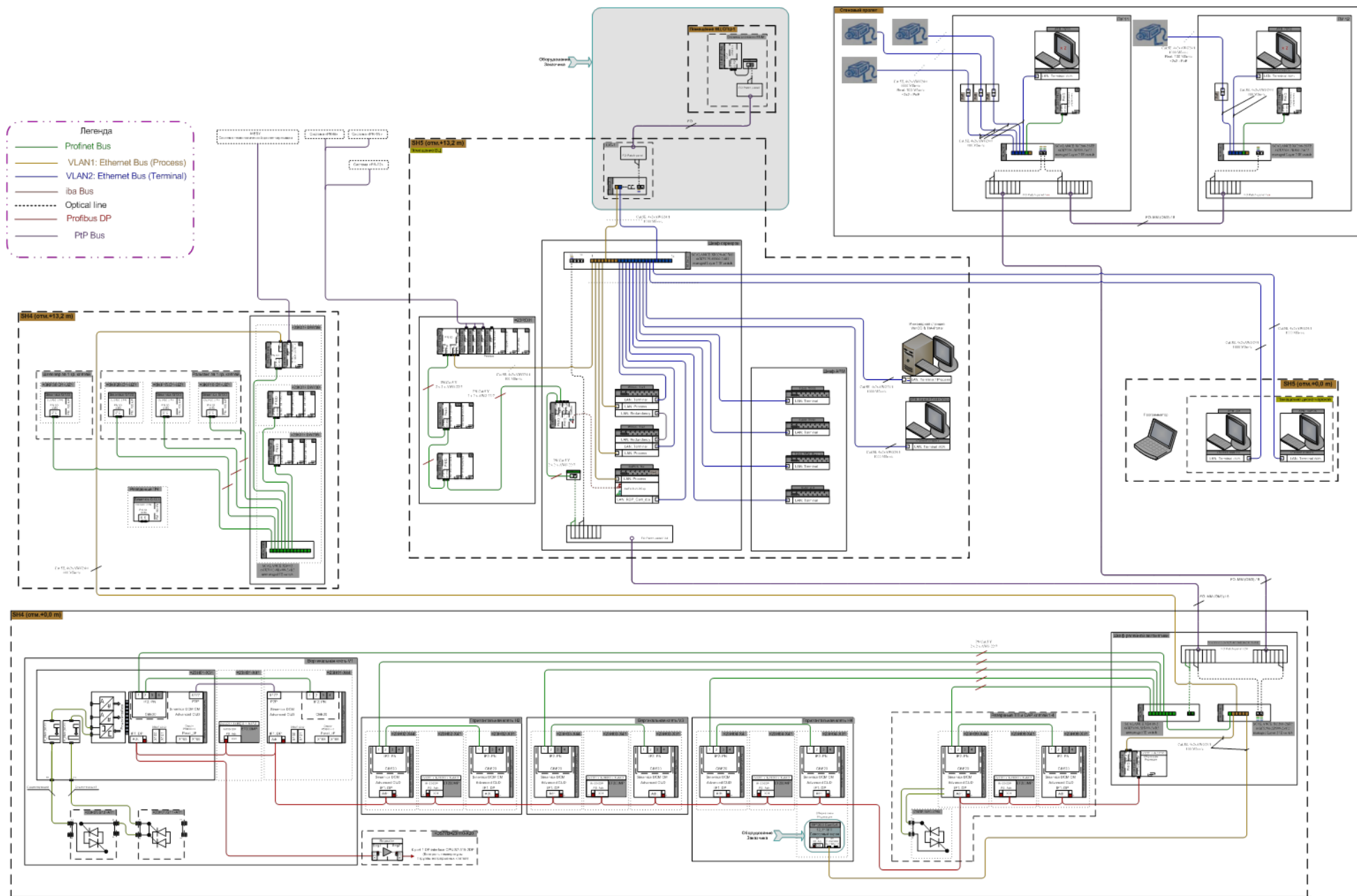


Рис. 2. Структурная схема КТС модернизации систем управления электроприводами и технологической автоматикой первой группы клеток участка НЗС

В ходе модернизации была произведена замена следующего оборудования:

1. ЭВМ PR-C (технологический номер 23RC01) управления технологическим процессом участка.

Полная замена.

Реализация: комплект шкафов контроллера 23RC01 систем управления первой и второй группой клетей участка непрерывно-заготовочного стана (2 шкафа: 23RC01+JW01 – шкаф CPU на базе контроллера Simatic S7-1500 (CPU1518-4PN/DP) и устройств распределенной периферии ET200MP (IM 155-5 PN ST); 23RC01+X211 – шкаф кроссовый).

