

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА НА УСТОЙЧИВЫЙ МОМЕНТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ

Чепак А.А., Борисенко В.Ф., Нескородеев Ю.А.

Донецкий государственный технический университет
olga@pandora.kita.dgtu.donetsk.ua

The paper deals with the criteria of rational mode of cutter loader speed in order to work out well-grounded requirements to the face alignment extent of instant motion velocity, which provides close to maximum permissible (at the expense of speed leveling) gain of stable momentum of electric engines and efficiency productivity per minute of cutter loader with a flexible element driving. The results may be used at creating means of damping vibration in the moving system of the above mentioned machines.

Минутная производительность очистных комбайнов определяется удельными затратами энергии на отделение и выгрузку угля (условиями по зарубаемости) и устойчивым моментом (реализуемой мощностью) электродвигателя исполнительных органов. Устойчивый момент в значительной степени зависит от низкочастотной составляющей нагрузки исполнительных органов: с ее уменьшением момент возрастает. Это позволяет при одних и тех же условиях по зарубаемости увеличить рабочие скорости перемещения комбайна вдоль лавы, а следовательно, повысить его минутную производительность.

В силу заложенных в исполнительные органы конструктивно неравномерных схем набора режущего инструмента, количество резцов, одновременно находящихся в контакте с забоем, изменяется в зависимости от угла поворота шнека, что приводит к изменению суммарной толщины среза и появлению силового возмущения. Это определяет в основном вынужденный характер изменения скорости перемещения комбайнов с цепными системами подачи, с частотой, кратной частоте вращения опережающего шнека и обуславливает постоянную толщину среза на одиночном резце. В то же время величина усилия на задней грани резца при прочих равных условиях определяется размером площадки контакта его с углем, который обуславливается значением действительного заднего угла, зависящим от скорости перемещения комбайна [1].

Следовательно, снижение неравномерности (выравнивание) скорости перемещения комбайнов с цепной подачей позволяет увеличить их производительность за счет снижения неравномерности нагрузки электродвигателя исполнительных органов.

Для определения достаточной степени выравнивания мгновенной скорости перемещения, с целью выработки обоснованных требований к средствам выравнивания, необходим критерий рационального режима подачи, устанавливающий такое сочетание режимных параметров, которое обеспечивало бы близкие к предельно достижимым (за счет выравнивания скорости) приросты устойчивого момента электродвигателя и производительности комбайна, а также максимальное снижение суммарных динамических нагрузок.

При отсутствии ограничений в реализации технических возможностей комбайна его теоретическая минутная производительность определяется зависимостью [2]

$$Q_m = k \frac{M_y}{W}, \quad (1)$$

где M_y - устойчивый момент электродвигателя исполнительных органов;

W - удельные энергозатраты на разрушение массива;

k - коэффициент.

Согласно методике, изложенной в работе [3], устойчивый момент

$$M_y = \frac{k_y M_k}{k_n (1 + k_e \cdot k_d)}, \quad (2)$$

где M_k - критический момент асинхронного комбайнового электродвигателя с учетом влияния участковой кабельной сети;

k_n - отношение максимального значения низкочастотной составляющей момента сопротивления на валу двигателя к среднему его значению;

k_e - отношение амплитуды высокочастотной составляющей момента сопротивления к максимальному значению низкочастотной составляющей;

k_y - коэффициент качества управления комбайном;

k_d - коэффициент демпфирования электродвигателем высокочастотной составляющей момента сопротивления.

Последний связан с параметрами асинхронного двигателя соотношением [4].

$$k_{\partial} = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\Omega_{\epsilon}}{\Omega_o}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{\Omega_{\epsilon}}{\Omega_o}\right)^2 \frac{T_M}{T_{\epsilon}}}}, \quad (3)$$

где Ω_{ϵ} -угловая частота колебаний высокочастотной составляющей момента сопротивления;

Ω_o -собственная угловая частота двигателя;

T_M, T_{ϵ} -механическая и электромагнитная постоянные времени двигателя.

