Министерство образования Российской Федерации

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

Кафедра «Системы автоматизированного управления электроприводами»

**Курсовой проект**

по дисциплине

“Автоматизированный электропривод промышленных установок и технологических комплексов”

На тему: Расчет характеристик электропривода насоса Д5000-32-2 для 2-х способов регулирования производительности.

Проверил:

профессор, к.т.н.

Ларионов Владимир Николаевич

Чебоксары, 2005

**Содержание**

1. Введение

2. Построение характеристик насоса для скоростей, отличных от номинальной и характеристики магистрали

3. Расчет и выбор электродвигателя и асинхронно-вентильного каскада

4. Расчет и построение механических характеристик .

5. Расчет потерь скольжения, потерь в асинхронно-вентильном каскаде и потерь в роторе

6. Расчет мощности, потребляемой из сети приводом при регулировании задвижкой и с помощью асинхронно-вентильного каскада .

7. Список использованной литературы

**1. Введение**

Современное промышленное и сельскохозяйственное производство, транспорт, коммунальное хозяйство, сферы жизнеобеспечения и быта связанны с использованием разнообразных технологических процессов, большинство из которых основано на применении рабочих машин и механизмов, разнообразие и число которых огромно. Там, где применяются технологические машины – используется электропривод. Практически все процессы, связанные с движением с использованием механической энергии, осуществляются электроприводам. Исключение составляют лишь некоторые транспортные и сельскохозяйственные машины (автомобили, тракторы и др.), но и в этой области перспективы использования электропривода стали вполне реальны.

Электропривод – главный потребитель электрической энергии. В развитых странах на долю электропривода приходится свыше 60% всей вырабатываемой электроэнергии.

Электроприводы различны по своим техническим характеристикам: по мощности, скорости вращения, конструктивному исполнению и другим. Мощность электроприводов прокатных станов, компрессоров газоперекачивающих станций и ряда других уникальных машин доходит до нескольких тысяч киловатт. Мощность электроприводов, используемых в различных приборах и устройствах автоматики, составляет несколько ватт. Диапазон мощности электроприводов очень широк. Также велик диапазон электроприводов по скорости вращения.

Большинство производственных рабочих машин и механизмов приводится в движение электрическими двигателями. Двигатель вместе с механическими устройствами (редукторы, трансмиссии, кривошипно-шатунные механизмы и др.), служащими для передачи движения рабочему органу машины, а также с устройствами управления и контроля образует электромеханическую систему, которая является энергетической, кинематической и кибернетической (в смысле управления) основой функционирования рабочих машин.

В более сложных технологических машинных комплексах (прокатные станы, экскаваторы, обрабатывающие центры и другие), где имеется несколько рабочих органов или технологически сопряженных рабочих машин, используется несколько электромеханических систем (электроприводов), которые в сочетании с электрическими системами распределения электроэнергии и общей системой управления образуют электромеханический комплекс.

Большие скорости обработки, высокая и стабильная точность выполнения технологических операций потребовали создания высокодинамичных электроприводов с автоматическим управлением. Стремление снизить материальные и энергетические затраты на выполнение технологических процессов обусловило необходимость технологической и энергетической оптимизации процессов; эта задача также легла на электропривод. На этапе технического развития машинного производства, достигнутого к концу XX века, электромеханические комплексы и системы стали определять технологические возможности и технический уровень рабочих машин, механизмов и технологических установок.

Создание современных электроприводов базируется на использовании новейших достижений силовой электротехники, механики, автоматики, микроэлектроники и компьютерной техники. Это быстро развивающиеся области науки, что определяет высокую динамичность развития электромеханических систем.

В последние годы с появлением доступных технических средств для регулирования скорости асинхронных двигателей для привода насосов в системах тепло- и водоснабжения стали применятся регулируемые электроприводы.

Электропривод насоса выполняет две функции: преобразует электрическую энергию в механическую, необходимую для подачи воды потребителю, и управляет работой установки таким образом, чтобы поддерживать требуемую величину напора и расхода воды.

Автоматизированный электропривод получил в последние десятилетия интенсивное ускоренное развитие. Это определяется, в первую очередь, общим прогрессом машиностроения, направленным на интенсификацию производственных процессов, их автоматизацию, повышение точностных характеристик и других технических требований, связанных с обеспечением стабильности качества производимой продукции.

Вторым обстоятельством, обусловившим развитие электропривода, явилось распространение его применения не только на промышленное производство, но и на другие сферы, определяющие жизнедеятельность человека: сельское хозяйство, транспорт, медицину, электробытовые установки и др.

Третья причина связана с наметившимся переходом от экстенсивного развития производства электрической энергии к более эффективному ее использованию. Повышение эффективности электромеханического использования электроэнергии всецело зависит от совершенствования электропривода.

**2. Построение характеристик насоса для скоростей, отличных от номинальной и характеристики магистрали**

Исходные данные:

(η,4\*%)

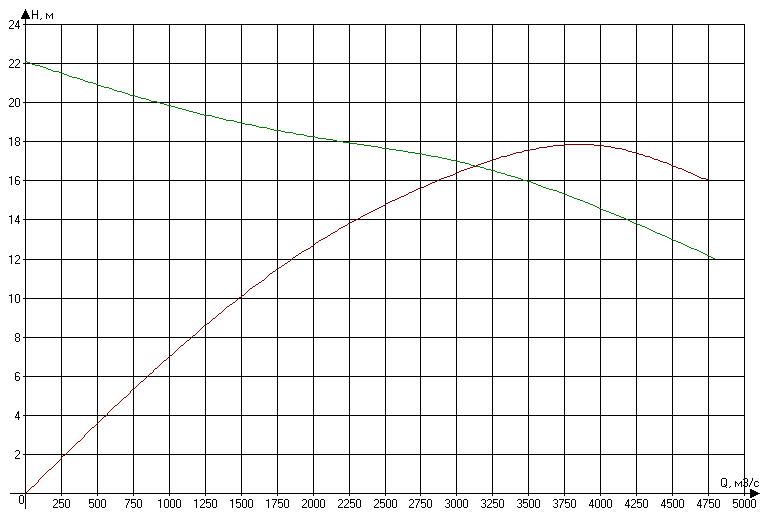


Рис. 2.1 Характеристика насоса Д5000-32-2; n=585об/мин.

