

УДК 621.355.1

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИНЫ ПРОКАТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ГЛАВНОГО ПРИВОДА СТАНА 650

А. И. Вазинский

Частное акционерное общество «Металлургический комбинат «АЗОВСТАЛЬ»
ул. Олимпийская, 185, г. Мариуполь, 87557, Украина. E-mail: new0304@rambler.ru

Проведено исследование процесса прокатки, построение его математической модели и синтез на основе полученных результатов исследования и данных диагностического комплекса привода стана 650 системы оптимального раскроя заготовки. Выполнено математическое моделирование поведения системы, а также построение и расчет диагностической модели для оценки технического состояния системы измерения длины проката. Данный метод расчета и моделирования системы управления комплексом продемонстрировал, что в условиях неясности связей между параметрами элементов необходимо оценивать те параметры, влияние которых на работу системы является наибольшим. Выполненные расчеты и проведенное моделирование поведения системы при различных тестовых воздействиях подтвердили необходимость проведения оценки технического состояния подобных рассматриваемом у объектов предложенным способом. Предложенный способ оценки технического состояния может рекомендоваться как второй этап диагностирования после проведения оценки работоспособности с использованием дискретного метода на основе использования таблицы функций неисправностей. Результаты исследования позволили реализовать функции диагностики и создать предпосылки к применению превентивного подхода обслуживания электрооборудования прокатных цехов.

Ключевые слова: математическое моделирование, измерение длины, главный привод, масштабирование, система визуализации.

ПОБУДОВА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ ДОВЖИНИ ПРОКАТУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ГОЛОВНОГО ПРИВОДУ СТАНУ 650

А. І. Вазинський

Приватне акціонерне товариство «Металургійний комбінат «АЗОВСТАЛЬ»
вул. Олімпійська, 185, м. Маріуполь, 87557, Україна. E-mail: new0304@rambler.ru

Проведено дослідження системи вимірювання довжини прокату в сортопрокатному цеху. Запропоновано комплекс, заснований на математичній моделі процесу прокатки й діагностичних даних приводу стану 650. Наводиться опис математичного моделювання системи управління комплексом. Отримані теоретичні результати послужили основою при реалізації підсистеми вимірювання. Також у роботі виконано побудову та розрахунок діагностичної моделі для оцінки технічного стану системи вимірювання довжини прокату. Даний метод розрахунку й моделювання системи управління комплексом продемонстрував, що в умовах неясності зв'язків між параметрами елементів необхідно оцінювати ті параметри, вплив яких на роботу системи є найбільшим. Виконані розрахунки й проведено моделювання поведінки системи при різних тестових впливах підтвердили необхідність проведення оцінки технічного стану подібних даному об'єктів запропонованим способом. Запропонований спосіб оцінки технічного стану може рекомендуватися як другий етап діагностування після проведення оцінки працездатності з використанням дискретного методу на основі використання таблиці функцій несправностей. Результати дослідження дозволили реалізувати функції діагностики й створити передумови до застосування превентивного підходу обслуговування електроустаткування прокатних цехів.

Ключові слова: математичне моделювання, вимірювання довжини, головний привод, масштабування, система візуалізації.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Задача оптимального раскроя материалов является одной из самых важных в ресурсосберегающих технологиях, т.к. ведет к экономии материалов и снижению отходов [1, 2]. Одним из вариантов решения такой задачи является оптимальная порезка на мерные длины. Основное назначение автоматизированной системы управления раскроем проката – получение минимальных отходов и снижение количества готовой продукции немерной длины на выходе линии [3, 4]. Расчет оптимального раскроя заготовки и управление всеми пилами производится с помощью комплекса, объединяющего датчики положения, преобразователи сигналов, программируемые логические контроллеры, использующие

данные подсистемы диагностики состояния электрооборудования станов.

