

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕТУЧИХ НОЖНИЦ ПРОКАТНОГО СТАНА 350

А.В. Романов, В.В. Сотников, Ю.М. Фролов

В статье приводится анализ влияния технологических и конструктивных параметров летучих ножниц стана 350 Оскольского электрометаллургического комбината на динамические свойства электропривода. Приводятся мероприятия по улучшению точности и надежности работы ножниц

В производстве сортового проката летучие ножницы выполняют функции мерного реза, обрезания головной части движущейся заготовки, отбора проб и осуществления аварийного реза. Рез движущегося металла с технической точки зрения представляет довольно сложную задачу. На первый план выходит синхронизация линейных скоростей ножей и металла. Приемлемое качество реза может быть обеспечено только при равенстве горизонтальной составляющей скорости ножей и скорости прокатываемой заготовки. Невыполнение этого условия может повлечь за собой дефект торцевой части заготовки, либо ее загиб, что делает невозможным дальнейшую прокатку. Несоответствие скоростей прокатки и ножей приводит к повышенным нагрузкам на механику ножниц: редуктор, подшипники, кривошипные и т.д. Все это указывает на необходимость изучения динамических свойств летучих ножниц, поскольку их надежная и правильная работа является условием высокой производительности стана.

Механизм двухкривошипных ножниц стана 350 приводится в движение от двухдвигательного регулируемого электропривода (ЭП) постоянного тока номинальной мощностью 800 кВт. После получения команды "старт", которая формируется средствами автоматизации, начинается фаза разгона (рис. 1). Масштаб по времени на этой и последующих осциллограммах – 0,1 с в клетке.

Темп разгона рассчитывается контроллером, исходя из необходимой скорости реза, и передается в систему управления приводом. Разгон происходит с постоянным ускорением до точки реза. После получения сигнала индуктивного датчика, что ножницы достигли

точки реза, включается контур положения, реализованной информационно-вычислительными средствами электропривода, обеспечивая темп торможения механизма и точную остановку в позиции ожидания. На осциллограмме реза двухкривошипных ножниц (рис. 1) хорошо видно, что в момент вхождения ножей в металл возникает просадка скорости под действием сил сопротивления деформации металла.

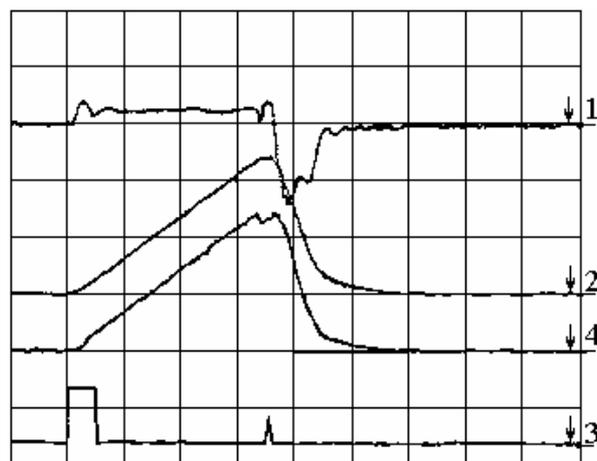


Рис. 1. Осциллограмма реза:

1 – ток якоря двигателя, 2 – заданная скорость привода, 3 – сигнал "старт" и сигнал обратной связи ножниц в нижней мертвой точке (точке реза металла), 4 – истинная скорость ножниц

Величина просадки со стороны привода определяется быстродействием контура скорости, а также перегрузочной способностью двигателя (λ). Технологически просадка зависит от калибра металла, его марки, температуры и в большей степени от скорости реза. Чем больше скорость реза, тем больше запасенная кинетическая энергия к моменту реза, тем

Фролов Юрий Михайлович – ВГТУ, профессор, канд. техн. наук, доц.

Романов Андрей Владимирович – ВГТУ, старший преподаватель, канд. техн. наук.

Сотников Василий Владимирович – Оскольский электрометаллургический комбинат, инженер-наладчик

меньшая ее часть уходит на деформацию реза металла. Рис. 2 иллюстрирует, каким образом низкая скорость реза отражается на величине просадки.