Установка: на места демонтированных шкафов ЭВМ PR-C.

2. Пульты управления ПУ11 и ПУ12.

Полная замена.

Реализация: пульт управления трехтумбовый, органы оперативного управления / индикации, встроенная полевая станция ET200MP (IM 155-5 PN ST), АРМ ПУ - тонкий клиент - на базе t640 Thin Client (+клавиатура/мышь), два монитора 27".

Органы управления/индикации приводов и системы НЗС, не охваченных модернизацией, перенесены на новые ПУ.

Установка: на места демонтированных пультов.

3. Контроллер управления транспортом первой группы клетей НЗС Simatic S5-150 А/К (23K01 – вспомогательные привода).

Частичная замена (сохранены панели источников питания, распределения и контроля).

Реализация: комплект 3-ех панелей на базе контроллера Simatic S7-1500 (CPU1515-2PN) и устройств распределенной периферии ET200MP (IM 155-5 PN ST).

Установка: на места демонтированных панелей.

4. Электропривода первой группы клетей НЗС.

Клетки 1, 3 – вертикальные; привод валков от двух соединенных последовательно двигателей постоянного тока 675 kW / 420 V / 1700/3400 А; клетки 2, 4 – горизонтальные; привод валков от одного двигателя постоянного тока 1485 kW / 855 V / 1885/3430 А.

Произведены:

замена систем управления (СУ) Simadyn-C электроприводами постоянного тока клетей первой группы НЗС (клетки 1 – 4) с сохранением существующих силовых вентильных секций;

- замена резервной системы управления, предназначенной для работы взамен любой из новых СУ электропривода клетки 1 – 4;
- замена четырех шкафов переключения на резервный комплект (коммутация цепей якорей).

Реализация: для каждого из приводов клетей 1 – 4 - сборка из трех шкафов двухстороннего обслуживания:

– Шкаф с микропроцессорным модулем управления для электропривода постоянного тока Sinamics DCM Control Module (CM) производства фирмы SIEMENS, работающий на существующую силовую вентильную секцию якорной цепи. Подключение импульсов управления тиристорами производится существующим кабелем через усилитель-формирователь импульсов, модель SA35 (63.585.002.911), и плату сопряжения 63.585.002.902, имеющую такую же ответную часть разъема, как и в существующей СУ

Simadyn C. Устройства SA35 и плата сопряжения 63.585.002.902 разработаны на предприятии «АСК».

– Шкаф возбудителя на базе комплектного нереверсивного цифрового электропривода Sinamics DCM, контактор цепи возбуждения, релейная часть управления, источники питания, вводной автомат.

– Шкаф устройств связи с объектом на базе полевой станции ET200MP (IM155-5DP).

Установка: на места демонтированных шкафов СУ Simadyn-C клетей 1 – 4.

Сигналами обратной связи по скорости для цифровых электроприводов являются вновь установленные импульсные датчики скорости (IGR) с встроенными электронными ограничителями скоростей. Тахогенераторы выведены из работы.

Для каждой из четырех новых систем управления приводом клетки НЗС дополнительно установлены:

– ящик измерения сетевого напряжения;

– набор плат и проводов для контроля предохранителей существующей силовой вентильной секции (блоки контроля предохранителей Siemens 6RA3101-5DM03 силовой части в цепи якоря выведены из работы);

– комплект датчиков контроля потока воздуха в тиристорных шкафах силовых секций с кабелями для подключения и фитингами для установки (датчики IFM SI5006).

Произведена замена быстродействующих выключателей цепи якоря на выключатели ВАБ-206-4000/10-УХЛ4, производства «Трансэлектроаппарат». Введены в работу пять ВАБ-206-4000/10-УХЛ4 (4 – в составе щитов управления электроприводами первой группы клетей НЗС; 1 – в составе щита резервного привода клетки).

Резервная система реализована в виде сборки из трех шкафов с СУ резервного привода, построенной аналогично СУ приводов клетей 1 – 4, к которой присоединены шкаф с силовой реверсивной вентильной секцией СВПР-3150-1250 производства ЗАО «АСК», предназначенной для работы на якорную цепь любого из четырех приводов клетей 1-4, а также шкаф с контактором цепи якоря. Для резервной системы управления введен в работу новый трансформатор питания возбудителя.

Установка: на место демонтированных шкафов старой резервной системы; трансформатор питания возбудителя – новое место установки, определенное в ходе проектирования.