Рассматриваемая задача состоит в разработке автоматизированной системы оптимизации реза на мерные длины металлопроката. Задача усложняется тем, что порезка ведется в режиме реальной прокатки, т.е. на момент прибытия металла к линии пил горячей резки точная его длина еще не известна. Требуемая точность в измерении длины прокатной заготовки достигается созданием соответствующей системы.

Целью работы является использование диагностических данных привода прокатной клетки и математической модели прокатки как основы автоматической системы измерения.

МАТЕРІАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.
 Так как движение не равнопеременное, то график скорости $\omega = f(t) \neq const$. График представляет собой некоторую кривую. Измеренная длина будет равна площади, ограниченной кривой скорости и координатными осями скорости и времени. По положительному фронту сигнала датчика, установленного после клети, устанавливается признак начала процесса прокатки. Оценка спада величины тока служит для идентификации момента окончания процесса прокатки.

Для повышения точности моделирования на входе модели применяется фильтр первого порядка:

$$W_{\phi} = \frac{1}{p + 1}. \quad (1)$$

Весовая функция находится дифференцированием переходной функции:

$$h(t) = k / T \exp(-t / T), \quad (2)$$

где k – передаточный коэффициент. Чем больше постоянная времени T , тем больше будет длительность переходного процесса. При этом уравнение модели будет иметь вид:

$$\omega_{\text{вых}}[i+1] = \omega_{\text{вых}}[i]K_f + (1 - K_f) \omega_{\text{вх}}K_{\text{об}}, \quad (3)$$

где K_f – коэффициент фильтра $[0, 1]$; $K_{\text{об}}$ – коэффициент модели объекта; $K=1$ (без фильтра); $\omega_{\text{вых}}$ – величина на выходе фильтра; $\omega_{\text{вх}}$ – величина на входе фильтра. Данные системы визуализации, отображающие результаты применения фильтрации, представлены на рис. 1

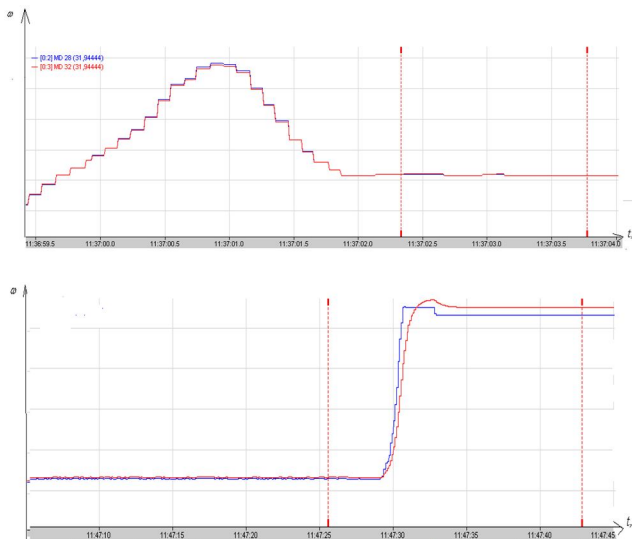


Рисунок 1 – Результаты применения фильтра:
 1 – входной сигнал, 2 – выходной

Величина определенного интеграла численно равна площади фигуры, образованной графиком функции скорости прокатки и осью времени. Следовательно, найти длину проката – это значит

оценить площадь фигуры, ограниченной перпендикулярами, восстановленными к графику подынтегральной функции $f(\omega)$ из точек a и b , расположенных на оси t .

Используя метод трапеций, проводится замена бесконечного предела интегрирования конечным (рис. 2):

$$S_k = \frac{1}{k!} \int_0^{T_n} (-t)^k \omega(t) dt. \quad (4)$$

Значение T_n выбирается так, чтобы $\omega(T_n) \approx 0$.

