Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXV, вып. 1, 1973 г.

ОТВЕТ НА ЗАМЕЧАНИЯ Н. А. КИКЛЕВИЧА*

Я. П. Гринберг

Методы расчета производительности горнодобывающих машин, связанные с использованием энергетической характеристики $P_2=f(v_n)$ и характеристики двигателя $P_2=f(\text{ПВ})$, обладают рядом существенных недостатков. Во-первых, они не учитывают значительной неравномерности нагрузки, возникающей из-за случайных факторов (изменчивость сопротивляемости резания, неравномерность подачи, конечное число резцов и т. д.). Во-вторых, энергетическая характеристика не дает сведений для прогнозирования мгновенных значений максимальных нагрузок, которые могут быть причиной опрокидываний двигателя. В-третьих, не учитывается дополнительный нагрев двигателя при работе с пониженным напряжением, что не является редкостью в условиях участковых электрических сетей.

Предложенная в статье «О расчете производительности электрифицированных горных машин» методика расчета с использованием зависимостей $I_э=f(v_n)$ и $I=f(\text{ПВ})$ учитывает при определении значений $I_э$ неравномерность нагрузки двигателя и изменения потребляемого тока при отклонениях напряжения. Кроме того, организация работы для получения эмпирической зависимости $I_э=f(v_n)$ проще, чем для проведения замеров $P_2=f(v_n)$, которые требуют подключения приборов к зажимам двигателя или учета потерь напряжения в кабельной сети при измерениях на штреке.

Вместе с тем предлагаемая нами методика имеет и определенный недостаток, на который указывает Н. А. Киклевич: при использовании эффективного тока не учитывается уменьшение постоянных потерь при работе двигателя с пониженным напряжением. В результате прогнозируемый нагрев двигателя может оказаться завышенным, а производительность машины, естественно, несколько заниженной.

Для внесения ясности в этот вопрос и оценки возможной погрешности можно привести пример. Двигатель ЭДК4-1 имеет следующее распределение потерь при $P_2=88$ *квт* (часовая мощность), в относительных единицах

$$\Delta P_\Sigma = \Delta P_{\text{пост}} + \Delta P_{\text{пер}} = 0{,}32 + 0{,}68.$$

* Киклевич Н. А. По поводу статьи Я. П. Гринберга «О расчете производительности электрифицированных горных машин». См. настоящий сборник.

С учетом неравномерности нагрузки при среднем коэффициенте формы $K_ф = I_э/I_с = 1{,}2$ потери составят

$$\Delta P_{\Sigma_1} = 0{,}32 + 1{,}2^2 \quad 0{,}68 = 1{,}3.$$

При $U = 0{,}9U_н$

$$\Delta P_{\Sigma_2} = 0{,}32 \quad 0{,}9^2 + 1{,}2^2 \quad 0{,}68 = 1{,}23.$$

При рекомендуемой устойчивой мощности $P_2 = 52{,}8$ *квт* для этого двигателя распределение потерь оказывается равным $\Delta P_\Sigma = 0{,}56 + 0{,}44$. С учетом коэффициента формы $K_ф = 1{,}1$ по предлагаемому нами методу потери составят

$$\Delta P_{\Sigma_1} = 0{,}56 + 1{,}1^2 \quad 0{,}44 = 1{,}09.$$

С учетом $U = 0{,}9U_н$

$$\Delta P_{\Sigma_2} = 0{,}56 \quad 0{,}9^2 + 1{,}1^2 \quad 0{,}44 = 0{,}99.$$

Таким образом, для первого случая завышение тепловых нагрузок равно 6%, для второго 10%.

Аналогичные расчеты для двигателя ЭДКО4-4М дали завышение потерь против фактических (с учетом отклонения напряжения) 7% при длительной мощности и 6% при часовой. Коэффициенты формы по току были приняты согласно экспериментальным данным.

