

ДОНЕЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

СЕРКУТАН Владимир Иванович

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ
УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ КОЗЛОВЫХ КРАНОВ**

Специальность 05.09.03 — Электротехнические комплексы
и системы, включая их управление и регулирование

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ДОНЕЦК — 1993

№ 26. 82

Работа выполнена в Мариупольском металлургическом институте

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор С. Ф. Жуков

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Е. С. Траубе. ; кандидат технических наук Ф. Е. Алхименко .

Ведущая организация - Украинский государственный институт по проектированию металлургических заводов " Азовгипромет", г. Мариуполь

Защита диссертации состоится "18" марта 1993 г. в 13:30 час. на заседании специализированного Совета К 068. 20. 01 при Донецком ордена Трудового Красного Знамени политехническом институте: 340000, Донецк, ул. Артема, 58.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Донецкого политехнического института.

Автореферат разослан "17" февраля 1993 года.

Ученый секретарь
специализированного совета
канд. техн. наук, доцент



И. Т. Сидоренко

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00815306 (N)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Основным транспортным средством при погрузочно-разгрузочных операциях грузов с массой от 25 до 1000 т, а также при монтаже и ремонте крупногабаритного оборудования металлургических заводов, корабельных секций, космических кораблей, агрегатов электростанций используются козловые краны.

Электропривод козловых кранов осуществляется раздельно для каждой из имеющихся опор. При перемещении груза возникает ситуация, когда одна из опор опережает (отстает) другую, что вызывает опасные механические напряжения в металлоконструкциях крана.

При достижении критического значения данной величины происходит деформация несущих металлоконструкций крана с последующим разрушением.

Имеющиеся в настоящее время системы синхронного перемещения опор (СПО) не позволяют достичь значения рассогласования перемещения опор крана с необходимой точностью. В то же время операции, проводимые с дорогостоящими грузами и уникальным оборудованием не допускают риска деформации или разрушения их. Этим обуславливается актуальность создания СПО повышенной точности и надежности обеспечивающих:

- синхронное перемещение опор козлового крана;
- предупреждение возникновения эффекта шагания опор козлового крана;
- универсальность использования СПО с системами электропривода как постоянного, так и переменного тока различной структуры и состава.

Научная актуальность работы заключается в необходимости более полного исследования процессов в системе СПО с учетом жесткостей, упругостей, люфтов и случайных возмущений.

В частности, в выполненных ранее работах не достаточно исследованы погрешности датчиков пути, коррекция по накоплению ошибки измерения пройденного опорой пути осуществлялась эпизодически. Установление более полных закономерностей накопления ошибки по пути крайне важно при выборе структуры электропривода передвижения крана и системы СПО.

Цель работы и задачи исследования. Повышение точности систем синхронизации крановых механизмов перемещений на основе исследовании существующих систем синхронизации и разработки математической модели, учитывающей специфические особенности крановых механизмов передвижения, разработки метода контроля и коррекции пройденного опорам крана пути, разработки технических требований и принципиально новых решений построения системы синхронизации и ее технико-экономических показателей.

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие основные задачи:

1. Анализ существующих датчиков и систем синхронизации механизмов перемещения козловых кранов.
2. Математический анализ систем управления механизмами перемещения козловых кранов.
3. Создание и исследование автоматизированной цифровой системы синхронизации.
4. Разработка системы управления электроприводом.
5. Экспериментальные исследования характеристик цифровой системы синхронизации их методов определения и оценки.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовались положения теории автоматизированного электропривода, теория вероятностей, алгебры логики, теории надежности.

Исследования проводились с применением вычислительной техники, методов математического и физического моделирования, лабораторных и натуральных экспериментов.

Научная новизна работы.

1. Разработана математическая модель, адекватно отображающая структуру электропривода и систем синхронизации крановых механизмов передвижения, учитывающая наличие случайных и постоянных возмущающих воздействий.
2. Разработана методика расчета электромеханической системы козлового крана методом сеток с использованием вычислительной техники.
3. Разработана методика экспериментальных исследований на макете, модели и реальном объекте.
4. Сформулированы технические требования к системам управления крановым электроприводом и системам синхронизации перемещения опор крана.

5. Получены принципиально новые решения узлов и блоков цифровой системы синхронизации.

6. Предложены методы оценки технико-экономических параметров системы синхронизации.

Практическая ценность работы состоит, в обосновании исходных данных и создании системы синхронизации опор козлового крана, одинаково применимой как для электропривода переменного тока, так и для электропривода постоянного тока, доведение ее до использования в промышленности.

В результате выполненных исследований обоснованы пути совершенствования СПО и разработан новый способ синхронизации опор козлового крана, разработаны устройства: формирования сигналов датчиков ЦДФ-3; формирования сигналов меток, гальванической развязки на оптронных ключах; измерения рассогласования; выходное устройство. Все эти устройства обеспечивают заданную точность перекося по пути, проходящего опорами крана.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Результаты выполненных исследований использованы: - институтом НИПКТИ "Тяжмаш" при разработке технической документации на козловые краны; - заводом "Атоммаш" для модернизации имеющихся козловых кранов гп 630 тс причала тяжеловесных грузов в г. Волгодонске; - заводом им. Ленинского Комсомола для модернизации козловых кранов гп 2 x 160 тс.