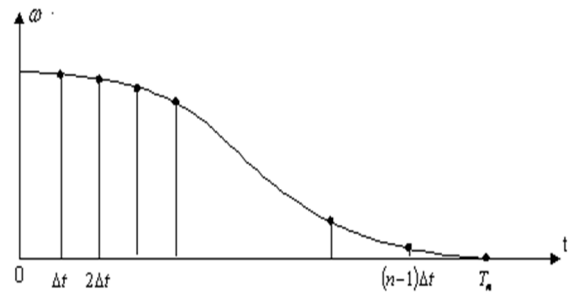


Рисунок 2 – Применение метода трапеций

Интервал $t \in [0; T_n]$ разбивается на n равных отрезков:

$$\Delta t = \frac{T_n}{n}. \quad (5)$$

Число интервалов разбиения выбирается таким, чтобы $\omega(t)$ на каждом интервале мало отличалось от отрезка, соединяющего соседние точки.

Если заменить полученные криволинейные фрагменты графика функции отрезками прямых, то тогда приблизительно площадь фигуры, а, следовательно, и величина определенного интеграла оценивается как площадь всех полученных трапеций. Обозначим последовательно значения подынтегральных функций на концах отрезков $f_0, f_1, f_2, \dots, f_n$ и подсчитаем площадь трапеций (6):

$$\int_a^b f(\omega) dx = h \left(\frac{f_0 + f_n}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} f_i \right) = \frac{b-a}{n} \left(\frac{f_0 + f_n}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} f_i \right), \quad (6)$$

где f_i – значение подынтегральной функции в точках разбиения интервала $[a, b]$ на равные участки с шагом h .

При необходимости можно вычислить величину остаточного члена. Остаточный член – это разность между заданной функцией и функцией, ее аппроксимирующей. Тем самым оценка остаточного члена является оценкой точности рассматриваемой аппроксимации. В нашем случае остаточный член пропорционален длине интервала $[a, b]$ и квадрату шага h (7):

$$R = - \frac{(b-a)h^2}{12} f''(\xi), \xi \in [a, b]. \quad (7)$$

Текущая длина определяется выражением

$$L_c = L_c + \Delta L, \quad (8)$$

где ΔL – длина проката на последнем цикле измерения. Определяется величина путем применения численных методов интегрирования (6)–(8). Длина проката ΔL может быть выражена как

$$\Delta L = \frac{\omega_i + \omega_{i-1}}{60000} \frac{t_i}{1000} \pi D_{\text{расч}}, \quad (9)$$

где ω_i, ω_{i-1} – угловые скорости на текущем и предыдущем цикле измерения; t_i – длительность цикла измерения; $D_{\text{расч}}$ – расчетный диаметр прокатного вала.

В процессе прокатки заготовка проходит ряд контрольных точек, расположенных на определенных расстояниях от оси клетки. Таких точек четыре: 18,02; 32,04; 48,7; 62,47 метра. Событие пересечения заготовкой контрольной (реперной) точки фиксируется лазерным датчиком положения и передается в программируемый логический контроллер (ПЛК). Расстояние от прокатной клетки до определенной реперной точки записывается в переменную L_r . Время окончания прокатки определяется посредством анализа диагностических данных системой управления приводом клетки (спад тока двигателя ниже 0,5 кА). Текущая длина записывается в соответствующую переменную $L_m = L_c$.

Тогда общая длина проката будет определена в соответствии с (10):

$$L = L_r + \frac{L_m}{k_r} + \frac{L_{\Delta}}{k_r}, \quad (10)$$

где k_r – коэффициент автоподстройки, позволяющий учесть в автоматическом режиме фактическое отклонение текущей длины проката от контрольной; L_{Δ} – поправочная длина.

Основная задача технической диагностики – получение информации о техническом состоянии объекта диагностирования (ОД). Для этого проводят измерение и анализ диагностических параметров. Элементом, ограничивающим в случае выхода из строя ресурс и работоспособность комплекса измерения длины проката в целом, является электрическое оборудование. Получение достоверной информации о состоянии этого оборудования позволит предотвратить нарушение функционирования комплекса. Для решения поставленной задачи необходимо определить параметры, обеспечивающие получение достоверной информации о техническом состоянии объекта при минимальных затратах. Электротехнический комплекс как объект диагностирования может быть также описан с исполь-

зованием диаграммы прохождения сигналов на основе структурной схемы [5, 6]. По функциональной схеме составим логическую модель, представленную на рис. 3.