Таким образом, завышение суммарных потерь при расчете по эффективному току (при напряжении на зажимах двигателя, равном $0{,}9U_н$) не превышает 10% для необдуваемых двигателей и 7% для обдуваемых. Поэтому погрешности, возникающие при расчете тепловых нагрузок двигателей в случае неизменных постоянных потерь, нельзя считать существенными. Кроме того, с учетом нелинейной зависимости $I_э = f(v_п)$ занижение возможной производительности окажется меньше приведенных выше значений.

В условиях шахты при засорении двигателя эффект охлаждения вентиляционной струей является проблематичным. Например, засорение вентиляционных каналов обдуваемых двигателей может снизить длительную мощность почти на 20% [1]. Практически влиянием вентиляционной струи на охлаждение двигателя в шахтах первой категории по газу можно пренебречь, что хорошо иллюстрируется кривыми охлаждения двигателя на стенде и в лаве, которые приведены В. Ф. Гранковским [2].

Использование для расчетов производительности комбайнов характеристики $I_э = f(v_п)$ облегчает также задачу определения возможных максимальных нагрузок двигателей. Как известно из теории вероятностей [3], максимальное значение случайной величины (мгновенная нагрузка двигателей горных комбайнов имеет случайный характер) определяется формулой (применительно к току двигателя)

$$I_{опр} = I_с + \beta\sqrt{D_I},$$

где $I_{опр}$ — ток опрокидывания двигателя; $I_с$ — средний потребляемый ток; D_I — дисперсия потребляемого тока,

$$D_I = \frac{\Sigma I^2 t}{\Sigma t} - \left(\frac{\Sigma I t}{\Sigma t}\right)^2 = I_э^2 - I_с^2;$$

β — коэффициент, зависящий от принятой вероятности появления максимальных нагрузок.

При наличии зависимостей $I_э = f(v_n)$ и $I_с = f(v_n)$, которые можно легко построить по показаниям счетчиков амперквадратчасов, активной и реактивной энергии, установленных у комбайнового пускателя, определение коэффициента формы и возможных максимальных нагрузок двигателя с заданной наперед вероятностью не вызывает затруднений. Влияние инерционности приборов (счетчиков) в данном случае не сказывается, так как определяются математические ожидания эффективного и потребляемого тока. Приборы при этом дают паспортную погрешность. По результатам проверки погрешность даже кустарно изготовленного счетчика амперквадратчасов не превышала $\pm 3\%$.

С другой стороны, определение возможной максимальной нагрузки по энергетической характеристике $P_2 = f(v_n)$ требует большого объема трудоемких экспериментальных работ и специальной, довольно редкой аппаратуры, необходимой для статистической обработки осциллограмм. Поэтому зависимости $I_э = f(v_n)$ и $I_с = f(v_n)$ оказываются предпочтительнее энергетической характеристики $P_2 = f(v_n)$. Последняя более удобна для определения средних значений моментов на валу двигателя при работе его на устойчивой части характеристики.

Таким образом, предлагаемый метод расчета производительности горных машин по характеристикам $I_э = f(v_n)$ и $I_с = f(v_n)$ оказывается проще для эксплуатационных расчетов, чем метод, в котором используется энергетическая характеристика.

С замечаниями Н. А. Киклевича о недостатках метода, связанных с отсутствием корректировки на дополнительное охлаждение двигателя вентиляционной струей в шахтах второй-третьей категории по газу, нельзя не согласиться. Проведение такой корректировки не вызовет затруднений при наличии соответствующих данных, которых у автора настоящей статьи не было.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киклевич Н. А. Оценка характеристик новых электродвигателей с точки зрения производительности горных машин. В сб. ДонУГИ «Вопр. горн. электромеханики», № 24. Госгортехиздат, 1962.

2. Гранковский В. Ф. и др. Результаты шахтных испытаний электродвигателей ЭДК, ЭДКО, ЭКВ. Там же.

3. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. Физматгиз, 1962.