

## МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ КЛЕТЬ-ПОЛОСА-МОТАЛКА СТАНА ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

**Введение.** Электропривод моталки металлического полосового материала играет важную роль в системе автоматизированного многодвигательного электропривода листовых станов холодной прокатки, листовых станов горячей прокатки и агрегатов обработки металлической полосы. Неудовлетворительное управление вышеупомянутым электроприводом может привести к разнотолщинности прокатываемой полосы, то есть к браку продукции, а также к преждевременному износу валков последней клетки стана.

В связи с этим к электроприводу моталки предъявляются требования поддержания постоянства натяжения полосы во всех режимах работы, независимо от величины линейной скорости и диаметра наматываемого рулона. В свою очередь, для выполнения этого требования необходимо изменять статический момент на валу приводного двигателя пропорционально диаметру рулона, а также осуществлять компенсацию динамической составляющей момента при изменении линейной скорости, при этом частота вращения должна возрастать пропорционально изменению диаметра рулона.

**Цель работы.** Для исследования динамических и статических свойств и разработки качественных систем управления электроприводом моталки целесообразно использовать инструмент моделирования, причем моделирование должно проводиться для электромеханической системы клеть-полоса-моталка с максимально возможным учетом всех механических и электрических связей этой системы.

**Материалы исследования.** Система клеть-полоса-моталка обладает рядом характерных особенностей, которые необходимо учитывать при построении модели, в частности:

- переменный момент инерции электропривода моталки;
- негомономность упругой связи;
- упругое вязкое трение.

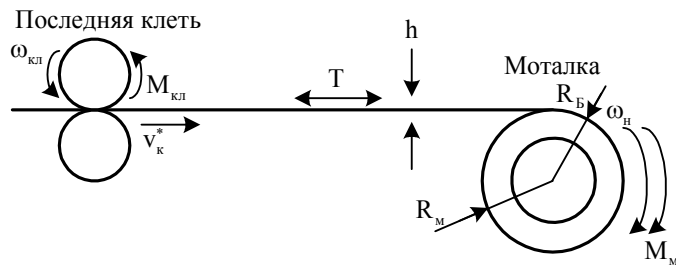


Рис. 1. Система клеть – полоса – моталка

Ниже приведены математические соотношения, отражающие взаимосвязи в механической части системы (рис. 1), особенностью которой является изменение момента инерции электропривода в процессе работы по мере увеличения диаметра наматываемого рулона.

Основные уравнения (для упрощения рассматривается безредукторный электропривод) с учетом переменного момента инерции электропривода моталки:

$$M_M - M_C = J_M \cdot \frac{d\omega_M}{dt} + \frac{\omega_M}{2} \cdot \frac{dJ_M}{dt}; \quad (1)$$

где  $M_M$  – момент, развиваемый двигателем моталки,  $M_C$  – момент сопротивления электропривода моталки,  $\omega_M$  – угловая скорость моталки,  $J_M$  – момент инерции моталки.

Момент сопротивления электропривода моталки, если пренебречь моментом трения и моментом изгиба полосы ввиду их малости, определяется соотношением:

$$M_C = R_M \cdot T, \quad (2)$$

где  $R_M$  – текущее значение радиуса рулона на барабане моталки,  $T$  – линейное натяжение полосы.

Радиус рулона в процессе намотки:

