

МНОГОДВИГАТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЛИТЕЙНОГО КРАНА (ОПЫТ РАЗРАБОТКИ, НАЛАДКИ И ВНЕДРЕНИЯ)

Введение. Литейные мостовые краны являются основным подъёмно-транспортным оборудованием, которое используется на металлургических предприятиях для транспортировки, заливки и разлива жидкого металла. В основном они применяются для заливки расплавленного чугуна в конвертеры или в загрузочный пролёт электрической печи, а также для транспортировки ковша с расплавленной сталью на приёмное устройство или для транспортировки расплавленной стали на установку печь-ковш для дальнейшего рафинирования металла.

Литейные краны предназначены для обслуживания технологического процесса конвертерных и электросталеплавильных цехов металлургических предприятий и рассчитаны на тяжёлый и весьма тяжёлый режим работы, который включает высокие, связанные с технологией производства, статические, динамические и ударные нагрузки.

Основные решения и результаты. Вышесказанное полностью относится к предназначенному для работы в электросталеплавильном цехе литейному крану грузоподъемностью 275+70/16т, электроприводы и автоматизированная система управления которого разработаны, поставлены, и после наладки введены в действие в течение 19 месяцев 2011-2012 гг. специалистами ЧАО «Тяжпромавтоматика» на металлургическом заводе «Донецксталь-МЗ».

Конструкция четырехбалочного крана показана на рис.1. Две главные и две вспомогательные балки соединены с концевыми балками. По главным балкам перемещается главная тележка, по вспомогательным — вспомогательная.

Основные механизмы крана – главный подъем на главной тележке, вспомогательные подъемы на вспомогательной тележке и механизм передвижения крана.

Главная тележка с помощью механизма подъема перемещает ковш с расплавленным металлом, вспомогательная тележка при помощи вспомогательного подъема поворачивает ковш при разгрузке.

Учитывая назначение литейного крана, основным требованием к электрооборудованию следует считать обеспечение высокой надежности при выполнении всех технологических операций и минимизация unplanned простоев. Исходя из этого, а также, используя ранее полученный нами опыт разработки электроприводов крановых механизмов, приняты основные решения при выборе элементов электрооборудования.

Электроприводы. Для электроприводов механизмов крана применены асинхронные короткозамкнутые электродвигатели фирмы Siemens.

Для электропривода передвижения крана использованы четыре электродвигателя серии SIMOTICS SD 1LG4, 45кВт, 1000об/мин [1]. Механизм передвижения главной тележки оснащен двумя электродвигателями этой же серии, но 37кВт, 1000об/мин, а механизм передвижения вспомогательной тележки – одним электродвигателем этой же серии, но 15кВт, 1000 об/мин. Электродвигатели передвижения тележек имеют встроенные тормоза.

Механизм главного подъема приводится двумя электродвигателями серии SIMOTICS N-compact, 250кВт, 1000об/мин, механизм первого вспомогательного подъема – одним электродвигателем этой же серии, но 160кВт, 750об/мин, а механизм второго вспомогательного подъема – одним электродвигателем, полностью идентичным приводным электродвигателям механизма передвижения крана, но с принудительной вентиляцией.

Питание и регулирование скорости приводных электродвигателей производится от преобразователей частоты по системе ПЧ-АД. Применены рекуперативные преобразователи частоты – фирмы Siemens, серии SINAM-ICS S120 в модульном исполнении [2].

Однолинейная схема питания частотных электроприводов крана показана на рис.2

Схема питания частотных преобразователей выполнена с общим звеном постоянного тока, это звено состоит из двух параллельно включенных рекуперативных преобразователей. В состав каждого из этих преобразователей входят активный интерфейсный модуль (2.1UZ1, 2.2UZ1) и модуль рекуперативного выпрямителя (2.1UZ2, 2.2UZ2). Электроприводы крана объединены в две группы, каждая из которых подключена к одному из преобразователей. При аварийном выходе из строя любого из модулей указанных преобразователей питание всех электроприводов крана можно осуществить от одного преобразователя (рубильники 2QS1, 2.1QS1, 2.2QS1), при этом работоспособность крана сохраняется, но с некоторым снижением производительности.

