

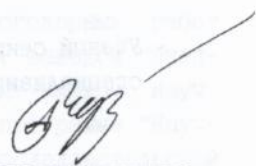
На правах рукописи

Черенов Алексей Николаевич

**ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ОБЖИМНЫХ
ПРОКАТНЫХ СТАНОВ В РЕЖИМЕ БУКСОВАНИЯ ВАЛКОВ**

05.09.03 - электротехнические комплексы и системы,
включая их управление и регулирование

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



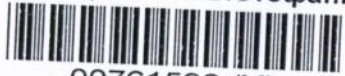
Харьков - 1995



621.3-1

Ав 33.435-

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00761596 (Y)

Дисертацією являється рук

Робота виконана на кафедрі "Автоматизовані електромеханічні системи" в Харківському державному політехнічному університеті.

Научний керівник

доктор технічних наук, професор
Клепиков Владимир Борисович

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Зеленов Анатолий Борисович

кандидат технічних наук, доцент
Фатеев Виктор Николаевич

Ведуче підприємство: **НПО ХЭМЗ**

Захита состоится 30 ноября 1995 года в 14³⁰ на заседании специализированного совета **К 02.09.14** в Харьковском государственном политехническом университете.

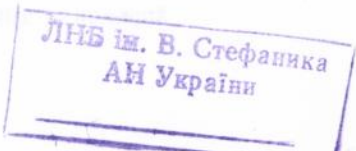
(310002, г. Харьков-2, ГСП, ул. Фрунзе, 21)

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ХГПУ.

Автореферат разослан "28" октября 1995 г.

Учений секретар
спеціалізованого ученого совета

Гончаров Ю.П.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Обжимной прокатный стан - важнейшее звено технологического процесса получения прокатной продукции. От его надежности зависит работа металлургического комбината в целом. Одно из негативных явлений, сопровождающих процесс прокатки - это пробуксовка прокатных валков, существенно снижающая технико-экономические показатели работы стана, вызывающая аварийные поломки кинематических звеньев вследствие значительных динамических нагрузок. Установлено, что своего максимального значения коэффициент динамичности достигает в режиме так называемых фрикционных автоколебаний (АКФ), возникающих при трении металла о валки при буксовании.

Изучению явления АКФ в электроприводах посвящено научное направление в теории электропривода - "Динамика электромеханических систем с отрицательным вязким трением", развиваемое кафедрой "Автоматизированные электромеханические системы" Харьковского государственного политехнического университета под руководством профессора Клепикова В.Б.

В рамках данной теории установлены основные причины возникновения АКФ, разработан математический аппарат для анализа динамических свойств систем с фрикционной нагрузкой, определены способы и разработаны инженерные методики синтеза устойчивых электромеханических систем.

Полученные в ходе многочисленных исследований данные о процессе нагружения электропривода обжимного стана при пробуксовке свидетельствуют о принадлежности данного механизма к классу электромеханических систем с отрицательным вязким трением.

Вследствие этого представляется целесообразным применить новый подход к решению проблемы буксования, используя основные положения теории фрикционных автоколебаний.

Однако в силу особенностей кинематических структур обжимных прокатных станов, а также некоторой специфики процесса нагружения требуется дополнительно провести комплекс теоретических и экспериментальных исследований.

Диссертационная работа связана с выполнением хозяйственных работ с НИИ НПО ХЭМЗ, АО "Тяжпромэлектропроект" (г.Харьков), заводом "Днепроспецсталь" (г.Запорожье), а также с координационным планом научно-исследовательских работ АН Украины по комплексной программе "Научные основы энергетики" и государственной научно-исследовательской программой "Ресурсосбережение" в рамках госбюджетных тем М3401 и М3405.

Цель работы: Определение условий возбуждения, разработка устройств и способов подавления АКФ в упругой двух- и трехмассовой электромеханической системе (ЭМС) главной линии привода обжимного прокатного стана при буксовании валков. Для достижения поставленной цели представляется необходимым решение следующих задач:

- разработать математическую модель ЭМС главной линии обжимного прокатного стана с учетом особенностей ее механической части и специфики процесса нагружения при буксовании валков;
- разработать алгоритмы и программы для расчета областей динамических режимов двух- и трехмассовых разомкнутых ЭМС на падающем участке характеристики нагрузки;
- разработать инженерную методiku для получения количественной оценки влияния параметров системы на условия возбуждения АКФ;
- оценить влияние внутреннего вязкого трения, изменения нормального давления, массы слитка на динамику ЭМС прокатного стана при пробуксовке;
- провести физический анализ и моделирование возможных режимов АКФ при срыве трения на контактной поверхности "валок - металл";
- провести экспериментальные исследования на действующем электроприводе прокатного стана для проверки правильности теоретических результатов и в целях оценки эффективности известных способов обнаружения и устранения пробуксовки;
- разработать систему обнаружения и устранения режимов пробуксовки и АКФ.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы теории электропривода, автоматического управления, топологические методы, методы общей теории дифференциальных уравнений, точные численные методы, методы расчета на ЭВМ по линеаризованным математическим моделям, приближенные методы расчета Рунге - Кутты с применением ЭВМ, методы экспериментальных исследований.

