

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАШИН ПО КРИТЕРИЮ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СРЕДСТВАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Болгова А.С., студент; Перелома К.А., студент; Задорожня И.Н., доц., к.т.н.
(ГВУЗ «Донбасская государственная машиностроительная академия», г. Краматорск, Украина)

Механические колебания в рабочих механизмах промышленных машин оказывают негативное влияние не только на прочность, они могут в значительной степени усложнить и даже нарушить естественный технологический процесс производства. В значительной степени это актуально для машин металлургической промышленности – листопрямляющих агрегатов, трубопрямляющих и прокатных станов, отклонения от технологии производства на которых приводят к ухудшению качества листов и труб, буксованию валков прокатных станов.

Тяжелые динамические режимы характерны для прокатного оборудования, характер нагрузки элементов которого зачастую является ударным. Динамические нагрузки, определяющие уровень допустимых нагрузок по условиям прочности и усталости, играют важную роль при исследовании процессов в переходных режимах. Правильно рассчитанные эквивалентные нагрузки и их учет при математическом моделировании повышает достоверность прочностных расчетов, позволяет оптимизировать технологические режимы, осуществить конструктивные мероприятия, повышающие надежность и долговечность оборудования.

Динамические нагрузки, возникающие в приводах прокатных станов, крайне отрицательно влияют на процесс прокатки, поэтому при расчетах элементов механических передач на выносливость необходимо корректно определять величины амплитуд и частот колебаний. Основной причиной динамических перегрузок являются интенсивные повторно-кратковременные режимы работы в сложных условиях окружающей среды металлургического производства, при наличии упругих механических связей системы, зазоров и несовершенства системы электропривода. Это приводит к отклонению параметров прокатки от заданных технологическим процессом и нарушению формирования требуемых физико-механических свойств прокатываемого металла, уменьшению точности работы механизма, появлению вибраций и опасных резонансных явлений.

Подавление упругих колебаний, возникающих в электроприводах при пуске и ударных нагрузках, существенно увеличит срок службы передаточных устройств, вызовет снижение динамических нагрузок, что приведет к уменьшению потребления энергии на бесполезные колебательные движения, а также уменьшит тепловые нагрузки двигателя и управляемого преобразователя.

Условия эксплуатации прокатных станов предъявляют ряд требований к переходным процессам по колебательности, времени регулирования, перерегулированию, динамическому падению скорости, статическому падению скорости, следовательно, необходим поиск оптимальных современных решений по демпфированию упругих колебаний. Выявление наиболее рациональных методов достижения минимума колебательности даст возможность с минимальными затратами улучшить качество переходных процессов и тем самым продлить срок службы оборудования.

Известны следующие способы гашения упругих механических колебаний:

- технологические (за счет управления технологическим процессом [1]);
- конструктивные (основаны на выборе оптимальных конструктивных параметров в процессе проектирования приводов [2]);

- введение в систему дополнительных демпфирующих устройств (гидравлических, пневматических, механических, на основе пар трения [3]);
- электротехнические (электромеханический, электродинамический [3-5]).

Одним из рациональных способов демпфирования упругих колебаний является электротехнический, поскольку он сравнительно просто реализуется, может быть использован для любой электромеханической системы и не требует дополнительных материальных затрат.

Для анализа электромеханической системы целесообразно применять обобщенные оценки влияния упругих звеньев механической передачи, которые имеют различную степень влияния на демпфирующую способность электропривода и определенные границы существенности влияния вышеуказанных параметров на подавление упругих механических колебаний [3-5].

В работах [5, 6] произведено исследование влияния динамических нагрузок на режимы работы прокатного оборудования, на основе моделирования переходных процессов в среде Simulink пакета Matlab выявлены основные негативные факторы их воздействия. Таким образом, для улучшения режимов работы прокатного оборудования подавление упругих механических колебаний является очень важным аспектом.

В качестве объекта для исследования был взят электропривод рольганга прокатного стана, параметры которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры электропривода рольганга

№ п/п	Характеристика	Величина
1	Номинальная мощность двигателя, P_n , кВт	200
2	Номинальное напряжение на зажимах якоря двигателя, U_n , В	440
3	Номинальный ток якоря двигателя, I_n , А	788
4	Номинальная частота вращения двигателя, n_n , об/мин	500
5	Момент инерции двигателя, J_1	46,5
6	Электромагнитная постоянная времени, T_ω , с	0,0175
7	Номинальный ток преобразователя, $I_{дн}$, А	800
8	Действующее значение фазной ЭДС, $E_{2ф}$, В	600
9	Номинальное напряжение преобразователя, $U_{дн}$, В	600
10	Некомпенсированная постоянная времени контура тока, T_{zi} , с	0,005
11	Постоянная времени фильтра в цепи ОС по скорости, T_ϕ , с	0,01
12	Напряжение источника питания элементов САП, $U_{пит}$, В	12

Для рассматриваемого электропривода необходимо составить структурную схему (рисунок 2), на базе которой будет создана математическая модель.

