

Расчет и выбор приводов основных механизмов мостового крана

Схема перемещения груза в помещении промышленного предприятия с использованием мостового крана приведена на рис. 1.

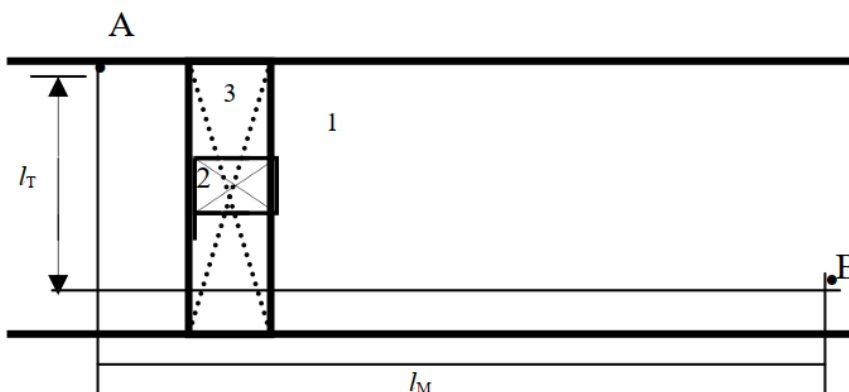


Рис. 1. Схема перемещения груза мостовым краном из точки А в точку В.

- 1 – помещение промышленного предприятия, где перемещается груз G из точки А в точку В;
- 2 – тележка мостового крана, проходящая путь l_T по мосту из точки А в точку В крана туда и обратно за время цикла;
- 3 – мост мостового крана, проходящий путь l_M в помещении от точки А к точке В и обратно за время цикла

3.1. Механизм подъема и спуска грузов мостового крана.

Механизм подъема мостового крана в течение цикла работы выполняет в данном случае 4 операции:

- подъем груза в точке А на высоту Н, заданную в таблице вариантов, развивая статическую мощность P_{Π} ;
- спуск груза в точке В, развивая статическую мощность P_C ;
- подъем пустого грузозахватного приспособления (крюка) в точке В, мощность $P_{\Pi 0}$;
- спуск пустого крюка в точке А, мощность P_{C0} .

При этом величину затраченной статической мощности на операциях можно определить из приведенных ниже выражений.

Мощность на валу механизма при:

а) подъеме груза:

$$P_{\Pi} = \frac{G + G_0}{\eta_{\Pi} \cdot 60 \cdot 1000} \cdot v_{\Pi}, \text{ кВт}$$

б) спуске груза:

$$P_C = \frac{G + G_0 \cdot \left(2 - \frac{1}{\eta_{\Pi}}\right)}{60 \cdot 1000} \cdot v_C, \text{ кВт}$$

$$\text{Величина} \left(2 - \frac{1}{\eta_{\Pi}}\right) = \eta_C \quad (3.3) \text{ носит название к.п.д. спуска.}$$

Если $\eta_{\Pi} < 0,5$, η_{Σ} имеет знак «-» – такой режим называется режимом «силового» спуска груза, если $\eta_{\Pi} > 0,5$, η_{Σ} имеет знак «+», то это режим тормозного спуска груза. Если $\eta_{\Sigma} = 0,5$, $\eta_{\Sigma} = 0$, это значит, что потери в кинематике механизма равны по величине статической мощности, затрачиваемой на удержание груза в уравновешенном состоянии на механизме подъема.

в) подъеме пустого грузозахватного приспособления (крюка):

$$P_{\Pi 0} = \frac{G_0 \cdot v_{\Pi 0}}{\eta_{\Pi 0} \cdot 60 \cdot 1000}, \text{ кВт}$$

г) спуске пустого крюка:

$$P_{C0} = \frac{G_0 \left(2 - \frac{1}{\eta_{\Pi 0}} \right) \cdot v_{C0}}{60 \cdot 1000}, \text{ кВт}$$

Спуск пустого крюка практически всегда происходит в режиме «силового» спуска.