- Научная новизна** полученных результатов состоит в следующем:
- разработана математическая модель трехмассовой ЭМС главной линии обжимного прокатного стана в режиме буксования прокатных валков в обобщенных безразмерных параметрах;
 - доказана возможность применения теорем о расчетных диапазонах и секторах для трехмассовых систем электроприводов обжимных прокатных станов;
 - разработана методика оценки демпфирующих свойств трехмассовых

ЭМС;

- определены области целесообразного использования моделей двух- и трехмассовых ЭМС при решении вопросов устойчивости;

- получены аналитические выражения, а также разработаны алгоритмы и программы для расчета границ колебательной устойчивости, пределов расчетных диапазонов и границ секторов трехмассовых систем электроприводов обжимных прокатных станов;

- доказана возможность существования режима трехчастотных АКФ;

- разработана математическая модель электропривода обжимного прокатного стана с учетом массы прокатываемого слитка и изменения нормального давления, сделаны выводы о влиянии данных факторов на расположение границ областей динамических режимов.

Достоверность научных положений и результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждается обоснованностью допущений при разработке математических моделей, соответствием математических моделей физическим представлениям о протекающих процессах и данным об АКФ в электроприводах обжимных прокатных станов, известным из литературы и полученными в ходе экспериментальных исследований, корректностью проведения расчетов, основанных на применении топологических методов, классических методов ТАУ, положений теории динамики ЭМС с отрицательным вязким трением, согласованностью теоретических выводов и результатов экспериментального исследования, положительными результатами промышленных испытаний, широкой апробацией и внедрением результатов работы.

Практическая ценность. Разработана инженерная методика для анализа демпфирующих свойств электроприводов обжимных прокатных станов при пробуксовке валков, включающая алгоритмы и программы расчета на ЭВМ областей динамических режимов, секторов пространства соответствия. Разработаны высокоэффективные датчики АКФ. Определены принципы построения, основная структура, разработаны отдельные блоки системы выявления и устранения АКФ и пробуксовки. Устройство доведено до промышленного использования, доказана его высокая эффективность.

Реализация результатов работы. Результаты теоретических исследований переданы в НИИ НПО ХЭМЗ, УГККПИ "Тяжпромэлектропроект" для разработки новых комплектных электроприводов, использованы при выполнении госбюджетной тематики в рамках тем М3401, М3405.

Созданное противобуксовочное устройство внедрено на обжимной клети стана 950 завода "Днепроспецсталь" г. Запорожье. Разработанная сис-

тема обнаружения и устранения АКФ и пробуксовок реализована в виде ячейки для выпускаемых комплектных электроприводов и результаты переданы на ХЭМЗ.

Апробация работы. Научные положения и результаты диссертационной работы доложены на 7 республиканских, всесоюзных, международных конференциях и конференциях с международным участием, на технических советах ЗПО "Преобразователь" и завода "Днепроспецсталь" г.Запорожье, научно-технических конференциях ХПИ и семинарах АН Украины "Динамика нелинейных электромеханических систем",

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 14 научных трудов.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, 3 приложений, списка литературы из 167 наименований, включает 75 рисунков, 4 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы и дана общая характеристика содержания работы по разделам.

В **первой главе** проведен анализ литературных источников по динамике электроприводов обжимных прокатных станов. Отмечено, что наиболее опасным с точки зрения прочности звеньев кинематической линии является режим пробуксовки прокатных валков, сопровождающийся фрикционными автоколебаниями. Коэффициент динамичности при этом превышает значение 3. Указано, что, несмотря на значительное количество мер по предотвращению буксования и разнообразие противобуксовочных систем, проблема пробуксовки не решена. Что касается существующей теории фрикционных автоколебаний, то в полной мере она не может быть применена к электроприводам обжимных прокатных станов в силу существующих особенностей кинематики и процесса нагружения.

По результатам анализа литературных источников сделан вывод о необходимости проведения комплекса теоретических и экспериментальных исследований по разработке основных положений теории АКФ для двух- и трёхмассовых систем электроприводов обжимных прокатных станов и получения исходных данных для разработки и создания высокоэффективной системы обнаружения и устранения АКФ и пробуксовки.

Сформулированы цель и задачи диссертационной работы, приведенные в разделе "Общая характеристика работы" настоящего автореферата.

