**Приложение №2**

**«Примеры расчетов»**

**Пример расчёта мощности электродвигателя главного движения и выбор его по справочнику**

Определяем мощность резания Рzi , кВт, для каждого рабочего участка по формуле:

 Pz1=Fz1\*Vz1/60\*1000 , кВт (1) [Л1.1]

Pz1=26,47\*1450/60\*1000=6,3 кВт

Pz2=24,96\*1400/60\*1000=5,8 кВт

Pz3=21,57\*1370/60\*1000=4,9 кВт

Pz4=4,8\*2800/60\*1000=0,23 кВт

где Fzi - усилие резания каждого участка; H.

Vzi - скорость резания каждого рабочего участка; м/мин.

Определяем среднюю мощность резания Pz.ср. ,кВт, по формуле:

 Pz.ср. = Pz1+ Pz2+...+ Pzi/n , кВт (2) [Л1.1]

Pz.ср. = 17,23/4=4,30 кВт

где n - количество рабочих участков нагрузочной диаграммы (=5).

Определяем потери мощности Po ,кВт,холостого хода:

 Po=a\* Pz.ср. ,кВт (3) [Л1.1]

Po=0,12\*4,30=0,51 кВт

где а - коэффициент постоянных потерь в двигателе.

 а=0,6 (1- ηшп.ном.)/ ηшп.ном. (4) [Л1.1]

а=0,6 (1-0,83)/0,83=0,12

где η - КПД привода шпинделя при номинальной нагрузке (0,83).

Определяем эквивалентную мощность резания Рэкв. , кВт.

 Рэкв.= √∑P2zi\*tzi/Тц , кВт (5) [Л1.1]

Рэкв.= =4,47

Определяем мощность двигателя главного движения.

Рдв.г. , кВт, с учетом потерь в механических переходах по формуле:

 Рдв.г.= Рэкв./nг , кВт (6) [Л1.1]

Рдв.г.=4,47/0,92=4,86 кВт

где nг - КПД привода главного движения (0,92).

По рассчитанной мощности Рдв.г.произвести предварительный выбор двигателя главного движения с синхронной частотой 3000 об/мин, или 1500 об/мин.

Технические параметры предварительного выбранного двигателя главного движения свести в таблицу №1, соблюдая условие Рдв.г. <Pном , кВт.

Таблица№1«Выбор двигателя главного движения»

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Pном, кВт | При номинальной нагрузке | Mmax/Mн | MnMн | Mmin/Mн | InIн | J, кг\*м2 |
| n, об/мин | η, % | cosφ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4А112М4У3 | 5,50 | 1445 | 85,5 | 0,85 | 2,2 | 2,0 | 1 | 1,6 | 7,0 |

**Пример построения нагрузочной диаграммы и проверка двигателя на нагрев**

Рис. 1 Нагрузочная диаграмма Pz=f(t) привода шпинделя.

При нагрузочной диаграмме определить режим работы привода шпинделя. Для этого рассчитать время цикла Тц мин. по формуле:

 Тц=tp+to , мин (7) [Л1.1]

Тц=7,6+1,1=8,7 мин

где Тц - время цикла, мин;

tp - время обработки детали на рабочих участках, мин;

to - время паузы, мин.

Режим работы привода главного движения повторно-кратковременный, если Тц<10 мин, и продолжительный, если Тц>10 мин.

Для повторно-кратковременного режима определить

определить продолжительность включения ПВрасч. ,%, по формуле:

 ПВрасч.= tp/(tp+to)\*100% (8) [Л1.1]

ПВрасч.=2,5/(2,5+1,2)\*100%=0,67

Предварительно выбранный двигатель главного движения далее необходимо проверить по нагреву и перегрузочной способности.

Проверка выбранного двигателя по условиям нагрева.

