

Делимся опытом модернизации крана

Об опыте модернизации электрооборудования порталных кранов
КПП 16 (20) типа Кировец в Дудинском порту.

Рынок грузоперевозок, в том числе контейнерных, сегодня характеризуется динамичным ростом. При крупных оборотах в погрузочно-разгрузочных работах большое значение приобретают надёжность и безотказность работы ПТО. Высокие требования предъявляются как к металлоконструкции крана, так и к его электроприводу и системам управления.

Имеющийся в нашей стране парк порталных кранов, в основном сформированный в 1970–80 гг., сегодня нуждается в существенном обновлении. Одним из направлений этой деятельности является модернизация существующего электрооборудования в целях обеспечения эффективности проведения погрузо-разгрузочных работ в портах и на промышленных объектах.

Московское ЗАО «Интехком» имеет большой опыт работы в области автоматизации ПТО. В качестве примера рассмотрим осуществлённую этой

Характеристика приводных точек крана

Механизм	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Режим с продолжительностью включения, %	Кол-во двигателей, шт.
Подъёма/ замыкания грейфера	125	585	40	2
Поворота	55	570	40	1
Изменения вылета стрелы	30	965	40	1
Передвижения	11	945	40	4

компанией модернизацию порталного крана *Кировец* в Дудинском морском порту.

Краткое описание объекта модернизации

Кран *Кировец* грузоподъёмностью (г/п) 16 т в грейферном и 20 т в крючковом режимах соответственно был спроектирован и построен на заводе «ПТО им. Кирова» в Ленинграде в 1983 году. Наряду с кранами *Сокол*, *Альбатрос* и *Кондор* грузоподъёмные машины данного типа широко эксплуатируются в российских портах.

Портальный перегрузочный электрический передвижной полноповоротный кран *КПП 16(20)* с шарнирно-сочленённой стрелой обеспечивает почти горизонтальное перемещение груза при изменении вылета.

Кран предназначен для перегрузки штучных и навалочных грузов на промышленных предприятиях. Он состоит из портала, установленного на 4 ходовых тележках, и поворотной части. Двухпутный портал имеет расстояние между осями 10,5 м. Каждая из ходовых тележек имеет собственный

привод и снабжена рельсовыми захватами, предохраняющими (в нерабочем состоянии) кран от произвольного перемещения под воздействием сильного ветра. На верхнюю часть портала опирается поворотная часть крана, включающая в себя: машинное помещение, кабину управления и стреловую систему. На поворотной части размещены механизмы подъёма, поворота и изменения вылета стрелы, а также устройства и приборы, обеспечивающие работу механизмов крана и управление ими. Вылет стрелы изменяется посредством реечного механизма. Механизм подъёма выполнен в виде двухбарабанной лебёдки и предназначен для работы как с крюковой подвеской, так и с грейфером. Во избежание перегрузки крана в механизме подъёма установлен ограничитель г/п. Для ограничения подъёма груза по высоте имеются конечные выключатели.

Кран работает от сети 380 В трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц: питающие электроколонки расположены вдоль крановых путей посредством гибкого шлангового кабеля. На поворотную часть крана ток подводится через кольцевой токоприёмник на 30 колец.

Пуск и регулирование частоты вращения всех установленных электродвигателей с фазным ротором осуществляется с помощью резисторов в роторной цепи. Разгон двигателей происходит в функции времени посредством электромагнитных реле времени.

На механизм поворота установлен открытый колодочный тормоз с тросовым приводом, который управляется педалью, установленной в кабине крановщика.



Рис. 1. Новый облик старого крана

* Автор — инженер по системам автоматизации и приводам ЗАО «Интехком» (г. Москва).