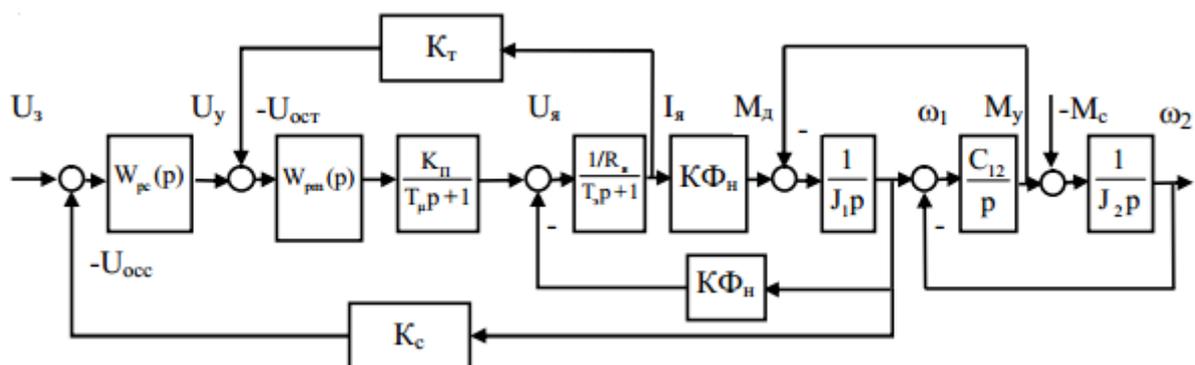


Рисунок 2 – Структурная схема электропривода рольганга

методике электромеханической совместимости [7, 8] переходные процессы в электро-механической системе привода рольганга принимают вид рисунка 5.

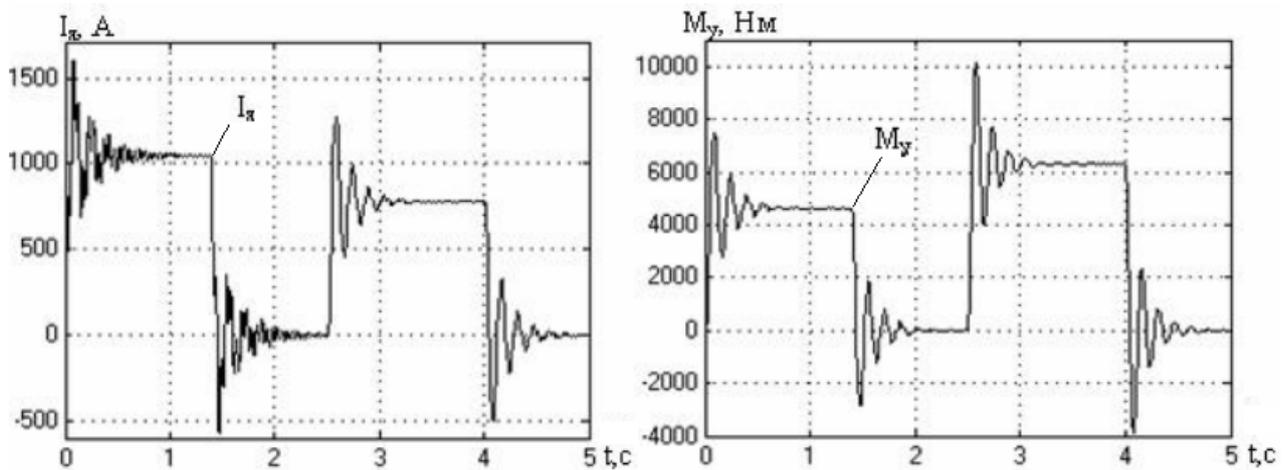


Рисунок 4 – Графики переходных процессов в системе электропривода рольганга для случая типовых настроек САУ

