

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРИВОДОВ СЛЯБИНГА ПРИ СОВМЕСТНОЙ ПРОКАТКЕ МЕТАЛЛА

Коцегуб П.Х., Кузьмин А.В., Светличный А.В.

Донецкий государственный технический университет, кафедра ЭАПУ

E-mail: swet@fcita.dn.ua

Abstract

P. Kotsegub, A. Kuzmin, A. Svetlichny. Interaction of slabbing electric drives under joint metall roling. The questions of vertical and horisontal slabbing stands electric drives interaction, under joint metall roling, when the metal remains in both stands simultaneously, are examined. It's shown, that on the control system's designing, it's necessary to keep in mind the distinctions of electric drives interaction under joint rolling in vertical and horisontal stands simultaneously. Involving significant power difference of vertical and horisontal electric drives, the control system with serial assignment signal transmitting, is preferable.

В статье рассмотрены вопросы взаимодействия приводов вертикальной и горизонтальной клетей слябинга при совместной прокатке металла, когда металл находится одновременно в вертикальной и горизонтальной клетях. Рассмотрение этих вопросов особенно актуально при разработке автоматизированных систем управления слябингами.

Рассмотрим одновременную (совместную) прокатку на примере слябинга 1150 комбината "Запорожсталь". Совместная прокатка начинается в среднем с третьего пропуска - 0.3 секунды и достигает 3 и более секунд в последних пропусках.

Схематически одновременная прокатка изображена на рис.1, где обозначены : ω_B, ω_G - частоты вращения вертикальных и горизонтальных валков; V_B, V_G - линейные скорости вертикальных и горизонтальных валков; F_B, F_G - площади поперечного сечения раската на выходе из вертикальных и горизонтальных; S_B, S_G - опережения металла в вертикальных и горизонтальных валках; $M_{ГРВ}, M_{ГРГ}$ - моменты прокатки в вертикальных и горизонтальных валках;

M_B, M_G - моменты, развиваемые приводами вертикальной и горизонтальной клетей.

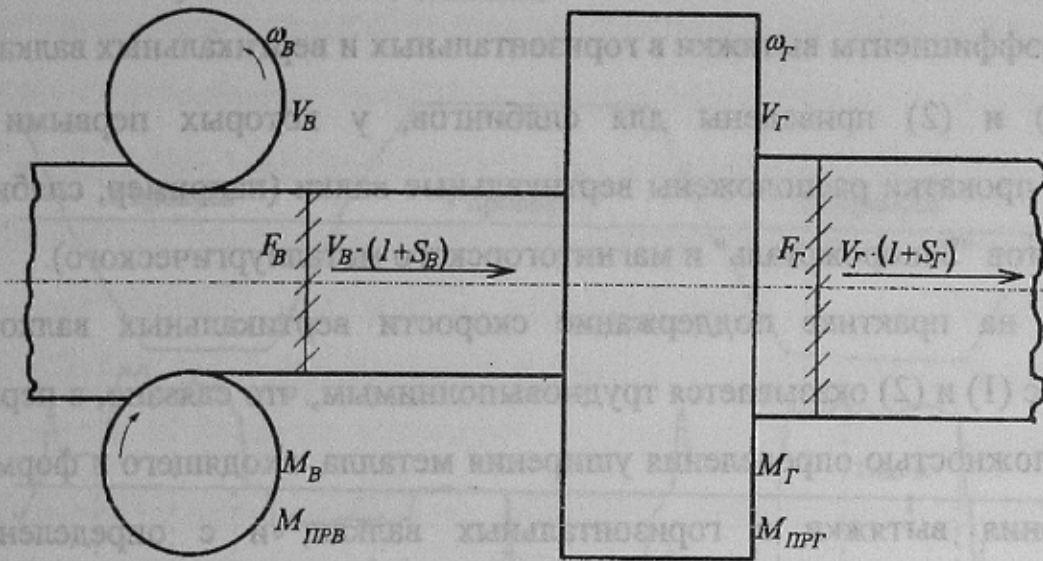


Рисунок 1- Одновременная прокатка металла в вертикальных и горизонтальных валках

Для минимизации динамических нагрузок слябинга при совместной прокатке необходимым требованием является соблюдение условий свободной прокатки [1]: $V_B \cdot (1 + S_B) \cdot F_B = V_G \cdot (1 + S_G) \cdot F_G$. При этом металл, находящийся в горизонтальной и вертикальной клетях, не испытывает усилий растяжений-сжатия и соответственно минимальны нагрузки в механическом оборудовании клетей.