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертации докладывались и обсуждались: в Центральном институте Повышения квалификации руководящих сотрудников Минтяжмаша в работе "Современный электропривод и датчики" г. Свердловск, 1985 г.;

в Донецком государственном университете в работе "Управление промышленными объектами с помощью микроЭВМ", г. Донецк, 1987 г.;

в Мариупольском металлургическом институте на городской научно-практической конференции "Творческий союз высшей школы и производства научно-техническому прогрессу" в докладе "Синтез системы управления приводом механизма передвижения козлового крана" 13.04.88 г. г. Мариуполь;

на кафедре электротехники и электрооборудования МИИ в докладе "Система синхронизации крановых механизмов передвижения опор" 11.05.86 г.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 5 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, изложенных на 157 страницах машинописного текста, список литературы из 54 наименований, четырех приложений, иллюстрируется 62 рисунками.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

В первой главе проведен анализ погрешности существующих датчиков положения, способов их установки, вопросов совместимости с различными электрическими аппаратами и устройствами.

При разработке устройств синхронизации с повышенной точностью контроля перекоса крана прежде всего необходимо выявить источники погрешностей в системе синхронизации передвижения опор.

Общая погрешность работы системы синхронизации будет включать составляющие:

- систематические погрешности мерительного колеса, обусловленные его неточным изготовлением, они накапливаются между его двумя контрольными позициями на подкрановом пути;

- случайные погрешности мерительного колеса, обусловленные трением реборд о рельсы и проскальзыванием, накопленные между двумя контрольными позициями;

- погрешность установки контрольных упоров;

- погрешности установки путевых выключателей;

- погрешности, обусловленные разбросом параметров путевых выключателей;

- погрешности сельсин-датчиков пути;

- динамические погрешности, обусловленные временем включения и выключения электромагнитных реле, муфт и т. д.

При рассмотрении погрешности работы датчиков можно выделить следующие составляющие:

- погрешность установки путевых выключателей вдоль затяжки крана;

- погрешность установки путевых выключателей на высоте;

- погрешность от допусков угла поворота рычага при срабатывании контактов;

- погрешность от задержки во время срабатывания выключателей.

Одной из составляющих погрешностей датчиков контроля перекосов является погрешность изготовления и установки контрольных линеек на подкрановом пути.

Наиболее весомой составляющей погрешности контрольных линеек является погрешность от установки подкранового пути, следовательно, уменьшение последней существенно увеличит точность датчиков контроля перекоса.

При разработке перспективных систем синхронизации, имеющих погрешность не более 50 мм и выполненных на безконтактных логических элементах (микросхемах, микропроцессорах), возникает необходимость использования более точных датчиков, легко согласующихся со входами системы.

На некоторых действующих кранах используются безконтактные датчики контроля перекоса в виде постоянных магнитов, смонтированных в бетонное основание подкрановых рельсовых путей и герконовых выключателей, установленных на опорах.

По своим параметрам и некоторым эксплуатационным свойствам магнитоуправляемые герконы очень близки к полупроводниковой аппаратуре и при конструкторском решении практически не снижают надежности работы систем электропривода и управления им. Они отличаются большой чувствительностью, стабильностью, не требуют регулировки и позволяют выполнять различные схемы включения, отключения и переключения.

Создание монтажных кранов большой грузоподъемности и длины пролета поставило задачу разработки совершенных и точных систем синхронизации опор. Необходимость синхронизации в свою очередь оказывает влияние на выбор типа и структуры применяемого электропривода передвижения крана, который представляет собой взаимосвязанную систему двух отдельных электроприводов опор с взаимными механическими, упругими и электрическими перекрестными синхронизирующими обратными связями.

Проведенный обзор и качественный анализ существующих систем устранения перекоса опор козловых кранов больших пролетов позволяет осветить состояние вопроса и сформулировать задачи исследований.

Вторая глава посвящена математическому моделированию системы синхронизации опор козлового крана на базе многодвигательного электропривода переменного тока с обратными связями.

Большое практическое значение имеет определение статических и динамических ошибок при синхронизированной работе электропривода, анализ устойчивости таких САР.

Структура САР изображена на рис. 1. Входной величиной двух каналов первого звена двигателя являются напряжения прямой и обратной последовательностей. Выходной величиной является электромагнитный