В соответствии с нагрузочной диаграммой определяем ток In , А, при различных интервалах нагрузки по формуле:

 In=Pzi\*103/√3\*Uном\*η\*cosФ) ,А (9) [Л1.1]

In1=6,3\*103/(√3\*380\*0,85\*0,85)=13,24 А

In2=5,8\*103/(√3\*380\*0,85\*0,85)=12,19 А

In3=4,9\*103/(√3\*380\*0,85\*0,85)=10,3А

In4=0,23\*103/(√3\*380\*0,85\*0,85)=0,48 А

где Uном - напряжение номинальной сети, В.

Определяем эквивалентное значение тока Iэкв. , А, по формуле:

 Iэкв.=√I21\*t1+ I22+...+ I2n\*tn/Тц , А (10) [Л1.1]

Iэкв.=√13,242\*2,1+12,192\*1,7+10,322\*1,4+0,482\*1,3=5,26 А

Определяем номинальный токIном , А, в обмотке статора двигателя по формуле:

 Iном=Pном\*103/√3\*Uном\*η\*cosy , А (11) [Л1.1]

Iном=5,50\*103/√3\*380\*0,85\*0,85=6,80А

Проверить выполнение условия.

 Iэкв.<Iном (12) [Л1.1]

5,26<11,7

При выполнении условия предварительно выбранный двигатель удовлетворяет условиям проверки по нагреву. В противном случае необходимо выбрать двигатель большей мощности и повторить проверку.

Проверяем выбранный двигатель привода главного движения по перегрузочной способности.

В соответствии с нагрузочной диаграммой Pz=f(t) определяем наибольший момент Мнаиб. , Н\*м, нагрузки по формуле:

 Мнаиб.=9,55\*Pz.наиб.\*103/nдв.наиб. , Н\*м (13) [Л1.1]

Мнаиб.=9,55\*6,3\*103/1445=41,63 Н\*м

В соответствии с нагрузочной диаграммой Pz=f(t) (рис. 2.) определяем наибольший момент Мнаим. , Н\*м, нагрузки по формуле:

Мнаим.=9,55\*Pz.наим.\*103/nдв.наим. , Н\*м (14) [Л1.1]

Мнаим.=9,55\*0,23\*103/85,5=25,69

Определяем наименьший момент Мнаим. , Н\*м нагрузки, по формуле:

Мнаиб./ Мнаим.<0,85\* Мнакс./ Мmin. , Н\*м (15) [Л1.1]

41,63/25,69<0,85\*2,2/1

1,62<1,87

При невыполнении условия выбрать двигатель ближайшей большей мощности и повторить проверку.

**Пример расчёта мощности электродвигателей вспомогательных механизмов и выбор их по справочнику**

Определяем мощности двигателей вспомогательных механизмов.

 Pдв.= кз\*y\*Q\*Н/(ηнас\*ηn)\*103 , кВт (16) [Л1.1]

Pдв.= 1,2\*98,1\*5\*3,8/(0,7\*0,7)\*103 =0,28 кВт

где кз - коэффициент запаса 1,1-1,3;

y- плотность перекачиваемой жидкости кг/м (для холодной воды = 98,1)

Q – производительность насоса м3/сек;

Н - напор насоса, м;

η1 - КПД передачи (при непосредственном соединении насоса с двигателем = 1, при передачах 0,7-0,8);

η2 - КПД пилы0,7-0,95.

По рассчитанной мощности Рдв. произвести предварительный выбор двигателя пилы, с синхронной частотой 3000 об/мин.

Технические параметры предварительного выбранного двигателя насоса свести в таблицу №2, соблюдая условие Pдв.<Pном , кВт.

