Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XCIV, 1982 г.

УДК 621.313.333:622

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Я.П.ГРИНБЕРГ, Ю.А.ВОЛЧЕНСКИЙ

Шахтные испытания электроприводов горных машин не дают значений энергетических параметров $\eta\cos\varphi$, определяющих тепловые состояния электродвигателей. Исследования показали [2], что $\eta\cos\varphi = f(k_\Phi)$ (k_Φ - коэффициент формы графика тока двигателя).

Испытания на стенде [3], способном воспроизводит реальные нагрузки, дают возможность получения информации одновременно с контролем тепловых параметров, что позволяет судить о реально допустимых нагрузках двигателя.

Весь объем информации может быть разделен на две группы: интегральные показатели (средние и эффективные) и мгновенные значения текущих величин. Сбор двух видов информации определяется следующими требованиями: I) задачей получения средневзвешенных значений энергетических показателей $\eta\cos\varphi$ и перегрева электрической машины; 2) определением мгновенных значений входных и выходных параметров для решения вопросов статистической динамики режима работы (корреляционная функция, спектральная плотность) и с их помощью передаточной функции исследуемого объекта.

Полная схема измерений представлена на рисунке.

Интегральные показатели режима работы регистрировались комплектом интегрирующих приборов [I]. Комплект приборов дополнен счетчиком вольт-квадрат-часов для регистрации среднего значения напряжения на зажимах электродвигателя. Комплектом приборов определялись: I) математическое ожидание активной, реактивной и полной (расчетом) мощности испытуемого двигателя; 2) среднее значение напряжения на зажимах двигателя; 3) эффективный и средний (расчетным путем) ток, потребляемый двигателем; 4) коэффициент формы $k_\Phi = I_э / I_c$ (расчетным путем); 5) средневзвешенный $\cos\varphi$.

Для определения среднего значения КПД испытуемого двигателя необходимо определить значение среднего момента сопротивления. При непосредственном механическом соединении нагрузочной машины с испытуемой момент

сопротивления может определяться по величине задающего сигнала, поскольку он при принятой схеме коррекции [2] с высокой точностью отслеживается системой воспроизведения нагрузки..

При этом

$$U_{з_{ср}} = \frac{\int_0^t U_з dt}{t_р} . \qquad (1)$$

Величина $\int_0^t U_з dt$ фиксируется интегрирующим вольтметром. Тогда величина среднего момента

$$M_{ср} = k_м k_т \frac{\int_0^t U_з dt}{t_р} , \qquad (2)$$

где

$$k_т = \frac{I_{нм}}{U_з} ;$$

$$k_м = \frac{M_н}{I_н} .$$

При наличии редуктора между нагрузочной и испытуемой машинами

$$M_{им} = \frac{M_{нм}}{i\eta_{ред}} . \qquad (3)$$

Эффективное значение момента на валу нагрузочной машины

$$M_{э_{нм}} = k_м k_т \sqrt{\frac{\int_0^t U_з^2 dt}{t_р}} . \qquad (4)$$

Числитель подкоренного выражения формулы (4) определяется с помощью аналогового вычислителя (квадратор и интегрирующий вольтметр).

При известных $M_{э_{нм}}$ и $M_{ср}$ определяются коэффициент формы по моменту и числовые характеристики (коэффициент вариации, M_{max}, вероятность превышения M_{max} и т.д.). Вероятная нагрузка двигателя по моменту определяется как

$$\frac{M_{max}}{M_с} = 1 + \rho\sqrt{k_{ф_м}^2 - 1} , \qquad (5)$$

где $k_{ф_м}$ - коэффициент формы графика момента.

Если принять M_{max} равным значению момента опрокидывания, то относительное отклонение максимального момента от среднего в функции коэффициента формы получается в виде

$$\rho = \frac{\frac{M_{опр}}{M_с} - 1}{\sqrt{k_{ф_м}^2 - 1}} . \qquad (6)$$

По величине ρ определяется вероятность опрокидывания при заданном значении коэффициента формы.