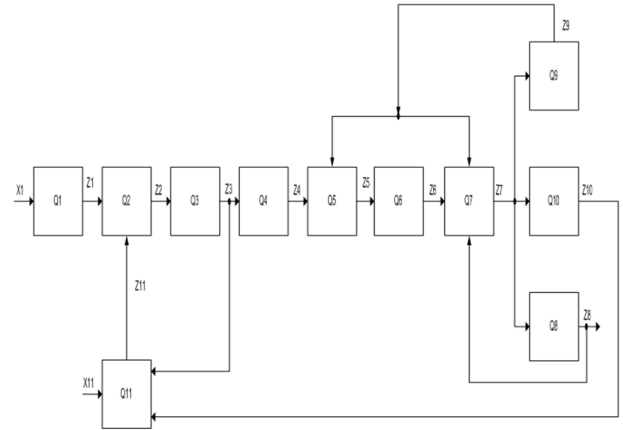


Рисунок 3 – Логическая модель комплекса

На рис. 3 Q_1 – выпрямитель; Q_2 – инвертор; Q_3 – кабель питания; Q_4 – обмотка статора; Q_5 – воздушный зазор; Q_6 – обмотка ротора; Q_7 – ротор; Q_8 – датчик скорости; Q_9 – подшипники; Q_{10} – рабочий орган; Q_{11} – устройство управления.

Логическая модель является правильной, если любой блок системы имеет только один выход. Тогда модель рассматриваемого комплекса может быть представлена в виде совокупности блоков Q_i с входами Z_j . Рассмотрим теперь характер возможных неисправностей объекта диагностирования. Предположим, что минимальные формы функций условий работы $F_i, i=1, 2, \dots, h$ всех блоков модели состоят из одного члена, являющегося конъюнкцией внешних и внутренних переменных. Все возможные неисправности блока $Q_i, i=1, \dots, h$, модели можно разбить на два класса. К первому классу относятся все те неисправности, которые приводят к появлению неправильного значения выхода $z_i=0$ вместо ожидаемого правильного значения выхода (соответствующего исправному блоку) $z_i=1$. Обозначим такие неисправности записью $1 \rightarrow 0$. Второй класс содержит неисправности, переводящие правильное значение $z_i=0$ в неправильное значение $z_i=1$. Эти неисправности обозначим записью $0 \rightarrow 1$. Условия проявления любых неисправностей одного и того же блока Q_i модели одинаковы, что позволяет все такие неисправности считать одной одиночной неисправностью объекта. Тем самым мощность множества (число) возможных одиночных неисправностей непрерывного объекта Q_i не превышает числа h блоков его модели. На основании вышеизложенного построим таблицу функций неисправностей (ТФН) логической модели (табл. 1).

Таблиця 1– Функции неисправностей логической модели

		e	Q1	Q2	Q3	Q4	Q8	Q9	Q10	Q11
П	Z1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	Z2	1	0	0	1	1	1	1	1	1
	Z3	1	0	0	0	1	1	1	1	1
	Z4	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	Z5	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	Z6	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	Z7	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	Z8	1	0	0	0	0	0	1	1	1
	Z9	1	0	0	0	0	1	0	1	1
	Z10	1	0	0	0	0	1	1	0	1
	Z11	1	0	0	0	0	1	1	0	0

Из [7] известно, что при оценке надежности системы управления с учетом влияния характеристик системы диагностики необходимо учитывать ухудшение надежности за счет введения дополнительного оборудования. Выход из строя диагностической аппаратуры может вызвать:

- отказ объекта диагностирования;
- объект диагностирования не выходит из строя.

Выходными параметрами системы могут служить параметры, которые непосредственно характеризуют ее работоспособность и связаны с ее целевым назначением [8]. Косвенные параметры функционально или стохастически связаны с выходными параметрами системы.

