**Розрахунок і вибір елементів електропривода механізму підйому**

**1. Визначення типу привідного електродвигуна та основних параметрів кінематичної схеми**

Основною напругою для живлення кранових механізмів необхідно прийняти трифазну напругу *Uл*= 380 В частотою *f* = 50 Гц. У якості привідного двигуна механізму підйому доцільно прийняти асинхронний трифазний електродвигун із фазним ротором типу МТН. Ураховуючи те, що електродвигун, як правило, має кутову швидкість більшу, ніж швидкість обертання барабана лебідки, в кінематичній схемі механізму підйому необхідно передбачити застосування стандартного знижувального редуктора.

Для розрахунку слід прийняти однокінцеву підйомну лебідку (неврівноважений підйомний механізм). Потрібно орієнтуватись на кінематичну схему механізму підйому (рис.1).



Г

Рис.1. Кінематична схема механізму підйому мостового крана

Для таких механізмів залежно від максимальної висоти підйому Н розрахункова швидкість підйому вантажу визначається як

, м/с. (1)

Кранові асинхронні двигуни з фазним ротором мають стандартні значення частоти обертання електромагнітного поля:

*nо* = *600* хв-1; *wо = 62,8* c-1;

*nо* = *750* хв-1; *wо* *= 78,5* c-1;

*nо* = *1000* хв-1; *wо = 104,7* c-1.

Величина *n0* залежить від параметрів таким чином :

, ( 2 )

де *i –* передавальне число редуктора (*i=*9; 10; 11; 12; 12,5; 14; 16; 18; 20; 22,4; 25; 28; 31,5; 35,5; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140);

*m* – кратність поліспаста (практично *m* = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8);

*Rб –* радіус барабана лебідки, м .

На попередньому етапі розрахунку необхідно визначити добуток

. ( 3 )

Значення *nо* слід вибрати з трьох наведених вище, починаючи з більшого (менша кількість пар полюсів приводить до зниження вартості двигуна).

Використовуючи стандартний ряд значень передавальних чисел редуктора, необхідно визначити кратність поліспаста *m* і передавальне число *i*, після чого потрібно уточнити фактичну швидкість підйому за формулою

, м/с. ( 4 )

Подальші розрахунки необхідно виконувати на базі фактичної швидкості 

**2. Визначення статичних навантажень, побудова статичної навантажувальної діаграми та встановлення режиму роботи електропривода**

При побудові статичної навантажувальної діаграми слід визначити статичні навантаження на валу двигуна і барабані при підйомі та опусканні вантажу гака.

Сила опору при підйомі вантажу

*F = (Gвант+Gо)*, Н. ( 5 )

Статичний момент опору на валу барабана

. ( 6 )

Статичний момент опору на валу двигуна при підйомі вантажу

. ( 7 )

Статичний момент опору на валу двигуна при опусканні вантажу

, Н.м. ( 8 )

Статичний момент опору на валу двигуна при підйомі гака

, Н.м. ( 9 )

Статичний момент опору на валу двигуна при опусканні гака

, Н.м, ( 10 )

де *Rбар* – радіус барабана лебідки, м ;

*m* – кратність поліспаста;

*і* – передавальне число редуктора;

 – ККД механізму підйому при повному навантаженні;

 – ККД механізму без навантаження;

*g = 9,8* – прискорення вільного падіння, м/с2.

Для механізму підйому необхідно взяти до уваги чотири робочі операції: підйом вантажу, опускання вантажу, підйом гака, опускання гака.

Розрахункову тривалість робочих операцій потрібно визначати таким чином:

, ( 11 )

де *Н* – висота підйому вантажу, м ;

 – фактична швидкість підйому вантажу, м/с .

У процесі розрахунку необхідно прийняти

, ( 12 )

де  – розрахункова тривалість робочих операцій підйому та опускання вантажу, підйому й опускання гака відповідно.

На першому етапі розрахунку слід побудувати в масштабі статичну (без урахування динамічних навантажень) навантажувальну діаграму механізму підйому, беручи до уваги розрахункову тривалість робочих операцій (рис. 2).

