

ЭиЭМО -110 КП 12

Задание для обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения

Дата .13.05

Группа Э-17

Междисциплинарный курс: МДК.01.03 *Электрическое и электромеханическое оборудование*

Тема занятия: *Расчет мощности и выбор электродвигателей механизмов перемещения*

Форма: *курсовой проект*

Задание: *Используя МУ по выполнению КП (см занятие 106 КП 10) и пример, приведенный в данном занятии, выполнить согласно задания пункт 2.1*

3 Форма отчета: *выполненная часть КП (Расчет мощности и выбор электродвигателей) в электронном варианте*

4 Срок выполнения задания 14.05

Получатель отчета: Google Класс Код курса qqr3je5

Краткие теоретические сведения

При выборе двигателя по мощности следует исходить из необходимости его полной загрузки в процессе работы. Кроме этого, необходимо выбирать двигатель таким образом, чтобы максимальная температура изоляции обмоток, не превышала допустимой величины. Это условие является одним из основных для обеспечения надежной работы электропривода в течение всего срока его эксплуатации.

В общем случае выбор мощности двигателя включает в себя:

1) Предварительный выбор мощности двигателя исходя из технологического режима работы по расчетным формулам, либо на основе нагрузочных диаграмм рабочей машины, либо по удельному расходу электрической энергии на выпуск единицы продукции и др.

2) Расчет переходных процессов и построение нагрузочных диаграмм электропривода в соответствии с технологическим процессом рабочей машины.

3) Проверка предварительно выбранного двигателя по нагреву и перегрузочной способности, оценка соответствия параметров нагрузочных диаграмм электропривода допустимым параметрам двигателя и технологического процесса.

В учебном проектировании достаточно процесс выбора мощности электродвигателя ограничить первым пунктом, так как расчет переходных процессов и построение нагрузочных диаграмм является довольно трудоемкой задачей, выходящей за рамки требований к объему знаний специалистов со средним специальным образованием.

В случае если нагрузочная диаграмма работы электродвигателя известна из паспортных данных станка, то выбор электродвигателя можно провести по этой диаграмме с проверкой двигателя на нагрев по методу эквивалентной мощности или методу средних потерь.

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.

Статические нагрузки двигателей основных механизмов кранов

Мощность и момент нагрузки двигателя подъемной лебедки в статическом режиме работы подъема груза могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$P = \frac{(G - G_0) \cdot v}{\eta} \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

$$M = \frac{(G + G_0) \cdot D}{2i\eta} \quad (2)$$

где P — мощность на валу двигателя, кВт;

G — сила, необходимая для подъема груза, Н;

G_0 — сила для подъема захватывающего приспособления, Н;

v — скорость подъема груза, м/с;

M — момент на валу двигателя, Н м;

D — диаметр барабана подъемной лебедки, м;

η — КПД подъемного механизма;

I — передаточное отношение редуктора и полиспаста.

В режиме спуска двигатель развивает мощность, равную разности мощности трения $P_{тр}$ и мощности, обусловленной действием силы тяжести опускающегося груза $P_{гр}$:

$$P = P_{тр} - P_{гр} \quad (3)$$

При опускании средних и тяжелых грузов энергия направляется с вала механизма к двигателю, так как $P_{гр} > P_{тр}$ (тормозной спуск). При этом мощность на валу двигателя

$$P = (G + G_0)v\eta \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

При опускании средних грузов или пустого крюка возможны случаи, когда $P_{гр} < P_{тр}$. При этом двигатель работает с движущимся моментом (силовой спуск) и развивает мощность

$$P = P_{тр} - (G + G_0)v\eta \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

При расчетах следует помнить, что величина КПД механизма зависит от нагрузки (рис. 1).

Мощность и момент на валу двигателей механизмов горизонтального перемещения в статическом режиме:

$$P = \frac{K(G + G_1) \cdot (r + f)}{R\eta} \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

$$M = \frac{K(G + G_1) \cdot (r + f)}{i\eta} \cdot 10^{-3} \quad (7)$$

где P — мощность на валу двигателя, кВт;

M — момент на валу двигателя механизма передвижения, Н м;

G — масса перемещаемого груза, Н;

G_1 — вес механизма передвижения, Н;

r — радиус шейки оси колеса, м;

μ — коэффициент трения скольжения;

f — коэффициент трения качения;

v — скорость движения, м/с;

R — радиус колеса, м;

η — КПД механизма передвижения;

K — коэффициент, учитывающий трение реборд колес о рельсы;

i — передаточное отношение редуктора механизма передвижения.

