

Система выравнивания нагрузок в двухдвигательном частотно-управляемом асинхронном электроприводе литейных кранов металлургического производства (часть 2)

ГУРУШКИН А.В., к.т.н.,
Компания «Арселор Миттал Темиртау»

На физической (стенд) и имитационной модели двухдвигательного асинхронного электропривода с векторным управлением исследован взаимосвязанный электропривод. В экспериментах учитываются фактический разброс параметров электрических машин, наличие зазорообразования и упругостей в механической системе привода. Приводятся результаты имитационного моделирования Simulink моделей. Анализируется работа системы выравнивания нагрузок (СВН) с учетом конструктивной и технологической специфики грузоподъемного механизма. Предложен принцип построения СВН. Разработана структура, а также методика параметрической настройки и наладки СВН. Эффективность научных исследований доказана внедрением результатов на производстве.

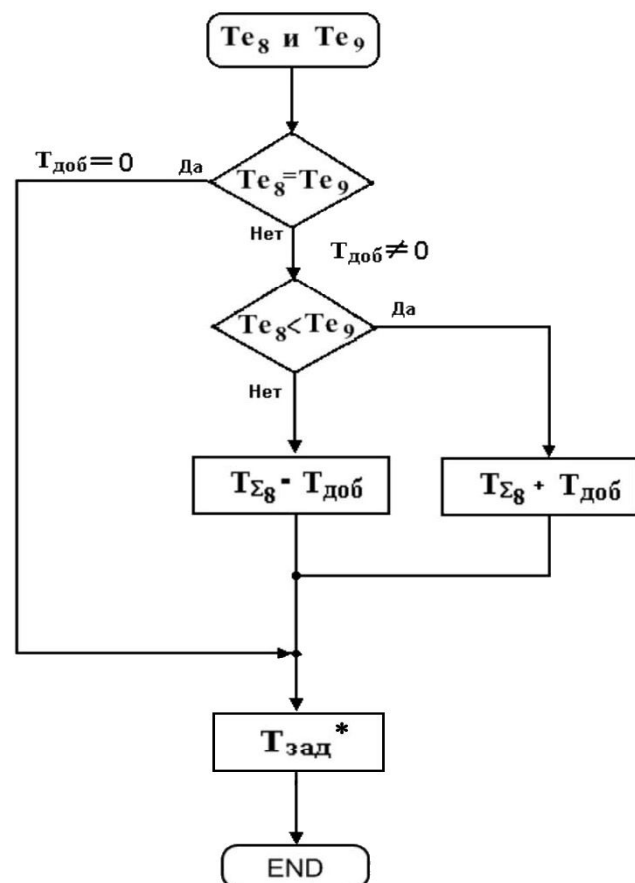
Исходя из анализа результатов предыдущих этапов исследований, становится ясным, что главная концепция проектирования систем выравнивания нагрузок (СВН) должна основываться на работе обоих преобразователей с одинаковыми системами управления (СУ) без разделения на «ведущий-ведомый». Это позволяет в случае обрыва механической связи у любого из приводов и на любом участке траектории движения безопасно закончить технологический цикл. Но при этом работа приводов должна быть принудительно синхронизирована и согласована. Согласование также необходимо для оптимизации рабочих режимов и улучшения работы механизмов при наличии значительного зазорообразования, т.к. размыкание зазора эквивалентно разрыву механической связи и ведет к появлению различного рода вибраций, колебаний и ударных нагрузок разной частоты и амплитуды.

Для проектирования и отладки предложенной схемы были использованы имитационная модель третьего этапа исследований с согласованием ЗИ и дополнительным блоком СВН «ведущий-ведущий».

В соответствии с рисунком 1 принцип и алгоритм работы блока СВН основан на расчете и внесении корректирующих изменений в процесс формирования величины суммарного выходного момента у одного из приводов. При этом в механически взаимосвязанной системе регулируемое изменение выходного момента у ГП1 (главный подъем 1) будет непосредственно влиять на момент другого привода ГП2 (главный подъем 2), тем самым компенсируя имеющийся дисбаланс [1].

Результаты имитационных испытаний Simulink

модели [2] подтвердили работоспособность СВН «ведущий-ведущий» (расхождение моментов не более 1 % в динамике и статике), в том числе и в аварийных режимах при имитации разрыва механической связи. Дальнейшая проверка и испытания СВН в целях безопасности проводились на физической модели, конфигурация которой соответствует третьему этапу исследований с зубчатой механической связью.



T_{e8} и T_{e9} – момент привода ГП1 и ГП2; $T_{доб}$ – дополнительное корректирующее значение момента; $T_{\Sigma 8}$ – суммарное заданное значение момента П8; $T_{зад}^*$ – заданное значение момента
Рисунок 1 – Алгоритм работы СВН

Конструктивно СВН «ведущий-ведущий» выполнена в виде программы, реализованной в СУ одного из частотных преобразователей, с помощью сервисной функции свободно программируемых логических блоков. Регулируемая величина (момент) переда-

ется между преобразователями по оптоволоконному каналу данных. Простой алгоритм вычислений корректирующего задания предъявляет минимальные требования и не создает значительной нагрузки на микропроцессор преобразователя.