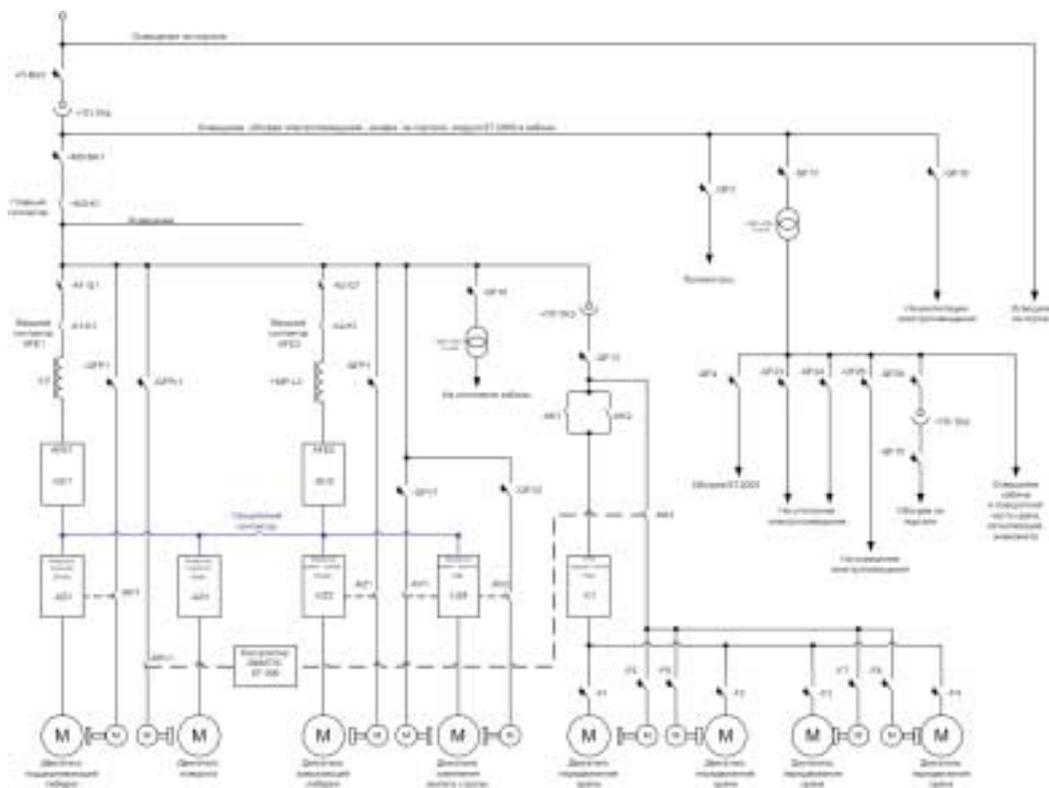


Рис. 2. Однолинейная электрическая схема системы управления и привода крана Кировец

прямляет трёхфазный переменный ток в постоянный и поддерживает его постоянный уровень, рекуперирова энергию обратно в сеть в тормозном режиме и при опускании груза. При этом устройство потребляет из сети или генерирует в сеть чистый синусоидальный ток и работает с заданным $\cos \phi = 1$, что снижает потери в питающем трансформаторе и делает излишним использование конденсаторной батареи для компенсации реактивных токов. Кроме того, стабилизация коэффициента мощности позволяет уменьшить необходимое сечение кабеля благодаря исключению протекания реактивной составляющей входного тока. Блок AFE допускает работу в слабых сетях с кратковременными просадками напряжения до 50% без необходимости использования дополнительного входного трансформатора, а также при работе с номинальным напряжением сети осуществляет небольшое повышение напряжения на звене постоянного тока, что позволяет инверторам значительно луч-

Недостатки существующей системы

К основным недостаткам применяемого базового электрооборудования можно отнести:

- тяжёлый режим работы контакторов в роторной цепи, укорачивающий срок их работы и являющийся причиной простоев крана и больших затрат на запчасти;
- большой объём применяемой низковольтной коммутационной аппаратуры и частые простои из-за её ненадёжности;
- чувствительность системы к просадкам напряжения, зачастую имеющим место в портовых сетях;

- громоздкие резисторы и необходимость отвода выделяемого ими тепла;

- невозможность плавного регулирования скорости в широком диапазоне и связанные с этим повышенные динамические нагрузки на металлоконструкцию крана, а также износ механического оборудования (редукторов и др.);

- отсутствие системы сбора статистических данных о возникающих отказах, их количестве и причинах.

Описание нового технического решения

В целях исправления вышеуказанных недостатков и приобретения ряда новых техно-



Рис. 4. Монтаж изолированного электропомещения



Рис. 3. Новый двигатель для механизма подъёма

логических преимуществ была проведена глубокая модернизация электрической части крана. В качестве реализованного решения была предложена система, базирующаяся не просто на использовании частотно-регулируемых приводов, но содержащая в себе инновационный подход на основе применения активных блоков питания/рекуперации энергии AFE (Active Front End™). Силовая часть управления краном состоит из активных входных устройств и инверторов каждого механизма. Активное входное устройство AFE представляет собой транзисторный мостовой выпрямитель и входной фильтр. Это устройство вы-

ше формировать напряжения, подаваемые на обмотки двигателей.

