

затрат на валки при прокатке на одном стане вместо двух. Предлагаемый способ имеет значение также при выполнении ремонтных работ на одном из двух станов. В этом случае технологический процесс производства не прерывается, в отличие от технологии прокатки на 2-х станах.

Таблица — Сравнительный анализ брака по прокату

Виды брака по прокату	Объем брака при прокатке 5772 заготовок на двух станах		Объем брака при прокатке 5255 заготовок на одном стане	
	шт	%	шт	%
Закат	88	1,5	66	1,3
Невыполнение размеров гребня	52	0,9	4	0,1
Утяжки	60	1	6	0,1
Невыполнение высоты бандажа	15	0,3	10	0,2
Коробление и др.	121	2,1	26	0,5
Прочие виды брака*	72	1,2	30	0,6
Всего:	408	7,1	142	2,7

* В прочие виды брака вынесены невыполнение наружного и внутреннего диаметров бандажа, плены прокатного производства

Таким образом в результате проведенных исследований установлена и реализована возможность энерго- и ресурсосберегающей технологии прокатки локомотивных бандажей $\varnothing 890 \times 143$ мм и $\varnothing 886$ мм с использованием одного прокатного стана вместо традиционно использовавшихся двух.

Список литературы

1. Яковченко А.В., Озимин В.М., Староселецкий М.И. // Сталь, 1990. — № 7. — С. 67–69.
2. Яковченко А.В., Озимин В.М., Горб Е.В. // Сталь, 1996. — № 12. — С. 36–39.
3. А.с. № 1773538 СССР, МКИ В21 Н 1/06. Способ изготовления колец / А.В.Яковченко, В.М.Озимин, Е.А.Безбатченко и др. (СССР). —4883256/27; заявлено 19.10.90; опубл. 07.11.92, бюл. № 31.
4. Яковченко А.В., Лоскутов А.Ю., Ивлева Н.И. Размеры исходных заготовок при прокатке кольцевых изделий // Труды V Междунар. науч.-техн. конф. «Теоретические проблемы прокатного производства». — Днепропетровск, 2000. — С. 86–88.
5. Яковченко А.В., Лоскутов А.Ю., Ивлева Н.И. Распределение радиального и осевого обжатий в процессе прокатки кольцевых изделий // Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении: Сб. научн. тр. — Краматорск, 2000. — С. 292–297.
6. Яковченко А.В., Лоскутов А.Ю. Экспериментально-теоретический метод расчета оптимальной кривой скорости роста диаметра кольца в процессе его прокатки // Научные труды ДонГТУ. Металлургия. Выпуск 18. — Донецк, 2000. — С. 116–123.

© Яковченко А.В., Новохатний В.А., Лоскутов А.Ю., Иващенко И.М., 2001

ПОВАЛЯЕВ В.Д. (ДОНГТУ)

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТНОЙ АСИММЕТРИЕЙ РАБОЧИХ ВАЛКОВ В НЕСТАЦИОНАРНОМ ПРОЦЕССЕ ПРОКАТКИ ОТ УВМ

Впервые поставлена и решена задача стабилизации скоростной асимметрии рабочих валков в условиях нестационарного процесса асимметричной прокатки с использованием разработанной автором математической модели динамических процессов в главном приводе; предложен алгоритм и функциональная схема автоматического управления главным приводом от УВМ.

Известные способы автоматического управления электроприводом рабочих валков при асимметричной прокатке основаны на поддержании заданной разности скоро-

стей электродвигателей [1]. В этом случае управление строится по принципу косвенного регулирования — поддержания заданного соотношения мощностей двигателей. Это ведет к снижению точности регулирования и усложняет алгоритмизацию при управлении от УВМ. При установленном неизменном задании абсолютной разности скоростей, относительная величина рассогласования зависит от скорости при разгоне стана, что оказывает влияние на соотношение мощностей двигателей.

Как следует из уравнения электромеханической характеристики двигателей постоянного тока с независимым возбуждением [2], скорость его якоря в нестационарном процессе определяется не только напряжением и током на обмотке якоря, но и колебаниями тока (момента), что не учитывается в существующих системах.