Четыре новых шкафа переключения на резервный комплект оснащены шинными сборками и двумя переключаемыми посредством болтовых соединений шинными перемычками, предназначенными для подключения к полюсам [L+] и [L-] цепи якоря силовой вентильной секции основного либо резервного преобразователя. Требуемые при переключении на резервный комплект коммутации цепей обмоток возбуждения, сигналов обратной связи по скорости производятся в соответствующих шкафах СУ основных устройств, причем разъемное соединение имеет кодовую перемычку, индивидуальную для конкретного основного комплекта (например, «a1-b1» для основной СУ клетки 1), что позволяет автоматически активировать один из четырех наборов параметров, определяющих настройки резервной СУ на выбранную клетку и соответствующие настройки возбудителя резервной системы. Контроль за правильностью переключения производится в новом шкафу релейной автоматики / сборки схем приводов и энергосистем клетей

Установка шкафов переключения: на места демонтированных старых шкафов.

5. Шкаф релейной автоматики/сборки схем приводов и энергосистем первой группы клеток (1-4) НЗС.

Полная замена.

Реализация: шкаф двухстороннего обслуживания со встроенным контроллером Simatic S7-1500 (CPU1511-1PN) сборки схем СУ приводов клеток 1-4. Контроллер сборки схем присоединен к новым СУ приводов по шине Profibus. На одной створке передней двери шкафа расположена мнемосхема сборки цепей питания электродвигателей приводов клеток 1 – 4 с органами управления / индикации состояния силовых коммутационных элементов, включая цепи сборки при работе приводов с резервным комплектом; на второй створке передней двери – органы управления / индикации состояния систем энергоснабжения первой группы клеток: механизмов вентиляционной станции первой группы клеток, механизмов станции маслоснабжения электродвигателей валков клеток.

Установка шкафа: на места демонтированного старого шкафа.

6. Шкафы систем управления электроприводами переменного тока рольганга за первой группой клеток НЗС.

Полная замена.

Взамен старых систем управления установлен комплект из трех новых шкафов управления электродвигателями переменного тока рольганга (23FK10, 23FK15, 23FK20) на базе цифровых преобразователей частоты SINAMICS G120 (160 kW) с модулем управления CU240E-2 PN. Электродвигатели рольганга, распределенные на 6 групп, подключаются к трем шкафам управления по две группы через 6 новых рольганговых ящиков, установленных в линии стана на места демонтированных старых ящиков.

7. Шкаф систем управления электроприводом переменного тока шлеппера за первой группой клеток НЗС.

Полная замена.

Установлен шкаф 23FK30 на базе цифрового преобразователя частоты SINAMICS G120 (160 kW) с модулем управления CU240E-2 PN.

Шкафы цифровых преобразователей частоты установлены на местах старого демонтированного оборудования.

Дополнительно установлен шкаф резервного цифрового преобразователя частоты 23FK40 - SINAMICS G120 (160 kW).

Для организации нового человеко-машинного интерфейса участка НЗС в помещении вычислительного центра (ВЦ) СПЦ-1 установлены шкаф серверный и шкаф системных блоков АРМ участка. SCADA-система – WinCC.

Архитектура системы: клиент/сервер с функцией горячего резервирования серверов (REDUNDANCY). Для REDUNDANCY использована физически выделенная LAN.

Аппаратная реализация клиентов WinCC – автоматизированных рабочих мест (АРМ) – «тонкий клиент». Системные блоки АРМ размещаются в шкафу системных блоков, установленном рядом со шкафом серверов HMI.

В шкафу серверов установлен также сервер регистрации данных процесса – сервер системы iBaPDA с предустановленным программным обеспечением iBaPDA-V6-unlimited (лицензия на неограниченное количество регистрируемых сигналов), лицензией на интерфейс для регистрации сигналов с контроллера S7-1500 и программным обеспечением для присоединения к серверу

ibaPDA видеокамер с синхронизацией записи видеокладов с записью регистрируемых сигналов. 4 видеокамеры AXIS установлены в линии стана. Для питания видеокамер использованы инжекторы PoE – передача напряжения питания по кабелю Ethernet.

Серверный шкаф оснащен источником бесперебойного питания, от которого запитаны WinCC-серверы, сервер ibaPDA и системные блоки АРМ шкафа системных блоков АРМ.