Два активных блока выпрямления включены параллельно (см. рис. 2). Инверторы поддерживающей лебёдки и механизма поворота подключены к выходной шине постоянного тока первого блока AFE. Инверторы замыкающей лебёдки и механизма изменения вылета стрелы подключены к выходной шине постоянного тока второго блока AFE. Таким образом, приводы разбиты на две независимые группы. Инверторы преобразуют постоянное напряжение в переменное требуемой частоты для регулирования частоты вращения

двигателей. Шины постоянно-го тока обеих групп приводов соединены между собой секционным контактором. В случае выхода из строя одного из активных выпрямителей, управляющая электроника переводит кран в режим «ограниченной мощности», а именно: секционный контактор замыкается, а все инверторы питаются от одного (исправного) блока выпрямления/рекуперации. При этом контроллер запрещает одновременную работу двух и более механизмов крана. Такое решение повышает общую «живучесть» системы, позволяет закончить начатые погрузочно-разгрузочные работы и только после этого приступить к ремонту крана.

На механизмах грузовых лебёдок как наиболее нагруженных двигатели с фазным ротором были заменены короткозамкнутыми двигателями производства немецкой компании «VEM motors Thurm GmbH». Они оснащаются импульсными датчиками положения, с помощью которых осуществляется замкнутое векторное управление скоростью механизмов подъёма/замыкания. Датчики предназначены для работы в тяжёлых условиях при широком диапазоне температуры окружающей среды и снабжены обмотками обогрева. Помимо этого, двигатели оборудованы тремя термисторами с положительным температурным коэффициентом сопротивления для защиты от перегрева, изолированным подшипником на неприводной стороне и обмотками антиконденсатного подогрева. Для синхронизации в грейферном режиме работы замыкающего и удерживающего приводов, автоматического устранения слабину каната, принудительного ограничения скорости замыкания челюстей грейфера перед их соприкос-

новением и выравнивания на-грузки используется технологи-

+40°C) в зимний период и от-водить тепло в летнее время



Рис. 6. Установка новой кабины машиниста на кран

ческая плата T400, встроенная в инвертор привода замыкания грейфера.

На всех остальных двигателях фазные обмотки были закорочены. Управление — замкнутое по скорости, векторное и бездатчиковое (кроме механизма передвижения).

Основная сложность модернизации заключалась в том, что кран эксплуатируется в тяжёлых климатических условиях Крайнего Севера при температурах до -45°C. Электроника, естественно, не может работать при столь низких температурах. Для решения этой проблемы было специально разработано и изготовлено изолированное электропомещение, оснащённое системой поддержания микроклимата. Оригинальные решения, реализованные в данном «контейнере», позволили обогревать электрооборудование (с поддержанием температуры внутри в диапазоне от +5 до

года. В этом помещении было смонтировано всё силовое электрооборудование, а так-

выбирается с помощью реверсивной контакторной сборки. Всё оборудование, относящееся к механизму передвижения, смонтировано в отдельном шкафу, который снабжён системой обогрева и установлен в электропомещении на портале.

Механическая педаль управления тормозом привода поворота с тросовым приводом была заменена на электрическую, а сам нормально открытый колодочный тормоз — на нормально закрытый электрогидравлический с толкателем ТЭ-80. Сигнал от педали заведён на управляющий контроллер, который и управляет тормозом механизма поворота. Тормоза механизмов передвижения также управляются контроллером, а тормоза остальных приводов — соответствующими инверторами. В инверторах реализован специальный алгоритм управления, позволяющий опускать тормоз по достижении опреде-



Рис. 7. Кресло-пульт производства «Gessmann»



Рис. 5. Фрагмент монтажной панели с управляющим контроллером в изолированном электропомещении

же управляющий контроллер. Электропомещение располагается в машинном зале крана, расположенном на его поворотной части.