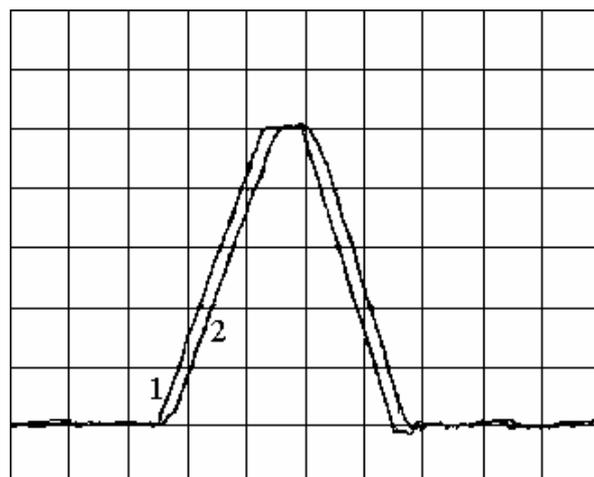


Рис. 2. Осциллограмма реза на пониженной скорости:

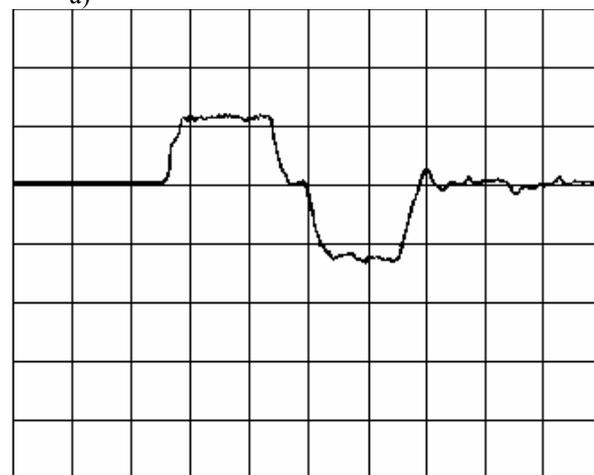
1 – истинная скорость ножиц, 2 – ток якоря двигателя, 3 – ток обмотки возбуждения

В первом случае (рис. 1) снижение скорости не превысило 10 %, во втором случае (рис. 2) оно достигло 30 %. Выше отмечалась необходимость согласования скорости режущих ножей со скоростью металла. Явление просадки обуславливает необходимость зависящего от скорости реза опережения скорости ножей относительно скорости металла. Средствами электропривода величина просадки скорости может быть также уменьшена соответствующей настройкой контура скорости (КС), либо добавочным заданием на момент в секторе реза. Эти мероприятия имеют общие недостатки: необходимость времени на внедрение и апробацию этих решений, соответственно отвлечению на эти задачи высококвалифицированного персонала.

Обеспечение точности мерного реза является одной из основных задач системы автоматизации электропривода. Это комплексная проблема, которая включает в себя настройку средств измерения длины металла (измерительные ролики, оптические датчики), разработку алгоритмов расчета точки старта, а также повышение точности обработки задающего воздействия приводов. Основной погрешностью, вносимой приводом ножиц, является динамическая ошибка. На рис. 3а видно, что при равноускоренном движении ПИ-регулятор скорости обрабатывает задающее воздействие с ошибкой, пропорциональной производной



а)

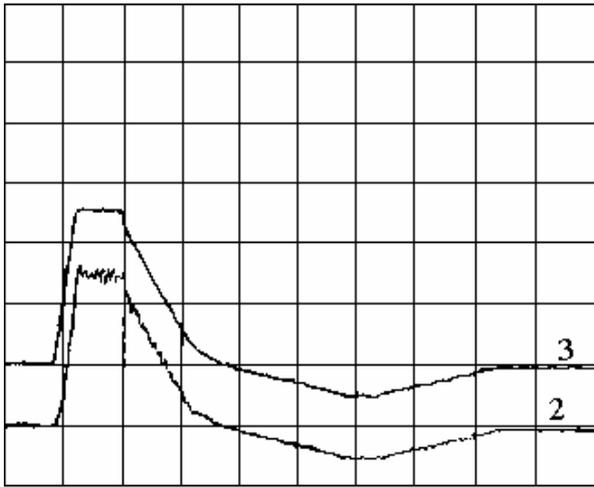


б)

