

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАДИАЛЬНО-КОВОЧНОЙ МАШИНЕ РКМ-1000

**Бешта А.С., д.т.н., проф., Балахонцев А.В., к.т.н., доц., Улицкий К.В., Худой Е.Г.,
Худолей С.С., аспиранты**

Национальный горный университет, г. Днепропетровск

49005, м. Днепропетровск, пр-т. К. Маркса, 19

E-mail: beshtaa@ptu.org.ua

У роботі здійснений аналіз причин аварійних виходів з ладу приводних електродвигунів приводу радіально-кувальної машини РКМ-1000 з поломкою й скручуванням валів. Із ціллю усунення високочастотних коливань у системі сформульовані рекомендації з вирівнювання механічних характеристик двигунів електропривода.

Ключові слова: деформація валів, високочастотні коливання моментів, жорсткість механічних характеристик.

In work the analysis of the reasons of emergency exits out of operation drive electric motors radially-kovochnoj machines RKM-1000 with breakage and twisting of shaft is carried out. With I aim elimination of high-frequency fluctuations in system recommendations about alignment of mechanical characteristics of engines of the electric drive are formulated.

Keywords: deformation of shaft, high-frequency fluctuations of the moments, rigidity of mechanical characteristics.

Введение. На главном приводе радиально-ковоочной машины РКМ-1000 в кузачном цехе ОАО «Днепропресссталь» происходили аварийные выходы из строя приводных электродвигателей с поломкой и скручиванием их валов.

РКМ-1000 представляет собой агрегат для ковки металла. Основная особенность работы РКМ-1000 заключается в возникновении больших пиковых воздействий близких к критическим моментам.

Конструктивно механическая часть привода радиально-ковоочной машины представляет собой сложную систему связанных масс, движущихся с различными скоростями вращательно и возвратно-поступательно. При нагружении элементы системы: валы, опоры, соединительные муфты, зубчатые зацепления и т.п., деформируются.

Машина предназначена для преобразования электрической энергии в энергию удара. Двигатель, потребляя внешнюю энергию из сети, превращает ее в кинетическую энергию вращения передаточного устройства. Энергия передается от двигателя к исполнительному органу через шестерни. Во время рабочего хода исполнительного устройства происходит накопление кинетической энергии в теле, и, в момент удара, вся накопленная энергия преобразуется в энергию удара пластической деформации.

Цель работы - установить причины разрушения и деформации валов приводных двигателей.

Материал и результаты исследований. Для анализа энергетических и механических процессов, протекающих в приводных электродвигателях радиально-ковоочной машины, использовался компьютеризированный комплекс для диагностики электрических машин (КДЭМ). Были сняты осциллограммы линейных токов статора и ротора, линейных напряжений статоров двигателей в режиме пуска и в рабочих циклах при ковке заготовок различных марок

стали и различной массы. Также для привязки по времени отслеживалось давление в системе разведения молотов.

По данным пусков двигателей были определены параметры схем замещения (табл.1) приводных электродвигателей. Использовалась Т-образная схема замещения АД [1], показанная на рис. 1.