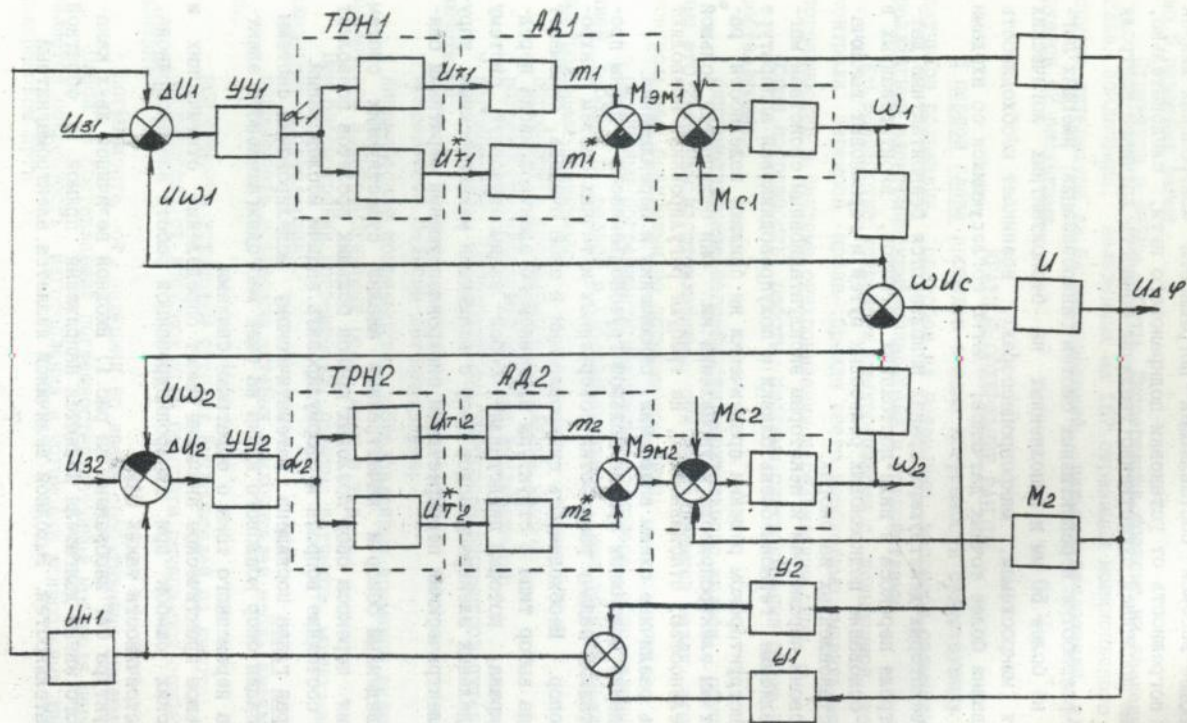


Рис. 1. Структурная схема синхронизации опор крана

момент двигателя. Передаточные функции для обоих приводов при пренебрежении электромагнитными процессами имеют вид:

$$W'_{\dot{i}}(P) = K_{TPI} \cdot K'_{\dot{i}} - K_{TPI}^* \cdot K'_{\dot{i}}^* \quad (1)$$

Записав по упрощенной формуле Клосса M_p для прямой и обратной последовательностей, окончательно получим значения для передаточных функций первых звеньев двигателя:

$$W_{\dot{\alpha}}(P) = K_{\dot{\alpha}}' = \frac{4U_T \cdot M_K}{U_N^2 (S/S_K + S_K/S)} \quad (2)$$

$$W_{\dot{\alpha}}^*(P) = K_{\dot{\alpha}}'^* = - \frac{4U_T \cdot M_K^*}{U_N^2 (2-S/S_K + S_K/2-S)} \quad (3)$$

где: M_K, M_K^* - максимальные моменты прямой и обратной последовательностей;

S_K - критическое скольжение;

U_T, U_T^* - напряжение прямой и обратной последовательностей, питающие статор двигателя;

U_N - номинальное напряжение сети.

Передаточная функция второго звена двигателя имеет следующий вид:

$$W''_{\dot{\alpha}i}(P) = \frac{K''_{\dot{\alpha}i}}{T_{Mip} + 1} \quad (4)$$

$T_M = J \frac{1}{\beta}$ - электромеханическая постоянная времени;

J - приведенный момент инерции механизма;

$K_{\dot{\alpha}}'' = \frac{1}{\beta}$, $\beta = \frac{\Delta m}{\Delta \omega} + \frac{\Delta m^*}{\Delta \omega^*}$ - жесткость механической характеристики в конкретной

ее точке.

Датчики обратной связи по скорости ДС1 и ДС2 представлены в виде усилительных звеньев с коэффициентом усиления $K_{дс}$. Напряжение $U_{\Delta\varphi}$, пропорционально разности углов поворота роторов двигателей.

Передаточная функция интегратора

$$W_{ин}(p) = \frac{1}{p}, \quad (5)$$

Для простоты изображения структуры САР момент упругости металлоконструкции получен через напряжение $U_{\Delta\varphi}$. Исходя из этого, можно записать

$$M_{yi} = K_{ни} \cdot K_{дс} \frac{\omega_1 - \omega_2}{p}, \quad (6)$$

где

$$K_{ни} = \frac{c}{K_{дс}} \quad \text{— коэффициент усиления звена.}$$

Устройства управления представлены в виде периодических звеньев с постоянной времени T_{y1} и T_{y2} .