С учетом сказанного и исследований работы [3] сделан вывод, что этот способ регулирования величины скоростной асимметрии непригоден в период нестационарного процесса асимметричной прокатки.

Задача состоит в минимизации отклонения скоростной асимметрии рабочих валков от заданной по знаку и величине в период нестационарного процесса захвата полосы, позволяющей получить требуемую величину и направление изгиба переднего конца раската при минимальных динамических нагрузках в трансмиссиях главного привода.

В связи с большой скоротечностью нестационарного процесса (0,5–1 с), использование системы управления с замкнутым циклом (с обратной связью по регулируемому параметру) невозможно, даже если в качестве сигнала обратной связи использовать ток якоря двигателя: отработка этого сигнала а, следовательно, и момента двигателя будет происходить с запаздыванием на величину динамической ошибки. Величина этой ошибки определяется быстродействием систем отработки управляющего сигнала, временем его измерения, передачи в УВМ и выработки нового скорректированного сигнала управления [4, 5].

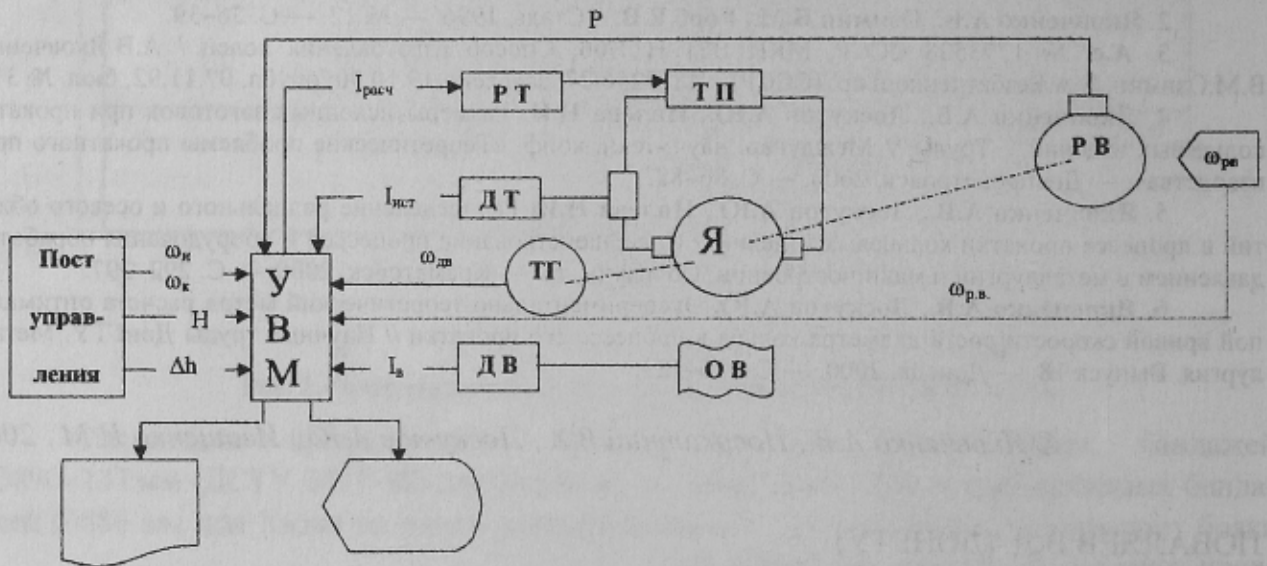


Рис. 1. Функциональная схема управления скоростью верхнего рабочего валка в нестационарном процессе прокатки

С учетом сказанного, в основу предлагаемой системы регулирования положен параметрический способ управления скоростной асимметрией рабочих валков путем регулирования токов (моментов) двигателей от УВМ (рис. 1) по результатам их расчета на математической модели [6] с учетом целевой функции:

$$\Delta\omega(t) - c(t) = \varepsilon, \quad (1)$$

после ее дифференцирования по времени с последующей адаптацией по результатам прокатки (рис. 2); в случае оснащения стана устройством [7] — с использованием уравнения:

$$M_p = \frac{d(\Delta\omega)}{dt} \omega_n I_p + (c_n \times \Delta\phi_n + M_n) \times (1 - \Delta\omega) \frac{I_p}{I_n} - c_p \times \Delta\phi_p, \quad (2)$$

где M_p, M_n — моменты, на рабочих валках с регулируемой (р) и нерегулируемой (н) нагрузкой соответственно; $\Delta\omega(t), c(t)$ — заданная и требуемая величина скоростной асимметрии рабочих валков в момент времени t ; $c_p, \Delta\phi_p, c_n, \Delta\phi_n$ — суммарная жесткость и углы закручивания трансмиссий главного привода на участке между рабочими валками и двигателями.