Таблица №2«Выбор двигателя насоса»

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Pном, кВт | n, об/мин | η, % | cosφ | Mmax/Mн | Mn/Mн | Mmin/Mн |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 4А63А2У3 | 0,37 | 2750 | 70 | 0,86 | 2,2 | 2 | 1,2 |

**Пример построения характеристик электродвигателей**

Определим номинальную угловую скорость рад/с двигателя главного движения по формуле:

Wном=2\*3,14\*975/60= 102,05 рад/с (19)

Определим скорость идеального холостого хода Wо по формуле:

Wо=2П\*f1/p (20)

где f1 – частота тока 50 Гц

p – число пар полюсов

Wо=2\*3,14\*50/2=157 рад/с

Определим номинальное скольжение по формуле:

Sном=(nc-nном)/n (21)

где nc – синхронная частота вращения вала двигателя

Sном=(1440- 975)/1440=0,03 об/мин

Задаваясь рядом значений S от 1, определяем соответствующие значение момента, а также значение угловой скорости:

М1=2\*224,94/(0,09/1+1/0,09)=37,2

М2=2\*224,94/(0,09/0,8+0,8/0,09)=49,9

W2=1500\*(1-0,8)=300 рад/с

М3= 2\*224,94/(0,09/0,6+0,6/0,09)=67,7

W3=1500\*(1-0,6)=600 рад/с

М4=2\*224,94/(0,09/0,4+0,4/0,09)=95,2

W4=1500\*(1-0,4)=900 рад/с

М5=2\*224,94/(0,09/0,3+0,3/0,09)=125

W5=1500\*(1-0,3)=1050 рад/с

М6=2\*224,94/(0,09/0,2+0,2/0,09)=169,8

W6=1500\*(1-0,2)=1200 рад/с

М7=2\*224,94/(0,09/0,1 +0,1/0,09)=224,9

W7=1500\*(1-0,1)=1350 рад/с

Результаты расчета номинальной угловой скорости и момента заносим в таблицу №5.

Таблица №5. «Зависимость вращения момента от скорости»

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| S | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| М,Н\*м | 37,2 | 49,9 | 67,7 | 95,2 | 125 | 169,8 | 224,9 |
| W, рад/с | 0 | 300 | 600 | 900 | 1050 | 1200 | 1350 |

Исходя из данных расчета таблицы №5 был построен динамический график электродвигателя.

М

240

220

200

180

160

140

120

100

80

60

40

 1 0,8 0,6 0,4 0,3 0,2 0,1S

Рисунок №3 Динамический график электродвигателя

**Пример расчета и выбора электрических аппаратов**

Номинальный ток автоматического выключателя должен быть больше расчетного тока.

 Iном ≥ Iрасч,А (17) [Л1.1]

Уставка теплового расцепителя находится из условия:

 Iуст ≥ 1,6 \* Iрасч, А (18) [Л1.1]

Автоматические выключатели предназначены для защиты электроустановок.

Рассчитываем автоматический выключатель.

Определяем расчетный ток по формуле:

 Iрасч=Iрасч.1+Iрасч.2, А (19) [Л1.1]

Iрасч=11,57А

Определяем уставку тепловогорасцепителя по формуле:

 Iуст=1,6\*Iрасч, А (20) [Л1.1]

Iуст=1,6\*11,57=18,51 А

По каталогу предварительно выбираем автоматический выключатель и заносим данные в таблицу №3.

Таблица №3«Выбор автоматического выключателя»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Серия | Номинальный ток автомата, А | Номинальный ток уставки расцепителя, А |
| 1 | 2 | 3 |
| АЕ2000 | 25 | 20 |

При выборе плавких вставок предохранитель для электродвигателей со значительными пусковыми токами превращающие номинальные токи, вводится коэффициент снижения пускового тока.

При легких пусках он равен 2,5 , при тяжелых пусках 1,6.При защите одного двигателя ток плавкой вставки находиться из условия:

 Iвс ≥ Iпуск/2,5 (21) [Л1.1]

Iвс ≥ 69,42/2,5=27,76

Предохранитель – коммутационный электрический аппарат предназначенный для защиты электрических цепей от токов перегрузки и коротких замыканий.

Определяем предохранитель для элекродвигателя главного движения.

