

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ И УПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛОВОГО ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА

К.В. Коровин

Технология выполнения погрузочно-разгрузочных, строительно-монтажных и аварийных работ в различных отраслях промышленности, предусматривает широкое применение как специализированных, так и универсальных грузоподъемных механизмов. Наиболее распространенными универсальными машинами по подъему и перемещению грузов являются стреловые грузоподъемные краны, относящиеся к объектам повышенной опасности.

Для предотвращения травмирования эксплуатирующего персонала при опрокидывании крана или разрушении элементов его конструкций из-за перегрузки при подъеме груза, предусмотрено обязательное оснащение кранов приборами и устройствами безопасности (ПБ).

Эти приборы реализуют функции защиты крана от перегрузки, от столкновений с различными препятствиями при работе в стесненных условиях и защиты от опасного приближения к линии электропередачи, выполняя отключение движений механизмов крана в случае превышения номинальной грузоподъемности крана (ограничитель грузоподъемности), при перемещении стрелы или грузозахватного органа крана в зону недопустимых положений (координатная защита) и при опасном приближении к линии электропередачи.

Приборы безопасности в подавляющем большинстве случаев выпускаются приборостроительными предприятиями на основе унифицированных электрических и электронных приборов и узлов и, как правило, являются универсальными, устанавливаемыми на различные типы кранов. Как правило, прибор безопасности содержит электронный блок с элементами индикации и органами управления, к которому по радиальной схеме (при помощи отдельных проводов) подключены блок выходных реле, датчик угла наклона стрелы, датчик азимута, датчики для определения усилия (преобразователи давления или датчик усилия), датчик длины стрелы (для кранов с телескопической стрелой) и датчик опасного приближения к ЛЭП.

Блок-схема прибора безопасности такого типа приведена на рис. 1.

Электронный блок производит опрос датчиков, вычисляет степень загрузки крана по грузовому моменту, определяет фактическое положение грузоподъемного оборудования крана, производит сравнение этого положения с заданной зоной допустимых положений, а также формирует сигналы блокирования управления механизмами крана в случае перегрузки крана по грузовому моменту и

выхода грузоподъемного (стрелового) оборудования из зоны допустимых положений (координатная защита).

Отключение осуществляется, как правило, при помощи клапана (гидравлического распределителя) с электрическим управлением, включенного в гидравлическую систему крана и обеспечивающего, кроме ее разгрузки, предохранение гидропривода от превышения установленного давления и, при необходимости, ограничение скорости его нарастания.

Сложившаяся схема, при всей ее простоте и экономичности, обладает рядом принципиальных недостатков.

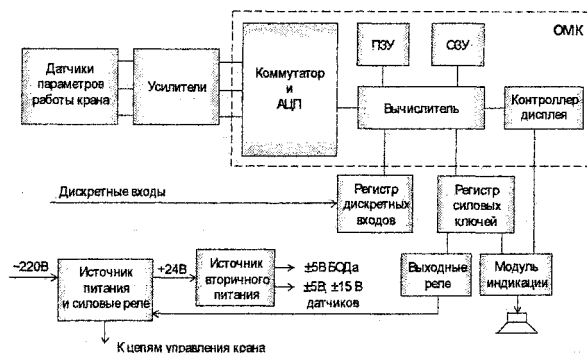


Рис. 1. Блок-схема типичного прибора безопасности

Из-за дискретного режима работы клапана, срабатывание защиты приводит к резкому, а иногда и неожиданному для крановщика, отключению движений механизмов крана. При этом существенно возрастают динамические нагрузки на кран и возникает неконтролируемое раскачивание поднимаемого груза. Это увеличивает вероятность аварии, особенно при подъеме и перемещении грузов, близких к максимальной грузоподъемности крана. Резкая остановка крана при внезапном срабатывании координатной защиты, в том числе при ошибочном введении ее параметров, снижает популярность практического применения координатной защиты.

Наличие перегрузки крана по грузовому моменту или перемещение грузоподъемного оборудования в запрещенную зону приводит не предотвращает формирование сигналов управления краном, а лишь приводит к их блокировке электронным блоком прибора безопасности. Это приводит к снижению надежности защиты крана, поскольку в случае отказа электронного блока или реле блокировки, управление краном не прекращается, что приводит к дальнейшей перегрузке, повреждению или опрокидыванию.

