

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛИНИИ НЕПРЕРЫВНОГО ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ

Линия непрерывного горячего цинкования (ЛНГЦ) является сложной электромеханической системой, надежность и качество функционирования которой зависит от физико-механических свойств обрабатываемой полосы металла и режимов работы взаимосвязанного через полосу многодвигательного электропривода.

Во время прохождения полосы в печи термохимической обработки (ТХО) под действием высокой температуры, во время движения каретки входного накопителя, возникает процесс складкообразования в полосе, что негативно влияет на качество продукции.

В печи ТХО полоса подвергается термохимической обработке в защитной атмосфере. Рабочее пространство печи делится на ряд зон обработки, соответствующих технологическим фазам – нагреву, выдержке при определенной температуре, охлаждению. Полоса, продвигаясь через рабочее пространство печи, последовательно подвергается термохимическому воздействию окружающей среды в каждой зоне.

В печи ТХО осуществляются следующие операции: нагрев полосы на участке пламенной печи в атмосфере продуктов неполного сгорания пропан-бутана до температуры 600 ? 650 °С, окончательный нагрев и выдержка полосы на участке печи с радиационными трубами в атмосфере водородного защитного газа при температуре 700 ? 900 °С, охлаждение полосы на участке струйного охлаждения до температуры 450 ? 470 °С. Участки печи открытого пламени, обработки полосы радиационными трубами и струйного охлаждения конструктивно объединены в один.

Для решения проблемы повышения надежности работы ЛНГЦ были проведены исследования [1], включающие ряд экспериментов по определению динамических свойств обрабатываемой полосы металла.

В процессе экспериментальных исследований определялся характер изменений упругих усилий в полосе во время движения каретки входного накопителя. При эксперименте было выявлено, что на входе в печь ТХО амплитуда колебаний в полосе становится меньше чем при прохождении полосы через входной накопитель, так как колебания имеют затухающий характер. В печи ТХО при термообработке, под действием высокой температуры пластичность прокатываемого металла увеличивается, и амплитуда колебаний уменьшается. Таким образом, в результате проведенных экспериментов установлены следующие существенные факторы, влияющие на динамику полосы:

1. Возникновение продольных колебаний в полосе во время движения каретки входного накопителя;
2. Изменение упругости и пластичности полосы в процессе обработки металла;
3. Различные параметры и характер волн упругой деформации при ее распространении по направлению движения полосы.

На основании полученных экспериментальных данных были разработаны математические модели взаимосвязанных электроприводов ЛНГЦ [2]. Согласно математическому описанию разработаны имитационные модели взаимосвязанных электроприводов ЛНГЦ (рис. 1).

В разработанной модели многодвигательный групповой электропривод ЛНГЦ заменяется двухдвигательным эквивалентным. Имитационная модель взаимосвязанных электроприводов ЛНГЦ состоит из моделей электроприводов тянущей станции №1 (ТС1), вертикального входного накопителя (ВН), тянущей станции №2 (ТС2), роликов участка обработки печи (ТХО) и натяжных роликов печи (ТР).

Рис. 2. Имитационная модель электропривода входного накопителя

Элемент Step1 имитирует входное задание по скорости от ведущего скоростного механизма для каретки входного накопителя. Сигнал с датчика скорости поступает на вход регулятора скорости электропривода каретки входного накопителя. Входными воздействиями в модели также являются сигнал задания натяжения полосы во входном накопителе – элемент Step2 и моменты сопротивления полосы с нижнего ролика тянущей станции №1 – M1 и верхнего ролика тянущей станции №2 – M2. Выходные величины модели – усилие натяжения в полосе F и моменты сопротивления полосы 2M и 1M нижнего и верхнего роликов входного накопителя соответственно. Блоки Transport Delay, Transport Delay1 и Transport Delay2 формируют задержку сигнала движения каретки входного накопителя на заданное время. В модели полосы входного накопителя учитывается изменение длины полосы между верхними и нижними роликами при выборе (нагоне) полосы при помощи функциональных блоков Fcn2 и Fcn3.