Потім необхідно уточнити навантажувальну діаграму (врахувати динамічні навантаження).

У процесі розрахунку потрібно визначити режим роботи електропривода.

Особливість роботи механізму підйому – часті пуски електродвигуна при відносно невеликій тривалості робочих операцій. Це відповідає повторно-короткочасному режиму роботи електрообладнання.

За даними статичної навантажувальної діаграми необхідно визначити розрахункове значення тривалості ввімкнення (ТВ)

, %, ( 13 )

де *ΣtP і Σtп* – тривалість відповідно робочих операцій та пауз між ними, с ;

сума *ΣtP + Σtп* – тривалість циклу.

Величину ТВ далі слід уточнити і при виборі двигуна за каталожними даними (або з додатків) прийняти з ряду стандартних значень: *ТВкат* = 25; 40; 60; 100 %.

**3. Розрахунок необхідної потужності привідного електродвигуна**

Для попереднього розрахунку необхідної потужності електродвигуна потрібно визначити статичний момент механізму підйому

 ( 14 )

Розрахункову потужність двигуна слід визначати з рівності

 , кВт.

Потужність двигуна необхідно привести до стандартного (каталожного) значення

 , кВт, ( 15 )

де *Ρкат, ΤΒкат* – каталожні значення потужності і тривалості ввімкнення;

*Ρрозр,ΤΒрозр* – розрахункові значення цих величин.

Згідно з додатком 4 потрібно вибрати найближчий більший за потужністю двигун. При цьому треба виконати умову .

Рис.2. Статична навантажувальна діаграма

*M, Н.м*

*t, c*

*Проставити свої значення*

Підйом вантажу

Опускання вантажу

Підйом гака

Опускання гака

0

*tв.п =* с

*tп =*

*tв.оп = с*

*tп =*

*tо.п = с*

*tп =*

*tо.оп = с*

*Проставити свої значення*

Масштаб:

1см = с

1см = Н.м

8

Якщо потужність вибраного електродвигуна більша (160 кВт (при *ТВ* = = 40%) або 125 кВт (при *ТВ* = 60%)), то необхідно розрахунок виконати знову, збільшивши добуток  .

**4. Побудова повної навантажувальної діаграми**

Для побудови повної навантажувальної діаграми необхідно розрахувати приведений до вала двигуна момент інерції механізму, який з урахуванням моменту інерції ротора потрібно встановити з умови

, кг.м2 , ( 16 )

де *Jдв* – момент інерції ротора, кг.м2 ;

*0,15Jдв* – момент інерції (приведений) передавального механізму, кг.м2 ;

*m* = *Gвант + G0* – маса поступально-рушійних частин механізму з ураху-

ванням маси вантажу, кг ;

 – фактична швидкість підйому (опускання), м/с ;

 – номінальна швидкість двигуна, с-1 .

Приведений момент інерції необхідно визначити для номінального навантаження привода, тому що в інших режимах він несуттєво відрізняється від номінального.

Доцільно обчислити середній пусковий момент за формулою

,

де 

.

Час (тривалість) пуску електродвигуна на робочих операціях необхідно визначити за формулами :

 ( 17 )

 (18)

 ( 19 )

 ( 20 )

Динамічні моменти під час пуску електродвигуна слід обчислити за формулами:

 ( 21 )

 ( 22 )

 ( 23 )

 ( 24 )

Час (тривалість) роботи механізму при виконанні робочих операцій у статичному режимі необхідно визначити за формулами:

 ( 25 )

 ( 26 )

 ( 27 )

 ( 28 )

Базуючись на розрахункових значеннях , , , , з урахуванням  потрібно побудувати в масштабі повну навантажувальну діаграму (рис. 3).

При побудові повної навантажувальної діаграми має виконуватись умова

. ( 29 )

Для операції підйому вантажу необхідно визначити суму

 ( 30 )

та розрахувати похибку

. ( 31 )

Розрахункова похибка не повинна перевищувати 10% . Якщо похибка буде більшою від 10%, то треба попередній розрахунок виконати ще раз, вибравши більший за потужністю електродвигун при тому ж значенні ТВ.