Время цикла работы механизма подъема:

$$\sum t_{\Pi} = t_P + \sum t_{0\Pi} = t_{\Pi} + t_C + t_{\Pi 0} + t_{C0} + \sum t_0/3 \quad (3.6),$$

где $t_P = t_{\Pi} + t_C + t_{\Pi 0} + t_{C0}$ - время работы механизма подъема, сек;

$\sum t_{0\Pi} = \sum t_0/3$ – время пауз в работе механизма подъема, сек. Время пауз работы механизма подъема условно принято равным одной трети общего времени пауз в работе крана.

G, G_0 - сила тяжести поднимаемого груза и грузозахватного приспособления (крюка), Н;

v – линейная скорость поступательного движения груза и механизмов крана, м/мин.

Статический момент при перемещении груза может быть определен из выражения:

$$M_C = \frac{P_C}{\omega_{ДВ}} = \frac{P_C \cdot R_{БЛ}}{v_C \cdot i_P \cdot k_{\Pi}}, \text{ Н·м}$$

P_C – статическая мощность на валу механизма, Вт;

$R_{БЛ}$ – радиус барабана лебедки, м;

i_P – передаточное число редуктора;

k_{Π} – кратность полиспаста.

Продолжительность включения механизма подъема мостового крана в работу определяется из выражения:

$$ПВ\% = \frac{t_{\Pi} + t_C + t_{\Pi 0} + t_{C0}}{t_{\Pi} + t_C + t_{\Pi 0} + t_{C0} + \sum t_{0\Pi}} \cdot 100 = \frac{t_P}{T_{\Pi}} \cdot 100$$

Число включений механизма подъема в час:

$$h = \frac{3600}{T_{ц}}$$

Режимы работы механизма подъема:

Л – легкий режим, когда $ПВ\% = 15\%$, $h = 60 \div 100$;

С – средний режим, когда $ПВ\% = 25\%$, $h = 120 \div 200$. Этот режим принят за номинальный режим работы кранового механизма.

Т – тяжелый режим, когда $ПВ\% = 40\%$, $h = 300 \div 400$;

ВТ – весьма тяжелый режим, когда $ПВ\% \geq 60\%$, $h = 400 \div 600$.

Если время цикла работы механизма менее или равно 10 минутам, то необходимо учитывать дополнительный нагрев электродвигателя привода этого механизма во время пуска, торможения и останова на операциях, т.е. производить расчет динамических нагрузок на валу привода во время переходных процессов.

Общее уравнение для определения крутящего момента на валу электродвигателя механизма определяется из выражения:

$M = M_{\text{дин.п}} + M_{\text{с}}$ при пуске механизма;

$- M = M_{\text{дин.т}} - M_{\text{с}}$ при торможении механизма.

Величина статического момента $M_{\text{с}}$ определяются по методике, приведенной выше.. Величина динамического момента $M_{\text{дин}}$ может быть определена с учетом заданных в таблице вариантов параметров механизма из выражения:

$$M = J_{\Sigma} \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

где J_{Σ} – суммарный, приведенный к валу электродвигателя, момент инерции движущихся частей (ротора двигателя, масс груза, масс движущихся частей механизма).

$$J_{\Sigma} = k \cdot J_{\text{дв}} + m_{\Sigma} \cdot \left(\frac{v}{\omega_{\text{дв}}} \right)^2$$

где $k = 1,15 \div 1,20$ – коэффициент, учитывающий момент инерции находящихся на одном валу с электродвигателем соединительных муфт, шестерен, шкивов и т.п.

$$m_{\Sigma} = \frac{G + G_0 + G_{M(T)}}{g} \text{ - суммарная масса всех поступательно}$$

движущихся частей механизма крана;

$\omega_{\text{дв}}$ – угловая частота вращения вала электродвигателя, сек^{-1} ;

t – время переходного процесса, сек;

v – линейная скорость поступательного движения груза и механизмов перемещения мостового крана, м/сек.