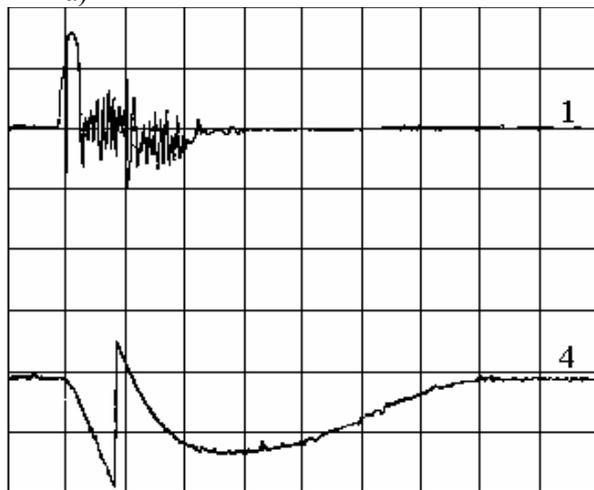
Рис. 3. Осциллограммы электропривода ножиц при $K_{pc} = 7$:
а – заданная (1) и истинная (2) скорость;
б – ток якоря

$d\omega/dt$ и обратно пропорциональной коэффициенту усиления регулятора скорости K_{pc} . Ошибка реза в таком случае может достигать 10 % от длины пути ножей. Уменьшение ошибки, связанное с увеличением K_{pc} , может привести к приближению электромеханической системы к границе устойчивости, что можно видеть на рис. 4. Применение ПИ-регулятора может ухудшить качество переходных процессов по перерегулированию и колебательности.

Серьезно усложняет и накладывает ограничения на настройки ЭП наличие люфтов в редукторе механизма. При изменении знака момента двигателя в элементах механических передач возникают ударные нагрузки, что существенно сказывается на сроке службы механизма. Особую остроту проблема механических зазоров приобретает в режиме позиционирования ножиц на малых скоростях.



а)



б)

Рис. 4. Осциллограмма электропривода ножниц при $K_{pc} = 15$:

1 – ток якоря; 2 – истинная скорость ножниц;
3 – заданная скорость ножниц; 4 – путь ножей

При переходе на П-регулятор положения темп торможения снижается. Это приводит к уменьшению абсолютного значения тока. Принимая во внимание, что переходные процессы в контуре тока происходят с перерегулированием, характерным для настройки контура тока на технический оптимум, момент может изменить свой знак (рис. 5). После этого массы, жестко связанные с валом двигателя начинают выбирать зазор редуктора, при этом массы, связанные с валом двигателя через люфт продолжают движение со скоростью, которая у них была до изменения знака момента. После выбора зазора происходит упругое столкновение двух масс. Система регулирования скорости реагирует на это изменением знака задания на момент. В зависимости от величины зазора и настройки регулятора ско-

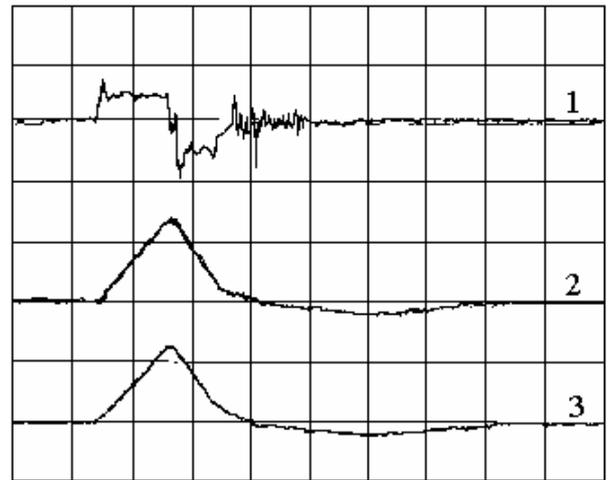


Рис. 5. Влияние люфта на качество регулирования:
1 – ток якоря; 2 – истинная скорость ножниц;
3 – заданная скорость ножниц

рости возникают колебания скорости и тока. Амплитуда и длительность колебаний напрямую зависит от пропорционального коэффициента регулятора скорости K_{pc} . Основным способом нейтрализации негативного влияния люфтов является уменьшение K_{pc} . Снижение быстродействия привода на возмущающее ударное воздействие масс механизма на двигатель, способствует демпфированию колебаний, возникающих из-за люфтов. С другой стороны, уменьшение K_{pc} приводит к увеличению динамической ошибки привода. На стане 350 ОАО ОЭМК эта проблема была решена применением адаптивного регулятора скорости, когда на низких скоростях (менее 2 % от номинальной) действует $K_{pc} = 4$. На скоростях выше 2 % принят $K_{pc} = 12$. Это позволило решить проблему люфтов на небольших скоростях и сохранить приемлемую точность реза.