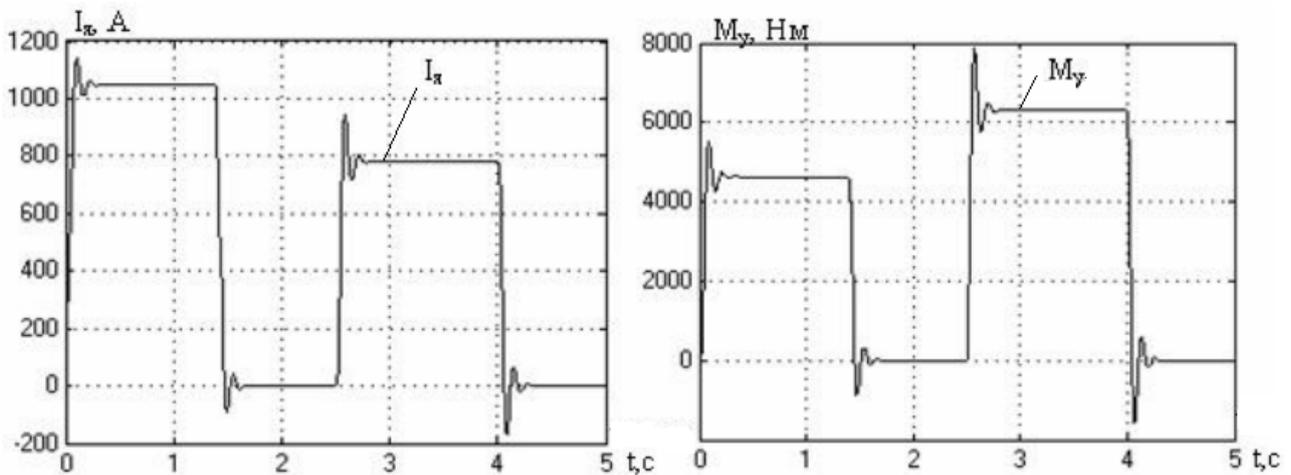


Рисунок 5 – Графики оптимальных переходных процессов в системе электропривода рольганга для случая типовых настроек САУ

Результаты анализа переходных процессов по показателям качества приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели качества

Показатели качества	Типовая настройка	С учетом оптимизации
Колебательность, μ	3,5	1,5
Перерегулирование, σ , %	41	12
Степень затухания, η	11,4	35
Время регулирования, t_p , с	0,34	0,114
Коэффициент динамичности, K_d	1,8	1,2
Логарифмический декремент затухания, λ	1,8	4

Таким образом, на основании предложенной методики оптимизации были определены необходимые соотношения параметров регуляторов тока и скорости электропривода

рольганга в системе автоматического управления, реализованной по принципу подчиненного регулирования. Математическое моделирование позволяет заключить, что активное демпфирование упругих электромеханических колебаний достигается выбором определенного соотношения динамических параметров системы. Параметры электромеханической системы находятся во взаимосвязи, но предельная степень демпфирования колебаний зависит только лишь от коэффициента соотношения инерционных масс γ . Соотношения параметров системы электропривода при предельной степени демпфирования могут не отвечать требованиям к процессам или ограничениям со стороны оборудования и их можно скорректировать. Коррекция требуемого соотношения параметров достигается в динамике за счет эффекта косвенного изменения коэффициента инерционных масс γ . Оптимальные соотношения параметров обеспечивают в электромеханической системе с упругими связями процессы эквивалентные процессам в одномассовой системе электропривода с оптимальными показателями. Реализовать предлагаемые расчетные соотношения при оптимизации системы с компенсацией влияния упругих сил инерционными возможно в системах подчиненного и модального управления.

Полученные результаты исследования электромеханической системы свидетельствуют о возможности ограничения динамических нагрузок в электроприводах промышленных машин, в частности, металлургических, и рекомендуются для практического применения при проектировании электроприводов и оптимизации параметров систем при реконструкции действующих прокатных станов.

Перечень ссылок

1. Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства. – М.: Высшая школа. – 1977 – 392 с.
2. Смирнов В.В. Механика привода прокатных станов/ В.В. Смирнов, Р.А. Яковлев. – М.: Металлургия. – 1977. – 216 с.
3. Ключев В.И., Жильцов Л.В., Калашников Ю.П. Состояние и перспективы развития теории электропривода с упругими механическими связями // *Электричество*. – 1981. – №7. – С. 29-32.
4. Задорожний Н.А. Элементы теории электромеханического взаимодействия в двухмассовых системах электропривода с упругими механическими связями: учебное пособие по дисциплине «Теория электропривода» для студентов специальности «Электромеханические системы автоматизации и электропривод» дневной формы обучения. – Краматорск: ДГМА. – 2006. – 72 с.
5. Борцов Ю. А. Автоматизированный электропривод с упругими связями / Ю. А. Борцов, Г. Г. Соколовский. – СПб.: Энергоиздат, 1992. – 228 с.
6. Задорожний Н.А. Оптимизация процессов преобразования энергии электромеханического взаимодействия в электроприводах с упругими связями / Н.А. Задорожний, И.Н. Задорожня // Тематический выпуск «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика» научно-технического журнала «Электроинформ». – Львов: Экоинформ, 2009. – С. 80-81.
7. Задорожний Н.А. Принцип электромеханической совместимости в приводах машин с упругими механическими связями / Задорожний Н.А. // *Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”*. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 1999. – Вип. 61. – С. 123 – 124.
8. Задорожня И. Н. Оценка влияния механического демпфирования на динамику электропривода с упругими связями / И. Н. Задорожня, Н. А. Задорожний, А. Ф. Тарасов // *Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”*. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2005. – Вип. 45. – С. 176 – 179.