Заменив отношения амплитуд низкочастотной и высокочастотной составляющих момента сопротивления к среднему его значению коэффициентами вариации v_n и v_{ϵ} соответственно, из выражения (2) получим:

$$M_y = \frac{A}{1 + \sqrt{2}(v_n + v_{\epsilon} \cdot k_{\partial})}, \quad (4)$$

где A - коэффициент, $A = k_y \cdot M_K$.

Физически коэффициент v_n обусловлен в основном суммарным изменением усилия на задних гранях резцов от скорости перемещения v комбайна и усилия на резцах от угла поворота α более нагруженного (опережающего) исполнительного органа: $v_n \approx v_{\text{вн}} + v_{\text{вн}}$. Для современных комбайнов, оснащенных достаточно уравновешенными исполнительными органами, преимущественное значение имеет первый фактор.

Из выражения (4) следует, что если в результате выравнивания мгновенной скорости v коэффициент вариации v_n снизится до значения v'_n , то устойчивый момент M_y увеличится до значения M'_y . Обозначив отношения M'_y/M_y коэффициентом k_m , характеризующим степень возрастания устойчивого момента, а отношение $v_{\text{вн}}/v'_{\text{вн}}$ коэффициентом k_v , характеризующим степень выравнивания скорости перемещения, получим:

$$k_m = \frac{1 + \sqrt{2}(v_n + v_{\epsilon} \cdot k_{\partial})}{1 + \sqrt{2}\left(v_{\text{вн}} + \frac{v_{\text{вн}}}{k_v} + v_{\epsilon} \cdot k_{\partial}\right)}. \quad (5)$$

Найденное выражение устанавливает связь между приростом устойчивого момента комбайнового электродвигателя и степенью выравнивания скорости перемещения комбайна.

На рис.1 представлены зависимости $k_m(k_v)$ для комбайна 2К52МУ, рассчитанные согласно выражениям (3) и (5) по результатам дисперсионной обработки осциллограмм режимов работы комбайна на различных участках лавы: $v_n = 0,28 \dots 0,39$; $v_{\text{вн}} = 0,8 v_n$; $v_{\text{ан}} = 0,2 v_n$; $v_{\epsilon} = 0,75 v_n$; $k_{\partial} = 0,1$.

Зависимости имеют вид асимптотических кривых, стремящихся к предельно достижимым (в случае равномерной скорости перемещения, $k_v = \infty$) значениям $k_m = 1,29 \dots 1,39$ (пунктирные линии). Наиболее интенсивное увеличение устойчивого момента приходится на область малых значений коэффициента k_v (до трех, см. штрих-пунктирную ограничительную линию), характеризуемую достижимым приростом устойчивого момента на 17...24%. Область рациональных значений этого коэффициента лежит в интервале от 3 до 5...6, где степень возрастания параметра k_m еще достаточно высока и обеспечивает по отношению к недемпфированному режиму подачи ($k_v = 1$) прирост устойчивого момента на 23...31% или до 80% предельно достижимого. Дальнейшее увеличение коэффициента k_v не приводит, вследствие выполаживания кривых, к существенному росту устойчивого момента, но резко повышает требования к эффективности средств выравнивания скорости перемещения. Согласно (1), такие же зависимости имеют место и для прироста минутной производительности.

Таким образом, целесообразная степень выравнивания мгновенной скорости перемещения характеризуется значениями коэффициента k_v , лежащими в пределах от 3 до 5...6, обеспечение которых является первым требованием к средствам выравнивания. Приняв, согласно осциллограммам недемпфированного режима подачи комбайна 2К52МУ, $v_v = v_{\text{вн}} = 1,3$, для случая с выравниванием скорости v имеем $v'_v = v_v/k_v = 0,2 \dots 0,4$. Данные справедливы для всего класса машин с цепным тяговым органом.

Второе требование сводится к тому, чтобы применение средств выравнивания не способствовало усилению системой подачи комбайна колебаний на высших частотах функции нагрузки, близких к собственной частоте Ω_o электродвигателя. В полной мере это требование удовлетворяется, если средство сохраняет

исходные упругие свойства гибкого тягового органа, обуславливающие самую низкую собственную частоту системы подачи (до 3...3,5 Гц), а следовательно, наименьшие динамические усилия в приводе резания.