При допущении, что момент сопротивления M_0 не зависит от перекоса, получено выражение для ошибки:

$$\Delta\varphi(p) = \frac{(U_{z1} \cdot B - U_{z2} \cdot A) + (K_{y4} \cdot M_{c2} \cdot D \cdot K_3 \cdot M_{c1} \cdot E)}{K_{дс} \cdot c} \quad (7)$$

$$\text{где: } A = a_0 p^2 + a_1 p + a_2; \quad (8) \quad B = b_0 p^2 + b_1 p + b_2; \quad (9)$$

$$a_0 = T_{y1} + T_{M1} \cdot K_1$$

$$b_0 = T_{y2} \cdot T_{M2} \cdot K_2$$

$$a_1 = (T_{y1} + T_{M1}) \cdot K_1$$

$$b_1 = (T_{y2} + T_{M2}) \cdot K_2$$

$$a_2 = K_1 + 1$$

$$b_2 = K_2 + 1$$

$$c = c_0 p^5 + c_1 p^4 + c_2 p^3 + c_3 p^2 + c_4 p + c_5; \quad (10)$$

$$c_0 = a_0 b_0$$

$$c_1 = a_0 b_1 + a_1 b_0$$

$$c_2 = a_0 b_2 + a_2 b_0 + a_1 b_1 + a_0 K_6'' + b_0 K_5''$$

$$c_3 = a_1 b_2 + a_2 b_1 + a_1 K_6'' + b_1 K_5'' + b_0 K_5' + a_0 K_6'$$

$$c_4 = a_2 b_2 + a_2 K_6'' + b_2 K_5'' + a_1 K_6' + b_1 K_5'$$

$$c_5 = a_2 K_6' + b_2 K_5'$$

$$D = d_0 p^3 + d_1 p^2 + d_2 p + d_3; \quad E = e_0 p^3 + e_1 p^2 + e_2 p + e_3;$$

$$d_0 = a_0 T_{y2} \quad (11) \quad e_0 = b_0 T_{y1} \quad (12)$$

$$d_1 = a_0 + a_1 T_{y2} \quad e_1 = b_0 + T_{y1}$$

$$d_2 = a_1 + a_2 T_{y2} \quad e_2 = b_1 + b_2 T_{y1}$$

$$d_3 = a_2 \quad e_3 = b_2$$

$$K_{1(2)} = \frac{1}{K_{y4(2)} \cdot W'_{1(2)} \cdot K''_{\partial 1(2)} \cdot K_{AC}}; \quad (13)$$

$$K_{3(4)} = K_{1(2)} \cdot K''_{\partial 1(2)} \cdot K_{AC}; \quad (14)$$

$$K'_{\partial 1(2)} = K_{y1} + \frac{C}{K_{y4(2)} \cdot K_{AC} \cdot W'_{1(2)}}; \quad (15)$$

$$W'_{1(2)} = K_{TPI(2)} \cdot K'_{\partial 1(2)} - K_{TPI(2)}^* \cdot K''_{\partial 1(2)} \quad (16)$$

Полученное выражение (16) позволяет анализировать устойчивость системы известными из теории автоматического регулирования методами.

Статическая ошибка по пути для одинаковых значений U_3 (U_{31}, U_{32}) определяется следующим образом

$$\Delta \varphi = \frac{(K_2 - K_1) U_3 + K_4 (K_1 + 1) M c_2 - K_3 (K_2 + 1) M c}{K_{AC} \cdot C_5} \quad (17)$$

Анализ выражения (17) показывает, что установившееся значение перекоса зависит от параметров электрической части многодвигательного привода, вида и параметров обратных связей, а также жесткости металлоконструкций.

Обратная связь по разности углов поворота в установившемся режиме уменьшает перекоса за счет перевода электропривода на другие механические характеристики. Жесткость металлоконструкции уменьшает перекоса только за счет перераспределения нагрузок на двигатели различных опор.

Поведение многодвигательного электропривода с синхронизирующими обратными связями исследовалось также на модели с помощью аналоговой вычислительной машины МН-10.

В главе проведен расчет электромеханической системы (ЭМС) ко-
лового крана, которая описывается следующими уравнениями:

$$\frac{d\omega_1}{dt} = (M_{11} - M_{12} - M_{c1}) \cdot \frac{1}{J_1} \quad (18)$$

$$\frac{d\varphi_{12}}{dt} = \omega_1 - \omega_2 \quad (19)$$

$$M_{12} = C_{12} \left(\varphi_{12} - \frac{\delta}{2} \right) \quad (20)$$

$$\frac{d\omega_2}{dt} = \left(M_{12} - M_{23} - \frac{g}{2} \varphi_r \right) \cdot \frac{1}{J_2} \quad (21)$$

$$\frac{dM_{23}}{dt} = C_{23} (\omega_2 - \omega_3) \quad (22)$$

$$\frac{d\omega_3}{dt} = (M_{23} - M_{34}) \cdot \frac{1}{J_3} \quad (23)$$

$$\frac{dM_{34}}{dt} = C_{34} (\omega_3 - \omega_4) \quad (24)$$

$$\frac{d\omega_4}{dt} = (M_{34} + M_2 - M_{c2}) \cdot \frac{1}{J_4} \quad (25)$$

$$\frac{d^2\varphi_1}{dt^2} = \frac{g}{2} \varphi_r - \frac{d\omega_2}{dt} \quad (26)$$

- где: y - момент инерции i -ой сосредоточенной массы;
 ω_i - скорость i -той сосредоточенной массы;
 M_i - момент статического сопротивления, приложенный к i -ой сосредоточенной массе;
 M_{ij} - упругий момент, возникающий в упругом звене, соединяющем i -ю и j -ю сосредоточенные массы;
 M_i - момент двигателя;
 C_{ij} - коэффициент жесткости упругого звена, соединяющего i -ю и j -ю массы;
 φ, ψ - угол отклонения каната с грузом от нормали и угол скручивания вала;
 e, g - длина каната и ускорения свободного падения;
 δ - величина суммарного зазора.