Недостатком является также применение радиальной схемы подключения датчиков к электронному блоку. Подключение каждого датчика отдельным жгутом приводит к наличию большого количества электрических жгутов на кране, что приводит к снижению надежности и увеличению трудоемкости монтажа и ремонта ограничителя на кране.

Еще одним недостатком традиционной схемы является легкость умышленного отключения (шунтирования) приборов безопасности. На автомобильных гидравлических кранах для блокирования приборов безопасности устанавливают посторонние предметы (шайбы, диски и т.п.) внутрь электромагнитного клапана, препятствующие перемещению золотника, либо с помощью различных приспособлений механически удерживают золотник клапана в закрытом состоянии. Более сложным для крановщика способом блокировки является подача напряжения на электромагнитный клапан с помощью электрической перемычки на клеммной колодке крана, либо через потайной тумблер, находящийся в кабине.

Управление грузоподъемным краном с помощью рычагов управления многосекционными ручными гидравлическими распределителями, установленными в кабине или под полом кабины крана, усложняет компоновку рабочего места крановщика, затрудняет герметизацию, теплоизоляцию, звукоизоляцию и подрессоривание кабины, ухудшает ее интерьер. При таком управлении проблематично повысить эргономичность управления краном ввиду больших усилий перемещений рычагов и передачи через них вибраций машины на руки крановщика.

Таким образом, создание конкурентоспособных грузоподъемных кранов с эксплуатационными характеристиками, отвечающими современным требованиям экономичности, безопасности, надежности и эргономичности, требует комплексного решения вопросов защиты и управления краном. Одним из основных путей качественного повышения технического уровня систем защиты и управления является применение комплексной системы защиты и управления, реализованной на основе пропорционального электрогидроуправления.

В этом случае поток гидрожидкости, направляемый к исполнительным механизмам крана, регулируется электрогидравлическими распределительными устройствами с пропорциональным управлением. В качестве этих устройств используются секционные электроуправляемые гидрораспределители, имеющие, как правило, регуляторы давления рабочей жидкости по нагрузке выходного звена (LS-регуляторы), исключающие непроизводительные энергозатраты и обеспечивающие для любого управляющего воздействия свой постоянный расход рабочей жидкости и, соответственно, свою постоянную скорость движения исполнительного гидродвигателя или гидро-

цилиндра независимо от изменения противодействующей нагрузки.

Пропорциональное управление крановыми операциями осуществляется с помощью электрических джойстиков-манипуляторов - аппаратов электрогидравлического управления краном. Выходные сигналы аппаратов, изменяющиеся пропорционально углу отклонения их рукояток, поступают на электрические управляющие входы исполнительных устройств - на электромагниты гидрораспределителей. В итоге поток гидравлической энергии, поступающий на каждый исполнительный механизм крана и, соответственно, скорость его перемещения, пропорциональны углу отклонения рукоятки аппарата управления (джойстика).

Для остановки механизмов и управления их скоростью при наличии попутной нагрузки, в гидравлическую схему крана устанавливаются устройства торможения (тормозные клапаны), а фиксация механизмов в заданном положении при отсутствии управляющего сигнала на отдельных входах гидрораспределителей осуществляется с помощью гидрозамков.

Реализация защитных ограничений движений крана производится в электрической части этой системы путем ограничения или блокирования выходных сигналов джойстиков без вмешательства в гидравлическую схему крана.

Блок-схема такой системы защиты и управления приведена на рис. 2.