Перечисленные выше проблемы обнаружались в процессе эксплуатации летучих ножниц стана 350. Практика показала, что анализ проблемы и последующее ее решение может занять достаточно долгое время из-за непрерывного характера производства. Проверить правильность принимаемых решений можно только на реальном механизме. Поэтому любые изменения в настройках и структуре регуляторов приводов должны увязываться с плановыми ремонтами. В конечном итоге это увеличивает время разработки технических решений и их внедрение. Существенно уменьшить время на постановку и решение задач, возникающих в процессе эксплуатации регулируемых приводов, а также повысить эффективность принимаемых решений может примене-

ние методов структурного моделирования электроприводов на основе дифференциальных уравнений, описывающих электромеханические процессы в приводе. Наиболее подходящим для этого является программный пакет Matlab 6.0, ставший в последнее время стандартом для математических расчетов и моделирования. В приложении Simulink была составлена структурная модель электропривода постоянного тока двухкривошипных ножниц стана 350.

На рис. 6 представлена осциллограмма цикла реза летучих ножниц с $P_{ном} = 800$ кВт и номинальной скоростью 500 об/мин.

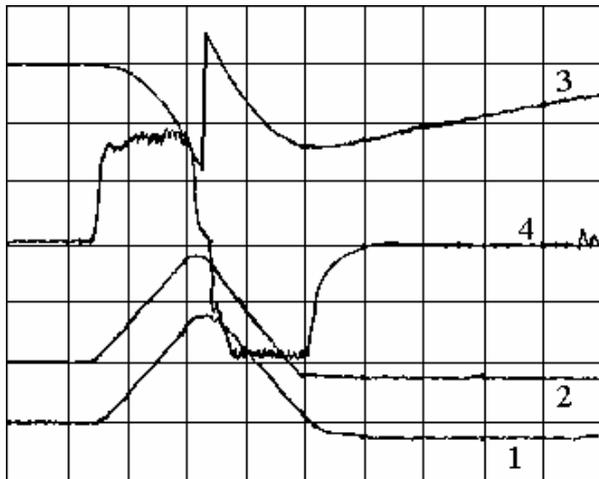


Рис. 6. Осциллограмма цикла реза летучих ножниц:

- 1 – истинная скорость ножниц;
- 2 – заданная скорость ножниц;
- 3 – путь ножей; 4 – ток якоря

На рис. 7 приведена осциллограмма, полученная при моделировании электропривода летучих ножниц в среде Matlab 6.0 – сверху вниз: ток якоря, заданная и истинная скорости

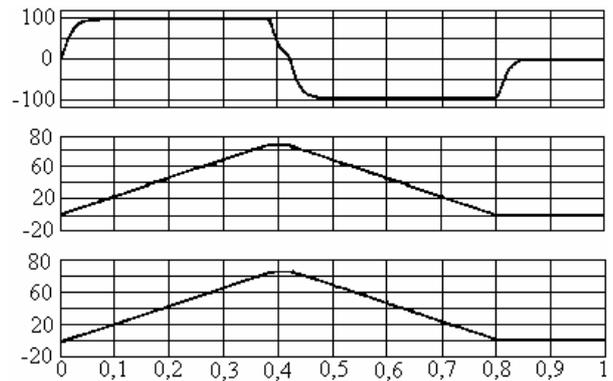


Рис. 7. Осциллограмма при моделировании электропривода летучих ножниц

электропривода летучих ножниц. Сравнение двух осциллограмм (рис. 6 и рис. 7) показывает, что модель вполне адекватна реальной электромеханической системе и качественно верно отражает процессы, происходящие в электроприводе. В большинстве случаев предложенная модель может служить для оценки влияния тех или иных настроек на динамику системы. Преимуществом этой модели является ее универсальность. Вводя в модель величины, характеризующие параметры механизма, можно выявить и спрогнозировать динамические свойства электропривода механизма летучих ножниц.

Модель может быть уточнена с учетом люфтов в механизме, нелинейности тиристорного преобразователя, связанной с работой в зоне прерывистых токов. При необходимости можно учесть поперечную реакцию поля якоря. Следует иметь в виду, что уточнение модели приведет к увеличению временных затрат, связанных с определением динамических свойств электропривода.

Воронежский государственный технический университет
Поступила в редакцию 20.11.2003

DYNAMIC PROPERTIES OF THE ELECTRIC DRIVE FLYING SHEARS OF THE ROLLING MILL 350

A.V. Romanov, V.V. Sotnikov, Y.M. Frolov

In article the assaying of influence technological and design analysis of flying shears of a rolling mill 350 Oscol's electrometallurgical plant on dynamic properties of the electric drive is resulted. The measures result on improvement of accuracy and reliability of work of shears are given.