Вторая глава посвящена разработке основных положений теории АКФ электроприводов обжимных прокатных станов при пробуксовке.

Объектом исследования является трёхмассовая ЭМС с нелинейной фрикционной нагрузкой, механическая характеристика которой аппроксимирована прямолинейными участками.

Известно, что для повышения общности результатов и с целью минимизации числа параметров целесообразно перейти к обобщённым безразмерным параметрам.

Наряду с общеизвестными: γ , T_{M1}^* , ν , b введены еще два:

$\gamma_2 = (J_2 + J_3) / J_2$ - коэффициент соотношения маховых масс J_2 и J_3 ;

$\delta = \Omega_{23}^2 / \Omega_{12}^2$ - отношение квадратов собственных частот колебаний второй и первой пар масс.

Структурная схема исследуемой системы с использованием обобщённых параметров приведена на рис. 1.

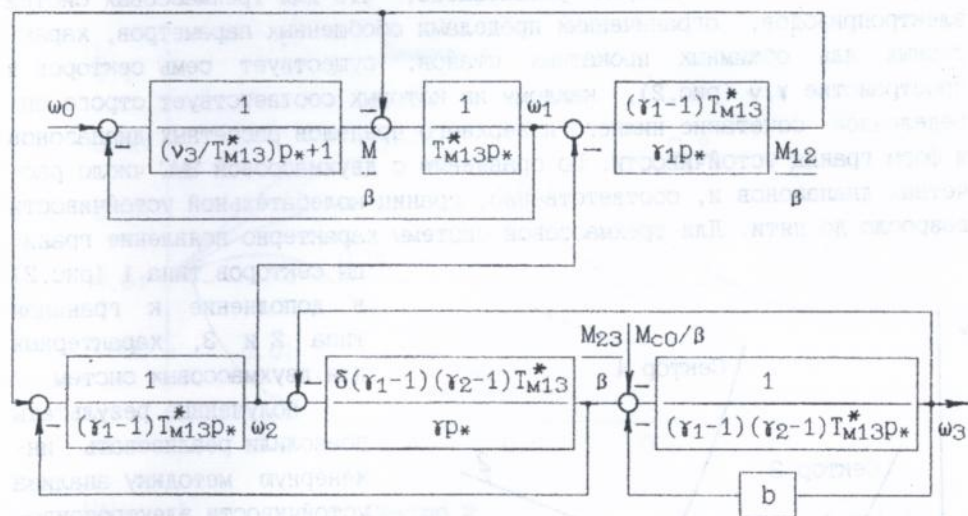


Рис. 1

С помощью топологических методов исследования структурных схем найдены передаточная функция и характеристический полином данной системы. Методом D - разбиения получены выражения для расчета границ колебательной устойчивости в плоскости $[b, T_{M1}^*]$:

$$b = \frac{Q(\Omega_*)}{\gamma_1 \gamma_2 \Omega_*^4 - \gamma_1 (\gamma_2 + (\gamma_2 - 1) \delta) \Omega_*^2 + (\gamma_1 - 1) (\gamma_2 - 1) \delta}, \quad (1)$$

$$Q = (\gamma_1 - 1)(\gamma_2 - 1)[\gamma_1 \gamma_2 v_3 \Omega_*^6 + \gamma_1 \gamma_2 ((1 + \delta)v_3 + 1)\Omega_*^4 + (\gamma_2(1 + \gamma_1 \delta) + ((\gamma_1 - 1)\gamma_2 + 1)v_3 \delta)\Omega_*^2 - \delta]$$

$$T_{M13}^{*2} = \frac{F(\Omega_*)}{(\gamma_1 - 1)(\gamma_2 - 1)(\gamma_1 \gamma_2 \Omega_*^4 - \gamma_1 \gamma_2 (1 + \delta)\Omega_*^2 + \delta(\gamma_1 - 1)(\gamma_2 - 1))}, \quad (2)$$

$$F(\Omega_*) = - (b)[\gamma_1 \gamma_2 v_3 \Omega_*^4 - (\gamma_1 \gamma_2 + v_3 \gamma_1 (\gamma_2 + (\gamma_2 - 1)\delta))\Omega_*^2 + \delta \gamma_1 (\gamma_2 - 1) + \gamma_2 + (\gamma_1 - 1)(\gamma_2 - 1)v_3 \delta]$$

По разработанному алгоритму, основанному на поуровневом исследовании всего пространства обобщенных параметров выполнены расчеты на ЭВМ, в результате которых установлено, что для трехмассовых систем электроприводов, ограниченных пределами обобщенных параметров, характерных для обжимных прокатных станов, существует семь секторов в пространстве γ, v (рис.2), каждому из которых соответствует строго определенное сочетание нижнего и верхнего пределов расчетных диапазонов и форм границ устойчивости. По сравнению с двухмассовой ЭМС число расчетных диапазонов и, соответственно, границ колебательной устойчивости возросло до пяти. Для трехмассовой системы характерно появление границы