В ходе стендовых экспериментов проведены следующие сравнительные испытания:

1. СВН «ведущий-ведомый» (master-slave). В соответствии с рисунком 2 дисбаланс моментов соответствует ~ 2 % в динамическом и статическом режиме работы. После разрыва механической связи у «ведущего» привода П8 в «ведомый» преобразователь П9 передается задание момента, близкое к нулевому значению, поэтому оставшийся в зацеплении «ведомый» двигатель не способен поддерживать заданный режим работы и под действием активного момента нагрузки начинает бесконтрольно раскручиваться до ограничения, установленного в приводе нагрузки.

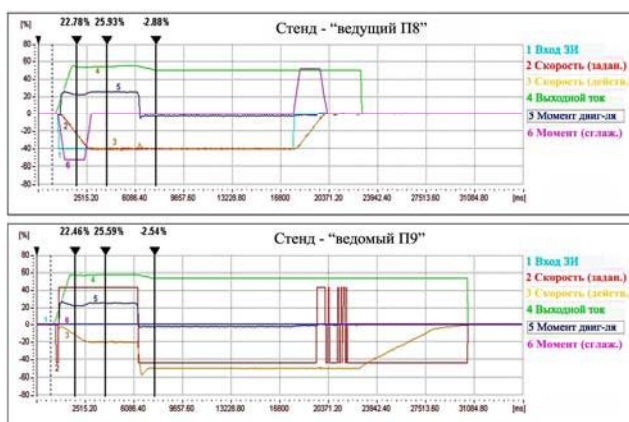


Рисунок 2 – Имитация спуска груза с СВН «ведущий-ведомый»

2. СВН «ведущий-ведущий» (master-master). В соответствии с рисунком 3 дисбаланс моментов в динамическом и в статическом режиме у СВН не превышает 2 %. После разрыва связи оставшийся в зацеплении привод П9 берет на себя основную нагрузку, тем самым поддерживая заданную частоту вращения, не переводя систему в аварийный режим.

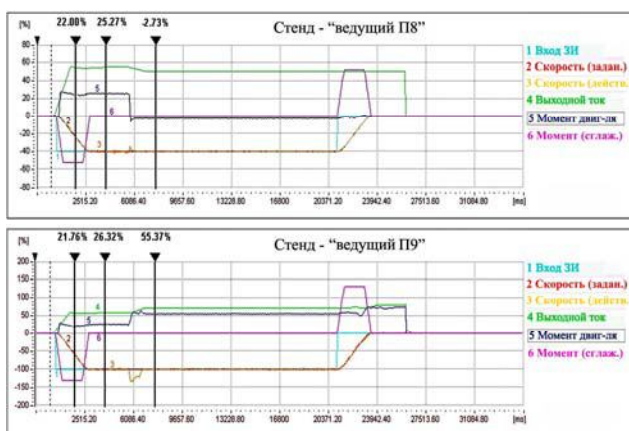


Рисунок 3 – Имитация спуска груза с СВН «ведущий-ведущий»

В рамках производственных испытаний разрабо-

танной СВН на механизме ГП литейного крана № 40 выполнена контрольная серия технологических циклов подъема (полных) и спуска (пустых) сталеразливочных ковшей на поворотный стенд первой МНЛЗ ОНРС конвертерного цеха. Далее рассмотрим наиболее тяжелый и опасный режим работы крана с максимальным расхождением моментов – спуск сталеразливочного ковша;

3. Спуск ковша массой 108 тонн без применения СВН. В соответствии с рисунком 4 при спуске ковша дисбаланс моментов, достигает 17,58 % в динамике и 45,38 % в статическом режиме работы, что является недопустимым и нуждается в корректировке, т.е. в применении СВН.

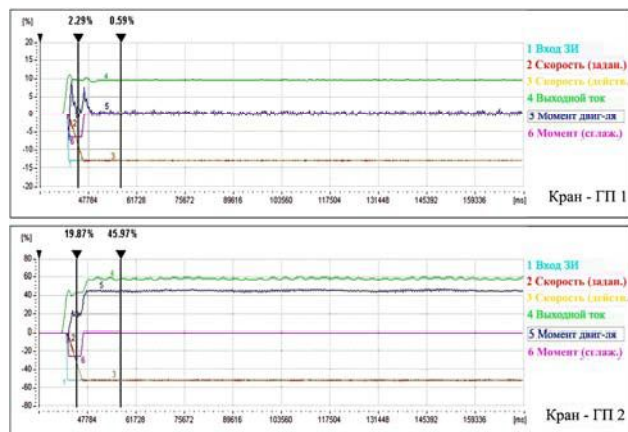


Рисунок 4 – Спуск ковша массой 108 тонн без СВН «ведущий-ведущий»

4. Спуск ковша массой 108 тонн с применением СВН «ведущий-ведущий». В соответствии с рисунком 5 дисбаланс моментов на динамическом и статическом участке траектории спуска не превышает 1-2 %, что подтверждает заявленные характеристики предложенной схемы.