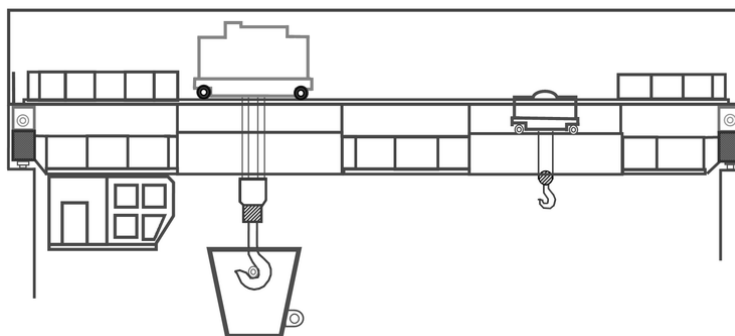


Рис.1. Литейный кран

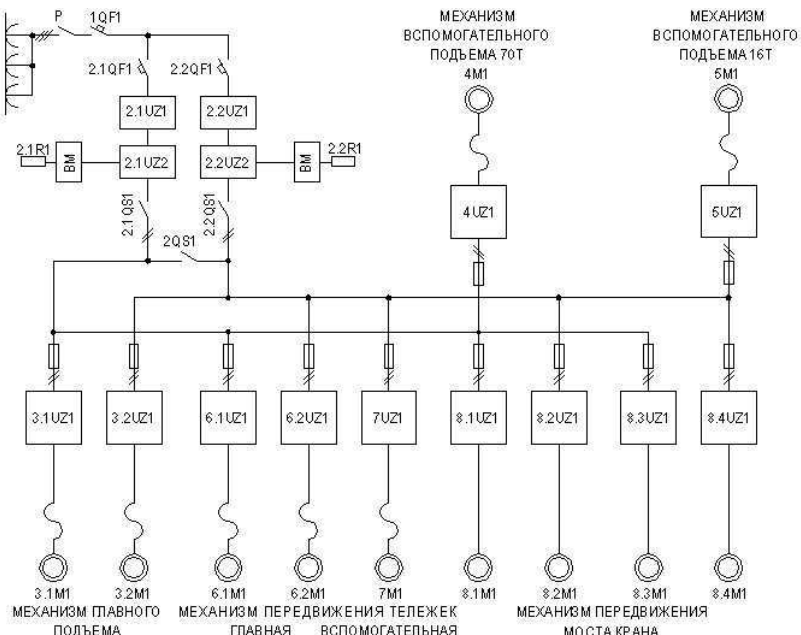


Рис.2. Однолинейная схема электроприводов литейного крана

Для обеспечения повышенной надежности электроприводов все электродвигатели механизмов крана получают питание от индивидуальных инверторов напряжения. Инверторы напряжения электроприводов главного подъема 275т 3.1UZ1 и 3.2UZ1 и вспомогательного подъема 70т 4UZ1 имеют типоразмер формата шасси, а инверторы электроприводов вспомогательного подъема 16т 5UZ1, механизмов передвижения тележек 6.1UZ1, 6.2UZ1, 7UZ1 и передвижения крана 8.1UZ1, 8.2UZ1, 8.3UZ1 и 8.4UZ1 – книжного формата.

Для предотвращения неуправляемого движения груза при внезапном исчезновении напряжения на питающих троллеях крана предусмотрено динамическое торможение работающих электроприводов с помощью тормозных модулей ВМ и внешних тормозных резисторов 2.1R1 и 2.2R1.

Управление, обмен данными и информация состояния активных интерфейсных модулей, рекуперативных выпрямителей и инверторов осуществляется модулями управления CU320. Каждый модуль CU320 управляет определенной группой электроприводов и имеет карту памяти для сохранения конфигурации построенной сети, параметров настройки приводов. Обмен данными между активными интерфейсными модулями, рекуперативными выпрямителями, инверторами и модулями CU320 производится по сети DRIVE-CLIQ в соответствии с выбранной структурой управления.

Система автоматического регулирования частоты вращения электродвигателей построена по принципу векторного управления: с датчиком обратной связи по скорости – для электроприводов главного и вспомогательных подъемов и безсенсорная – для электроприводов передвижения крана и тележек.

