

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ

Уточнено і доповнено методику обґрунтованого вибору електродвигуна дводвигунного механізму переміщення очисного комбайна з частотно-регульованим приводом подачі. Враховано нерівномірність навантажень електродвигунів і жорсткість регулювання швидкості переміщення комбайна.

TO A METHODIC OF A STABILITY CALCULATION OF ACTIVITY OF A TWIN-ENGINE FEED MECHANISM OF CUTTER-LOADERS

The methodic of the reasonable selection of the electric engine of the twin-engine gear of movement of a cutter-loader with frequent-adjustable drive system is supplemented and updated. Are taken into account irregularity of loads of electric motors and rigidity of speed control of combine movement.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В современных условиях, когда все большее применение находят высокопроизводительные комбайны, повышаются требования к системам перемещения с точки зрения обеспечения ними высоких силовых и кинематических показателей. Немаловажное значение приобретает обоснованный выбор электродвигателя привода перемещения очистного комбайна.

Как показали результаты экспериментальных и теоретических исследований нагрузок в частотно-регулируемых приводах механизма перемещения очистных комбайнов УКД300 и УКД400, при значительной неравномерности нагрузки в приводах возникает необходимость повышения тяговых характеристик комбайна, а, следовательно, выбора электродвигателя большей мощности.

ГП "Донгипроуглемаш" был разработан отраслевой стандарт [1] который распространяется на очистные комбайны с однодвигательными приводами, перемещающиеся с помощью тяговой цепи или каната при ручном управлении. В настоящее время актуальной проблемой является разработка методики обоснованного выбора электродвигателя для высокопроизводительных многодвигательных очистных комбайнов.

В двухдвигательных механизмах перемещения очистного комбайна применяется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, который обладает жесткой механической характеристикой. Работе очистных комбайнов свойственен неравномерный характер формирования нагрузок в приводе механизма перемещения, что обуславливает переходные процессы в электроприводе. Влияние этих факторов (жесткости механической характеристики и неравномерности нагрузки) необходимо учитывать при выборе электродвигателя привода перемещения очистного комбайна, обеспечивающего сохранение запаса устойчивости крутящего момента.

Постановка задачи.

Основной задачей настоящей работы является разработка методики обоснованного выбора электродвигателя с точки зрения обеспечения ним устойчивого момента с учетом неравномерности нагрузок в приводе перемещения и жесткости механической характеристики.

Изложение материала и результаты.

Анализ полученных результатов измерений нагрузок в двухдвигательных приводах подачи очистных комбайнов УКД300 и УКД400 показал факт неравномерного распределения нагрузки между приводами механизма перемещения с частотно-регулируемыми асинхронными двигателями [2, 3]. Неравномерность нагрузок возникает под воздействием переменных во времени усилий в зацеплении "звезда-цевка" и обусловлена в основном наличием сдвига фаз в зацеплении звезд, а также изменением межосевого расстояния в этом зацеплении (комбайн УКД300).

Основной характеристикой электропривода является устойчивый момент электродвигателя, который необходим для определения возможной производительности комбайна, выбора питающего трансформатора и диапазона регулирования скорости подачи комбайна. Устойчивым моментом асинхронных электродвигателей, работающих в составе силовых подсистем выемочных комбайнов и других горных машин, называется максимальное значение среднего уровня вращающего момента электродвигателя, при котором они при стационарных режимах нагружения могут работать устойчиво, без опрокидываний.

При частотном управлении скоростью комбайна протекают переходные процессы при непрерывном изменении частоты, наряду с этим имеют место переходные процессы и при неизменной частоте. Как известно, внутренней причиной, обуславливающей переходные процессы, является инерционность электропривода. Электроприводу присущи, как механическая, так и электромагнитная инерционности.

На рис. 1 представлена осциллограмма крутящих моментов левого и правого электродвигателей привода подачи комбайна УКД400, полученная в ходе измерений проведенных в ОП «Шахта «Красный партизан» ГП «Свердловантрацит».

Как видно из рисунка, непрерывно изменяющаяся амплитуда нагрузки является случайной функцией, а ее мгновенное значение – случайной величиной. За основную характеристику распределения амплитуд нагрузки принимается коэффициент вариации нагрузки, характеризующий разброс случайной величины относительно ее среднего значения. Уровень необходимой средней нагрузки соответствует средней мощности, расходуемой на перемещение очистного комбайна.

В результате экспериментальных исследований нагрузок в частотно-регулируемых приводах механизма перемещения очистных комбайнов УКД300 и УКД400 установлено, что при изменении скорости подачи коэффициент вариации изменяется (табл. 1).