Определяем расчетный ток по формуле:

 Iрасч.1=Pном\*103/√3\*Uн\*cosФ\*η ,А (22) [Л1.1]

Iрасч.1=5,50\*103/√3\*380\*0,85\*0,85=11,57А

Определяем пусковой ток по формуле:

 Iпуск= 6 \* Iрасч1, А (23) [Л1.1]

Iпуск= 6 \* 11,57 = 69,42 А

Определяем ток плавкой вставки по формуле:

 Iвс= Iпуск/2,5 , А (24) [Л1.1]

Iвс=69,42/2,5=27,76 А

Рассчитываем предохранитель для двигателя насоса.

Определяем расчетный ток по формуле:

Определяем пусковой ток по формуле:

 Iпуск= 6 \* Iрасч1, А (26) [Л1.1]

Iпуск= 6 \* 1,7 = 10,2 А

По каталогу предварительно выбираем предохранители и заносим данные в таблицу №4.

Таблица №4«Выбор предохранителей»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип предохранителя | Iрасч, А | Iном, А | Iпл.вс,А |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ПР-2 | 11,57 | 60 | 35 |

Магнитный пускатель – это электрический аппарат, предназначенный для пуска, остановки, реверса и защиты электродвигателя от токов перегрузки и понижения напряжения.

Рассчитываем магнитный пускатель для электродвигателя главного движения.

Определяем номинальный ток по формуле:

 Iном=1,1 \* Iрачс.1, А (28) [Л1.1]

Iном=1,1 \* 11,57=12,72 А

Определяем номинальный ток по формуле:

По каталогу предварительно выбираем магнитные пускатели и заносим данные в таблицу №5.

Таблица №5«Выбор магнитных пускателей»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип | Iном,А | Габаритные размеры мм | Наличие теплового реле |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ПМЛ2100 | 25 | 80,6х56х94,1 | есть |

Тепловое реле – это электрический аппарат, предназначенный для защиты электродвигателей от токовой перегрузки.

Рассчитываем тепловое реле для электродвигателя главного движения.

Определяем расчетный ток по формуле :

 Iрасч.1=5,50\*103/√3\*380\*0,85\*0,85=11,57А (30) [Л1.1]

Определяем уставку теплового расцепителя по формуле :

 Iуст=1,6 \* Iрасч.1,А (31) [Л1.1]

Iуст=1,6 \* 11,57 = 18,57 А

По каталогу предварительно выбираем тепловое реле и заносим данные в таблицу №6.

Таблица №6 «Выбор тепловых реле»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип реле | Iном, А | Предел регулирования номинального тока уставки |
|
| 1 | 2 | 3 |
| РТЛ1023-2 | 25 | 17-25 |

Выбор трехобмоточного понижающего трансформатора

Таблица№7«Выбор понижающего трансформатора»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип трансформатора | Номинальная мощность, кВ\*А | Ток холостого хода, % | Напряжение короткого замыкания, % | КПД, % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ОСМ1-0,063 | 0,063 | 24 | 13,0 | 83,0 |

**Пример расчета и выбора питающего провода**

Провод – это металлический проводник, который состоит из одной (одножильный) или нескольких проволок (многожильный), предназначен для передачи электроэнергии.

Расчётный ток находим по формуле:

Ip=P/(√3\* 380\* ƞ\* cosϕ) (34) [Л1.1]

Iрасч.1=5,50\*103/√3\*380\*0,85\*0,85=11,57А

Iр2=0,37/(√3\* 380\* 0,7\* 0,86)=0,93 А

Определяем номинальный ток, А, по формуле:

 Iном=Iрасч\*1,6

Iном1=11,57\*1,6=18,51

Iном2=0,37\*1,6=0,59

Таблица№8«Выбор сечения питающих проводов»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Pном, кВт | Iном, А | Iдоп, А | Марки и сечение |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Двигатель главного движения | 5,5 | 18,51 | 25 | 4ПВ-2 1х2,5 мм2 |
| Двигатель наноса | 0,37 | 0,93 | 25 | 4ПВ-2 1х2,5 мм2 |