Для согласования скоростей валков воздействуют на электропривод вертикальных валков, оставляя неизменным сигнал на электропривод горизонтальных, так как электропривод вертикальных валков более быстродействующий, менее загружен статическим моментом.

Для выполнения условий свободной прокатки частота вращения вертикальных валков должна составлять в нечетных проходах

$$\omega_B = \omega_G \cdot \frac{D_G \cdot (1 + S_G)}{D_B \cdot (1 + S_B)} \cdot \frac{1}{\mu_G}, \quad (1)$$

в четных проходах

$$\omega_B = \omega_G \cdot \frac{D_G \cdot (1 + S_G)}{D_B \cdot (1 + S_B)} \cdot \mu_B, \quad (2)$$

где μ_G, μ_B - коэффициенты вытяжки в горизонтальных и вертикальных валках.

Формулы (1) и (2) приведены для слябингов, у которых первыми по направлению прокатки расположены вертикальные валки (например, слябинги 1150 комбинатов "Запорожсталь" и магнитогорского металлургического).

Однако на практике поддержание скорости вертикальных валков в соответствии с (1) и (2) оказывается трудновыполнимым, что связано, в первую очередь, со сложностью определения уширения металла, входящего в формулу для нахождения вытяжки в горизонтальных валках, и с определением фактической частоты вращения валков (известные датчики скорости в условиях слябинга обладают малой надежностью). В связи с этим соотношения частот вращения горизонтальных и вертикальных валков определяются как усредненные для всего сортамента прокатываемого металла. Это приводит к непроизводительным нагрузкам в оборудовании слябинга и вызывает его ускоренный износ.

Рассмотрим пример. На рис.2. приведен фрагмент осциллограммы работы электроприводов слябинга при прокатке слитка массой 14 тонн стали 08КП - сечением 780×1200 в сляб 165×1020 за 13 пропусков. Здесь приведены сигналы напряжения датчика интенсивности $U_{зи}$, токов нижнего двигателя горизонтальных валков $I_{ндгв}$ и двигателя вертикальных валков $I_{двв}$. Для анализа выбраны 8-10 пропуски, как наиболее показательные - совместная прокатка металла длится в 8 пропуске 1.1 секунды и 1.9 секунды в десятом пропуске.

Выделим характерные интервалы времени. Для четных пропусков (направление движения металла от горизонтальных валков к вертикальным): $t_1 - t_2, t_9 - t_{10}$ - захват и последующая прокатка слитка горизонтальными валками; $t_2 - t_3, t_{10} - t_{11}$ - захват слитка вертикальными валками и последующая одновременная прокатка слитка в горизонтальных и вертикальных валках; $t_3 - t_4, t_{11} - t_{12}$ -

выброс металла из горизонтальных валков и последующие прокатка и выброс
 слитка вертикальными валками.