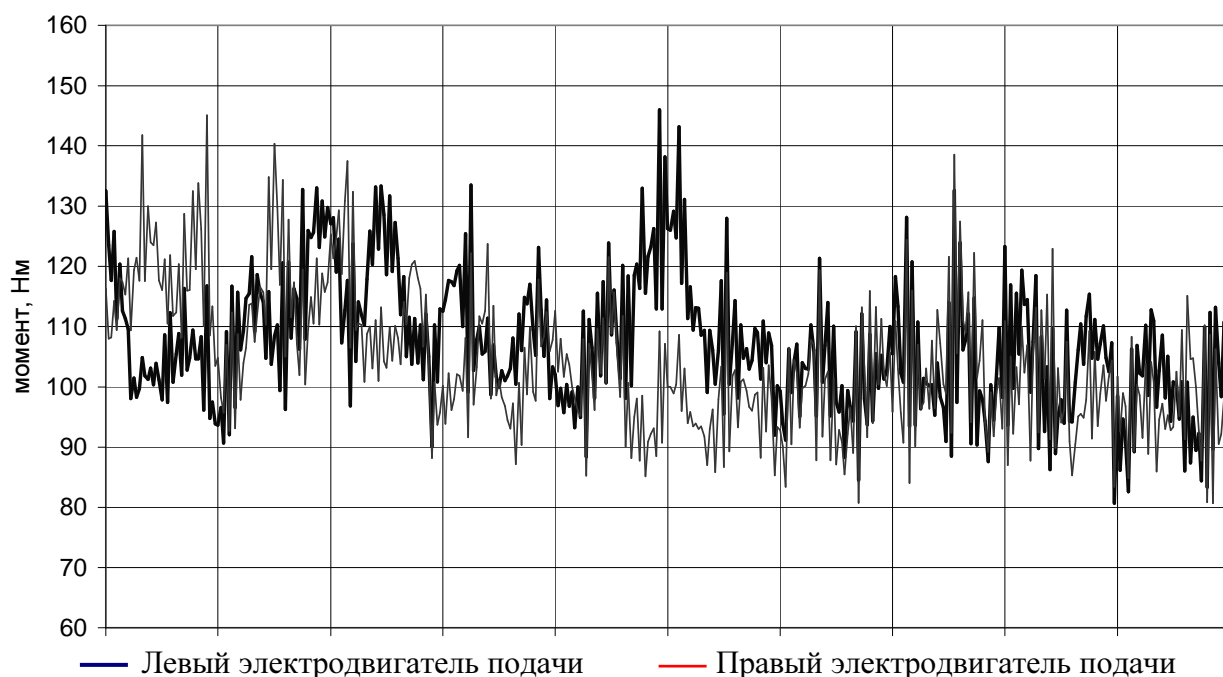


Рис. 1 – Осциллограмма крутящих моментов левого и правого электродвигателей привода подачи комбайна УКД400

Таблица 1 – Изменение коэффициента вариации нагрузки от скорости подачи

УКД400				УКД300			
Частота, Гц	Скорость подачи, м/мин	Коэффициент вариации		Частота, Гц	Скорость подачи, м/мин	Коэффициент вариации	
		Левый двигатель	Правый двигатель			Левый двигатель	Правый двигатель
10	2,2	0,13	0,13	10	1,62	0,23	0,2
25	5,1	0,15	0,14	25	4,1	0,33	0,27
50	9,7	0,19	0,19	50	8,57	0,49	0,44

Очистные комбайны УКД300 и УКД400 имеют одинаковые электродвигатели привода перемещения. Увеличение коэффициента вариации нагрузок комбайна УКД300 объясняется изменением межосевого расстояния в зацеплении "звезда-рейка", а также сдвигом фаз между началом зацепления зубьев левой и правой приводных звезд.

Как показали расчеты, тяговые характеристики очистного комбайна УКД300 в отдельных условиях работы за счет влияния вышеприведенных факторов могут снижаться на 25%.

Неравномерность нагрузки привода перемещения очистного комбайна зависит от качества зацепления "звезда-рейка" (шаг зацепления, межосевое расстояние и его возможное изменение), а также скорости перемещения и усилия подачи. Поэтому в случае отсутствия экспериментальных данных, а также на стадии проектирования привода можно воспользоваться формулой

$$v = k \frac{v_n \frac{2a_w}{t_p}}{F_{cp}},$$

где k – коэффициент, учитывающий возможность изменения межосевого расстояния в зацеплении "звезда-рейка" привода перемещения комбайна (рекомендовано принимать 1,1 – 1,5); a_w – межосевое расстояние в зацеплении "звезда-рейка"; t_p – шаг зацепления; F_{cp} – усилие подачи.