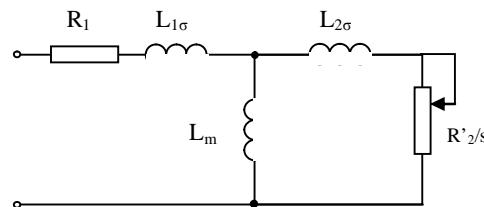


Рисунок 1 – Т-образная схема замещения асинхронного двигателя

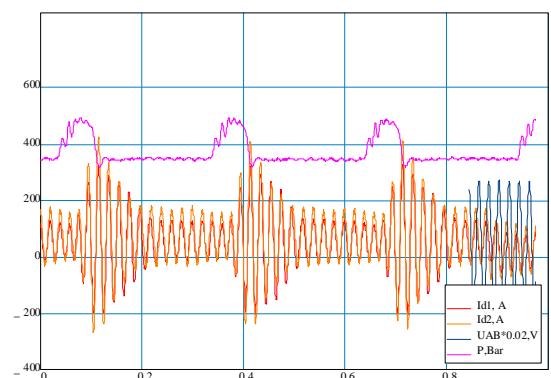


Рисунок 2 – Осциллограмма снятых кривых в процессе работы агрегата

Таблица 1 – Результаты идентификации приводных двигателей

Параметр	Обозначение	Размерность	Д1	Д2
Активное сопротивление статора	R_1	Ом	0,412	0,62
Активное сопротивление ротора (приведенное к статору)	R_2	Ом	1,405	1,15
Индуктивность рассеивания статора	$L_{1\sigma}$	Гн	0,041	0,05
Индуктивность рассеивания ротора (приведенная к статору)	$L_{2\sigma}$	Гн	0,025	0,015
Главная взаимная индуктивность	L_m	Гн	0,7	0,92
Приведенный момент инерции	J	кгм^2	216	216

При исследовании электрических параметров двигателей были получены следующие кривые. На рис.2 показаны осциллограммы токов статоров приводных двигателей Д1 и Д2, их линейное напряжение и давление в гидравлической системе разведения молотов. При отсутствии датчика скорости на валу электродвигателя, скорость определялась косвенным образом по сигналам тока и напряжения статора, расчет опирался на дискретную модель [2]. На рис.3 показан результат косвенного определения скоростей в ходе одного удара.

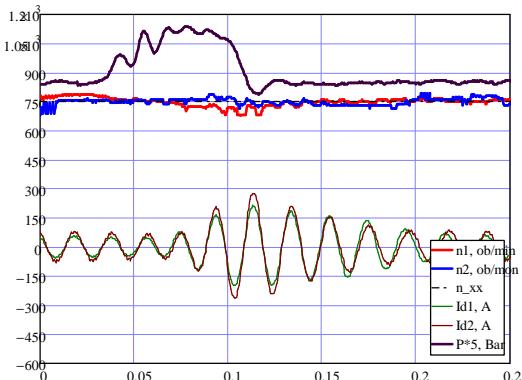


Рисунок 3 – Скорости двигателей Д1 и Д2

Анализ кривых скоростей электродвигателей показывает:

- в системе присутствуют несинхронные колебания скоростей друг относительно друга;
- в ходе удара двигатели врачаются с различными скоростями.

Используя данные скорости были определены электромагнитные моменты, развиваемые электродвигателями. Электромагнитные моменты двигателей Д1, Д2 и токи их статоров в ходе ковки 2-х тонной заготовки марки Х12В (три последовательных удара) представлены на рис. 4.

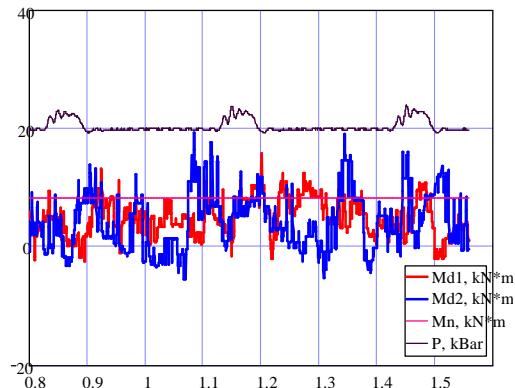


Рисунок 4 – Кривые электромагнитных моментов

Из графиков электромагнитных моментов следует:

- нагрузка прикладывается к двигателям неравномерно;
- пиковые значения моментов приходятся на двигатель Д2;
- наличие высокочастотных колебаний момента амплитудой около 42 кНм (~5 M_h), частотой 70 - 100 Гц на двигателе Д2.

Высокочастотные колебания моментов имеют непостоянную амплитуду, которая увеличивается с ростом эквивалентной нагрузки. Эти колебания присутствуют независимо от характеристик обрабатываемого металла и этапа его обработки. Наличие таких колебаний отрицательно сказывается на усталостной прочности металла.

В момент ковки двигатель Д2 воспринимает нагрузку первым. При этом момент, развиваемый двигателем Д2 выше чем у двигателя Д1. Так по расчетам в пиковый момент:

Зная момент, развиваемый двигателем и скорость, были построены механические характеристики.