Механизмы всех подъемов и передвижения крана оснащены дисковыми тормозами с гидравлическими толкателями, механизмы передвижения обеих тележек – встроенными в электродвигатели дисковыми тормозами. На канатном барабане главного подъема установлены аварийные тормоза.

Система управления. Автоматизированная система управления электроприводами крана построена по трёхуровневой схеме. Нижний уровень составляют преобразователи частоты, датчики и исполнительные механизмы. Средний уровень – основной программируемый логический контроллер (ПЛК). Верхний уровень определяют операторские панели с сенсорным управлением.

В качестве основного управляющего ПЛК использован контроллер фирмы Siemens серии S7-300 [3]. Этот ПЛК конструктивно состоит из двух частей:

- основная, содержит центральный процессор, коммуникационный процессор Profibus, интерфейсный модуль расширения и часть модулей ввода/вывода;
- удаленная, в кабине машиниста, в нее входят модули ввода/вывода, обеспечивающие прием сигналов от органов управления кресла-пульта крановщика и управление светосигнальной и осветительной аппаратуры.

В систему управления входят четыре основные подсистемы: подсистема управления, подсистема визуализации, подсистема общей диагностики и подсистема диагностики состояния основных подшипниковых узлов.

Основная подсистема управления выполняет следующие функции:

- формирование сигналов для управления режимами работы всех механизмов крана, в соответствии с командами машиниста, в том числе сигналов, обеспечивающих синхронную работу главного и одного из вспомогательных подъемов и синхронную работу главной и вспомогательной тележки;
- изменение конфигурации силовой схемы многодвигательного электропривода при необходимости и соответствующее изменение параметров отдельных электроприводов;

- управление аппаратной подготовкой электроприводов к работе – включение управляемых силовых аппаратов, контроль всех видов напряжения питания;

- сбор и обработка информации о состоянии неуправляемых аппаратов схем управления и т.п.

Подсистема визуализации управления предназначена для создания информационного обеспечения процесса управления механизмами крана с использованием мнемосхем электрооборудования. Эта подсистема построена с использованием двух мультифункциональных операторских панелей с сенсорным управлением типа MP277 фирмы Siemens.

Подсистема диагностики обеспечивает формирование предупреждающих и аварийных сообщений о состоянии электроприводов и релейно-контакторной аппаратуры в процессе работы, а также формирует архив указанных сообщений на протяжении требуемого срока длительности.

Примененная впервые на таком объекте подсистема диагностики состояния подшипниковых узлов механизмов крана построена по двухуровневой схеме. Нижний уровень составляют датчики температуры и измерительные преобразователи. Верхний уровень этой подсистемы - дополнительный ПЛК. В качестве этого ПЛК использован программируемый контроллер фирмы Siemens серии S7-300. Этот ПЛК осуществляет обработку сигналов, поступающих от датчиков температуры и по сети MPI передаёт их в основной ПЛК системы управления электроприводами крана. Значения температуры выводятся на операторские панели системы управления краном.

Обмен информационными и управляющими сигналами между основным ПЛК, преобразователями частоты, операторскими панелями и дополнительным ПЛК проводится по сети Profibus DP.

Результаты наладки. Наладка электроприводов и системы управления проведена в сжатые сроки частично с использованием программ автонастройки, входящих в программное обеспечение преобразователей частоты, и частично используя опыт наладки подобных механизмов, исходя из получаемых результатов.

Особое внимание уделялось наладке систем регулирования скорости. Так, инверторы электродвигателей всех механизмов подъема настроены в режим векторного управления с использованием импульсных датчиков скорости электродвигателей, а регуляторы скорости этих электродвигателей - пропорционально-интегральные.

В то же время остальные инверторы электроприводов введены в режим векторного безсенсорного управления, регуляторы скорости многодвигательных электроприводов передвижения главной тележки и крана - пропорциональные, а регулятор скорости электропривода передвижения вспомогательной тележки – пропорционально-интегральный, и имеет относительно невысокое быстродействие.

Опыт наладки электроприводов механизмов передвижения крана и тележек показал, что иметь быстродействующий ПИ регулятор скорости нецелесообразно, а целесообразнее иметь пропорциональные регуляторы.

Результаты наладки электропривода главного подъема видны на осциллограммах рис.3, 4.