Учет предельной динамической способности электропривода может быть выполнен с помощью коэффициента

$$K_{\partial\theta} = \frac{\Delta\mathcal{E}_\theta}{\Delta\mathcal{E}_\kappa},$$

где $\Delta\mathcal{E}_\kappa$ – изменение кинетической энергии вращающихся масс электропривода при снижении частоты его вращения;

$$\Delta\mathcal{E}_\kappa = J \frac{\omega_{нач}^2 - \omega_{кон}^2}{2};$$

$\Delta\mathcal{E}_\theta$ – энергия перегрузки;

$$\Delta\mathcal{E}_\theta = (1 + \sqrt{2\nu_{н.с.}}) \bar{M}_{о\theta} t_n,$$

$\omega_{нач}$, $\omega_{кон}$ – частота вращения, соответственно, до возникновения и в конце перегрузки; J – момент инерции электропривода, кгм²; $\nu_{н.с.}$ – суммарный коэффициент вариации по низкой частоте; $\bar{M}_{о\theta}$ – приведенный к валу средний крутящий момент, соответствующий средней мощности, расходуемой на перемещение комбайна; $t_n = 1/2f$ – время действия перегрузки; $f = 2$ Гц – частота изменения низкой составляющей нагрузки.

Приведенный момент сопротивления движителя, определяется из зависимости

$$M_c = \bar{M}_{о\theta} (1 + 3\nu_{\partial\theta}),$$

$\nu_{\partial\theta}$ – коэффициент вариации нагрузки двигателя

$$\nu_{\partial\theta} = \sqrt{\nu_{в.с.}^2 + K_{\partial\theta}^2 \nu_{н.с.}^2};$$

$$M_{ycm} = \frac{M_k}{(1 + K_{\partial} \nu_v) [(1 + 3\nu_{\partial\theta}) + e^{at_m}] K_{ynp}},$$

где $a = -\frac{1}{2T_{\text{э}}}$; $t_m = 2\pi/\omega$; $K_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий вероятность без-

отказной работы большую, чем 0,9 (рекомендовано принимать $K_{\text{д}} = 2$ [1, 4]); ν , – коэффициент неравномерности, обусловленный изменением скорости подачи по всей длине лавы; $K_{\text{упр}}$ – коэффициент, учитывающий качество управления скоростью подачи комбайна.

Для обеспечения устойчивой работы привода перемещения комбайна необходимо выполнение условия

$$M_{\text{уст}} > M_{\text{ср}},$$

где $M_{\text{ср}}$ – крутящий момент, соответствующий средней мощности на валу электродвигателя.

Анализ результатов экспериментальных измерений и моделирования нагрузок [2, 3] показывает, что увеличение скорости перемещения приводит к значительному росту амплитуд крутящих моментов и неравномерности распределения нагрузки между приводами. Поэтому коэффициенты вариации изменения нагрузки также будут изменяться. В то же время, критический момент электродвигателя и критическое скольжение с изменением частоты также будут изменяться. Следовательно, расчет устойчивого момента должен производиться для всего диапазона частот.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Для рационального выбора электродвигателя двухдвигательного привода перемещения очистного комбайна недостаточно определить только средний уровень нагрузки. Основной характеристикой электропривода является устойчивый момент электродвигателя, который необходимо рассчитывать с учетом влияния таких факторов как жесткость механической характеристики электродвигателя и неравномерности нагрузки.

В дальнейшем целесообразно исследовать влияние изменчивости нагрузки в приводах резания на неравномерность нагрузки привода подачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОСТ 24.070.16. Машины очистные. Комбайны. Привод исполнительных органов. Выбор основных параметров асинхронных двигателей по нагрузочной способности. Методика. - М.: МТМ и ТМ, 1970. – 30 с.
2. Кондрахин В.П. Анализ динамических процессов в редукторах привода механизма перемещения очистного комбайна УКД300 / Кондрахин В.П., Лысенко Н.М., Косарев А.В., Косарев В.В., Стадник Н.И. // Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования. Сб. научн. тр. ГП "Донгипроуглемаш"; под общ. ред. В.В. Косарева, Н.И. Стадника. – Донецк: Астро. – 2008. – С. 334-342.
3. Кондрахин В.П. Моделирование нагрузок в двухдвигательном механизме перемещения очистного комбайна с частотно-регулируемым приводом / В.П. Кондрахин, А.В. Косарев, В.В. Косарев, Н.И. Стадник // Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования. Сб. научн. тр. ГП "Донгипроуглемаш"; под общ. ред. В.В. Косарева, Н.И. Стадника. – Донецк: Астро. – 2008. – С. 343-350.
4. Стариков Б.Я. Асинхронный электропривод очистных комбайнов / Стариков Б.Я., Азарх В.Л., Рабинович З.М. - М.: Недрa, 1981. - 288 с.