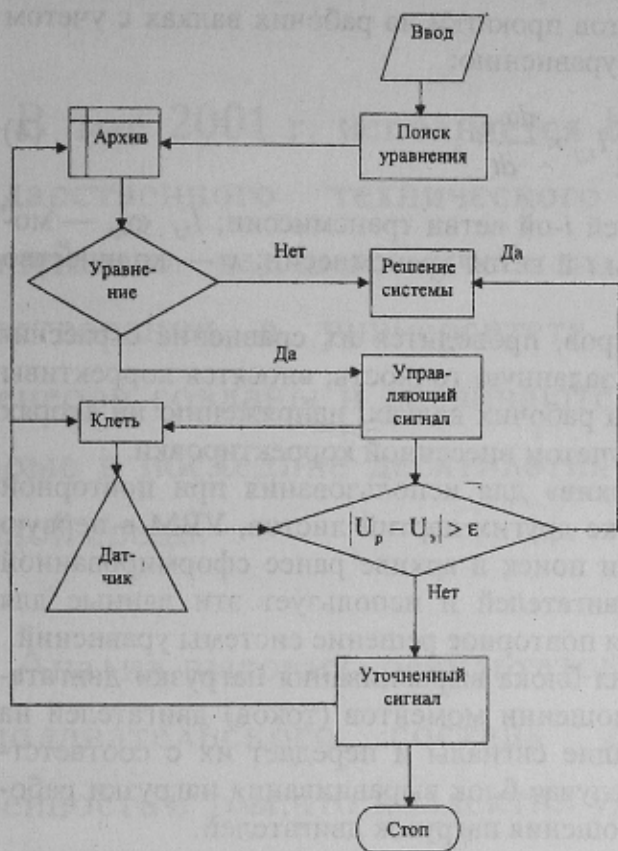


Рис. 2. Блок-схема управления скоростной асимметрией рабочих валков от УВМ

В отличие от традиционного, в предлагаемом способе первичные управляющие сигналы (токи двигателей) получены с учетом как динамических характеристик двигателей так и упруго-массовых параметров трансмиссий, что способствует повышению точности регулирования.

Относительно постоянные параметры главного привода (упруго-массовые параметры трансмиссий, предельные электрические и конструктивные параметры двигателей, индуктивность рассеяния якорной цепи) вводятся в память УВМ при отладке системы и корректируются при их изменении. Текущие параметры прокатки данного размера полосы (скорость захвата, конечная скорость разгона, требуемая величина скоростной асимметрии, обжатие, марка стали) вводятся оператором с поста управления (рис. 1, 2).

Первичная информация о токе якорей двигателей и токе обмотки возбуждения в случае отсутствия таковой в «архиве», формируется с использованием математической модели [6] с учетом целевой функции (1).

Однако, учитывая, что время счета по модели не позволяет вести управление в реальном масштабе времени (например, время счета 1 с реального машинного времени требует 15–20 с машинного времени на ПЭВМ 480–130), предлагается расчет проводить предварительно, по получению задания на прокатку данного типа размера полосы, а результаты расчета тока якоря, тока обмотки возбуждения с шагом квантования заносить в управляющую матрицу.

В эту матрицу с тем же шагом заносятся данные расчета моментов прокатки на валках, напряжение на якорях двигателей и скорости заданные и полученные при определении токовых параметров двигателей, скорости и ускорения дискретных масс трансмиссий. Эти данные используются для адаптации модели и системы управления.

