

Практическая работа 20

Тема: Расчет мощности и выбор двигателя кранового механизма

Цель работы: изучить методику расчета мощности и выбора двигателя кранового механизма и научиться применять ее

Инструкция по выполнению практической работы

1. Ответьте на контрольные вопросы для закрепления теоретического материала.
2. Внимательно прочитайте краткие теоретические материалы по теме.
3. Составьте конспект методики расчета и выбора двигателя кранового механизма
4. Рассмотреть и записать в конспект пример расчета и выбора электродвигателя.
5. Оформите отчет по практической работе.
6. Сделайте вывод по работе

Контрольные вопросы

1. Каковы основные требования к электрооборудованию кранов?
2. Объясните назначение основных узлов мостового крана.
3. Какой тип защиты электрических цепей и двигателей применяется на крановых установках? Почему не используется тепловая защита?
4. Какие параметры определяют выбор электропривода крановых механизмов?
5. Объясните смысл требуемых характеристик для электропривода крановых механизмов.
6. Перечислите основные типы кранов, применяемых в народном хозяйстве и их назначение.
7. Какие параметры необходимы для определения мощности и момента на валу двигателя подъемной лебедки?
8. В чем смысл импульсно-ключевого управления и каким образом формируются требуемые характеристики при импульсно-ключевом управлении?

Краткие теоретические сведения

Как правило, механизмы крана работают в повторно-кратковременном режиме при резких колебаниях нагрузки. Режим их работы обычно связан с конкретной технологией, которую обслуживает кран, и заранее неизвестен. В то же время от точного учета особенностей режима работы в большой степени зависит правильность выбора электродвигателя.

Так, в случае завышенной мощности появляются дополнительные нагрузки на элементы конструкции крана и строительной части здания вследствие возникновения ускорений, превышающих нормальные ($0,2 \text{ м/с}^2$ для механизмов подъема и $0,6 — 0,7 \text{ м/с}^2$ для механизмов перемещения), а также подъема грузов, на которые не рассчитана конструкция крана. Эта же причина может привести к недопустимому раскачиванию груза в моменты разгона и торможения.

В случае заниженной мощности появляется опасность чрезмерного нагрева двигателя и преждевременного выхода его из строя. Кроме того, снижается производительность крана.

Методика расчета мощности и выбора двигателя кранового механизма

Мощность электродвигателя зависит от величины и характера нагрузки крана. Величина нагрузки характеризуется статическим моментом в Н·м, который может быть подсчитан по одной из следующих формул:

- подъем пустого крюка

$$M_{\text{пк}} = \frac{G_0 \cdot R}{i\eta} \quad (9)$$

- подъем крюка с грузом

$$M_{\text{п}} = \frac{(G + G_0) \cdot R}{i\eta} \quad (10)$$

- спуск груза силовой

$$M_{\text{с}} = M_{\text{гр}} - \frac{(G + G_0) \cdot R}{i} \quad (11)$$

- спуск груза тормозной

$$M = \frac{(G + G_0) \cdot R \cdot \eta}{i} \quad (12)$$

- горизонтальное перемещение механизма

$$M_{\text{п}} = \frac{k(G + G_0) \cdot (\mu r + f)}{R \cdot \eta} \quad (13)$$

В этих формулах приняты следующие обозначения:

G – вес груза в н;

G_0 – вес крюка или перемещаемого механизма в н;

η – КПД механизма;

R – радиус колеса или лебедки в м;

i – передаточное число редуктора;

r – радиус шейки оси колеса в м;

μ – коэффициент трения скольжения;

f – коэффициент трения качения (0,2);

k – коэффициент трения реборд колес о рельсы (1,2—3).

Зная величину момента нагрузки, можно определить предварительную величину мощности электродвигателя в кВт:

$$P_p = M' \frac{\nu \cdot 10^3}{R} \quad (14)$$

2

Среднеквадратичный момент M' для механизмов подъема подсчитывается по формуле

$$M' = \sqrt{\frac{M_{\Pi}^2 \cdot t_{\Pi} + M_{\Sigma}^2 \cdot t_{\Sigma} + M_{\Pi\kappa}^2 \cdot t_{\Pi\kappa} + M_{\Sigma\kappa}^2 \cdot t_{\Sigma\kappa}}{t_{\Pi} + t_{\Sigma} + t_{\Pi\kappa} + t_{\Sigma\kappa}}} \quad (15)$$

где M_{Π} – статический момент, соответствующий подъему номинального груза, в Н·м;

M_{Σ} – статический момент, соответствующий спуску номинального груза, в Н·м;

$M_{\Pi\kappa}$ – статический момент, соответствующий подъему крюка, в Н·м;

$M_{\Sigma\kappa}$ – статический момент, соответствующий спуску крюка, в Н·м;

t_{Π} ; t_{Σ} ; $t_{\Pi\kappa}$; $t_{\Sigma\kappa}$ – время действия каждого из вышеперечисленных моментов.