Имитационные модели электроприводов тянущей станции №2 и роликов печи ТХО выполняются аналогично имитационным моделям электропривода башенной печи агрегата непрерывного отжига [3].

В модели усилия натяжения полосы тянущей станции №1 (рис. 3) учтено изменение скорости двигателя верхнего ролика во время движения каретки входного накопителя при стоянке головной части агрегата.

При помощи блоков Transport Delay, Saturation и Rate Limiter смоделировано изменение скорости верхнего ролика тянущей станции №1 во время остановки головной части агрегата, технологического толчка для контроля сварного шва и запуска головной части агрегата на повышенной скорости для осуществления нагона полосы во входной накопитель.

Реализация модели была осуществлена в пакете Simulink системы MATLAB 7.

Симуляция процесса проводилась с использованием многошагового метода решения, с переменным шагом модельного времени, что целесообразно в тех случаях, когда одношаговые явные методы не обеспечивают решения, при жесткости системы дифференциальных уравнений [4].

Оценка адекватности исследуемой модели определялась по средним значениям результатов эксперимента на модели и измерений на реальной системе. Осциллограммы с записью усилий натяжения в полосе при прохождении через входной накопитель, тянущую станцию №2 и печь ТХО приведены на рис. 4.

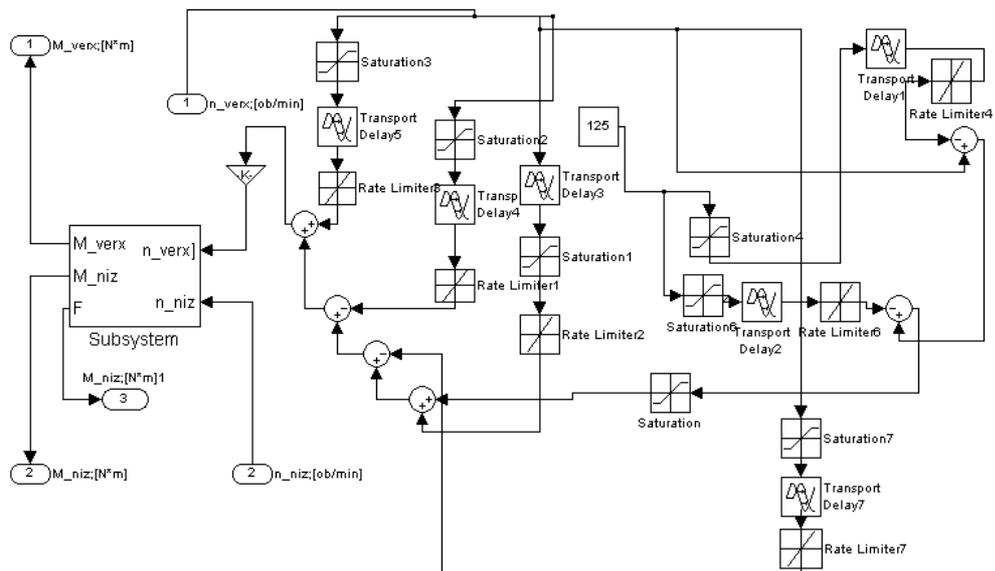


Рис. 3. Имитационная модель усилия натяжения полосы тянущей станции №1

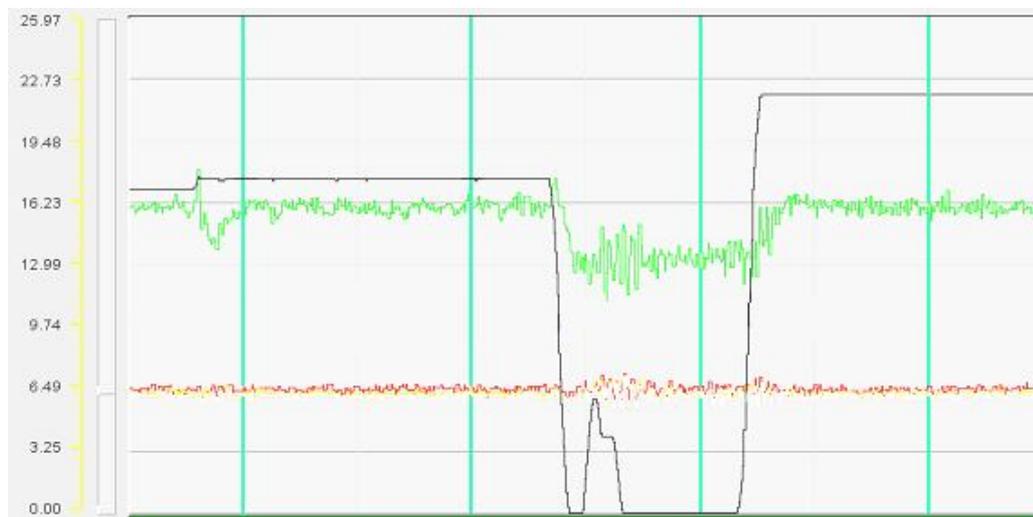


Рис. 4. Осциллограммы усилий натяжения в полосе