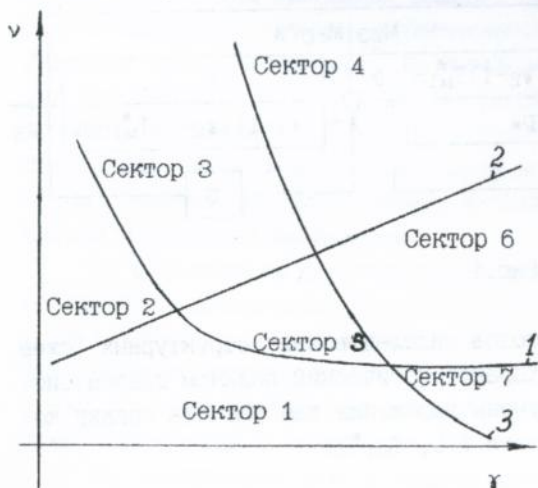


Рис.2

границы секторов типа 1 (рис.2) в дополнение к границам типа 2 и 3, характерных для двухмассовых систем.

Полученные результаты позволили реализовать инженерную методику анализа устойчивости электроприводов на падающем участке характеристики нагрузки.

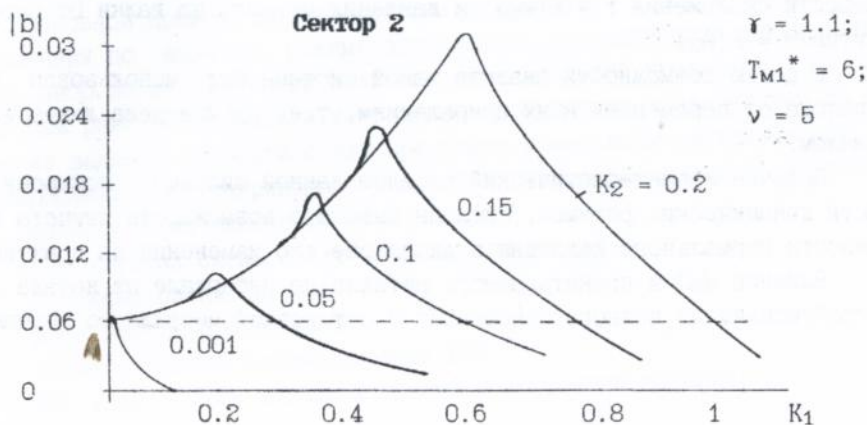
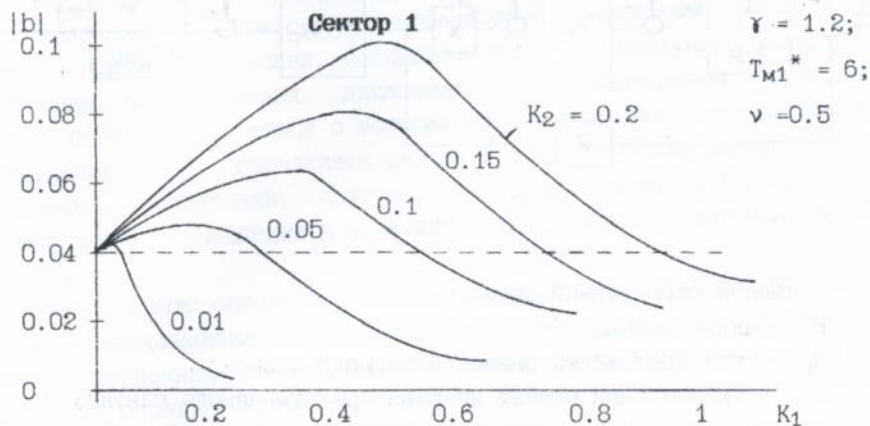
Поскольку математический аппарат для двухмассовых ЭМС значительно проще, а следовательно удобней для употребления в инженерной практике, то проанализирована возмож-

ность перехода от трехмассовых систем к двухмассовым. Разработаны программы расчета на ЭВМ лимитирующих границ динамической устойчивости и предложен пакет номограмм (примеры для двух секторов приведены на рис.3), позволяющих установить возможность вышеуказанных упрощений. Для удобства сопоставления результатов для двухмассовых и трехмассовых систем были введены следующие параметры:

$$\gamma = (J_1 + J_2 + J_3) / (J_1 + J_2); \quad \Omega_{\Sigma}^2 = c_{23}(J_1 + J_2 + J_3) / [(J_1 + J_2)J_3];$$

$$K_1 = \Omega_{\Sigma}^2 / \Omega_{12}^2; \quad K_2 = J_2 / (J_1 + J_2),$$

Анализ влияния внутреннего вязкого трения привел к выводу о целесообразности учета этого фактора при расчетах устойчивости, что однако относится только к коэффициенту внутреннего вязкого трения упругого элемента между второй и третьей массами μ_{23} .