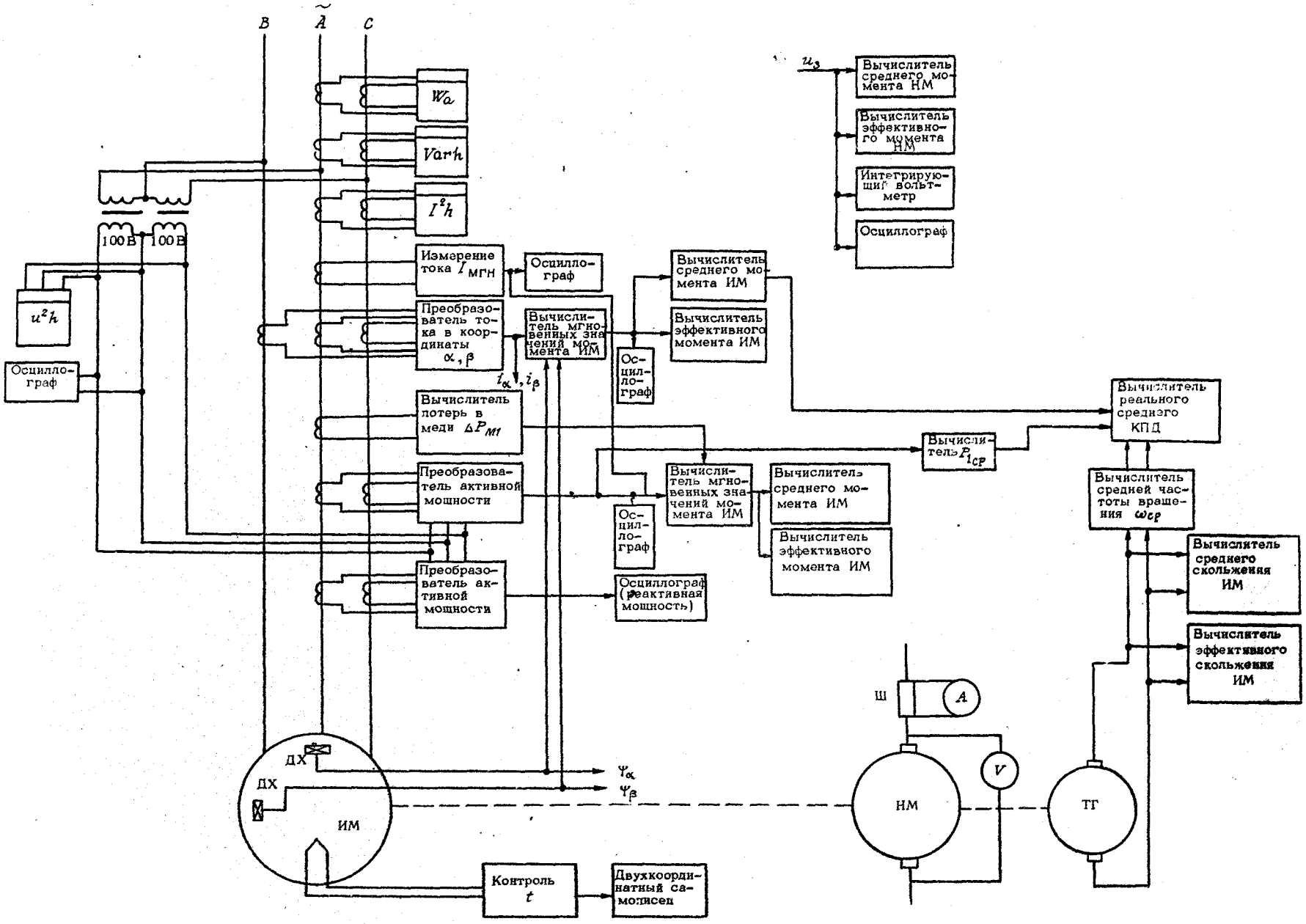


Схема сбора информации при испытаниях электродвигателей на стенде

Мгновенное значение электромагнитного момента двигателя определяется аналоговым вычислителем в соответствии с выражением

$$M = \frac{3}{2} p(\psi_{1\alpha} I_{1\beta} - \psi_{1\beta} I_{1\alpha}). \qquad (7)$$

Потокосцепление фиксируется датчиками Холла, встроенными по осям α, β в пакет железа статора испытуемой машины. Электромагнитная мощность получается умножением момента двигателя на коэффициент, пропорциональный синхронной скорости ω_0. Скольжение испытуемого электродвигателя определяется сравнением синхронной частоты вращения с мгновенной, а вычислитель реализует формула

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}. \qquad (8)$$

Для определения КПД необходимо зафиксировать потребляемую активную мощность P_1 и на валу испытуемого двигателя P_2. Средняя потребляемая активная мощность вычисляется из показаний счетчиков.

Потери в механической части при малом изменении частоты вращения испытуемого двигателя в пределах жесткой части механической характеристики можно считать постоянными и определять с достаточной точностью при холостом ходе двигателя:

$$P_{xx} = M_{xx}\omega = \text{const}.$$

Тогда мощность на валу испытуемого двигателя

$$P_2 = \frac{\int_0^t (M_{эм} - M_{xx})\omega\, dt}{t_p}. \qquad (9)$$

В этом случае среднее значение КПД за время работы t_p

$$\eta_{ср} = \frac{P_2}{P_1}. \qquad (10)$$

Средний коэффициент мощности за время включения определяется по интегральным показателям, получаемым со счетчиков,

$$\cos\varphi_{ср} = \frac{P_a}{S}. \qquad (11)$$

Весьма существенным показателем режима работы двигателя является его перегрев. Этот показатель фиксируется с помощью встроенных термодатчиков (термопар) в соответствии с ГОСТом 11828-66.

Кривые перегрева фиксируются самопишущими приборами и дают наглядную картину разницы перегрева в различных точках испытуемого электропривода. Кривая перегрева при номинальной статической загрузке двигателя через 3-4 $T_н$ достигает установившегося значения $\tau_{доп}$.

Если при сохранении среднего значения нагрузки на том же уровне изменить характер нагружения, то перегрев составит $\tau_{уст} = \alpha\tau_{доп}$ ($\alpha > 1$ - отношение установившегося значения перегрева при реальной нагруз-

ке с математическим ожиданием $I_{ном}$ к установившемуся значению перегрева при постоянной нагрузке с $I = I_{ном}$), а номинальный (паспортный) ток двигателя должен быть уменьшен в $\sqrt{2}$ раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гринберг Я.П., Соловьев В.С. Комплектное измерительное устройство для определения показателей электроприводов, работающих со случайной нагрузкой. Л., изд. ЛДНТП, 1972.

2. Гринберг Я.П., Соловьев В.С., Костенец Ю.П. Реальные энергетические показатели асинхронных двигателей горных комбайнов. – Уголь, 1980, № 10.

3. Рудаков В.В., Гринберг Я.П., Соловьев В.С. Стенд для моделирования реальных нагрузок при испытании угольных комбайнов. – Известия вузов, Горный журнал, 1973, № 9.