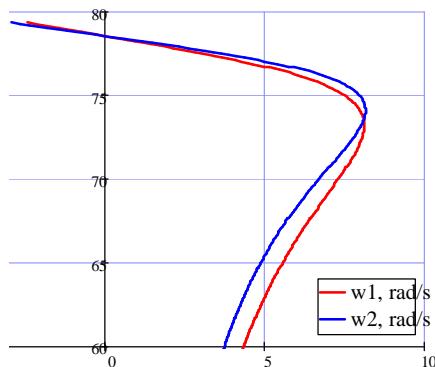


Рисунок 5 – Механические характеристики двигателей Д1 и Д2

Из анализа графиков, изображенных на рис. 5, видно, что коэффициент жесткости механической характеристики двигателя Д2 больше, чем двигателя Д1. Различие механических характеристик приводит к колебаниям скорости, и как следствие к колебаниям развиваемых моментов. Двигатель Д2 первым встречает удар, поэтому на нем как средний, так и динамический момент оказывается выше, чем у приводного двигателя Д1. В реалии, правый и левый ковочный блок агрегата связаны между собой валом синхронизации, поэтому в системе постоянно присутствует рассогласование как по скорости, так и по моменту: то ли двигатель Д1 будет стараться догнать двигатель Д2, то ли двигатель Д2 будет создавать больший момент. Постоянное колебание скорости и момента двигателя в предельных значениях приводит к возникновению дополнительных динамических нагрузок частотой 70-100 Гц.

Различие в механических характеристиках обусловлено неодинакостью электрических параметров двигателей. Из табл. 1 видно, что параметры двигателей Д1 и Д2 отличаются друг от друга.

Для уменьшения колебаний нагрузок и скоростей двигателей предлагается выровнять механические характеристики. Для этой цели необходимо изменить наклон механической характеристики двигателя Д2: сделать ее более мягкой, путем ввода добавочного сопротивления в цепь ротора.

При определении добавочного сопротивления предполагается, что двигатели должны развивать половину от требуемой нагрузки [3]. После ввода добавочного сопротивления в цепь ротора механические характеристики приняли вид:

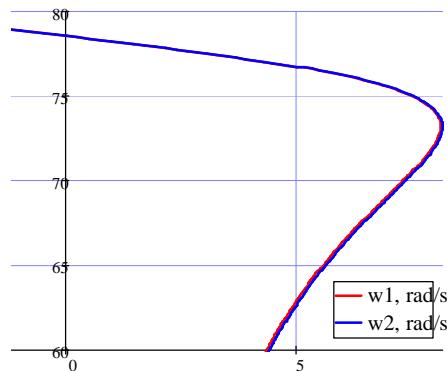


Рисунок 6 – Механические характеристики двигателей

Выводы.

1. Причиной аварийных выходов из строя приводных электродвигателей с поломкой и скручиванием их валов являются высокочастотные колебания момента амплитудой около 42 кНм ($\sim 5 M_n$), частотой 70 - 100 Гц, прикладываемого к валу двигателя Д2. Под действием перегрузок появляются большие зоны пластичности, в которых возникают остаточные деформации. После разгрузки вала, на пластически деформированный материал со стороны окружающей упругой его среды, действуют сжимающие напряжения. Последующие процессы нагружения способствуют росту остаточных напряжений до значений, при которых начинается растрескивание материала. Образующиеся усталостные трещины способствуют увеличению интенсивности напряжений в материале. С ростом напряжений и увеличением нагрузки увеличивается скорость распространения трещин.

2. Причиной наличия высокочастотных колебаний явилось различие механических характеристик двигателей.

3. Для выравнивания жесткостей механических характеристик необходимо ввести в цепь ротора двигателя Д2 добавочное сопротивление. Это приведет к уменьшению колебаний нагрузок на двигателях.

По данным рекомендациям ведутся отладочные работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. - М.: Энергия, 1980
2. Бешта О.С. Балахонцев О.В. Худолій С.С. Ідентифікація параметрів асинхронного електропривода в робочому режимі за допомогою дискретних моделей // Вісник НТУ «ХПІ» Збірник наукових праць «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика». – Харків: НТУ «ХПІ», 2002 С.87-90.
3. Бешта О.С. Ідентифікація параметрів електропривода в задачах енерго- і ресурсозбереження (розвиток теорії, розробка і впровадження). Автoref. Дис...д-ра техн. Наук: 05.09.03 / НГА України. – Дніпропетровськ, 2001. – 38 с.

Стаття надійшла 14.05.2008р.