Таким образом, величина моментов инерции может быть определена из выражений:

а) при ускорении механизма во время пуска

$$J_{\Sigma} = kJ_{ДВ} + \frac{m_{\Sigma} \cdot v^2}{\omega_{ДВ}^2 \cdot \eta} = J_{\Sigma П}, \text{ Н} \cdot \text{м}^2$$

б) при торможении механизма

$$J_{\Sigma} = kJ_{\Sigma} + \frac{m_{\Sigma} \cdot v^2}{\omega_{ДВ}^2} \cdot \eta = J_{\Sigma Т}, \text{ Н} \cdot \text{м}^2$$

Величина динамических моментов на валу электродвигателя соответственно:

а) при пуске электродвигателя механизма крана:

$$M = \frac{J_{\Sigma П} \cdot \Delta \omega_{ДВ}}{\Delta t} = M_{ДИН. П}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

б) при торможении электродвигателя механизма крана:

$$M_{ДИН. Т} = \frac{J_{\Sigma Т} \cdot \Delta \omega}{\Delta t}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где $\Delta \omega = \omega_{\text{кон}} - \omega_{\text{нач}}$ - изменение угловой частоты вращения во время переходного процесса, с^{-1} ;

$\Delta t = t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}$ - величина времени переходного процесса при изменении скорости вращения.

При условии, что $\omega_{\text{нач}} = 0$; и $t_{\text{нач}} = 0$, получим:

$$M_{ДИН. П} = \frac{\left(k \cdot J_{ДВ} + m_{\Sigma} \cdot \frac{v^2}{\omega_{ДВ}^2 \cdot \eta} \right) \cdot \omega_{ДВ}}{t_{П}}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{ДИН. Т} = \frac{\left(k \cdot J_{ДВ} + m_{\Sigma} \cdot \frac{v^2 \cdot \eta}{\omega_{ДВ}^2} \right)}{t_{Т}}, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Время переходного процесса определяют исходя из условия соблюдения допустимого ускорения при пуске и замедления при торможении механизма, которое для механизма подъема не должно быть больше:

– допустимое линейное ускорение (замедление)

$$a_{\text{доп}} \leq (0,2 \div 0,3) \text{ м/сек}^2, \quad \text{т.е. } t_{П} \geq \frac{v_{П}}{a_{\text{доп}}}, \text{ сек.}$$

После определения динамических моментов на валу электропривода механизма крана и времени переходного процесса на операциях приступают к определению времени установившегося движения механизма на этих операциях:

а) подъем груза

$$t_{уп} = \frac{S_{п}}{v_{п}} - t_{п}, \text{сек}$$

б) спуск груза

$$t_{ус} = \frac{S_{с}}{v_{с}} - t_{с}, \text{сек}$$

в) подъем пустого крюка

$$t_{уп0} = \frac{S_{п0}}{v_{п0}} - t_{п0}, \text{сек}$$

г) спуск пустого крюка

$$t_{ус0} = \frac{S_{с0}}{v_{с0}} - t_{с0}, \text{сек}$$

Нагрузочную диаграмму лучше строить для крутящих моментов на валу электродвигателя. Величина статического момента на операциях механизма мостового крана может быть определена через статическую мощность:

$$M_{с} = \frac{9550 \cdot P_{с}}{n_{дв}}, \text{Н}\cdot\text{м}$$

Величина полного момента может быть определена из уравнения движения электропривода на каждой операции с учетом знака статического момента.

$$M_{полн} = M_{дин} \pm M_{с}, \text{Н}\cdot\text{м}$$

По нагрузочной диаграмме определяется эквивалентный момент на валу электродвигателя кранового механизма:

$$M_{экв} = \sqrt{\frac{M_{п}^2 \cdot t_{уп} + M_{с}^2 \cdot t_{ус} + M_{п0}^2 \cdot t_{п0} + M_{с0}^2 \cdot t_{с0} + M_{полн}^2 \cdot t_{уп0} + M_{полн}^2 \cdot t_{пс} + M_{полн0}^2 \cdot t_{пп0} + M_{полн0}^2 \cdot t_{пс0}}{\Sigma t_y + 0,75(\Sigma t_{п} + \Sigma t_{т}) + \Sigma t_0}} \cdot \frac{ПВ_{ф}\%}{ПВ_{н}\%}$$

Выбор электродвигателя механизма мостового крана производится по каталогу (Справочник по электрическим машинам. В двух томах. Москва. Энергоатомиздат. 1989г. или Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. Москва. Энергия.1966г.) из условия:

$$M_{дв} \geq M_{экв}; \quad ПВ_{дв}\% = ПВ_{н}\%; \quad \omega_{дв.н} \geq \frac{v_{п}}{R_{Б.л} \cdot i}, \text{сек}^{-1}$$

3.2. Механизм перемещения тележки мостового крана.