Во время работы вычислительная часть системы производит самоконтроль основных узлов путем пропуска контрольной задачи; в том случае, если имеется нарушение, включается резервирование. При отсутствии самоконтроля в системе диагностики и если время пребывания в состоянии скрытой неисправности распределено по экспоненциальному закону, величина коэффициента готовности K_2 в некоторый момент времени принимает значения, которые определяются:

- при исправности – коэффициентом готовности в стационарном режиме;
- при неисправности – величиной безотказной работы с момента проявления неисправности.

При этом значение коэффициента готовности в момент времени $t - \tau$ определяется:

$$K_2 P(t - \tau) = \frac{T^*}{T^* + \Theta} e^{-\lambda(t-\tau)} \quad (11)$$

Суммарное значение коэффициента готовности:

$$K_2^* = K_2 e^{-\lambda t} + \int K_2 e^{-\lambda(t-\tau)} d(1 - e^{-\lambda \tau}) \quad (12)$$

Улучшить вероятность безотказной работы можно при применении метода замены исходного устройства n идентичными элементами и метода резервирования с самоконтролем блоков. При использовании этого метода в обслуживаемых системах очень удобно организовывать индикацию

неисправных блоков, вероятность безотказной работы объектов диагностики:

$$P = \left\{ \left[\sum_{i=0}^n C_n^i p^i (1-p)^{n-i} \right] p_{\text{во}} \right\}^n \quad (13)$$

где $p_{\text{во}}$ – вероятность безотказной работы восстанавливающего органа. При разработке систем диагностирования сложного технологического оборудования, к которому можно отнести рассматриваемый электромеханический комплекс, применяются встроенные или внешние системы. Внешние системы могут применяться в ходе проведения ремонтных работ и обслуживания, адаптации к изменениям технологического процесса. Для обеспечения оценки функционирования систем диагностирования в составе аппаратных средств измерительного комплекса может быть применена следующая классификация (рис. 4):



Рисунок 4 – Критерии оценки систем диагностирования

Для рассматриваемой системы применимы:

- метод временных интервалов;
- метод эталонных модулей;
- программный метод;
- сигнатурный анализ;
- внутрисхемная эмуляция [8, 9].

Расчеты предлагаются в виде технического отчета, который должен содержать:

- 1) структурную схему надежности с кратким пояснительным текстом;
- 2) формулировку понятия отказа системы;
- 3) расчетные формулы для определения количественных показателей надежности;
- 4) расчет показателей надежности, сведенный в таблицы и графики;
- 5) оценку точности расчета с обоснованием принятых математических моделей;
- 6) выводы и рекомендации.

Пусть объект представлен в виде функциональной схемы. Тогда, согласно методике [10], выходные сигналы каждого блока зависят от его входных сигналов. Если какой-либо входной (выходной) сигнал характеризуется несколькими параметрами, то каждый из этих параметров будем представлять отдельным входом (выходом).

Обозначим внешние входы блока $P_i (i=1, \dots, N)$ через x_{i1}, x_{i2}, \dots , его внутренние входы, являющиеся

выходами других блоков, $-y_{i1}, y_{i2}, \dots$, и выходы – через z_{i1}, z_{i2}, \dots

Если логическое высказывание обозначить через «значение входа допустимо» символом входа x (или y), то, при наличии допустимых значений параметров на входах, примем значение «истина», и наоборот, при недопустимых значениях – «ложно». Для исправного непрерывного объекта нулевое условие работы блоков – монотонное. В результате минимизации функций F_{i1} для каждого из выходов z_{i1}, z_{i2}, \dots блоков получим совокупность существующих входов. В логической модели объекта каждый блок P_i будет представлен блоками Q_{i1}, \dots, Q_{ik} , каждый с одним выходом $z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ik}$ и с S_i входами, существенными для выхода z_{ij} .

Все возможные неисправности блока Q_i можно разбить на два класса. К первому классу относятся те неисправности, которые приводят к появлению выхода $z_i=0$. Второй класс содержит неисправности, которые переводят значение $F_i=0$ в $z_i=1$.