В третьей главе работы рассматриваются такие особенности технологического процесса обжата как влияние массы прокатываемого металла и переменности нормального давления на демпфирующие свойства системы в целом.

Математическая модель такой системы нелинейна. Структурная схема представлена на рис.4.

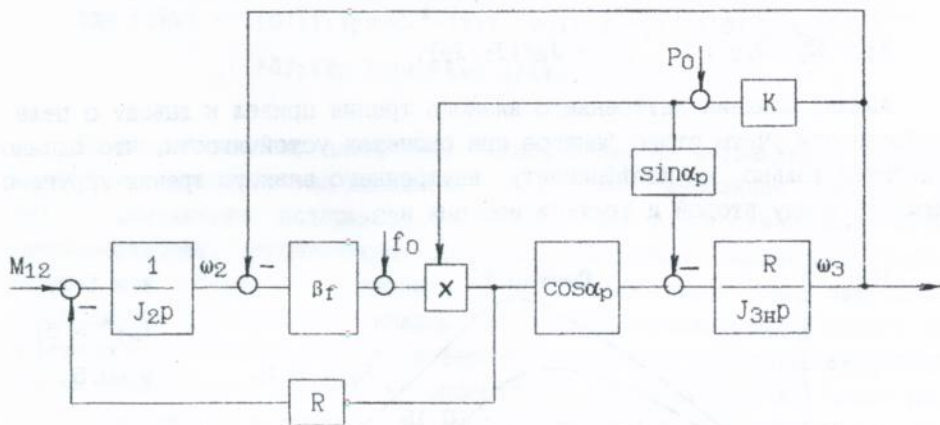


Рис.4

В данной структурной схеме:

R - радиус валка;

α_p - угол приложения равнодействующей силы;

$J_{3н}$ - приведенный момент инерции прокатываемого слитка;

f_0 , β_f , P_0 , k - параметры зависимостей коэффициента трения от скорости скольжения $f = F(\omega_{ск})$ и давления металла на валки от скорости слитка $P = F(\omega_3)$.

С целью возможности анализа такой системы был использован прием перехода от переменных к их приращениям, т.е. произведена линеаризация в малом.

Получен характеристический полином данной системы, построены области динамических режимов. Сделаны выводы о возможности неучета переменности нормального давления в диапазоне его изменения на практике.

Влияние массы прокатываемого металла на интервале от начала срыва в пробуксовку до полного буксования с остановкой металла во вращающих-

ся валках проявляется в значительном повышении демпфирующих свойств ЭМС из-за уменьшения абсолютного значения жесткости статической механической характеристики нагрузки.

В **четвертой главе** приведены результаты комплекса экспериментальных исследований, проведенных на действующем оборудовании и с помощью ЭВМ.

Моделирование на ЭВМ подтвердило основные теоретические выводы диссертации.

Объектом для натурального эксперимента явилась обжимная клеть стана 950 завода "Днепроспецсталь" г. Запорожье.

Для проведения эксперимента был разработан и создан комплекс экспериментальных устройств, включающий в себя радиопередающий датчик упругого момента, блок анализа спектра частот колебаний якорного тока, набор дифференцирующе - интегрирующих элементов, датчик разностного тока, блок усилителей и регистрирующей аппаратуры,

В ходе эксперимента оценена эффективность известных способов обнаружения режима буксования; установлен факт обязательного присутствия неустойчивых колебательных движений при длительном буксовании (рис.5); подтвержден вывод о возможности фрикционных автоколебаний на различных частотах; определены диапазоны частот релаксационных и гармонических автоколебаний; получены исходные данные для разработки и создания системы выявления и устранения фрикционных автоколебаний и пробуксовки.

В **пятой главе** описана созданная в результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований эффективная противобуксовочная система, обеспечивающая устранение режима буксования и недопущение превышения определенного допустимого уровня динамических нагрузок от АКФ при пробуксовке.

Основной принцип работы системы заключается в определении режима буксования по наличию режима фрикционных автоколебаний определенного рода, либо по значительной величине отрицательной производной якорного тока при разгоне привода и устранение пробуксовки воздействием на напряжение задания скорости с одновременным изменением механической характеристики электропривода с целью предотвращения развития неустойчивых колебательных движений.

Структурная схема системы приведена на рис.6.