Среднеквадратичный момент механизма подъема подсчитывается за цикл, состоящий из следующих операций: подъема номинального груза, спуска номинального груза; подъема пустого крюка и спуска пустого крюка.

Среднеквадратичный момент механизмов тележки и моста определяется аналогично. Цикл в этом случае состоит из двух операций — перемещения механизма с грузом и перемещения механизма без груза.

Цикл работы каждого механизма, как правило, отличается от стандартных значений $ПВ = 25\%$ и $ПВ = 40\%$. Поэтому мощность электродвигателя, полученная в результате приведенного расчета, должна быть уточнена путем пересчета полученной предварительной мощности (P_p) при заданной ПВр на мощность при стандартной ПВн. Этот пересчет можно произвести по приближенной формуле

$$P_n = P_p \sqrt{\frac{ПВ_p \%}{ПВ_n \%}} \quad (16)$$

Пример

Выбрать двигатель переменного тока для механизма подъема мостового крана грузоподъемностью 15тс. Данные для расчета: скорость подъема $v = 16,5$ м/мин; высота подъема $h = 12$ м; вес крюка $G_0 = 400$ кгс ≈ 4000 н; диаметр барабана $D = 500$ мм $= 0,5$ м; КПД механизма подъема при полной нагрузке $\eta_1 = 0,9$; при подъеме крюка без груза $\eta_2 = 0,4$. Номинальная скорость вращения вала $n_n = 575$ об/мин; продолжительность включения механизма подъема $ПВ = 35\%$; маховой момент, приведенный к валу двигателя, $GD^2 = 1,2GD_d^2$ где GD_d^2 — маховой момент двигателя; допустимая величина среднего ускорения и замедления $a = 0,2$ м/с².

Решение

1. Передаточное число редуктора

$$i = \frac{\pi D n}{v} = \frac{3,14 \cdot 0,5 \cdot 575}{16,5} = 54,6$$

3

2. Момент нагрузки на валу двигателя:

- при подъеме груза

$$M_{\Pi} = \frac{(G + G_0)}{i\eta_1} \cdot \frac{D}{2} = \frac{(15000 + 400)}{54,6 \cdot 0,9} \cdot \frac{0,5}{2} = 78,4 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 784 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- при спуске груза

$$M_c = \frac{(G + G_0) \cdot \frac{D}{2} \cdot \eta_1}{i} = \frac{(15000 + 400) \cdot \frac{0,5}{2} \cdot 0,9}{54,6} = 63,5 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 635 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- при подъеме пустого крюка

$$M_{\Pi\kappa} = \frac{G_0}{i\eta_2} \cdot \frac{D}{2} = \frac{400}{54,6 \cdot 0,4} \cdot \frac{0,5}{2} = 4,58 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 45,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- при спуске пустого крюка

$$M_{\text{CK}} = \frac{G_0 \cdot \eta_2}{i} \cdot \frac{D}{2} = \frac{400 \cdot 0,4}{54,6} \cdot \frac{0,5}{2} = 0,73 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 7,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3 Среднеквадратичный момент двигателя при ПВ = 35%

$$M_{35} = \sqrt{\frac{M_{\Pi}^2 \cdot t_{\Pi} + M_c^2 \cdot t_c + M_{\Pi\kappa}^2 \cdot t_{\Pi\kappa} + M_{\text{CK}}^2 \cdot t_{\text{CK}}}{t_{\Pi} + t_c + t_{\Pi\kappa} + t_{\text{CK}}}}$$

Приняв $t_{\Pi}; t_c; t_{\Pi\kappa}; t_{\text{CK}} = 1$, получим

$$M_{35} = \sqrt{\frac{78,4^2 + 63,5^2 + 4,58^2 + 0,73^2}{4}} = 50,5 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 505 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

4 Предварительная мощность двигателя при ПВ=35%

$$P_{35} = \frac{M_{35} \cdot n_H}{975} = \frac{50,5 \cdot 575}{975} = 29,8 \text{ кВт}$$

5 Мощность, пересчитанная на стандартное значение ПВ=25%

$$P_{25} = P_{35} \sqrt{\frac{\text{ПВ}_p \%}{\text{ПВ}_H \%}} = 29,8 \sqrt{\frac{35}{25}} = 35,3 \text{ кВт}$$

6 По предварительной потребляемой мощности двигателя P_{25} и заданной номинальной скорости вращения выбираем по каталогу ближайший по мощности двигатель типа МТ-62-10: $P_n = 45$ кВт; $ПВ = 25\%$; $\lambda = \frac{M_{кр}}{M_n} = 3,2$; $n_n = 577$ об/мин.

Ответ: для кранового механизма выбран двигатель типа МТ-62-10: $P_n = 45$ кВт; $ПВ = 25\%$; $\lambda = \frac{M_{кр}}{M_n} = 3,2$; $n_n = 577$ об/мин