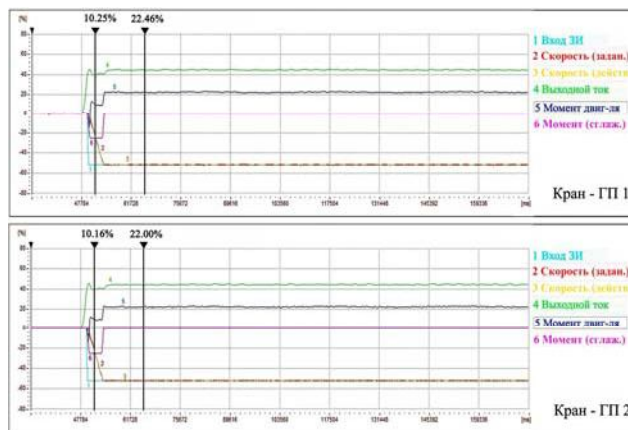


Рисунок 5 – Спуск ковша массой 104 тонны с СВН «ведущий-ведущий»

Анализ полученных результатов показал, что предложенная схема системы выравнивания нагрузок «ведущий-ведущий» с дополнительным контуром согласования-синхронизации, позволяет значительно улучшить качество статических и динамических режимов работы, а также устранить основной недоста-

ток СВН «ведущий-ведомый» – недопустимость разрыва механической связи.

Представленные исследования позволили сделать следующие выводы:

- физическая (стенд) и имитационная модели двухдвигательного асинхронного электропривода с векторным управлением позволяют исследовать взаимосвязанный двухдвигательный электропривод с учетом фактического разброса параметров электрических машин, а также наличия зазорообразования и упругостей в механической системе привода;

- комбинированный метод проектирования и наладки различных систем электропривода, основанный на сочетании экспериментальных и имитационных исследований физической и математической моделей помог установить причины и закономерности дисбаланса нагрузки в двухдвигательном асинхронном электропривод с векторным управлением при наличии упругих связей и зазоров. Это позволило предложить принцип построения системы выравнивания нагрузок, разработать ее структуру, а также методику параметрической настройки и наладки СВН;

- система выравнивания нагрузок для механизма главного подъема литейного крана № 40 грузоподъемностью 420 тонн позволила снизить дисбаланс моментов между приводами в статических и в динамических режимах работы с ~20-45 % до ~1-2,5 % и повысить производительность крана за счет увеличения рабочих скоростей с 39 % до 70 % от номинального значения (с учетом фактического состояния редукторной системы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств и систем в Matlab 1 SimPowerSystem и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

Гурушкин А.В. Металлургиялық өндірісте құю крандарының екі қозғалтқышты жиіліктік-басқару

асинхронды электр жетегінде жүктерді теңестіру жүйесі (2-бөлігі).

Векторлық басқарылатын екі қозғалтқышты асинхронды электр жетегінің физикалық (стенд) және имитациялық моделінде өзара байланысқан электр жетегі зерттелген. Эксперименттерде электр машиналары параметрлерінің нақты шашылуы, жетектің механикалық жүйесінде саңылау түзудің және серпімділіктің болуы ескеріледі. Simulink модельдерді имитациялық модельдеу нәтижелері келтіріледі. Жүк көтергіш механизмнің конструкциялық және технологиялық спецификасы ескеріле отырып, жүктерді теңестіру жүйесінің жұмысы талданады. СВН құру принципі ұсынылды. Құрылым, сондай-ақ СВН параметрлік реттеу және жолға қою өдістемесі жасалды. Ғылыми зерттеулер тиімділігі өндіріске нәтижелер енгізумен дәлелденген.

Gurushkin A.V. System of Loads Aligning in Two-Engine frequency-Controlled Asynchronous Electric Drive of Ladle Cranes (Part II).

On a physical (a stand) and imitation model of the two-engine asynchronous electric drive with a vector control there has been studied an interconnected electric drive. In the experiments there is taken in account a real spread of electric machines parameters, existence of clearance-forming and elasticities in the drive mechanical system. There are given the results of imitation modeling of Simulink models. There is analyzed the operation of the system of loads aligning (SLA) accounting structural and technological specificity of lifting mechanism. There has been suggested a principle of SLA and developed a structure and methodology of parametric SLA adjusting. The efficiency of scientific studies has been proved by the results introducing in industry.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Гурушкин Артем Владимирович (см. стр. 111).