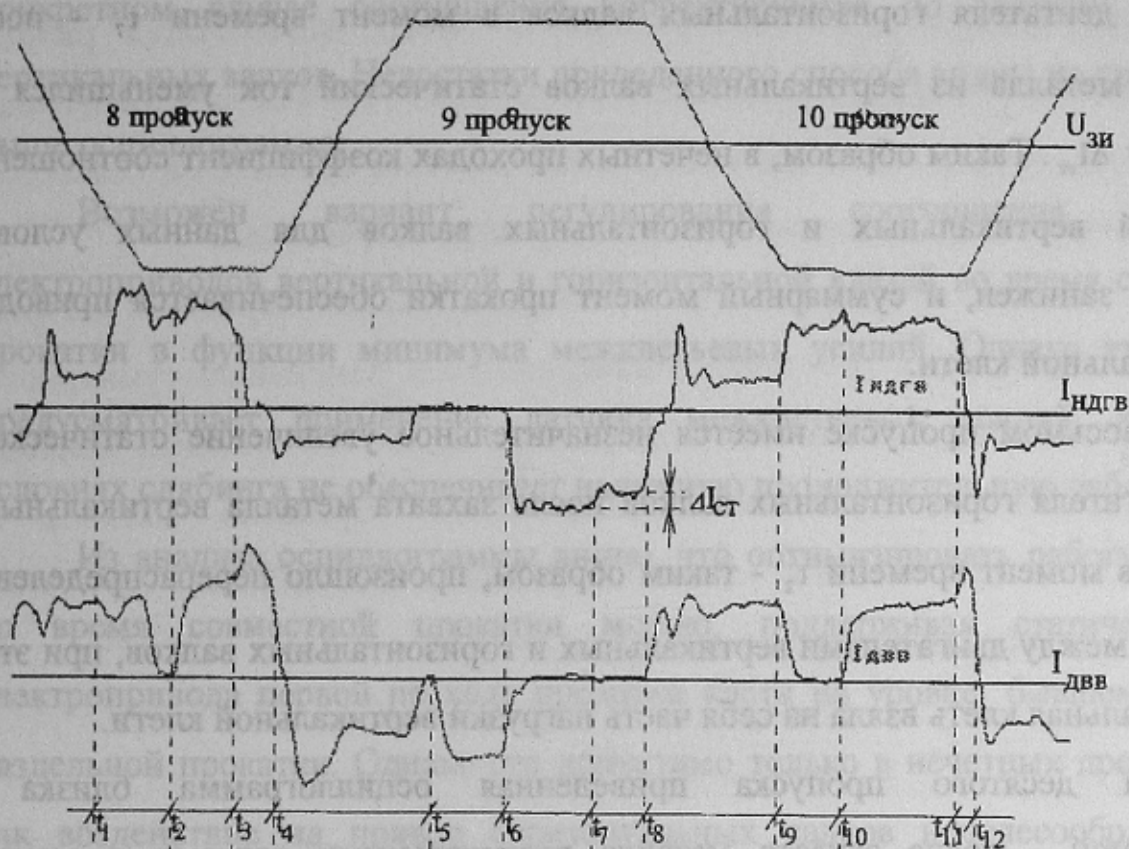


Рисунок 2 - Фрагмент осциллограммы работы электроприводов слябинга при прокатке слитка массой 14 тонн стали 08КП сечением 780×1200 в сляб 165×1020 за 13 пропусков

Для нечетных пропусков (направление движения металла от вертикальных валков к горизонтальным): $t_5 - t_6$ - захват и последующая прокатка слитка вертикальными валками; $t_6 - t_7$ - захват слитка горизонтальными валками и последующая одновременная прокатка слитка в вертикальных и горизонтальных валках; $t_7 - t_8$ - выброс металла из вертикальных валков и последующие прокатка и выброс слитка горизонтальными валками.

В девятом пропуске ввиду явно заниженного коэффициента соотношения скоростей весь суммарный момент прокатки обеспечивает привод

горизонтальной клетки - после захвата металла горизонтальными валками в момент времени t_6 статический момент (ток) вертикальных падает до нуля. О времени совместной прокатки можно судить, видя изменение статического тока нижнего двигателя горизонтальных валков в момент времени t_7 - после выброса металла из вертикальных валков статический ток уменьшился на величину $\Delta I_{ст}$. Таким образом, в нечетных проходах коэффициент соотношения скоростей вертикальных и горизонтальных валков для данных условий прокатки занижен, и суммарный момент прокатки обеспечивается приводом горизонтальной клетки.

В восьмом пропуске имеется незначительное увеличение статического тока двигателя горизонтальных валков после захвата металла вертикальными валками в момент времени t_2 - таким образом, произошло перераспределение нагрузки между двигателями вертикальных и горизонтальных валков, при этом горизонтальная клетка взяла на себя часть нагрузки вертикальной клетки.

Для десятого пропуски приведенная осциллограмма близка к оптимальной - после захвата металла вертикальными валками в момент времени t_{10} статический ток горизонтальных валков не изменился - следовательно, выполняется условие свободной прокатки.

На данном примере перераспределение нагрузки между клетями хотя и вызывает дополнительные межклетевые усилия, но все же непосредственной аварийной ситуации не создает. Гораздо опаснее тот случай, когда коэффициент соотношения скоростей завышен - тогда возможны перегрузки двигателя вертикальных валков, имеющего гораздо меньшую мощность, чем двигателя горизонтальных валков. Поэтому коэффициент соотношения скоростей должен постоянно корректироваться в зависимости от конкретных условий прокатки.

Рассмотрим наиболее известные способы согласования скоростей электроприводов вертикальной и горизонтальной клетей слябинга во время совместной прокатки. Самый простой - установка соотношения скоростей на холостом ходу по средним значениям нагрузок либо с учетом наиболее

тяжелого режима. Данный способ использовался на слябинге 1150 комбината "Запорожсталь" и используется в настоящее время на слябинге 1150 металлургического комбината им. Ильича (Мариуполь), при этом в каждом конкретном случае соотношения корректируются по загрузке двигателя вертикальных валков. Недостатки приведенного способа видны на приведенной выше осциллограмме.