Первые управляющие сигналы на регуляторы тока выдаются в режиме ожидания до захвата полосы валками. Время t_i выдачи последующего сигнала, отсчитываемого с момента начала роста силы прокатки (сигнал с месдоз), определяется с учетом шага квантования (Δt) и упреждения (Δt_y), учитывающим инерционность отработки сигнала:

$$t_i = \sum_{i=1}^n (t_{i-1} + \Delta t) - \Delta t_y, \quad (3)$$

где n — число управляющих сигналов за время управления нестационарным процессом; определяется путем деления общей длительности нестационарного процесса (1–1,5 с) на шаг квантования.

По мере отработки сигналов управления в матрицу по цепи обратной связи с тем же шагом заносится измеренная информация о токе, напряжении и скорости якорей двигателей и токе обмотки возбуждения, поступающие от соответствующих датчиков (Дт, Дв, Тг), а при наличии датчиков скорости рабочих валков, и данные о скоростях рабочих валков. Информация, полученная по каналам обратной связи, используется для адаптации модели и системы управления.

Так как электрические параметры двигателей поступают в УВМ от датчиков с высокой степенью точности, а моменты прокатки рассчитываются, то эта информация используется для уточненного расчета моментов прокатки на рабочих валках с учетом динамических характеристик трансмиссий по уравнению:

$$M_{прі} = M_{дві} - \sum_{j=1}^k I_{i,j} \times \frac{d\omega_{i,j}}{dt}, \quad (4)$$

где $M_{прі}$, $M_{дві}$ — момент прокатки и двигателей i -ой ветви трансмиссии; $I_{i,j}$, $\omega_{i,j}$ — моменты инерции и угловые скорости j -й массы i -й ветви трансмиссии; k — количество дискретных масс одной ветви трансмиссии.

После получения измеренных параметров, проводится их сравнение с рассчитанными и, в случае отличия превышающего заданную точность, вносятся коррективы в исходные данные по моментам прокатки на рабочих валках, напряжению на якорях двигателей и проводится повторный расчет с учетом внесенной корректировки.

Уточненная матрица передается в «архив» для использования при повторной прокатке таких размеров листов. При прокатке других партий листов, УВМ в первую очередь производит по заданной информации поиск в архиве ранее сформированной уточненной матрицы режима нагружения двигателей и использует эти данные для управления. В противном случае производится повторное решение системы уравнений.

В случае наличия в системе управления блока выравнивания нагрузки двигателей, УВМ выдает сигнал о требуемом соотношении моментов (токов) двигателей на этот блок, который вырабатывает управляющие сигналы и передает их с соответствующим упреждением на двигатели. В этом случае блок выравнивания нагрузки работает в режиме поддержания требуемого соотношения нагрузок двигателей.

Таким образом, введение целевой функции минимизации отклонения скоростной асимметрии рабочих валков от заданной в систему уравнений движения рабочих валков, позволяет получить значения напряжения и токов двигателей, с учетом как динамических характеристик двигателей так и упруго-массовых параметров трансмиссий, что способствует повышению точности регулирования; разработана функциональная схема и блок-схема управления током якоря двигателя от УВМ.

Список литературы

1. Митьев А.П., Гринчук П.С. Асимметричная прокатка толстых листов в чистой клетке стана 3600. // Усовершенствование технологии производства толстолистовой стали. — М.: Металлургия, 1981. — С. 29–34.
2. Ключев Б.И. Теория электропривода. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 560 с.
3. Поваляев В.Д. Динамика главного привода рабочих валков в условиях нестационарного процесса асимметричной прокатки // Защита металлургических машин от поломок. — Мариуполь: 1997. — № 2. — С. 39–49.
4. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования САР. — М.: Машиностроение, 1989. — 751 с.
5. Изерман Р. Цифровые системы управления. — М.: Мир, 1984. — 541 с.
6. Поваляев В.Д. Стабилизация скоростной асимметрии в условиях нестационарного процесса прокатки // Изв. ВУЗов. Черная металлургия, 1999. — № 3. — С. 36–39.
7. А.с. 1659149 СССР, МКИ В21В35/00 Клеть прокатного стана с индивидуальным приводом валков / В.Д.Поваляев, В.С.Горелик, В.И. Шадрин и др. № 4723221/02; Заявл. 24.07.89. Оpubл. 30.06.91; Бюл. № 24. — 48 с.