Расчетная схема замещения механизма крана представляет четырехмассовую систему и приведена на рис. 2.

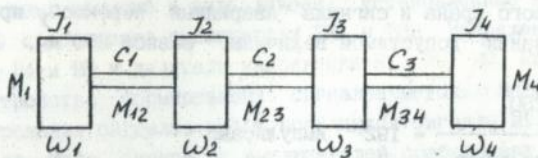


Рис. 2.

Расчет ЭМС проводился на ЭВМ методом сеток. Анализ результатов расчета подтвердил работоспособность разомкнутой и замкнутой по скорости систем привода как без синхронизации опор по ошибке пути, так и при наличии синхронизации (см. рис. 3).

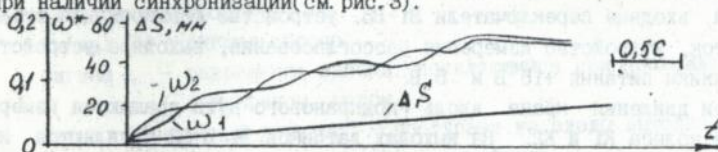


Рис. 3.

Третья глава. Принципиальным недостатком существующих систем синхронизации являются низкая точность регулирования рассогласования положения опор крана как в статическом, так и в динамическом режимах, сложность схем измерения рассогласования положения опор, отсутствие универсальности системы синхронизации для различных типов электроприводов.

В связи с этим в данной главе проведена разработка аппаратных средств синхронизации механизмов козловых кранов. На основе сравнения различных устройств, с учетом тенденции развития средств управления для синхронизации опор козлового крана можно рекомендовать следующие схемы: измерение пути с помощью тахогенераторов, импульсных датчиков скорости, датчиков углового положения ходовых колес. Для контроля истинного пространственного положения опор необходимо через определенные расстояния вводить поправку. При наличии входа импульсных сигналов схема позволяет перейти к непрерывному измерению пути. Следовательно, для универсальности схема должна иметь:

аналоговый вход: 0.....10 В;

импульсный вход: 5 В;

аналоговый выход: 0..... 10 В.

Значения сигналов являются стандартными для интегральных схем. Разработанная цифровая система синхронизации предназначена для получения сигнала пропорционального величине рассогласования в движении опор козлового крана и сигнала "Аварийный перекос", при превышении рассогласования допустимой величины, равной 250 мм, которая соответствует

$$\frac{250}{(2 \times 1000 / 2400)} = 192 \text{ импульсам.} \quad (27)$$

Она содержит измерительные колеса К1 и К2 диаметром 1000 мм, установленные на механизмах передвижения опор крана и механически соединенные с импульсными датчиками Д1 и Д2, конечные выключатели ВК1 и ВК2, срабатывающие при прохождении крана вдоль линеек контрольных позиций, входные переключатели В1-В5, устройство формирования сигналов меток, устройство измерения рассогласования, выходное устройство и источники питания +15 В и 5 В.

При движении крана вдоль подкранового пути вращаются измерительные колеса К1 и К2. На выходах датчиков Д1 и Д2 появляются импульсы напряжения В1, В1', В2, В2', которые через переключатели В1 и В3 поступают на входы оптронных ключей.

Оптронные ключи предназначены для обеспечения гальванической развязки между выходами Д1 и Д2 и выходами микросхем Э1, Э2 в целях обеспечения помехоустойчивости системы и для согласования по уровню выходных сигналов датчиков ПДФ-3 с уровнем входных сигналов микросхем Э1, Э2.

Устройство формирования сигналов датчиков ПДФ-3 предназначено для учетверения числа выходных импульсов по сравнению с числом входных импульсов, определения направления вращения вала датчика ПДФ-3 по каждому входному импульсу, формирования входных импульсов заданной формы и длительности.

Входные импульсы устройства формирования сигналов датчиков ПДФ-3 представлены в парефазном коде и в зависимости от направления вращения вала датчиков Д1 и Д2 появляются на выходах ВА1, ВА2 или ВА2', ВА2' и ВВ1 или ВВ2, ВВ2' соответственно. Импульсы ВА1, ВА2, ВВ1, ВВ2 поступают на входы устройства измерения рассогласования, а импульсы ВА1, ВА2, ВВ1, ВВ2 на входы устройства формирования сигналов меток.