$$R_M = R_A + \frac{\varphi_M \cdot h}{2 \cdot \pi}; \quad (3)$$

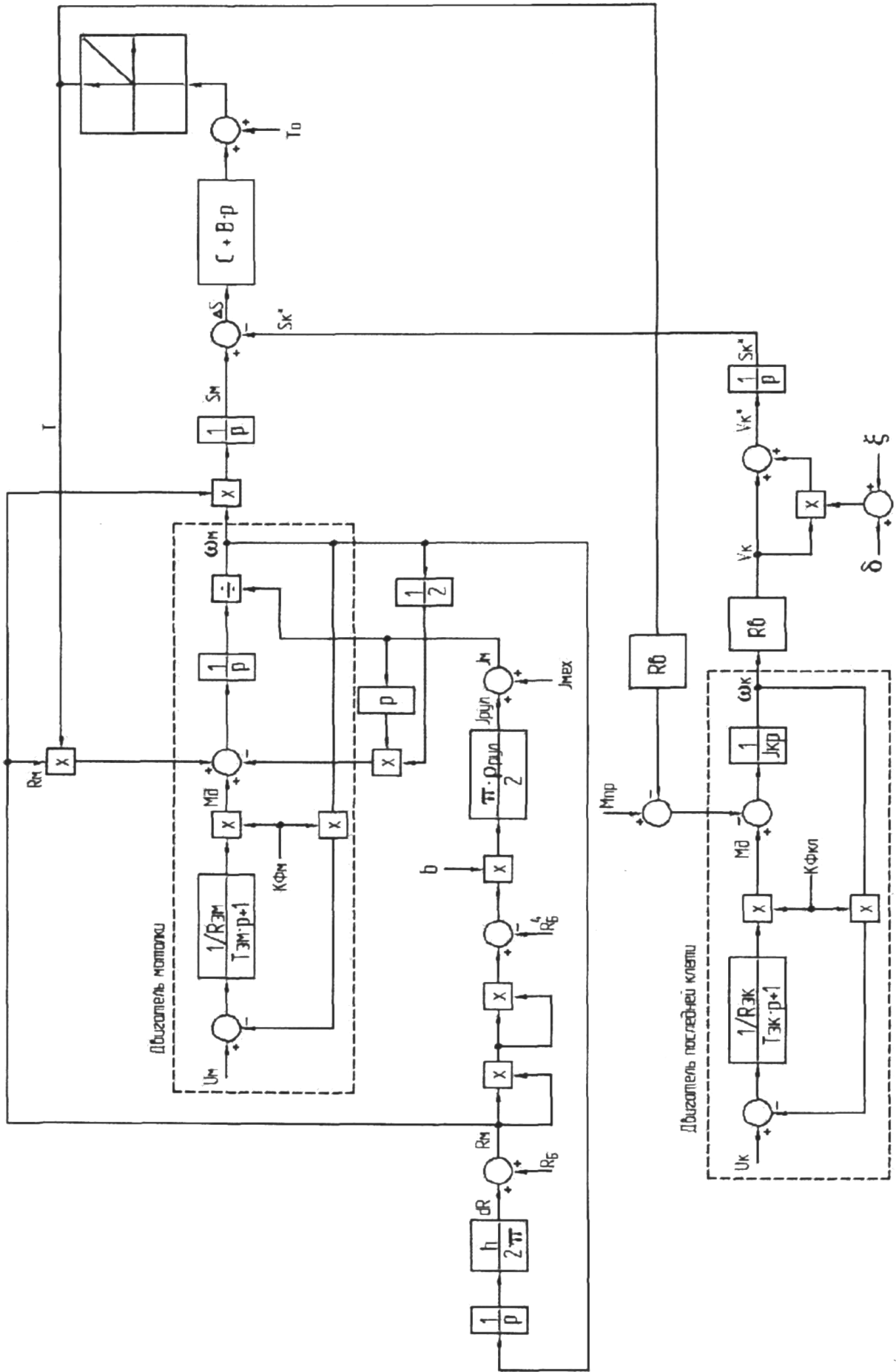


Рис.2. Модель электрохимической системы клеть-полоса-моталка

$$\varphi_M = \int_0^t \omega_M dt ; \quad (4)$$

где  $h$  – толщина проката,  $R_B$  – радиус барабана моталки,  $\varphi_M$  – текущий угол поворота рулона.

Момент инерции электропривода моталки определяется суммой:

$$J_M = J_{\text{ДОЭ}} + J_{\text{I АО}} , \quad (5)$$

где  $J_{\text{РУЛ}}$  – момент инерции рулона наматываемого металла,  $J_{\text{МЕХ}}$  – момент инерции механизма моталки, приведенный рулону.

Момент инерции рулона [1]:

$$J_{\text{ДОЭ}} = \frac{R_M^2 + R_A^2}{2} \cdot m_{\text{ДОЭ}} = \frac{\pi \cdot (R_M^4 - R_A^4)}{2} \cdot b \cdot \rho_{\text{ДОЭ}} , \quad (6)$$

где  $\rho_{\text{РУЛ}}$  – плотность рулона металла, учитывающая коэффициент заполнения,  $b$  – ширина прокатываемой полосы.

Текущее значение натяжения определяется зависимостью:

$$T = C \cdot \Delta S + B \cdot \frac{d\Delta S}{dt} , \quad (7)$$

где  $C$  – линейная жесткость полосы,  $B$  – коэффициент линейного вязкого трения, а  $\Delta S$  – величина линейного упругого растяжения полосы, которое определяется выражением [2]:

$$\Delta S = \int_0^t (V_M - V_K^*) dt = S_M - S_K^* , \quad (8)$$

где  $V_M$  – линейная скорость рулона моталки,  $V_K^*$  – линейная скорость полосы прокатываемого металла на выходе из последней клетки,  $S_M$  – линейное перемещение полосы в рулоне на моталке,  $S_K^*$  – линейное перемещение полосы прокатываемого металла за последней клетью. Линейные перемещения определяются выражениями:

$$S_K^* = \int_0^t V_K^* dt , \quad (9)$$

$$S_M = \int_0^t V_M dt , \quad (10)$$

а скорость полосы на выходе из клетки

$$V_K^* = V_K \cdot (1 + \delta + \xi) , \quad (11)$$

где  $\delta$  – опережение металла за клетью при прокатке без натяжения,  $\xi$  – увеличение опережения металла за клетью при наличии натяжения,  $V_K$  – линейная скорость валков последней клетки.

При построении модели (рис. 2) введено начальное натяжение полосы  $T_0$ , создаваемое при стоянке стана, а неголономность упругой связи между приводом клетки и приводом моталки учтена посредством включения в цепь формирования силы упругости звена прямого ограничения.

**Выводы.** Используя вышеприведенные соотношения и принципы построения математических моделей в структурной форме, можно построить математическую модель механической части исследуемой двухдвигательной электромеханической системы для использования при исследовании динамических процессов системы клеть-полоса-моталка, при создании системы управления электроприводом моталки.

Следует отметить, что при исследовании указанной системы «в большом» необходимо учитывать зависимость величины  $\xi$  от натяжения полосы.

#### Литература.

1. Альшиц В.М., Зеленцов В.И., Тикоцкий А.Е. Электроприводы моталок и разматывателей станов холодной прокатки. – М.: Информэлектро, 1980. – 56 с.
2. Файнберг Ю.М. Авторегулирование при холодной прокатке. – Металлургиздат, 1960. – 192 с.