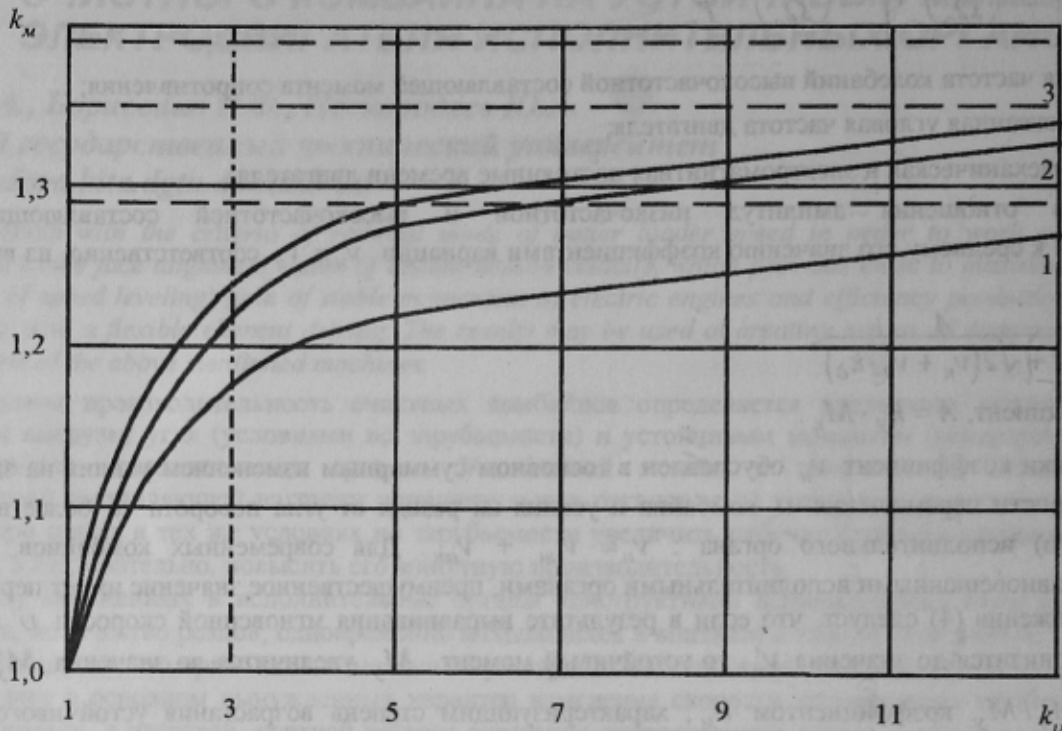


Рисунок 1 - Зависимости прироста устойчивого момента электродвигателя от степени выравнивания мгновенной скорости перемещения комбайна 2K52МУ:

$$1 - V_n = 0,28; 2 - V_n = 0,35; 3 - V_n = 0,39$$

Изложенное позволяет принять в качестве критерия рационального режима подачи очистных комбайнов уровень динамичности скорости перемещения, обеспечивающий близкие к предельно достижимым (за счет выравнивания скорости) устойчивый момент электродвигателя и минутную производительность комбайна, а также наименьшие динамические усилия в нем, и характеризуемый значениями коэффициента вариации скорости 0,2 ...0,4 и частоты ее колебаний до 3...3,5 Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альшиц Я.И., Малеев Г.В., Гуляев В.Г. Влияние неравномерности перемещения угледобывающих комбайнов на формирование сил на задних гранях резцов шнековых исполнительных органов //Изв. вузов. Горный журнал. - 1976. -№ 6. - С.77-82.
2. Братченко В.Ф. и др. Комплексная механизация и автоматизация очистных работ в угольных шахтах. - М.: Недра, 1977. - 415 с.
3. Альшиц Я.И. Максимально возможные нагрузки в приводах исполнительных органов для выемки угля // Горные машины. -1958.-№1. - С.11-12.
4. Пинчук И.С. Переходные процессы в асинхронных двигателях при периодической нагрузке //Электричество.-1957.-№ 9. - С.15-18.