

О РАСЧЕТЕ ПУСКОВОГО РЕОСТАТА ДЛЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

В. Д. ПЕТУНОВ

(Представлено научным семинаром кафедры горной механики)

Чтобы исключить резкие толчки при контакторном управлении ступенчатый металлический реостат и система управления должны обеспечивать плавный сход и вход скипа в разгрузочные кривые, а при клетевом подъеме плавный разгон и приподъем клетки над кулаками. Для этой цели проф. И. А. Балашевым был предложен графоаналитический метод расчета пусковых сопротивлений с учетом режима работы подъемной установки [1]. Однако метод проф. И. А. Балашева подразумевает использование спрямленных механических характеристик, что при графическом построении иногда дает значительные ошибки в определении числа ступеней реостата. Если же число ступеней задано, то графическая разбивка затруднительна.

В настоящей работе предлагается аналитический метод расчета сопротивлений. Сущность метода заключается в следующем: 1) заданная скорость схода скипа из кривых и скорость дотягивания обеспечиваются специальными реостатными характеристиками; 2) после схода скипа с кривых переключение ступеней производится при постоянных значениях минимального и максимального пусковых моментов.

Механические характеристики ступеней, обеспечивающих сход скипа с кривых и его дотягивание, могут быть приняты спрямленными, при этом расчетные уравнения имеют более простой вид и дают результаты, вполне пригодные для практических расчетов.

Уравнение движения в период пуска подъемной машины с постоянным радиусом навивки выражается в относительных единицах

$$\gamma = \alpha \gamma_{ст.нач} + Cj, \quad (1)$$

где γ — момент, развиваемый двигателем;

$\gamma_{ст.нач}$ — момент статического сопротивления при пуске, приведенный к валу двигателя;

α — коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления при движении скипа в разгрузочных кривых, который можно принять равным 1,15—1,20;

j — ускорение подъемного сосуда, $м/сек^2$;

C — постоянный коэффициент для подъемной установки, который равен

$$C = \frac{m D_6}{2 M_n i \eta_p}, \quad (2)$$

где m — приведенная к радиусу навивки масса движущихся частей подъемной машины, $\text{кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}$;

D_b — диаметр барабана машины, м ;

M_n — номинальный момент двигателя, $\text{кг}\cdot\text{м}$;

i — передаточное число редуктора;

η_p — к. п. д. редуктора.

Момент статического сопротивления в период пуска можно принять постоянной величиной. Действительно, при максимальных скоростях подъема в Кузбассе от 4 до 8 $\text{м}/\text{сек}$ подъемный сосуд при пуске проходит незначительный путь и разность весов ветвей каната почти не влияет на момент сопротивления.

Уравнение спрямленной механической характеристики может быть выражено в относительных единицах

$$\gamma = \frac{\gamma_m + \sqrt{\gamma_m^2 - 1}}{s_k} \cdot s, \quad (3)$$

где γ_m — перегрузочная способность двигателя;

s_k — критическое скольжение;

s — скольжение, соответствующее моменту, развиваемому двигателем.

Решая совместно уравнения (1) и (3), получим

$$s_k = s \frac{\gamma_m + \sqrt{\gamma_m^2 - 1}}{\alpha \gamma_{ст.нач} + Cj} \quad (4)$$

На рис. 1 изображена прямолинейная механическая характеристика, на которой обеспечивается сход скипа с кривых. Начальный

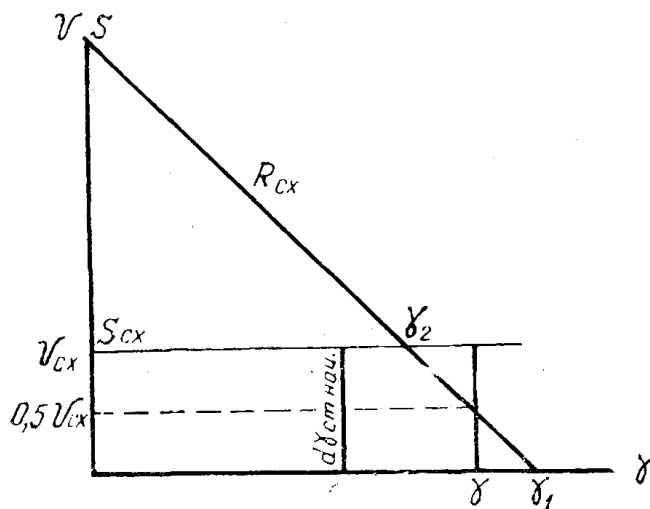


Рис. 1. Механическая характеристика для схода скипа с кривых.

и конечный момент двигателя можем заменить постоянным средним значением. В этом случае характеристика схода должна проходить через точку, имеющую скорость, равную половине скорости схода, и момент, равный

$$\gamma = \alpha \gamma_{ст.нач} + Cj_{cx}, \quad (5)$$

где j_{cx} — среднее ускорение во время движения скипа в кривых при сходе, $\text{м}/\text{сек}^2$.

Ускорение схода равно

$$j_{cx} = \frac{2 h_p}{v_{cx}^2}, \quad (6)$$

где h_p — путь скипа в разгрузочных кривых, м,
 v_{cx} — принятая скорость схода, м/сек.

Скольжение, соответствующее половине скорости схода

$$s_{cx}^1 = \frac{v_0 - 0,5 v_{cx}}{v_0}, \quad (7)$$

где v_0 — скорость подъема, соответствующая синхронной скорости двигателя.