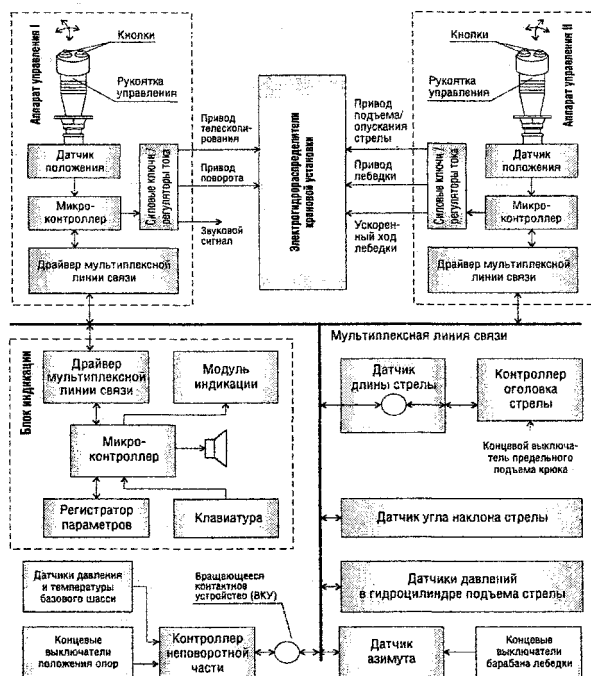


Рис. 2. Блок-схема комплексной системы защиты и электрогидравлического управления крана

Система включает в себя прибор безопасности типа ОГМ240 и два джойстика - аппарата управления типа АУРСР23, формирующих сигналы управления электрогидрораспределителями.

Электронный микропроцессорный блок индикации осуществляет обмен с датчиками азимута, угла наклона стрелы, давления в гидросистеме, контроллером неповоротной части, длины стрелы и аппаратами электрогидравлического управления по общей мультиплексной линии связи.

Комплектность используемых датчиков выбрана с учетом конструктивных особенностей крана и требований Правил Ростехнадзора ПБ 10-382-00, но может быть легко дополнена дополнительными датчиками и блоками - датчиком предельного подъема крюка, датчиком «последнего» витка каната барабана лебедки, датчиками положения опор и т.д.

Цифровые датчики параметров работы крана (кроме штатных датчиков температуры и давления базового шасси) реализованы со встроенными схемами линеаризации, фильтрации, термокомпенсации и калибровки их выходных сигналов.

Для уменьшения количества цифровых датчиков и соединений в электрической схеме системы, датчики аналоговых параметров работы крана выполнены с возможностью обработки сигналов концевых выключателей, расположенных с ними в одной конструкционной зоне крана, и с последующей совместной передачей сигналов этих датчиков в блок индикации прибора ОГМ240 по мультиплексному каналу обмена данными.

Основные функции защиты крана реализованы с использованием математической модели крана при помощи перепрограммируемого микроконтроллера блока индикации. Настройка системы защиты, учитывающая прогиб стрелы под нагрузкой, осуществляется без применения электрических потенциометров и без механической регулировки пространственного положения датчиков на кране.

Реализованная система защиты и управления краном обладает гибкой и наращиваемой структурой. Любые датчики, блоки или функциональные узлы, подключаемые к мультиплексной линии связи (которая может быть выполнена беспроводной), могут быть как дополнительно включены в состав системы, так и исключены из нее, без изменения уже существующих частей этой системы.

Каждый из двух джойстиков - аппаратов управления АУРСП23.2, содержит бесконтактный двухкоординатный датчик положения рукоятки, микроконтроллер, драйвер мультиплексной линии связи и силовые защищенные ключи-регуляторы тока. Применение моноблочных аппаратов управления, совмещающих информационно-измерительные и силовые электронные узлы, и мультиплексного канала обмена данными, позволило максимально уменьшить количество составных частей системы и упростить соединения между ними. Это обеспечивает повышение надежности, ремонтнопригодности и удобства системы в эксплуатации.

Формирование сигналов управления электрогидравлическими распределителями осуществляется в зависимости не только от отклонений кранов-

щиком рукояток аппаратов управления, но и от наличия сигнала разрешения включения соответствующих секций распределителя, поступающих от блока индикации прибора ОГМ240 по последовательному мультиплексному каналу обмена данными. Срабатывание защиты от перегрузки, координатной защиты или защиты от опасного приближения к ЛЭП, а также отказы системы защиты, приводят к отключению сигналов разрешения включения электрогидравлических распределителей, а не к блокированию потоков гидравлической энергии после гидрораспределителей, как это имеет место на кране с раздельными системами управления и защиты. Это повышает надежность защиты крана.

Еще одним важным достоинством описанной системы, является невозможность умышленного блокирования ее защитных функций. Для этого потребовалась бы имитация сигналов разрешения включения гидрораспределителей, поступающих на аппараты управления по мультиплексной линии связи в последовательном коде, что в эксплуатации практически нереализуемо.