На некоторых подъемно-транспортных механизмах перемещение осуществляется не по горизонтальному направлению. Возможно также действие ветровой нагрузки и т.п. Тогда формула мощности может быть представлена в общем виде

$$P = \frac{K(G + G_1) \cdot (\mu r + f)v \cdot \cos\alpha}{R\eta} + \frac{(G + G_1) \cdot v \cdot \sin\alpha}{\eta} + \frac{FSv}{\eta} \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

где α — угол наклона направляющих к горизонтальной плоскости;

F — удельная ветровая нагрузка, Н/м²;

S — площадь, на которую действует давление ветра под углом 90°, м².

В формуле (8) первое слагаемое характеризует мощность на валу двигателя, необходимую для преодоления силы трения при горизонтальном передвижении, второе слагаемое соответствует мощности подъема, третье является составляющей мощности от ветровой нагрузки. Если ветровая нагрузка равна нулю, то при $\alpha = 0$ получим выражение для мощности, соответствующее формуле (6), при $\alpha = 90^\circ$ — формуле (1).

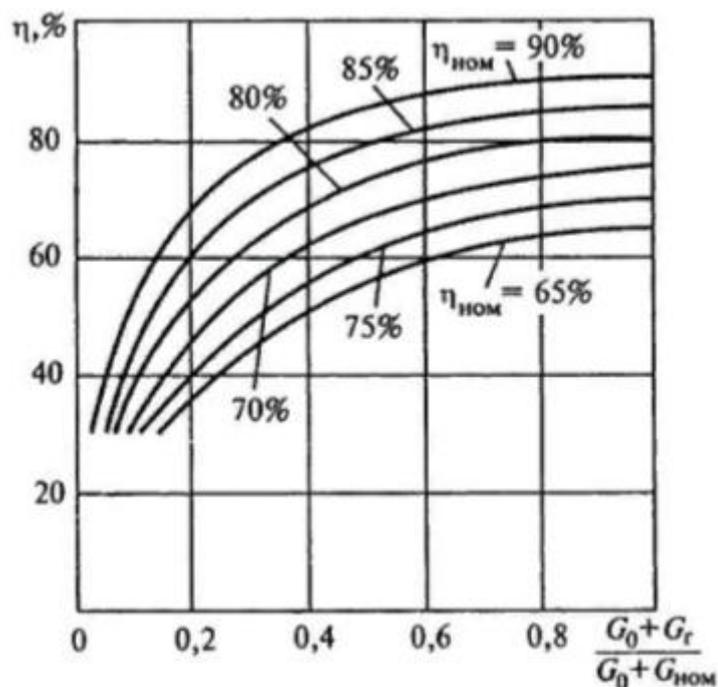


Рис. 1 - Зависимость КПД механизма от нагрузки

Существуют подъемные краны, имеющие платформу с рабочим оборудованием, вращающимся относительно неподвижной базы. На основании формулы (б) определяется мощность на преодоление сил трения, затем изменение нагрузки при работе на уклоне. Ветровая нагрузка поворотных механизмов определяется с учетом разности сил ветра, действующих на груз, стрелу крана и противовес.

Для всех типов механизмов должны ограничиваться ускорения, что обусловлено как особенностями технологических процессов, так и необходимостью обеспечения нормальной работы самих крановых установок. Поэтому при проектировании электроприводов крановых механизмов по окончании выбора двигателя исходя из статической нагрузки и характера переключений в схеме управления осуществляется проверка электропривода по допустимым значениям ускорений, м/с^2 :

Подъемный механизм, предназначенный для подъема жидких металлов, хрупких предметов, продуктов; подъемный механизм для различных монтажных работ	0,1
Подъемный механизм грейферных сборочных и металлургических цехов	0,2 ÷ 0,5
Подъемный механизм грейферных кранов	0,8
Механизм передвижения кранов, предназначенных для транспортировки жидких металлов, хрупких предметов; точных монтажных работ	0,1 ÷ 0,2
Механизм передвижения со сцепной силой тяжести 0,25÷0,5 от полной	0,2 ÷ 0,7
Механизм передвижения кранов с полной сцепной силой	0,8 ÷ 1,4
Механизм поворота кранов	0,5 ÷ 1,2

Пример: 2.1 Расчет мощности и выбор электродвигателей

Надёжность работы и длительность эксплуатации электродвигателей во многом зависит от того, в какой мере тип и исполнение его соответствует условиям среды помещения.