Основные блоки системы:

ДП - датчик пробуксовки;

ДАКФ1 - датчик релаксационных АКФ;

ВОС и КЗ - блок обратных связей и коррекции задания;

ДАКФЭ - датчик гармонических АКФ.

Все блоки системы хорошо проработаны, доведены до конкретной реализации, прошли промышленные испытания.

Основным блоком системы является датчик гармонических АКФ, принцип действия которого заключается в сравнении амплитуд колебаний соседних периодов, чем достигается высокое быстродействие и надежность системы в целом.

Первый образец системы был установлен на привод блюминга 950 завода "Днепроспецсталь" г.Запорожья и показал свою высокую эффективность, о чем в диссертации имеется соответствующее заключение. Пример работы системы приведен на осциллограмме (рис.7).

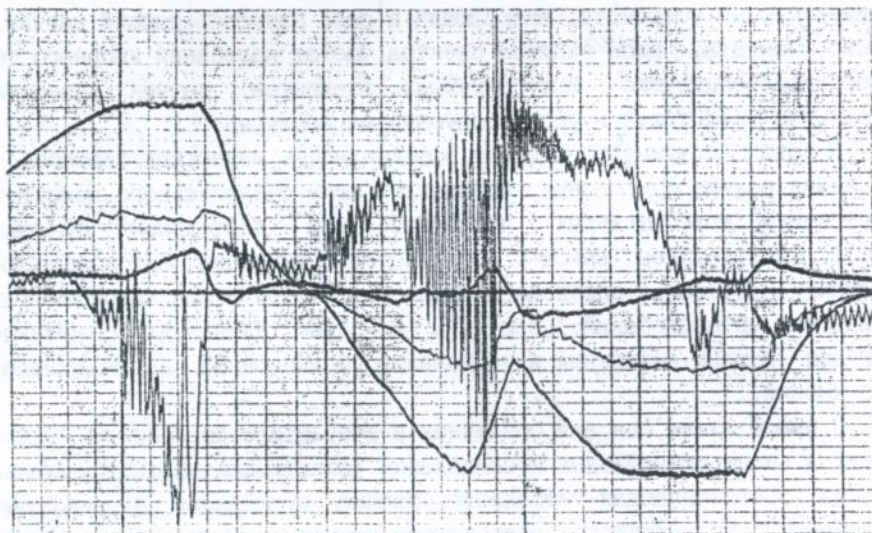


Рис.5

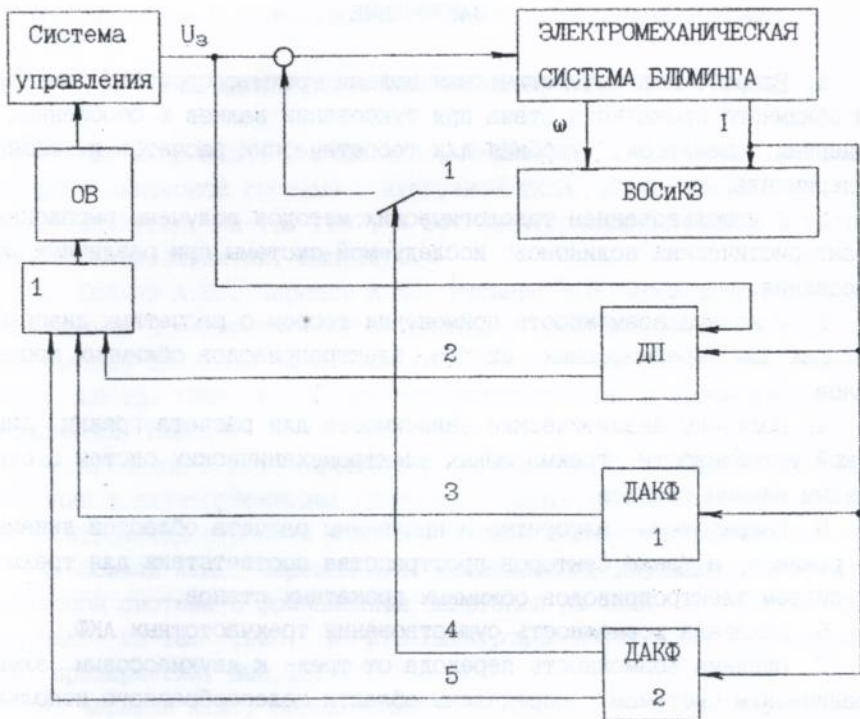


Рис. 6

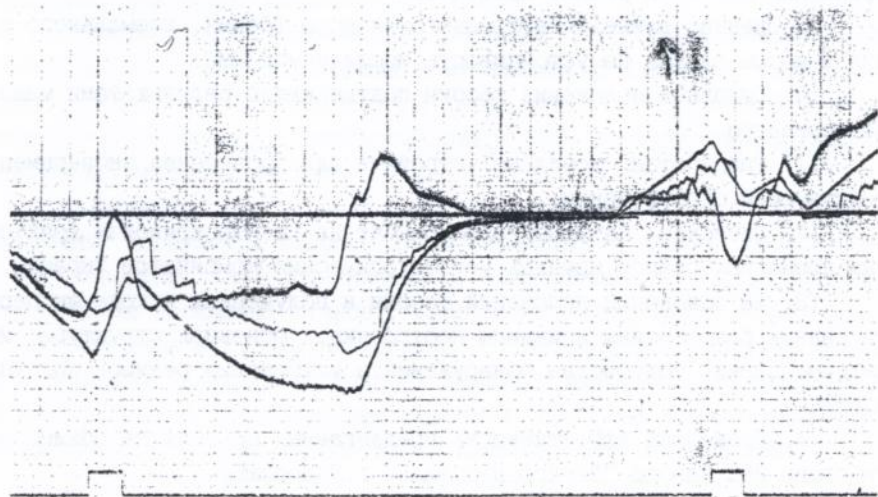


Рис. 7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана математическая модель трехмассовой ЭМС главной линии обжимного прокатного стана при буксовании валков в обобщенных безразмерных параметрах, удобная для теоретических расчетов и машинного эксперимента.
2. С использованием топологических методов получены выражения для характеристических полиномов исследуемой системы при различных этапах буксования.
3. Доказана возможность применения теорем о расчетных диапазонах и секторах для трехмассовых систем электроприводов обжимных прокатных станов.
4. Получены аналитические зависимости для расчета границ динамической устойчивости трехмассовых электромеханических систем с отрицательным вязким трением.
5. Разработаны алгоритмы и программы расчета областей динамических режимов, а также секторов пространства соответствия для трехмассовых систем электроприводов обжимных прокатных станов.
6. Доказана возможность существования трехчастотных АКФ.
7. Оценена возможность перехода от трех- к двухмассовым электромеханическим системам, определены области целесообразного использования моделей.
8. Разработана методика анализа демпфирующих свойств ЭМС обжимных прокатных станов в режиме пробуксовки.
9. Оценено влияние внутреннего вязкого трения, нормального давления и массы слитка на устойчивость исследуемой ЭМС.