Система управления может быть описана с использованием диаграммы прохождения сигналов на основе структурной схемы. При составлении диаграммы прохождения сигналов переменные величины представляем узловыми точками; величина переменной является суммой всех сигналов, сходящихся в узловой точке, и передается по всем отрезкам, выходящим из этой точки; сигнал передается по отрезку только в направлении стрелки. Рассматриваемая система характеризуется множеством функций передач $\{T_{ij}\}$, где i – число узлов диаграммы прохождения сигналов. Каждая функция передач характеризуется множеством чувствительностей $\{S_{kj}\}$, где k – число операторов диаграммы прохождения сигналов. Необходимо из множества $\{T_{ij}\}$ выбрать максимальную функцию передачи.

Для упорядочивания функций передач выполним следующие преобразования:

$$1. T_{0i} > T_{0j} \quad \text{при } i, j = \overline{1, n+1}, \quad (14)$$

$$\text{если } \left| \frac{\partial T_{0i}}{\partial r_{ik}} \right| > \left| \frac{\partial T_{0j}}{\partial r_{ik}} \right|, \quad k = \overline{1, n+1}.$$

$$2. T_{0i} \equiv T_{0j}, \text{ если}$$

$$\left| \frac{\partial T_{0i}}{\partial r_{ik}} \right| > \left| \frac{\partial T_{0j}}{\partial r_{ik}} \right|, \quad k = \overline{1, m} (m \leq n); \quad (15)$$

$$\left| \frac{\partial T_{0i}}{\partial r_{ik}} \right| < \left| \frac{\partial T_{0j}}{\partial r_{ik}} \right|; \quad q = m, 2m, \quad (16)$$

$$\left| \frac{\partial T_{0i}}{\partial r_{ik}} \right| = \left| \frac{\partial T_{0j}}{\partial r_{ik}} \right|, \quad p = 2m+1, 2n+1. \quad (17)$$

3. Если множество $\{T_{0i}\}$ упорядочено, то элемент T_{0i} является наилучшим элементом множества при $T_{0i_1} < T_{0i_2} < T_{0i_n}$.

Внедрение системы обслуживания по фактическому состоянию способствует:

- увеличению времени между ремонтами, и, как следствие, это рост производительности и снижение затрат на проведение ремонтов;
- предотвращению прогнозируемых поломок, что способствует повышению надежности работы;
- устранению вторичных поломок, например, поломки редуктора из-за неисправностей подшипника;
- устранению ненужного расхода деталей, исключению замены еще исправных деталей;
- уменьшению объема запасных частей, т.к. заранее известны номенклатура и количество необходимых деталей и запасных частей;
- уменьшению общей продолжительности ведения ремонтных работ, т.к. все необходимые работы планируются заранее.

В условиях автоматизации производства, при наличии микропроцессорного управления электро-механическими системами, построение диагностического комплекса включает в себя:

- автоматизацию;
- объединение с существующими системами управления;
- использование
 - а) компьютерной техники;
 - б) систем управления базами данных (СУБД);
 - в) средств визуального представления информации на базе систем визуализации (интеграция в существующие мнемосхемы работы оборудования).

ВЫВОДЫ. На рис. 5 представлен график изменения скорости прокатки во времени. Площадь фигуры, ограниченной графиком скорости прокатки, определяется при помощи численных методов интегрирования, описанных выше.