Электропривод грузового лифта

Исходные данные: номинальная грузоподъемность $G_{\text{ном}} = 10^3$ кг; скорость передвижения кабины $v_k = 0,6$ м/с; вес пустой кабины $G_0 = 150$ кг, диаметр канатопроводящего шкива $D_{\text{кш}} = 0,8$ м

Решение

1) Определяется наибольшая расчетная мощность лифтового АД

$$P_{\text{др}} = K_3 \cdot F_{\text{сэ}} \cdot \sqrt{\frac{PB_p}{PB_k}} = 1,3 \cdot 3 \cdot \sqrt{\frac{40}{60}} = 3,9 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{сэ}} = \sqrt{\frac{F_{\text{сп}}^2 + F_{\text{со}}^2}{2}} = \sqrt{\frac{4,2^2 + 0,3^2}{2}} = 3 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{сп}} = \frac{1-a}{\eta_{\text{п}}} \cdot G_{\text{ном}} \cdot q \cdot v_k \cdot 10^{-3} = \frac{1-0,5}{0,7} \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 4,2 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{со}} = (1-a) \cdot G_0 \cdot q \cdot \eta_{\text{п}} \cdot v_k \cdot 10^{-3} = (1-0,5) \cdot 150 \cdot 9,81 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 4,2 \text{ кВт}$$

где $P_{\text{др}}$ – расчетная мощность лифтового АД, кВт;

K_3 – коэффициент запаса, учитывает влияние на нагрев АД динамических нагрузок; принимается $K_3 = 1,3$;

$P_{\text{сэ}}$ – статическая эквивалентная мощность на валу ЭД, кВт;

$P_{\text{сп}}$, $P_{\text{со}}$ – статические мощности на валу ЭД при подъеме, опускании кабины лифта, кВт;

a – коэффициент уравнивания, принимается $a = 0,5$;

$\eta_{\text{п}}$ – КПД передачи, принимается $\eta_{\text{п}} = \eta_{\text{ном}} = 0,6 \dots 0,7$, отн. Ед.;

$G_{\text{ном}}$ – номинальная грузоподъемность лифта, кг;

G_0 – вес пустой кабины, кг;

v_k – скорость передвижения кабины, м/с.

q – ускорение силы тяжести, м/с²; $q = 9,81$ м/с².

2) Определяется синхронная скорость (n_c) для лифтовых АД

$$n_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot v_k \cdot i_{\text{п}}}{3,14 \cdot 0,8} = \frac{60 \cdot 0,6 \cdot 70}{3,14 \cdot 0,8} = 1003 \text{ об/мин.}$$

Принимается ближайшая $n_c = 1000$ об/мин,

где $i_{\text{п}}$ – передаточное число,

$D_{\text{кш}}$ – диаметр канатопроводящего шкива, м

По [таблице. Д.11] выбирается лифтовый АД т. 5АН180М6/24НЛБ согласно условий $P_{\text{ном}} \geq P_{\text{др}}$ (3,9 кВт)

$$n_c = 1000 \text{ об/мин}$$

$$M_{\text{ном}} = 47 \text{ Н·м}$$

$$U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$$

$$P_{\text{ном}} = 4,5 \text{ кВт}$$

$$n_{\text{ном}} = 910/205 \text{ об/мин}$$

$$\text{КПД} = 81\%$$

$\cos\varphi = 0,75$
 $I_{НОМ} = 11,3/19,9 \text{ А}$
 $I_{П}/I_{НОМ} = 5 \text{ (} K_{П} \text{)}$
 $n_{ДОП} = 150 \text{ пусков/час}$
 $J = 0,46 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
 $K_{инерции} = 6$
 $m_{д} = 182 \text{ кг}$

3) Проверки

а) На нагрев (по моменту) согласно условия: $M_{НОМ} \geq M_{сэ}$

$$M_{сэ} = \frac{P_{сэ} \cdot D_{КШ} \cdot 10^3}{2 \cdot i_{П} \cdot v_{К}} = \frac{3,9 \cdot 0,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 70 \cdot 0,6} = 37,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_{сэ} = P_{др} \text{ (при эксплуатации);}$$

$M_{НОМ} (47 \text{ Н} \cdot \text{м}) \geq M_{сэ} (37,1 \text{ Н} \cdot \text{м})$, что удовлетворяет условию.