Устройство формирования сигналов меток предназначено для получения импульсов, количество которых пропорционально истинному рассогласованию в движении опор крана. При наезде крана на метки (упоры контрольных позиций в виде линеек, установленные вдоль подкранового пути) срабатывают выключатели ВК1 и ВК2. Напряжение Е через переключатели В4 и В5 и делители напряжения R1, R2, R3, R4 поступает на входы устройства формирования сигналов меток. На выходе устройства формирования сигналов меток появляются сигналы М1 или М2, в зависимости от того, какой из выключателей срабатывает первым ВК1 или ВК2 и направления движения крана. Далее импульсы поступают на входы устройства измерения рассогласования. Кроме того, устройство формирования сигналов меток формирует сигналы, управляющие работой измерения рассогласования. Сигнал R - сигнал сброса появляется после нажатия кнопки "Сброс".

Сигнал RM - сигнал сброса.

Сигнал L - разрешение записи, появляющийся при прохождении краном меток.

Сигнал "Аварийный переключатель" - поступает на входы выходного устройства.

Устройство измерения рассогласования предназначено для получения числа в двоичном коде, пропорционально величине текущего рассогласования (по сигналам ВВ1, ВВ2, ВА1, ВА2) и истинного рассогласования по сигналам (VM1 и VM2) и движению опор крана. Работа устройства основана на подаче числа импульсов в реверсивном счетчике поступивших с выходов устройств формирования сигналов датчиков и меток таким образом, что импульсы ВА1, ВА2, VM1 увеличивает содержимое счетчика, а импульсы ВВ1, ВВ2, VM2 уменьшают содержимое счетчика.

Выходы устройств измерения рассогласования 01:09 (0,9 - знаковый разряд) соединены с входами выходного устройства.

Входное устройство предназначено для преобразования импульсов поданных на его вход в аналоговый сигнал. Сигнал с выхода цифроаналогового преобразователя пропорциональный величине рассогласования между опорами крана и сигнал "Аварийный перекос" являются выходными сигналами системы синхронизации.

Для визуального контроля величины рассогласования используется "Индикатор перекоса" и индикатор "Аварийный перекос".

Для контроля работоспособности всего устройства используется генератор импульсов с амплитудой 15 В, конструктивно совмещенный с источником питания +15 В, имитирующим сигналы датчиков ПДФ-3 ("сигнал контроля 1", "сигнал контроля 2").

Контроль за работой устройства осуществляется эпизодически. Для этого, после подачи питающего напряжения, нажимается кнопка "Сброс", в результате чего в устройстве формирования сигналов меток генерируется импульс, который обеспечивает установку в нулевое состояние счетчиков импульсов в устройстве измерения рассогласования. Затем переключатели В1, В2 устанавливаются в верхнее по схеме положение, при этом вместо сигналов датчиков ПДФ-3 В1, В2 на входы устройства формирования сигналов датчиков ПДФ-3, с выхода +15 В источника питания +15 В, подается сигнал "Логическая единица", разрешающая прохождение сигналов контроля.

Переключателем В3 на входы устройства формирования сигналов датчиков ПДФ-3 подаются сигналы контроля таким образом, что отдельно имитируется вращение каждого из валов датчиков ПДФ-3 в ту или другую сторону. Это соответствует непрерывному росту величины забегания одной опоры относительно другой в реальной обстановке.

О правильности работы устройства формирования и выходного устройства судят по показаниям индикатора перекоса и сигналу на выходе "Аварийный перекос". Если устройство формирования сигналов датчиков ПДФ-3, устройство измерения рассогласования и выходное устройство работают нормально, то показания индикатора непрерывно растут относительно нулевого положения, а на выходе - сигнал "Аварийный перекос" в момент превышения числа выхода с устройства измерения рассогласования числа соответствующего аварийному рассогласованию.

Для контроля работоспособности устройства формирования сигналов меток переключателями В4 и В5 имитируется срабатывание выключателей

БК1 и БК2. О правильности работы устройства судят по показателям индикаторов "метки А", "метки Б", индикатора перекоса.

Для повышения помехоустойчивости системы синхронизации используются прямые Б1, Б2 и инверсные Б1, Б2 сигналы датчиков ПДФ-3.

Прямые и предварительно проинвертированные инверсные сигналы поступают на входы схем совпадений З1-2; З1-4; З2-2; З2-4. Таким образом, сигнал на выходе схем совпадений появится только тогда, когда на два входа последних поступят одновременно прямой и проинвертированный сигналы.

Сигналы с выходов схем совпадений З1-2; З1-4; З2-2; З2-4 поступают на входы инверторов З3-1; З3-2; З4-1; З4-2 соответственно.

Выходные сигналы схем совпадений З1-2; З1-4; З2-2; З2-4 и выходные сигналы инверторов З3-1; З3-2; З4-1; З4-2 являются входными для формирователей-учетверителей, собранных на элементах З5: З8 (микросхема типа 134ТЛЗ) и З9, З10 (микросхема типа 134ЛБ2А).