10. Основные положения теории подтверждены результатами машинного эксперимента.
11. Разработан комплекс устройств для проведения эксперимента на действующем оборудовании.
12. Проведен натурный эксперимент на электроприводах трех обжимных прокатных станов крупных металлургических комбинатов Украины.
13. На основании положений теории и полученных в ходе эксперимента данных разработаны принципы построения, основная структура и отдельные блоки устройства обнаружения и устранения режимов пробуксовки и АКФ.
14. Проверена эффективность предлагаемых средств на обжимной клетке стана 950 завода "Днепроспецсталь" г.Запорожье.

15. Устройство доведено до промышленного использования.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ:

1. Клепиков В.Б., Осичев А.В., Черенов А.Н. Динамика двухмассовой электромеханической системы с нагрузкой типа пара трения // Вестн. Харьк. политехн. ин-та. 1987, N 247 Электромашиностроение и автоматизация пром. предприятий, Вып.12.

2. Осичев А.В., Черенов А.Н., Рубаник Е.Н. Исследование на аналоговой модели фрикционных автоколебаний в электроприводах с упругой кинематической связью и нагрузкой типа пара трения // Вестн. Харьк. политехн. ин-та. 1988, N 255 Электромашиностроение и автоматизация пром. предприятий, Вып.13.

3. Клепиков В.Б., Осичев А.В., Черенов А.Н. Подавление упругих колебаний в электроприводах // Вестн. Харьк. политехн. ин-та. 1989, N 272 Электромашиностроение и автоматизация пром. предприятий, Вып.14.

4. Осичев А.В., Черенов А.Н. Исследование двухмассовой электромеханической системы с фрикционной нагрузкой на ЭЦВМ // Вестн. Харьк. политехн. ин-та. 1990, N 279 Электромашиностроение и автоматизация пром. предприятий, Вып.15.

5. Черенов А.Н., Буряковский С.Г., Погорелов С.В. Влияние динамической характеристики трения на устойчивость электромеханических систем // Вестн. Харьк. политехн. ин-та. 1992, N 4 Электромашиностроение и автоматизация пром. предприятий, Вып.16.

6. Клепиков В.Б., Осичев А.В., Черенов А.Н. О фрикционных автоколебаниях в электроприводах машин и механизмов с упругими связями. // Тезисы докладов научно-технической конференции " Современный металлургический электропривод, автоматизация и САПР промышленных установок", Харьков, 22-24 сентября 1986.