Мощность на валу механизма при:

а) движении тележки мостового крана с грузом:

$$P_T = \frac{k \cdot (G + G_0 + G_T) \cdot (\mu \cdot r_{ц.т} + f) \cdot v_T}{R_{КТ} \cdot \eta_T \cdot 60 \cdot 1000}, \text{ кВт}$$

б) движении тележки мостового крана без груза:

$$P_{T0} = \frac{k \cdot (G_0 + G_T) \cdot (\mu \cdot r_{ц.т} + f) \cdot v_{T0}}{R_{КТ} \cdot \eta_{T0} \cdot 60 \cdot 1000}, \text{ кВт}$$

$k \geq (1,5 \div 2)$ – коэффициент, учитывающий трение реборд колеса тележки крана о рельсы;

μ – коэффициент трения скольжения, задан в таблице 3.1;

$r_{ц.т}$ – радиус цапфы колеса тележки, м;

f – коэффициент трения качения, м;

$R_{КТ}$ – радиус колеса тележки, м;

v_T – скорость передвижения тележки мостового крана, м/мин.

3.3. Механизм перемещения моста мостового крана.

Статические нагрузки на валу перемещения моста крана определяются таким же образом, как и для механизма перемещения тележки, при этом используются исходные данные таблицы вариантов для механизма моста.

Статический момент при передвижении тележки или моста крана на валу механизма:

$$M_C = \frac{P_C}{\omega_{ДВ}} = \frac{P_C \cdot R_K}{v_T \cdot i_P}, \text{ Н·м}$$

Определение времени цикла производится аналогично приведенному выше правилу для механизма подъема.

Определение остальных параметров (динамических моментов, времени переходного процесса при пуске и торможении, времени установившегося движения, полного момента на валу механизма) для построения нагрузочной диаграммы на валу механизма перемещения тележки и моста мостового крана определяется аналогично приведенному выше методу для механизма подъема.

Далее определяется продолжительность включения механизма.

Строится нагрузочная диаграмма на валу механизмов перемещения тележки и моста крана.

Выбирается электродвигатель по каталогу (Справочник по электрическим машинам) и проверяется на соответствие ПВ%.

Величина допустимого ускорения и замедления механизмов перемещения мостового крана ограничивается пределами:

$$a_{доп} \leq (0,6 \div 0,8) \frac{M}{сек^2}$$

Условие выбора электродвигателя по мощности механизма перемещения:

– для тележки мостового крана:

$$P_{н.т} \geq P_{экв.т}, \quad \omega_{дв.т} \geq \frac{v_T}{R_{KT}} \cdot i_P$$

– для моста мостового крана:

$$P_{н.м} \geq P_{экв.м}, \quad \omega_{дв.м} \geq \frac{v_M}{R_{KM}} \cdot i_{PM}$$

Литература.

1. Сандлер А.С. Электрооборудование производственных механизмов. ГЭИ. 1958г.
2. Кацман М.М. Электрические машины и трансформаторы. Ч.1.М. ВШ. 1976г.
3. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода. Э. 1971г.
4. Башарин А.В. и др. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. Э. 1972 г.
5. Юриков В.А, Шестопалова Т.А. Типовые узлы и электрооборудование производственных механизмов. Учебно-методическое пособие. КРСУ .2002г.
6. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник Москва. Энергоиздат 1982г.
7. Справочник по электрическим машинам. В двух томах. Москва. Энергоатомиздат. 1989г.
8. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. Москва. Энергия.1966г.