Подставляя уравнение (7) в уравнение (4), получим критическое скольжение для характеристики схода

$$s_K = \frac{v_0 - 0,5 v_{cx}}{v_0} \cdot \frac{\gamma_M + \sqrt{\gamma_M^2 - 1}}{\alpha \gamma_{ст.нач} + Cj_{cx}}. \quad (8)$$

Сопротивление любой ступени реостата может быть выражено зависимостью

$$R = \frac{s_K R_H}{\gamma_M + \sqrt{\gamma_M^2 - 1}}, \quad (9)$$

где R_H — номинальное сопротивление, ом.

Решая совместно уравнения (8) и (9), получим сопротивление ступени, обеспечивающей сход скипа с кривых

$$R_{cx} = \frac{v_0 - 0,5 v_{cx}}{v_0} \cdot \frac{R_H}{\alpha \gamma_{ст.нач} + Cj_{cx}}. \quad (10)$$

Аналогично выводятся уравнения для определения сопротивления ступени, обеспечивающей дотягивание скипа в кривых

$$R_d = \frac{v_0 - 0,5 v_d}{v_0} \cdot \frac{R_H}{\alpha \gamma_{ст.кон} + Cj_d}, \quad (11)$$

где v_d — принятая скорость дотягивания, м/сек;

$\gamma_{ст.кон}$ — момент статического сопротивления в конце движения, который принимается постоянным на все время останова.

Если число контакторов магнитной станции менее семи или полная высота подъема меньше 100 — 150 м, характеристики схода и дотягивания надо совмещать.

Предварительная ступень выбирается из условий осмотра каната и ревизии ствола. Момент, развиваемый двигателем на этой ступени, должен быть не менее 30% от номинального момента двигателя [2].

Сопротивления всех последующих ступеней следует разбить так, чтобы при постоянном моменте переключения иметь одинаковые толчки момента во время шунтирования ступеней реостата. В этом случае сопротивления ступеней будут составлять убывающую геометри-

ческую прогрессию, первым членом которой будет сопротивление характеристики, обеспечивающей сход скипа с кривых, а последним — сопротивление фазы ротора двигателя. Знаменатель геометрической прогрессии, равный коэффициенту сопротивлений, определится

$$\varphi = \sqrt[n-n_1]{\frac{R_{\text{рот}}}{R_{\text{сх}}}}, \quad (12)$$

где n — число контакторов магнитной станции,

n_1 — число предварительных ступеней (сюда же входит и ступень для дотягивания скипа),

$R_{\text{рот}}$ — внутреннее сопротивление фазы ротора, *ом*.

Сопротивление любой ступени

$$R_x = R_{x-1} \varphi = R_{\text{сх}} \varphi^{x-n_1-1}, \quad (13)$$

где x — порядковый номер ступени.

Следует иметь в виду, что по этим формулам получаем полные сопротивления, включенные в одну фазу ротора двигателя. Для определения сопротивлений отдельных секций надо найти разности сопротивлений смежных ступеней.

$$\Delta R_x = R_x - R_{x-1}. \quad (14)$$

На шахте № 8 треста „Прокопьевск-уголь“ комбината „Кузбассуголь“ был переделан пусковой реостат согласно расчету, выполненному по вышеизложенной методике. Если раньше на 4 ступени имел место значительный бросок тока, при общем времени пуска 14 *сек*, то после переделки реостата время пуска стало составлять 11,5–12 *сек* при меньших бросках тока и такой же нагрузке. Диаграммы тока и скорости, полученные после переделки реостата, изображены на рис. 2. За счет смягчения механических характеристик движение в кривых стало возможным осуществлять без тормоза, тогда как раньше с целью исключения больших рывков использовался механический тормоз для создания дополнительной нагрузки.

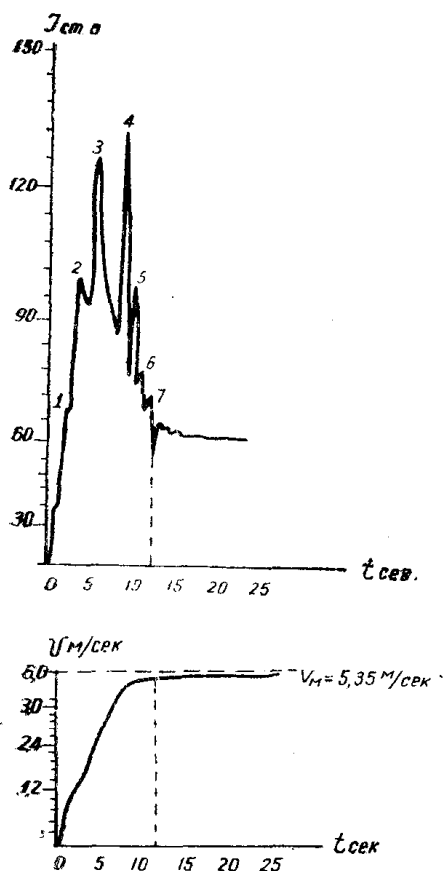


Рис. 2. Диаграммы тока и скорости при пуске скипового подъема шахты № 8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашев И. А., Хрусталева И. К. Расчет металлических реостатов для асинхронных двигателей шахтных подъемных машин. Томск, политехнический институт, 1955.
2. Василевский М. Н. Асинхронный привод шахтных подъемных машин. Углетехиздат, 1953.