7. Клепиков В.Б., Черенов А.Н., Буряковский С.Г. Исследование динамических нагрузок в главной линии прокатных станов // Тезисы докладов к четвертой научно-технической конференции "Автоматизированный электропривод прокатных станов", Свердловск, март 1990.

8. Клепиков В.Б., Буряковский С.Г., Черенов А.Н. Система устранения буксования прокатного стана // Печатные материалы научно-технической конференции с международным участием "Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика." Харьков, 4-9 октября 1994.

9. А.с. СССР N 1617597. 23.06.1987 г. Электропривод / кл.Н 02

P5/06 / Клепиков В.Б., Осичев А.В., Черенов А.Н., опубл. в Бюл. изобр. N 48 30.12.1990 г.

10. Klepikov V.B., Osichev A.V., Pogorelov S.V., Cherenov A.N., Lutsikova T.B. Reduction of the Roll-Grinding Machine Tool Vibration by Electric Drive Resources // Computing Technology Meeting "micro-CAD-SYSTEM'93", Miscolc, March, 1993.

11. Клепиков В.Б., Осичев А.В., Погорелов С.В., Черенов А.Н., Луцкова Т.В. Снижение вибраций в вальцешлифовальных станках средствами электропривода //Тез. докладов международной научно-технической конференции "Компьютер: наука, техника, технология, здоровье". 8-13 июня 1993 г. - Харьков, Мишкольц: ХПИ, МУ, Часть II,

12. Клепиков В.Б., Буряковский С.Г., Черенов А.Н. Система устранения буксования прокатного стана // Печатные материалы научно-технической конференции с международным участием "Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика." 4-9 октября 1994 г. - Харьков, 1994, ХГПУ,- 216 с.

13. Клепиков В.Б., Черенов А.Н., Черенова Т.В. Особенности математических моделей электромеханических систем обжимных прокатных станов при буксовании валков // Труды научно - технической конференции с международным участием "Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика." Крым, Алушта, 2-7 октября 1995 г. - Харьков: Основа, 1994, ХГПУ,- 232 с.

14. Клепиков В.Б., Черенов А.Н., Буряковский С.Г., Устройство обнаружения и устранения фрикционных автоколебаний // Труды научно - технической конференции с международным участием "Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика." Крым, Алушта, 2-7 октября 1995 г. - Харьков: Основа, 1994, ХГПУ,- 232 с.

Черенов Олексій Миколайович "Особливості динаміки електроприводов об-тискних прокатних станів в режимі буксування валків". Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 - електротехнічні комплекси і системи, включаючи їх управління і регулювання. Харківський державний політехнічний університет. Харків, 1995 р.

Розглядаються питання, зв'язані з рішенням проблеми пробуксовок обтискних прокатних станів. Запропанован новий підхід до рішення цієї проблеми за допомогою основних положень теорії фрикційних автоколивань та динаміки систем з негативним в'язким тертям. Створена математична модель електромеханічної системи обтискного прокатного стану. Одержані аналітичні вирази для розрахунку меж динамічної стійкості. Розроблені алгоритми та програми для розрахунку областей динамічних режимів, секторів простору відповідності для тримасових систем. Оцінено вплив внутрішнього в'язкого тертя, нормального тиску та маси злитка на стійкість. Проведен експеримент на трьох обтискних прокатних станах України. Розроблен пристрій виявлення та усунення режимів пробуксовки та фрикційних автоколивань.

Ключевые слова: фрикционные автоколебания, характеристика трения, устойчивость, динамические режимы, пробуксовка, обжимные прокатные станы.

Cherenov A.N. "Rolling Mills Electric Drive Dynamic peculiarities in Regime of Roll Skidding"

Thesis deals with decision of skidding and friction selfsustained oscillations problem of rolling mills. Mathematical model of investigated system was worked out. Mathematical apparatus for analysis of dynamical properties of rolling mills electromechanical system was founded. Algorithms and programs, methods of dynamical regimes fields calculation, sectors of accordance space for threemass systems were worked out. Influence of different peculiarities of rolling mills for stability providing were investigated. Exepermental verification of the main theoretical researches has been carried out. System of skidding and friction selfsustained oscillations exposure and elimination has been developed.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України



С. В. Погорелов

АВТОРЕФЕРАТ

Ответственный за выпуск: *Погорелов С. В.*

Подписано в печать: *25.10.95г.*

Отпечатано АО "Электромаш". Зак. N *318* Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,25. Тираж 100 экз.

447245

AB 33.435

АВТОРЕСТАВ

Отделением по ремонту и реставрации
Издательского отдела
Издательского АО "Литературное наследство", сек. 4, стр. 20, м. Тверская
гол. редакт. "ЛН" (Изд. "ЛН")

1990