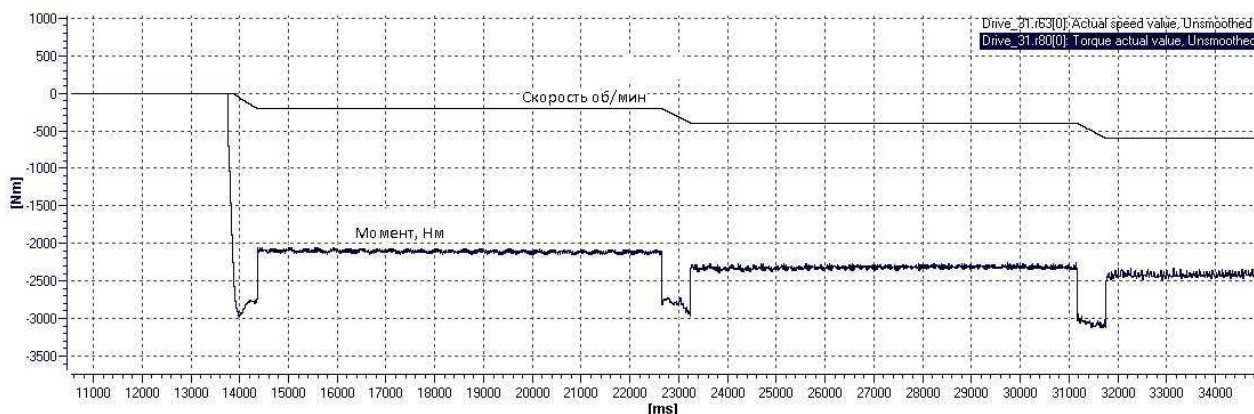


Рис.3. Разгон электропривода главного подъема

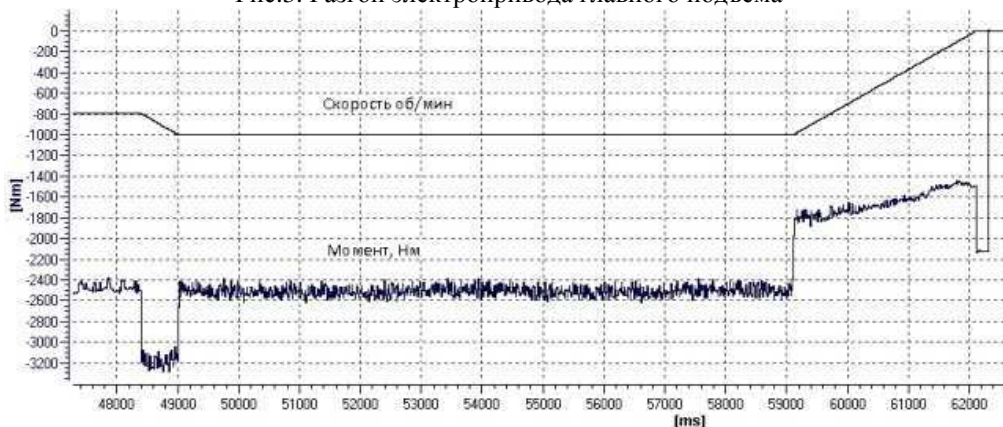


Рис.4. Подрагон и торможение электропривода главного подъема

Особое внимание потребовала наладка систем управления электромеханическими тормозами электроприводов подъема.

Управление тормозами каждого механизма подъема осуществляется программным обеспечением соответствующего инвертора. Существующий в программе алгоритм этого управления потребовал при наладке некоторой корректировки. В начальный момент пуска электропривода происходит нарастание тока намагничивания электродвигателя, при этом задание на скорость на входе задатчика интенсивности равно нулю. Только по истечении определенного времени и при условии достижения намагничивающим током заданного значения программа выдает команду «открыть тормоз» на соответствующий релейный выход.

«Закрытие» тормоза происходит в следующем порядке: после подачи команды на остановку электропривода производится снижение скорости в соответствии с темпом задатчика интенсивности ЗИ. При достижении определенного, но не нулевого значения скорости (около 5-10% от номинального), выдается команда «закрытие» тормоза. При наладке подобных систем следует иметь в виду, что с момента подачи команды на «закрытие» тормоза до момента фактического его срабатывания проходит определенное время, оно зависит от механических и электромеханических процессов в системе управления. Это время следует учитывать при коррекции программы работы системы торможения в режимах пуска и останова. Неточная коррекция может приводить к «откатам» груза при трогании или остановке, как показано на осциллограмме рис. 5. Нормальная работа системы управления тормозом показана на осциллограмме рис.6 .