При наличии на входах О3, О5, 10, 12 элементов З5: З8 высокого уровня напряжения, а на входах О2, О6, О9, 13 отрицательного перепада напряжений на выходах О1, О7, О8, 14 появляется отрицательный импульс длительностью 150:600 с. Выходные сигналы элементов З1-2, З1-4, З2-2, З2-4, З3-2, З3-1, З4-1, З4-2 поданы на соответствующие входы элементов таким образом, что импульсы появляются на выходах элементов З5, З7 или З6, З8 в зависимости от направления вращения валов датчиков ПДФ-3.

Выходные сигналы элементов З5, З6 и З7, З8 подаются на входы элементов З9 и З10 соответственно, выполняющих логическую функцию "или-не". На выходах элементов З9-1, З10-1 или З9-2, З10-2 появляются положительные импульсы с частотой следования, превышающей в четыре раза частоту следования импульсов с выхода датчиков ПДФ-3.

Наличие помехи при остановленном вале датчика ПДФ-3 (вследствие вибрации при остановке на границе импульса одной серии) приводит к появлению импульсов на З9-1 и З9-2 или З10-1 и З10-2. Эти импульсы компенсируют друг друга при обработке информации на инверсном счетчике импульсов в устройстве измерения рассогласования, т.к. один из них подается на вход сложения, а другой на вход вычитания. Элементы З3-3; З3-4, З4-4, З11-1, З11-4 служат для получения отрицательных и положительных выходных сигналов устройства формирования сигналов датчика ПДФ-3.

При наезде крана на линейки контрольных позиций появляются импульсы на входах VM1 или VM2.

В реверсивном счетчике Э14, Э15 Э13-2 накапливаются числа пропорциональные истинному рассогласованию. По сигналу "Сигнал L" происходит передача числа из счетчика Э14, Э15, Э13-2 в счетчик Э11, Э12, Э13-1, а по сигналу "Сигнал РМ" сброс в нулевое состояние. Таким образом, на выходах устройства 01:08 "Знак 2" появляются скорректированные значения текущего рассогласования.

Для преобразования числа, подающегося на входы 01:08 в аналоговый сигнал используется цифрово-аналоговый преобразователь, преобразованный инверторами Э1;Э4, реостатной лестницей Р2:Р26 операционными усилителями Э7, Э8. Т.к. число импульсов, соответствующее аварийному рассогласованию составляет 192, то контроль величины рассогласования достаточно осуществить путем контроля в 7 и 8 разрядах реверсивного счетчика импульсов. Этот контроль осуществляется схемой "И" Э5-2, Э5-3. Сигналы с выхода схем Э5-2, Э5-3 и сигнал "Аварийный перекос" с выхода устройства формирования сигналов меток поступают на входы элемента Э8-2, выполняющего роль схемы "или", и далее на выход сигнал "Аварийный перекос".

Сигнал "Аварийный перекос" индицируется на пульте управления, в кабине крановщика и одновременно производит отключение электропривода перемещения крана. Результат работы системы СПУ виден на рис. 4.

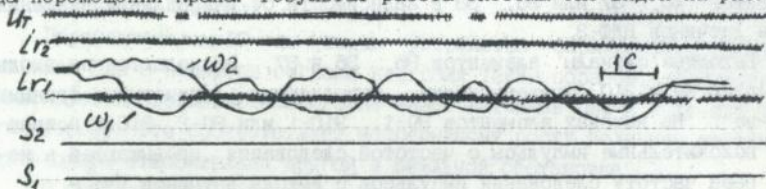


Рис. 4.

В четвертой главе разработана методика экспериментальных исследований распорных и перекосных сил на модели козлового крана, проведен анализ размерных и весовых показателей крана, что необходимо для определения расчетных параметров ЭМС.

Результаты экспериментальных исследований на макете позволили определить перекосную жесткость металлоконструкции крана, продольную и поперечную жесткости, по данным исследования макета крана получены следующие данные (см. табл. 1):

Таблица 1

Режимы	Забегание гибкой опоры, мм					
	0	250	500	750	1000	1250
нагрузки	0	250	500	750	1000	1250
Жесткостная /невесомая/ модель	0	5,09	11,9	17,0	23,8	28,89
Только соб. вес	70,0	80,1	88,6	92,3	94,8	96,8
Груз у жесткой опоры	70,8	75,4	90,1	94,8	101,7	109,6
Груз посредине пролета	90,4	94,8	119,3	124,2	126,6	133,8
Груз у гибкой опоры	98,3	104,6	124,1	129,0	134,0	136,6

Кроме того проводились исследования реальных объектов с целью подтверждения расчетных параметров системы синхронизации.

В результате применения системы синхронизации для управления электроприводами передвижения затяжек козлового крана полностью устранен эффект "шагания". Точность устранения перекоса не выходит за заданные 100 м. В режиме регулирования при переходе с установочной скорости 2 м/мин. на промежуточную (30 м/мин) и основную (39 м/мин) наблюдалось скачкообразное увеличение скорости с 2-х до 30 м/мин. Это привело к раскачиванию груза, затруднению проведения монтажных операций, динамическим перегрузкам в звеньях механизма. Для оператора крана резкие различия скоростей и более интенсивное ускорение крана создавали кроме объективных, субъективные неудобства в работе. После применения системы синхронизации на кране г/п 480 т реализована следующая разбивка скоростей: установочная скорость 2 м/мин; промежуточные 20 м/мин и 30 м/мин и основная скорость 39 м/мин. Значительно повысилась плавность переходных процессов, что видно из полученных осциллограмм (рис. 5) электропривода крана г/п 480 т.