**5. Перевірка температурного режиму (нагрівання) та перевантажувальної здатності вибраного електродвигуна**

Перевірку вибраного двигуна механізму підйому на нагрівання потрібно здійснювати з урахуванням повної навантажувальної діаграми. При цьому еквівалентний момент навантаження становить

M(Н.м)

t(c)

*Проставити свої значення*

Підйом вантажу

Опускання вантажу

Підйом гака

Опускання гака

*Mпуск.сер=*

0

Масштаб:

1см = с

1см = Н.м

*tпуск.в.п=*

*tст.в.п=*

*tпауз=*

*tпуск.в.оп=*

*tст.в.оп=*

*tпауз=*

*tпуск.о.п=*

*tст.о.п=*

*tпауз=*

*tпуск.о.оп=*

*tст.о.оп=*

Рис.3. Повна навантажувальна діаграма

12

*Проставити свої значення*

 ( 32 )

де α = 0,75; β = 0,5 – коефіцієнти, що враховують умови охолодження в

режимах “пуск” та “стоп”;

*tпi* – час пуску на кожній операції, с ;

*Mст.і* – статичний момент на кожній операції, Н.м ;

*tст.i* – час роботи при виконанні кожної операції у статичному режимі, с;

*tпауз.i* – тривалість пауз, с.

Умовою перевірки перевантажувальної здатності електродвигуна є

 (при раніше прийнятому ТВ) ,

де , Н.м.

Слід зробити висновок про виконання умови . При її невиконанні необхідно вибрати наступний за потужністю двигун і розрахунок повторити.

**6. Розрахунок та побудова природної механічної характеристики**

Для побудови природної механічної характеристики потрібно визначити номінальне ковзання

 ( 33 )

Далі необхідно розрахувати критичне ковзання

 ( 34 )

де  – значення максимального моменту (див. табл. 3).

У процесі проектування слід побудувати природну механічну характеристику, використовуючи рівняння механічної характеристики (спрощену формулу Клоса),

 ( 35 )

Значення *n* необхідно розрахувати за формулою

 ( 36 )

**7. Розрахунок і вибір пускових резисторів**

Пускові резистори при пуску АД із фазним ротором служать для обмеження величини пускового струму двигуна та збільшення значення пускового моменту і тим самим поліпшення умов проходження процесу пуску.

Пускові резистори вмикаються у кожну фазу ротора АД (рис. 3). Зазвичай повний опір пускових резисторів *Rп* розбивається на секції, кількість яких відповідає кількості штучних механічних характеристик.

*1n*

*1n*

*2n*

*2n*

*А*

## В

*С*

*Л*

*R3=Rрот*

*R2*

*R1*

*R01*

*R02*

*Rп*

Рис. 3. Принципова схема АД із фазним ротором

На цій схемі пускові резистори в кожній фазі складаються з двох секцій *Rп=R01+R02*. Кожному значенню опору кола ротора (*R1=Rрот+R01+R02*, *R2=Rрот+R02, R3=Rрот*) відповідає своя механічна характеристика, за котрою двигун прискорюється.

При пуску двигуна першими замикаються контакти *Л* у колі статора (при розімкнених контактах прискорення *1п*, *2п*). При цьому статор під’єднується до мережі живлення з повним опором *Rn* у колі ротора. Це обмежує пусковий струм та збільшує початковий пусковий момент. Ротор під дією початкового пускового моменту  починає прискорюватись за штучною характеристикою *R1*.

Зі збільшенням обертів двигуна опір кола ротора необхідно зменшувати. При досягненні швидкості *n1* та зменшенні моменту на валу контактами прискорення *1п* вимикається (шунтується) перша секція (резистори *R01*), а при швидкості *n2* контактами *2п* вимикається друга секція (резистори *R02*). Пуск закінчується на природній механічній характеристиці . Секції вимикаються найчастіше автоматично.

Величини пускових резисторів і їх кількість можна розрахувати аналітичним або графічним методами.