На осциллограммах сверху вниз соответственно расположены: изменение рабочей скорости головной части ЛНГЦ, записи усилий натяжения во входном накопителе, тянущей станции №2, на участке обработки полосы в печи и на участке печи с натяжными роликами. Масштаб осциллограмм для усилий натяжения полосы – 0,25 кН/мм. Масштаб по временной оси – 0,26 мм/с. Одно деление по временной оси соответствует 127 с.

Анализ полученных осциллограмм показал, в полосе присутствуют вынужденные и собственные колебания. Вынужденные высокочастотные колебания содержат составляющие, возбуждаемые при взаимодействии полосы с роликами, и составляющие, связанные с изменением скорости головной части агрегата. Частотный спектр изменения усилий в полосе сосредоточен в диапазоне частот от 3 до 20 Гц. Низкочастотная составляющая характеризует процессы взаимного влияния приводов роликов механизмов ЛНГЦ и изменения упругих свойств обрабатываемой стальной полосы.

Результаты моделирования на имитационной модели приведены на рис. 5. При проведении экспериментов и разработке модели оценивалась только низкочастотная составляющая, высокочастотной составляющей колебаний усилий натяжения в полосе пренебрегаем, так как она не оказывает значительного воздействия на процесс складкообразования в полосе.

На осциллограмме рис. 5 (а) приведены усилия натяжения во входном накопителе, тянущей станции №2, в печи ТХО на участке обработки, в печи ТХО на участке с натяжными роликами – кривые 1, 2, 3, 4 соответственно. На рис. 5 (б) показана скорость головной части агрегата.