Возможен вариант регулирования соотношения скоростей электроприводов вертикальной и горизонтальной клетей во время совместной прокатки в функции минимума межклетевых усилий. Однако этот способ предусматривает применение датчика межклетевых усилий, который в условиях слябинга не обеспечивает надежную продолжительную работу.

Из анализа осциллограммы видно, что оптимизировать работу приводов во время совместной прокатки можно, поддерживая статический ток электропривода первой по ходу прокатки клетки на уровне, бывшем во время отдельной прокатки. Однако это допустимо только в нечетных проходах, так как воздействие на привод горизонтальных валков нецелесообразно из-за возможного снижения производительности стана. В четных проходах на привод вертикальных валков можно воздействовать, либо поддерживая прогнозируемое значение тока отдельной прокатки электропривода вертикальных валков, либо в функции разности текущего и запомненного во время отдельной прокатки тока горизонтальных валков.

Следует отметить, что условие свободной прокатки для слябинга, в отличие от многоклетевых станов, может соблюдаться не строго. Это объясняется тем, что прокатываемые на слябингах заготовки имеют крупные сечения и обладают достаточно большой жесткостью, поэтому появление относительно небольших растягивающих или сжимающих напряжений не влияет на качество заготовки. Однако при этом возможна перегрузка двигателей (двигателя) вертикальных валков, как менее мощных (что особенно важно для слябинга 1150 комбината "Запорожсталь" - в настоящее время мощность двигателя вертикальной клетки составляет 2200 кВт, причем один

двигатель приводит во вращение оба валка, а суммарная мощность двигателей горизонтальной клетки составляет 15000 кВт). Поэтому системы управления электроприводом вертикальных валков обеспечивают работу на мягкой механической характеристике [2]. Исходя из этого, оптимизация работы приводов слябинга может быть сведена к оптимизации работы электропривода вертикальной клетки, а именно к поддержанию момента привода вертикальной клетки на определенном заданном уровне - например, номинальном.

В [3] показано свойство систем с последовательной передачей сигнала задания - ведомая клеть практически инвариантна к изменению суммарного момента прокатки. При этом для поддержания заданного момента привода вертикальных валков во время одновременной прокатки металла в вертикальной и горизонтальной клетях коэффициент соотношения скоростей должен быть равен в нечетных проходах

$$K_{CB} = \frac{D_G \cdot (1 + S_G)}{D_B \cdot (1 + S_B)} \cdot \frac{1}{\mu_G} + K_B \cdot \frac{M_{ЗВ}}{\omega_{ГЗ} - (M_{СУМ} - M_{ЗВ}) \cdot K_G},$$

$$\text{в четных проходах } K_{CB} = \frac{D_G \cdot (1 + S_G)}{D_B \cdot (1 + S_B)} \cdot \mu_B + K_B \cdot \frac{M_{ЗВ}}{\omega_{ГЗ} - (M_{СУМ} - M_{ЗВ}) \cdot K_G},$$

где $\omega_{ГЗ}$ - заданное значение частоты вращения валков горизонтальной клетки; K_B - коэффициент, обратно пропорциональный жесткости механической характеристики привода вертикальной клетки; K_G - коэффициент, обратно пропорциональный жесткости механической характеристики привода горизонтальной клетки; $M_{ЗВ}$ - задаваемое желаемое значение момента привода вертикальной клетки; $M_{СУМ}$ - максимально допустимый по прочностным характеристикам оборудования суммарный момент прокатки.

Видно, что приведенные формулы состоят из двух частей. При этом первое слагаемое вытекает из условия свободной прокатки, а второе позволяет обеспечить момент привода вертикальной клетки на заданном уровне. Для практической реализации возможно пренебрежение опережением и коэффициентом вытяжки в вертикальной клетке, а опережение в горизонтальной клетке принять усредненным.

Таким образом, при построении автоматизированных систем управления главными приводами слябинга необходимо учитывать особенности взаимодействия приводов вертикальных и горизонтальных валков при одновременной прокатке металла в клетях. При значительной разности в мощностях приводов вертикальной и горизонтальной клетей (например, слябинг 1150 комбината "Запорожсталь") наиболее предпочтительна система управления с последовательной передачей сигнала задания.

Литература

1. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства. М., "Высш. школа", 1977.
2. Афанасьев В.Д. Автоматизированный электропривод в прокатном производстве. М., "Металлургия", 1977.
3. Кодегуб П.Х., Кузьмин А.В., Светличный А.В. Система управления главными приводами слябинга с последовательной передачей сигнала задания. Деп. В ГНТБ Украины. № 883-Ук95