Поскольку к механизму передвижения крана предъявляются не столь жёсткие требования по точности и диапазону регулирования скорости и данный механизм менее нагружен по сравнению с другими, то здесь была реализована система управления приводами на базе устройства плавного пуска двигателей. Все четыре двигателя передвижения подключены к одному устройству плавного пуска. Каждый электродвигатель, равно как и каждый электрогидравлический тормоз, имеют индивидуальную тепловую защиту и защиту от токов короткого замыкания. Направление перемещения крана

лённого момента на валу двигателя, что позволяет практически полностью исключить просадку груза.

Система управления крана реализована на базе промышленного программируемого логического контроллера (ПЛК) типа SIMATIC S7-300, который управляет всеми исполнительными механизмами и на который напрямую или опосредованно заведены сигналы всех датчиков / конечных выключателей. На базе ПЛК реализована система регистрации параметров работы крана («чёрный ящик»), а также система человеко-машинного интерфейса. Связь между ПЛК, активными блоками выпрямления/рекуперации, инверторами и панелью оператора осуществляется по сетевому интерфейсу Profibus DP.

В рамках данного проекта кабина крановщика была заменена на новую, соответствующую требованиям пункта 2.14.13 ПБ 10-382-00 («Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов») для обеспечения надлежащего температурного режима и воздухообмена.



Рис. 8. Дверь распределительного электрошкафа (за креслом крановщика)

Кабина была специально спроектирована и изготовлена с учетом специфики работы в условиях Крайнего Севера.

Оригинальная система вентиляции и обогрева под-

держивает комфортную для человека температуру внутри кабины, а также обеспечивает равномерный обогрев стёкол во избежание запотевания и обледенения последних. В кабине установлено кресло-пульт крановщика производства известной немецкой компании «Gessmann». Пульт представляет собой 2 тумбы по обеим сторонам от кресла крановщика с расположенными на них органами управления краном: механическими командоконтроллерами (джойстиком), кнопками, сигнальными лампами и тумблерами. В правой тумбе кресла-пульта смонтирована система распределённого ввода/вывода, реализованная на базе семейства *SIMATIC ET200S* в исполнении *SIPLUS*, которое (исполнение) предназначено для работы в расширенном диапазоне температур от -25 до $+60^{\circ}\text{C}$. Сигналы от всех органов управления, расположенных на кресле-пульте, поступают на модули ввода *ET200S*, а затем по последовательной шине *Profibus-DP* передаются к управляющему контроллеру.

На боковой стенке кабины за креслом крановщика установлен распределительный электрошкаф, в котором смонтированы автоматы защиты цепей освещения, обогрева и сигнализации. На двери шкафа

имеется вольтметр с переключателем для индикации линейного питающего напряжения, а также цветная графическая панель оператора. На панели отображается информация об основных параметрах работы крана и ошибках приводов.

Указатель вылета стрелы с тросовым приводом и самовозвратной пружиной был заменён на новый электрический, оригинальную конструкцию которого разработали инженеры ЗАО «Интехком».

Описать все технические решения, реализованные в данном проекте, не позволяют узкие рамки статьи, а посему подведём краткие итоги.

Наиболее значимые преимущества новой системы управления краном:

- существенное сокращение времени простоев крана;
- плавность хода, отсутствие ударных воздействий и связанное с этим продление срока службы металлоконструкций крана, редукторов, подшипников и т. п. на 25–30%;
- возможность работы в слабых сетях с просадками напряжения до 50% от номинального;
- возврат энергии в сеть при опускании груза и торможении (энергосбережение до 30%);

• синусоидальная форма питающего напряжения, отсутствие высших гармоник, компенсация реактивной мощности, потребляемой из сети;

• стабилизация напряжения, подаваемого на двигатель, при колебании входного напряжения сети и, как следствие, дополнительная защита двигателей от перегрузки;

• программная реализация функции грейферного автомата, простота настройки последнего на любой грейфер;

• расширенные функции диагностики состояния всех приводов и системы управления в целом;

• простое расширение и добавление функций системы управления (например, синхронизация работы двух кранов во время погрузочно-разгрузочных работ с тяжёлым или крупногабаритным оборудованием и т. д.);

Вот уже более двух лет модернизированные краны типа *Кировец* трудятся в Дудинском морском порту. За всё это время лишь единственный раз один из четырёх кранов «встал» по ошибке, причиной которой явился высокий скачок питающего напряжения. Последствия аварии были быстро устранены благодаря комплекту запчастей и приспособлений, поставляемому вместе с электрооборудованием крана. ■