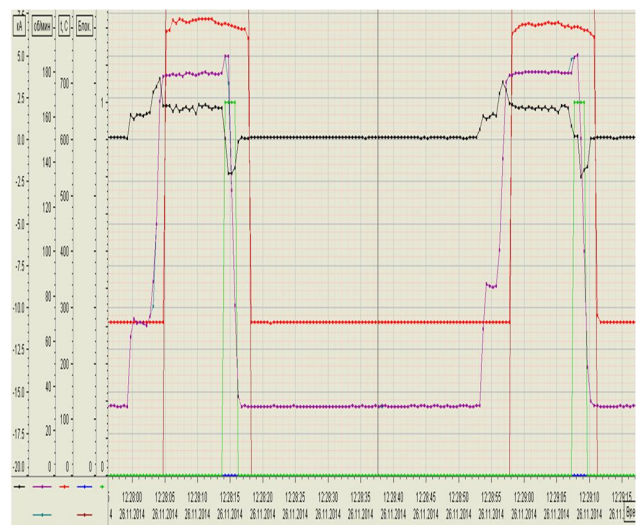


Рисунок 5 – Результаты работы системы измерения длины проката

Таким образом, можно констатировать, что

– снижение себестоимости готовой продукции и экономия энергоресурсов может быть достигнута путем совершенствования алгоритмов оценки параметров работы главного привода прокатных станов;

– повышению точности измерения длины проката способствует повышение точности измерения такого диагностического параметра электропривода, как ток двигателя;

– система оптимального пореза заготовки участка пил прокатного стана должна разрабатываться на основе математической модели процесса обработки прокатной заготовки.

Кроме того, исследование комплекса измерения длины раската позволило определить набор диагностических параметров для оценки технического состояния объекта диагностирования. Функции диагностирования электрического оборудования интегрированы в систему управления комплексом измерения длины проката. Основная цель интегрирования функций диагностирования – реализация системы обслуживания оборудования по фактическому техническому состоянию, в соответствии с которым обслуживание проводится только в том случае и в том месте, где оно оказывается абсолютно необходимым. Система предназначена для использования эксплуатационным и ремонтным персоналом в целях:

– контроля текущего технического состояния роторного (вращающегося) оборудования с отслеживанием динамики развития неисправностей;

– определения возможности дальнейшей эксплуатации оборудования без ремонта;

– подготовки информации о необходимых регламентных и ремонтных работах, их объеме и сроках проведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков С.Ф., Важинский А.И. Автоматизация процессов управления и диагностирования электротехнических комплексов металлургического производства // *Технічна електродинаміка. Тем. випуск «Проблеми сучасної електротехніки»*. – 2010. – Част. 1. – С. 181–184.

2. Бабаев Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ. – М: Машиностроение, 1982. – 168 с.

3. Гусев Б.С., Шевченко О.Г., Нечипоренко В.А. и др. Автоматизированная система управления раскромом проката для непрерывно-заготовочного стана // *Металл и литье Украины*. – 1999. – Вып. 5–6. – С. 28–31.

4. Бабенко М.А., Носиков В.Л., Герасимчук В.П. и др. Модернизация системы безотходного раскроя металла на летучих ножницах стана 500 цеха блюминг-1 КГТМК «Криворожсталь» // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2001. – Вып. 2. – С. 119–121.

5. Бесекецкий В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб: Изд-во «Профессия», 2003. – 752 с.

6. Осипов О.И., Усынин Ю.С. Техническая диагностика автоматизированных электроприводов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 160 с.

7. Пархоменко П.П. Основы технической диагностики. – М.: Энергия, 1976. – 464 с.

8. Огарков С.Ю., Соколов А.В. Диагностика электромеханических систем. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 55 с.

9. Бассвиль М., Вилски А., Банвенист А. и др. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем. – М.: Мир, 1989. – 278 с.

10. Пюкке Г.А. Моделирование и расчет параметров при решении задач идентификации технических систем: монография. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2011. – 187 с.