Пропорциональное управление краном при помощи аппаратов управления (джойстиков), встроенных в подлокотники кресла крановщика, обеспечивает высокую плавность пуска и остановки всех механизмов крана, регулирование скорости подъема/опускания и перемещения груза в широких пределах, и существенно улучшает условия труда крановщика.

В этой системе при реализации защитных функций обеспечивается плавное снижение скорости движения механизмов крана при приближении грузового момента или параметров пространственного положения стрелы к своим предельным значениям. Причем, пороговый уровень какого-либо параметра, при достижении которого осуществляется снижение скорости, устанавливается в зависимости от скорости изменения этого параметра или от приведенного момента инерции (массы) перемещающегося механизма крана.

Для дальнейшего повышения эргономических характеристик системы, дополнительно было реализовано управление всеми механизмами крана, сигнализацией и индикаторами прибора безопасности без снятия рук крановщика с рукояток аппаратов управления. В их верхних частях установлены дополнительные органы управления - кнопки, обеспечивающие возможность включения ускоренного хода лебедки, звукового сигнала, а также циклическое переключение параметров работы крана, отображаемых на дисплее блока индикации ОГМ240. При помощи этих кнопок принципиально возможно также введение параметров защиты крана, в частности ограничений зоны его работы - координатной защиты.

Интеграция комплексной системы защиты и управления позволила решить ряд серьезных проблем. Однако более существенным является то обстоятельство, что такая интеграция придает крану

принципиально новые свойства и открывает новые направления совершенствования таких систем:

- учет прибором безопасности динамических нагрузок на кран при работе крана и предварительное снижения рабочих скоростей движения механизмов перед их остановкой;
- изменение характеристик управления механизмами крана в зависимости от вида выполняемой крановой операции и стрелового оборудования, в частности установка безопасных для крана и наиболее удобных для работы крановщика различных скоростей подъема и опускания груза, более медленный поворот крановой установки при работе с длинной стрелой (с гуськом) и т.п.;
- изменение характеристик управления механизмами крана в зависимости от параметров его работы, в частности автоматическое уменьшение скорости выполнения крановых операций при увеличении нагрузки или вылета грузозахватного органа с целью уменьшения максимальной нагрузки на кран в динамических режимах его работы и снижения вероятности ошибок крановщика в наиболее опасных режимах;
- автоматическое разрешение или запрещение совмещения выполнения различных крановых операций или отдельных движений крана, в частности автоматическое переключение с режима одновременного управления двумя и более механизмами на режим без совмещения их управлением в наиболее нагруженных или в наиболее динамичных режимах работы крана;
- автоматический выбор одного из исполнительных устройств крана, подлежащего включению в работу, в соответствии с предварительно установленным приоритетом, при попытках крановщика осуществить одновременное управление различными механизмами крана в опасных режимах его работы;

- установка усилия противодействия перемещению крановщиком рукоятки аппарата управления (усилия возврата рукоятки в нейтральное положение) в зависимости от текущего значения грузового момента, скорости перемещения груза или вылета, или осуществление механической вибрации рукоятки при приближении к наиболее опасным режимам работы крана, с целью обеспечения тактильного ощущения режима работы крана рукой крановщика и, соответственно, повышения эргономичности управления краном и безопасности его работы.

Заключение

Повышение степени «интеллектуализации» и автоматизации управления краном, дает возможность более полного использования конструктивных возможностей крана. При этом оптимальное сочетание возможностей человека-крановщика, обладающего способностью предвидеть развитие текущей ситуации, и автоматической системы защиты краном, реализованное по принципу их взаимного резервирования в критических ситуациях с использованием элементов экспертной системы, позволит поднять на принципиально более высокий уровень как безопасность работы крана, так и удобство работы крановщика.

Литература

1. *Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. ПБ10-382-00 / Под ред. В.С. Котельникова. - М.: Госгортехнадзор России, ТУП НТЦ «Промбезопасность», 2003. - 284 с.*
2. *Требования к регистраторам параметров грузоподъемных кранов. РД10-399-01. - М.: Госгортехнадзор России, ТУП НТЦ «Промбезопасность», 2001. - 5 с.*