б) на допустимую перегрузку согласно условия: $0,8 \cdot M_{макс} > M_{сэмакс}$ максимальный момент выбранного ЭД: $M_{макс} = (2,8 \dots 3,2) \cdot M_{НОМ} = (2,8 \dots 3,2) \cdot 47 = 131,6 \dots 150,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

$M_{сэмакс}$ – максимальный статический момент при $P_{сэ} = 1,2 \cdot G_{НОМ}$

Принимается при испытаниях $M_{сэмакс} = 1,2 \cdot M_{сэ} = 1,2 \cdot 34,2 = 41 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$(0,8 \cdot M_{макс}) = 0,8 \cdot 141 = 112,8 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{сэмакс} (41 \text{ Н} \cdot \text{м})$, что удовлетворяет условию

в) на надежный пуск и разгон согласно условию

$$\begin{cases} 0,5(M_{П.макс} + M_{П.мин}) > 1,5 \cdot M_{сэмакс}; \\ M_{П.мин} > 1,2 \cdot M_{сэмакс}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,5(3M_{НОМ} + 1,2M_{НОМ}) > 1,5 \cdot 41 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ 1,2 \cdot M_{НОМ} > 1,2 \cdot 41 \text{ Н} \cdot \text{м}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 98,7 > 61,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \\ 56,4 > 49,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{cases}$$

Принимается $M_{П.мин} = (1,2 \dots 1,3) \cdot M_{НОМ}$

Условию удовлетворяет

По результату расчета составляется [таблица 2.1], определяются недостающие данные, заносятся в таблицу, строятся механические характеристика (Рисунок 2.1)

$$S_{НОМ} = 1 - \frac{n_{НОМ}}{n_c} \quad (2.1)$$

$$S_{НОМ} = 1 - \frac{2910}{3000} = 0,03$$

$$M_{крит} = M_{макс} = 2,7 \cdot 72,2 = 194,94 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{п} = 2 \cdot M_{НОМ} \quad (2.2)$$

$$M_n = 2 \cdot 72,2 = 144,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{мин}} = 1,2 \cdot M_{\text{ном}} \quad (2.3)$$

$$M_{\text{мин}} = 1,2 \cdot 72,2 = 86,64 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$S_{\text{кр}} = S_{\text{ном}} \cdot \left(\lambda_{\text{макс}} + \sqrt{\lambda_{\text{макс}}^2 - 1} \right) \quad (2.4)$$

$$S_{\text{кр}} = 0,03 \cdot \left(2,7 + \sqrt{2,7^2 - 1} \right) = 0,16$$

$$S_{\text{мин}} = 1 - S_{\text{ном}} \cdot \left(\lambda_{\text{мин}} + \sqrt{\lambda_{\text{макс}}^2 - 1} \right) \quad (2.5)$$

$$S_{\text{мин}} = 1 - 0,03 \cdot \left(1,2 + \sqrt{1,2^2 - 1} \right) = 0,94$$

Построение $M_{\text{на}}=F(S)$ осуществляется по трем произвольно выбранным точкам

$$M_1 = M_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{n_1}{n_{\text{ном}}} \right)^2 \quad (2.6)$$

$$M_1 = 72,2 \cdot \left(\frac{2970}{2910} \right)^2 = 75,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_2 = 72,2 \cdot \left(\frac{2700}{2910} \right)^2 = 62,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_3 = 72,2 \cdot \left(\frac{2100}{2910} \right)^2 = 37,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