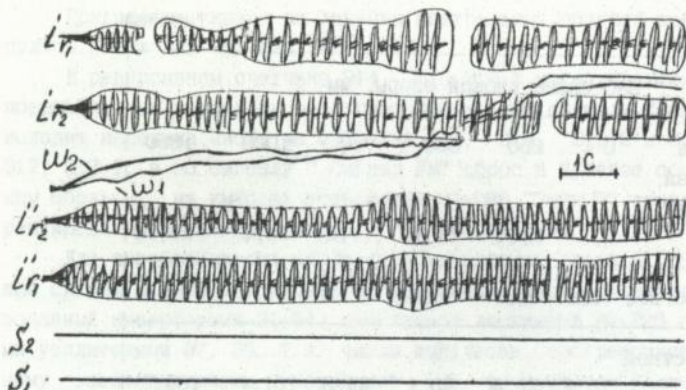


Рис. 5

Аналогичные исследования проводились и для козловых кранов с грузоподъемностью 25, 100, 160, 200, 320, 630 тс.

Пятая глава посвящена экономическому анализу проведенной работы и расчету экономического эффекта. Разработанная система синхронизации позволит значительно снизить рабочую величину рассогласования опор крана и боковых нагрузок на ходовые колеса и рельсы, что позволит в свою очередь :

- снизить мощность приводных двигателей за счет уменьшения потерь на заклинивание крана при перекосах;
- снизить величину аварийного перекоса крана за счет повышения надежности и точности системы синхронизации;
- уменьшить жесткость опор и затяжек крана при его гарантированной устойчивости в аварийных ситуациях и соответственно уменьшить металлоемкость крана;
- уменьшить жесткость и, следовательно, стоимость подкрановых строений.

Общая экономия от внедрения новой системы синхронизации на одном кране составила

$$\text{Эоб.} = \text{Ээд} + \text{Эмет} + \text{Эконст.} \quad (28)$$

$$\text{Эоб.} = 2832 + 17340 + 53000 = 71172 \text{ руб. ,}$$

где:

- Ээд - экономия от замены электродвигателя на менее мощные;
- Эмет - экономия от снижения металлоемкости крана;
- Эконст - экономия от уменьшения жесткости конструкции подкранового пути.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана математическая модель адекватно отражающая зависимость момента двигателя от скольжения и раскачивания груза.

2. Разработана блок схема двухдвигательного электропривода, с определением статистических и динамических ошибок при синхронизированной работе электропривода. Получено значение напряжения пропорциональное разности углов поворота роторов двигателя. Проведен анализ устойчивости системы регулирования.

3. Проведен расчет электромеханической системы, выведена система уравнений, описывающая поведение двигателя, регулятора и промежуточного усилителя.

4. Проведен анализ основных критериев оценки способов синхронизации и обоснована тенденция выбора синхронизации.

5. Разработаны функциональная и принципиальная схемы системы синхронизации, позволяющей достичь заданного рассогласования опор козлового крана.

6. Показано, что наибольшая точность перемещения опор крана достигается при непрерывном контроле перевода пути с эпизодической коррекцией.

7. Проведены исследования на макете козлового крана, позволившие определить параметры жесткости, продольные и поперечные перекосные упругости при различных вариантах нагружения балки крана.

8. Проведены исследования на реальных объектах - козловых кранов грузоподъемностью 25; 100; 160; 200; 320; 480 и 630 тт. Полученные результаты позволяют судить о процессах, происходящих в электроприводе при работе системы синхронизации.

9. Впервые разработана и внедрена на реальном кране цифровая система синхронизации перемещения опор козлового крана, осуществляющая непрерывную синхронизацию перемещения и отключающая электропривод при аварийном перекосе.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Создание систем синхронизации механизмов передвижения козловых кранов с большой длиной пролета: Отчет о НИР (заключ.) / ВНИИМЕТ-МАШ; руководитель Серкутан В. И. - Н ГР 79046457; инв. N 0284. 0069450 - М. 1984. - 89 с.

2. Серкутан В. И. Современный электропривод и датчики / ЦИПК Свердловск, 1985 г. - 51 с.

3. Устройство для управления приводом передвижения опор кра-
на/А. с. 1227'89. (СССР), МКИ В66 С 13122,9/16

4. Серкутан В. И. Управление промышленными объектами при помощи
ЭВМ/Донгу. - Донецк, 1987г. - 47 с.

5. Серкутан В. И. Гор. науч. - практ. конф. - Мариуполь, 1988. -
с. 18-22. Синтез системы управления приводом механтма передвижения
ковлового крана/Творческий союз высшей школы научно-техническому
прогрессу.

471376

AB 26.809

AB 26.809