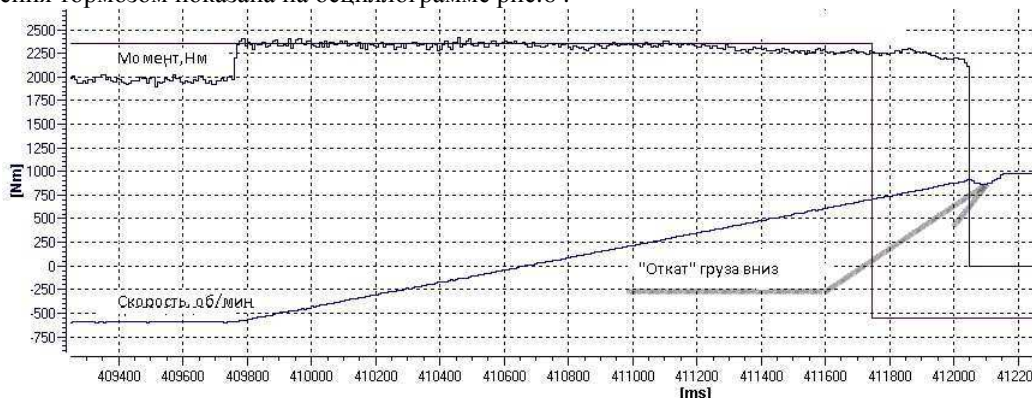


Рис.5. Торможение электропривода подъема (коррекция неточна)

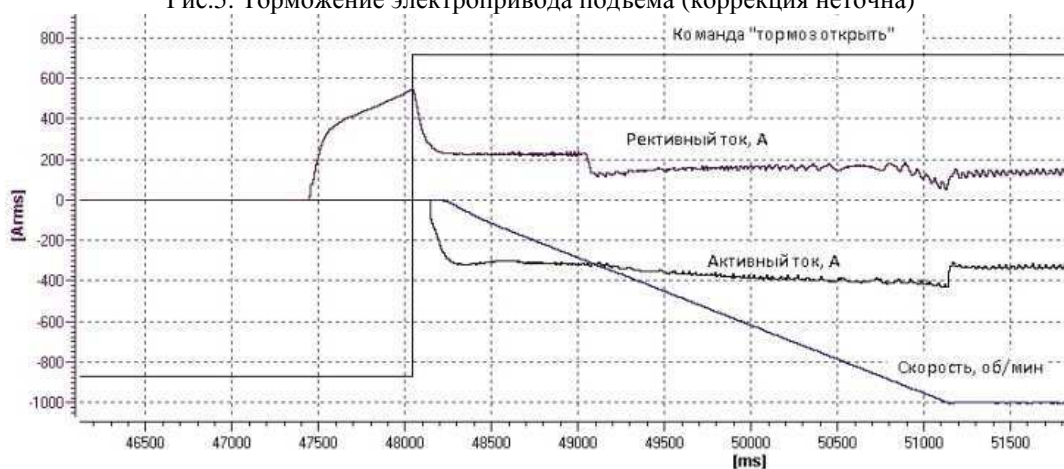


Рис.6. Трогание электропривода главного подъема

Выводы.

1. Разработаны электроприводы и система автоматизированного управления для литейного крана г/п 275+70/16 тонн.
2. Проведена наладка электрооборудования и кран введен в промышленную эксплуатацию.
3. Основные технические решения, опыт разработки проектной документации, изготовления и наладки электрооборудования литейного крана могут быть использованы при выполнении подобных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. SIEMENS. SIMOTICS Low-Voltage Motors. Frame sizes 63 to 450. Power range 0,09 to 1250kW. Catalog D 81.1 January 2012
2. SIEMENS. SINAMICS S120 Chassis Format Units and Cabinet Modules. SINAMICS S150 Converter Cabinet Units. Catalog D 21.3 – 2009
3. SIEMENS. Products for Totally Integrated Automation and Micro Automation. Catalog News ST 70 N – 2010