При $S_1=0,01$; $n_1=(1-0,01) \cdot 3000 = 2970$ об/мин

$S_2=0,1$; $n_1=(1-0,1) \cdot 3000 = 2700$ об/мин

$S_3=0,3$; $n_1=(1-0,3) \cdot 3000 = 2100$ об/мин

Таблица 2.1 – Данные для построения характеристик

Момент, Н · м	Электропривод				Насос		
	$M_{\text{ном}}$	$M_{\text{крит}}$	$M_{\text{мин}}$	$M_{\text{п}}$	M_1	M_2	M_3
	72,2	194,94	86,64	144,4	75,2	62,3	37,5
Скольжение, отн.ед.	$S_{\text{ном}}$	$S_{\text{кр}}$	$S_{\text{мин}}$	$S_{\text{п}}$	S_1	S_2	S_3
	0,03	0,16	0,94	1,0	0,01	0,1	0,3

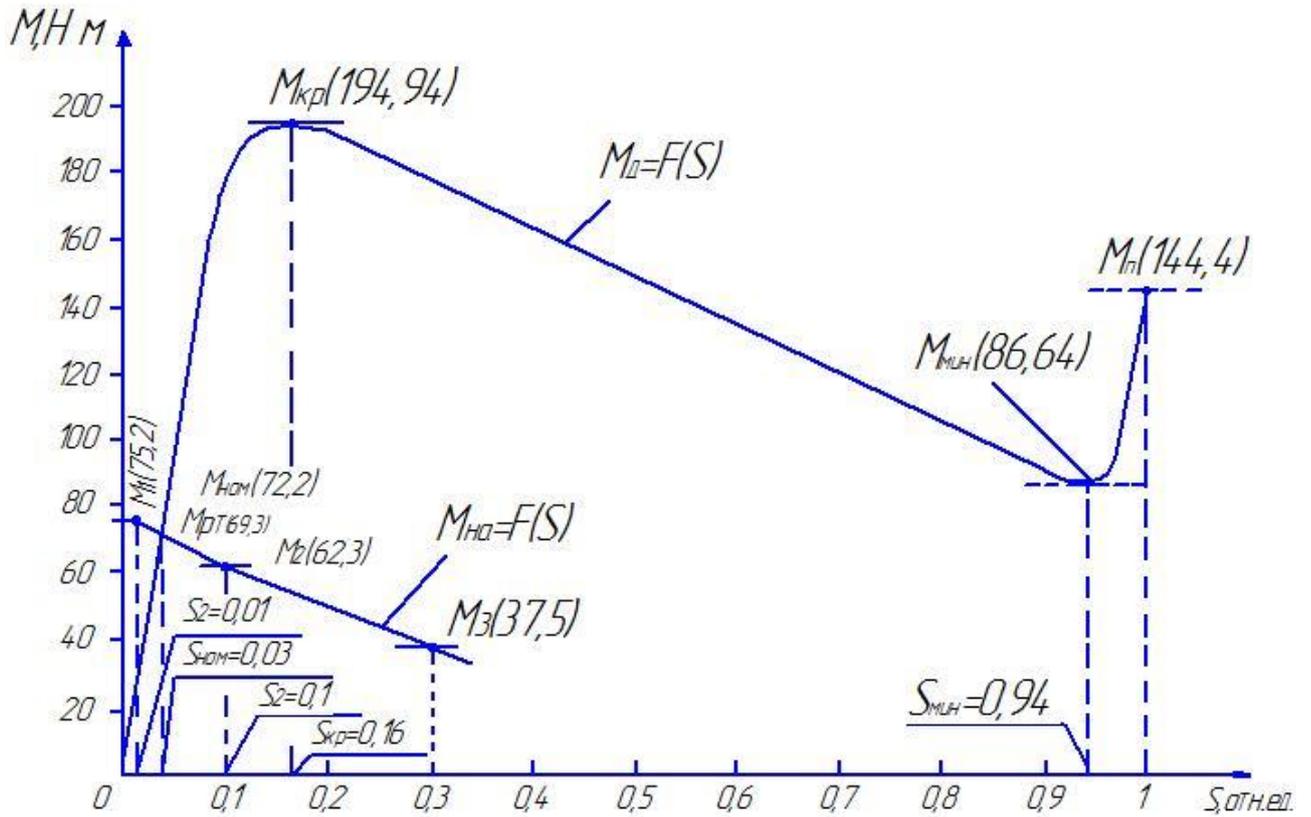


Рисунок 2.1-Механические характеристика лифта

Расположение механических характеристик показывает:

- пуск осуществляется успешно при любом варианте.
- рабочая точка практически соответствует номинальному режиму