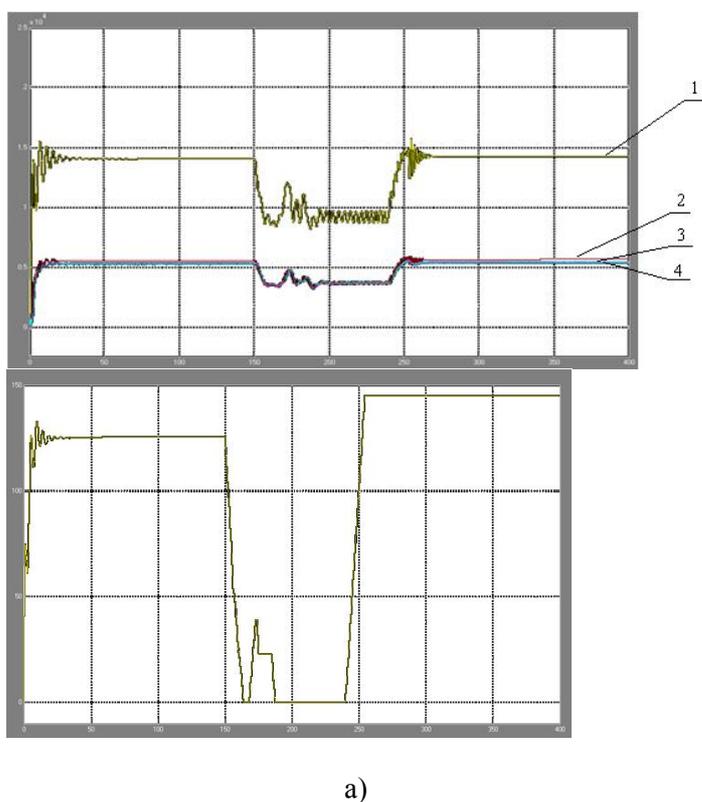


Рис. 5. Имитационные эксперименты:
а – осциллограммы усилия натяжения в полосе;
б – скорость головной части линии

Из анализа осциллограмм и результатов имитационных экспериментов следует, что разработанная модель адекватна, отклонение от фактического сигнала составляет не более 10%, что является достаточным условием для решения проектных задач, в которых анализируются динамические процессы, происходящие во взаимосвязанных электроприводах средней технологической части ЛНГЦ.

Таким образом, в результате анализа и экспериментальных исследований, разработана имитационная модель взаимосвязанных электроприводов транспортирующих роликов средней технологической части ЛНГЦ, учитывающая основные факторы, влияющие на динамические и статические свойства полосы обрабатываемого металла как объекта управления.

Полученные результаты предназначены для оптимизации режимов работы ЛНГЦ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ющенко О.А. Экспериментальные исследования натяжения полосы в электромеханической системе печи термохимической обработки // Труды университета, вып. №3. - Караганда: изд-во КарГТУ, 2011. - С.76-78.
2. Математические модели электромеханической системы линии непрерывного горячего цинкования // Труды университета, вып. №3. – Караганда: изд-во КарГТУ, 2010. – С. 87-89.
3. Сивякова Г.А. Взаимосвязанный электропривод агрегата непрерывного отжига: автореф. дис. на соискание уч. степ. канд. техн. наук: 2.06.2007. - Алматы АИЭС, 2007. – 24 с.
4. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.: ил.
5. Светличный А., Лейковский К. Информационные и управляющие системы в металлургии // Современные технологии автоматизации, вып. №3. – Москва, 2006. – С.18-26.
6. Алексеев В.В., Козярук А.Е., Загривный Э.А. Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования: Учеб. пособие. – Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2006. – 58 с.
7. Дубровский Е. Система контроля технологических параметров на литейных установках Ревдинского завода по обработке цветных металлов // Современные технологии автоматизации, вып. №1. – Москва, 2007. – С. 12-18.
8. Шаракшанэ А.С., Железнов И.Г., Ивницкий В.А. Сложные системы. - М.: Высш. школа, 1977. - 247 с.

9. Лимонов Л.Г. Управление многодвигательным электроприводом многороликовых натяжных механизмов //Электромашиностроение и электрооборудование. - 1981. - №32. - С. 28-36.

10. Выдрин В.Н., Федосиенко А.С. Автоматизация прокатного производства. - М.: Металлургия, 1984. - 472с.

Резюме

Бапта – үздіксіз ыстық мырыштауды сызықтың электромеханикалық жүйесінің имитациялық үлгілері келтірілген. Имитациялық тәжірибелердің осциллограммасы елестеткен. Имитациялық тәжірибелердің нәтижелерді талдауынан бірдей нақты объектке игерілген үлгісі, нақты сигналдан ауытқуды 10%-тен көп емес құрайтынан шығады. Алған нәтижелер сызықтың жұмыс тәртіптерінің ықшамдауы үшін арналған.

Summary

The oscillograms of imitation experiments are presented. It ensues from the analysis of results of imitation experiments, that the developed model is adequate the real object, deviation from an actual signal makes no more than 10%. The got results are intended for optimization of the modes of operations of line.

Key words: continuous line galvanizing, electro-mechanical systems, electric, tension band, the furnace thermo-chemical processing, simulation model, the adequacy and optimization.

КазНТУ им. К.И. Сатпаева

Поступила 5.04.12 г.