CREATION OF SYSTEM OF AUTOMATIC MEASUREMENT OF LENGTH OF ROLLED METAL ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF QUALITY INDICATORS OF OPERATION OF THE MAIN DRIVE OF THE ROLLING-MILL 650

A. Vazhinskiy

PJSC "Iron & Steel Works "AZOVSTAL"

ul. Olimpiiskaya, 185, Mariupol, 87557, Ukraine. E-mail: new0304@rambler.ru

Purpose. To appropiate the mathematical model of rolling process, to determine diagnostic parameters of rolling mill 650, and to develop automatically measuring system with diagnostic functions. **Methodology.** It has been applied the mathematical simulation and results of industrial test to build complex. These researches showed that non-obviousness connections between the parameters of elements require estimating influence of rolling mill parameters on system. It has been correlated the simulated result with the experimental data obtained by testing in rolling manufacturing. **Results.** As a result, it was received the link between the curves of parameters of rolling mills' drive and configuration of a work piece that has become a mathematical model for the simulation and developing control system. The model evaluation of status of the control system using the table functions faults was integrated into the devolving system of measurement. The outputs of model are the parameters that are directly characterized its operation and relate to its target destination. It was determined that the time spent in a state of hidden fault is exponential distributed. Assessment of status of electrical equipment of rolling mill 650 can be implemented using the chart signals on structural scheme. **Originality.** For the first time received a comprehensive description of the process of rolling mills, which includes an analysis of diagnostic data drive control system of the mill. Also, diagnostic parameters of electrical complex were correlated with its operation status. **Practical value.** The studies have become the basis for preventive service of

drives equipment of rolling mill at the plant. Measuring complex, which includes mathematical model of the rolling process and diagnostic model of electrical equipment allowed to attain economy of raw material and increase the accuracy of positioning rolling profile cutting devices. References 10, table 1, figures 5.

Key words: rolling mill, diagnostic, mathematical model, preventive service, measuring system.

REFERENCES

1. Zhukov, S.F. and Vazhinskiy, A.I. (2010), "Automation of management and diagnosis of electrical steel production complexes", *Tekhnicheskaya elektrodinamika, Tematicheskij vypusk "Problemy sovremennoy elektrotekhniki"*, Part 1, pp. 181–184. (in Russian)
2. Babayev, F.V. (1982), *Optimalnyy raskroy materialov s pomoshchyu EVM* [Optimal cutting of materials by computer], Mashinostroyeniye, Moscow. (in Russian)
3. Gusev, B.S., Shevchenko, O.G., Nechiporenko, V.A. et al. (1999), "Automated Control System for continuously reveal rolled billet mill", *Metall i litye Ukrainy*, no. 5–6, pp. 28–31. (in Russian)
4. Babenko, M.A., Nosikov, V.L., Gerasimchuk, V.P. et al. (2001), "Upgrading waste-free metal cutting system on flying shears 500 mill plant blooming 1 KGGMK "Krivorozhstal", *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost*, no. 2, pp. 119–121. (in Russian)
5. Besekerskiy, V.A. and Popov, Ye.P. (2003), *Teoriya sistem avtomaticheskogo upravleniya* [Theory of Automatic Control Systems], Professiya, Saint Petersburg. (in Russian)
6. Osipov, O.I. and Usynin, Yu.S. (1991), *Tekhnicheskaya diagnostika avtomatizirovannykh elektropriwodov* [Technical diagnostics of automated electrical drives], Energoatomizdat, Moscow. (in Russian)
7. Parkhomenko, P.P. (1976), *Osnovy tekhnicheskoy diagnostiki* [Fundamentals of technical diagnostics], Energiya, Moscow. (in Russian)
8. Ogarkov, S.Yu. and Sokolov, A.V. (2003), *Diagnostika elektromekhanicheskikh sistem* [Diagnosis of electromechanical systems], YUUrGU, Chelyabinsk. (in Russian)
9. Bassvil, M., Vilski, A., Banvenist, A. et al. (1989), *Obnaruzheniye izmeneniya svoystv signalov i dinamicheskikh sistem* [Detection of changes in the properties of signals and dynamic systems], Mir, Moscow. (in Russian)
10. Pyukke, G.A. (2011), *Modelirovaniye i raschet parametrov pri reshenii zadach identifikatsii tekhnicheskikh sistem* [Modeling and parameter estimation when solving problems of identification of technical systems], KamchatGTU, Petropavlovsk-Kamchatskiy. (in Russian)

Стаття надійшла 08.12.2016.