Новая система человеко-машинного интерфейса (HMI) участка НЗС включает следующие АРМ («тонкий клиент»):

- АРМ оператора ПУ11 (два монитора) – на новом ПУ11 (линия стана);
- АРМ оператора ПУ12 (два монитора) – на новом ПУ12 (линия стана);
- АРМ дежурного электрика – в помещении дежурного персонала (SH4: отм.+0,0 m);
- АРМ персонала ВЦ – в помещении ВЦ (SH5: отм.+13,2 m);
- АРМ системы ibaPDA - в помещении диспетчерской участка НЗС (SH4: отм.+0,0 m).

Для контроля за работой и текущей эксплуатации WinCC-серверов участка АРМ-клиентов WinCC, вновь установленных контроллеров Simatic S7-1500 в помещении ВЦ установлена инженерная станция с предустановленным программным обеспечением SIMATIC WINCC V7.5, RC CLIENT и TIA-Portal.

Вновь установленные в ходе модернизации контроллеры 23RC01 - управления технологическим процессом участка; 23K01 - управления транспортом первой группы клеток НЗС, вспомогательными приводами и системами; контроллер сборки схем приводов, объединены шиной VLAN1 Ethernet Bus (Process) с новой системой HMI и управляют вновь установленными системами управления по шинам Profinet (Profibus для «медленных» сигналов сборки схем приводов клеток 1 – 4). Системы управления части механизмов участка, которые не были затронуты модернизацией, подключены к контроллерам по каналам дискретных / аналоговых сигналов.

**Таким образом, в результате модернизации на технологическом участке НЗС СПЦ-1 введен в работу новый программно-аппаратный комплекс АСУ, интегрированный в общую АСУ СПЦ-1, поддерживающий обмен данными с существующими системами АСУ предыдущего (реверсивная клетка дуо «1000») и последующих (участки ПГР первой и второй линии) технологических участков, а также (через управляемый коммутатор) – с системой слежения PR-M цеха. Технические решения, апробированные и внедренные в ходе модернизации, могут быть использованы для проведения дальнейших модернизаций существующих АСУ технологических участков цеха с сохранением согласованной работы новых систем автоматизации с действующими системами управления.**

#### В заключение – о сроках реализации.

Проектирование (включая разработку программного обеспечения), изготовление оборудования, интеграционный тест, поставка: 09.02.2021 – 20.09.2021 (оборудование на площадке Заказчика); 7,5 месяцев.

Работы по демонтажу / монтажу оборудования, пусконаладочные работы и холодные испытания (комплексная проверка работоспособности вновь смонтированного оборудования без металла) проводились в период остановки стана на капитальный ремонт.

Демонтаж / монтаж оборудования был произведен в период с 29.09.2021.11:00 по 01.10.2021.20:00.

Проведение демонтажных / монтажных работ в предельно сжатые сроки стало возможным благодаря предварительно проведенной подготовке к работам – расстановка оборудования вблизи монтажных мест, предварительная раскладка нового кабеля по лоткам до точек подключения – а

также благодаря высокому профессионализму специалистов монтажной организации – АО «Сервисавтоматика», г. Нижний Тагил, привлеченной ЗАО «АСК» в качестве субподрядчика на эти работы.

Пусконаладочные работы и холодные испытания проводились специалистами ЗАО «АСК» в период с 01.10.2012.20:00 по 05.10.2012.03:00.

**Общее время работ по демонтажу / монтажу, пусконаладочных работ и холодных испытаний вновь смонтированного оборудования составило 133 часа (141 час – по контракту).**

В период с 05.10.2021 по 15.10.2021 проводилась отладка функций нового программно-аппаратного комплекса АСУ участка НЗС при прокате различного сортамента.

С 15.10.2021 по 18.10.2021 были успешно проведены горячие испытания, подтвердившие бесперебойную работу нового оборудования в течение 72 часов в автоматическом режиме. Оборудование было передано в промышленную эксплуатацию.

На всех этапах проведения комплекса работ «под ключ» по модернизации систем управления электроприводами и технологической автоматики первой группы клеток участка НЗС специалистам ЗАО «АСК» оказывали техническую и организационную поддержку специалисты-технологи и руководители СПЦ-1 АО «ОЭМК им. А. А. Угарова», участка ЦТОиР ПП по ремонту силового оборудования СПЦ-1, участка ЦТОиР ПП по ремонту оборудования автоматизации СПЦ-1, участка УГА, ООО «Металло-Тех», регионального ИТ-центра ООО «Джи Эс Эй Групп», управления мониторинга обеспечения комбината. Это взаимодействие явилось одним из главных факторов, определивших успешное завершение модернизации.

Материалы тех совета:

*Быков Д. В., Ворожейкин Д. А., Капустин В. Б., Кочергин С. Н., Русин А. Е.*