Производительность и напор находятся по формулам:

, . (2.1)



Номинальные значения производительности и напора соответствуют значениям на характеристике насоса для номинальной скорости.



Рассчитаем характеристику насоса для различных скоростей по формулам 2.1. Результаты занесем в таблицу 2.1.

Далее рассчитаем характеристику магистрали по двум точкам. По заданию известно, что статический напор м. Также известно, что при м3/ч напор м. Известно, что:



(2.2)



Определим . Из формулы (2.2) имеем:



,



Получим:

.



Тогда зависимость для магистрали выражается формулой:



(2.3)



Используя формулу (2.3) рассчитаем несколько точек магистрали. Результаты занесем в таблицу 2.2.

Таблица 2.1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка | | 1 | 2 | 3 |
|  | Q,м3/ч | 900 | 3000 | 4800 |
| Н, м | 20 | 17 | 12 |
|  | Q,м3/ч | 630 | 2100 | 3360 |
| Н, м | 9,8 | 8,33 | 5,88 |
|  | Q,м3/ч | 720 | 2400 | 3840 |
| Н, м | 12,8 | 10,88 | 7,68 |
|  | Q,м3/ч | 810 | 2700 | 4320 |
| Н, м | 16,2 | 13,77 | 9,72 |

Таблица 2.2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Q,м3/ч | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 |
| Н, м | 8 | 8.495 | 9.98 | 12.455 | 15.92 | 20.375 | 25.82 |

По точкам из таблиц 2.1 и 2.2 построим семейство характеристик насоса для скоростей от *ωН* до 0,7*ωН* и характеристику магистрали (рис.2.2).

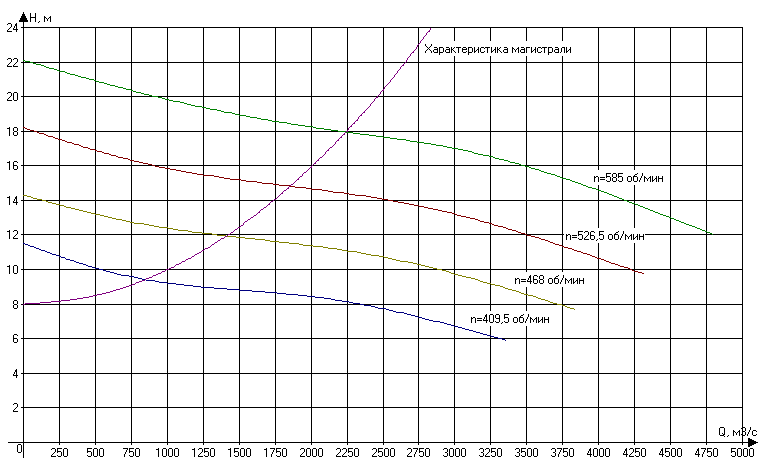


Рис. 2.2 Характеристики насоса для скоростей отличных от номинальной и характеристика магистрали.

**3. Расчет и выбор электродвигателя и преобразователя частоты**

Мощность насоса в кВт в рабочей точке определяется по формуле:

, (3.1)



где *НН* [м], *QH* [м3/ч] и *ηН* - значения напора, производительности и КПД, соответствующие точке пересечения характеристики насоса и магистрали;

- плотность перекачиваемой среды в кг/м3;



Получим:

кВт.



Двигатель выбираем исходя из условия:



Выберем двигатель серии АК с фазным ротором:

Тип двигателя – АК12-42-10 УХЛ4

Синхронная частота вращения – nН=600 об/мин.

Номинальная мощность – РН=200 кВт.

Напряжение статора – U1л=6000 В.

Напряжение ротора – Е2к=500 В.

Ток ротора – I2=270 А.

Номинальный КПД – η H=91,0 %.

Номинальное скольжение 2.5%

Номинальный cosφ – cosφн =0.79

Отношение максимального момента к номинальному – ММАХ/ ММIN=2.4.

Электродвигатели переменного тока с фазным ротором серии АК предназначены для привода механизмов:

– требующих регулирования частоты вращения (ленточных конвейеров и др.);

– не требующих регулирования частоты вращения, но с тяжелыми условиями пуска (вентиляторов, цементных и угольных мельниц и др.)

Двигатели предназначены для работы от сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 6000 В. Номинальный режим работы — продолжительный (S1). Пуск двигателей серии АК осуществляется как вручную с помощью пускового реостата, так и автоматически с помощью магнитной станции. Пусковой реостат или магнитная станция по требованию заказчика могут поставляться комплектно с электродвигателем.

Двигатели допускают два пуска подряд из холодного состояния и один пуск из горячего состояния. Конструктивное исполнение двигателей по способу монтажа - горизонтальное, без фундаментной плиты, с двумя щитовыми подшипниками, с одним свободным концом вала для соединения с рабочим механизмом при помощи полумуфты. Двигатели выполняются защищенными. Предназначены для работы с самовентиляцией в закрытых помещениях с нормальной окружающей средой. Изоляционные материалы обмотки статора класса нагревостойкости не ниже «В».

Обмотка статора имеет шесть выводных концов, закрепленных на четырех изоляторах в коробке выводов. Схема соединения фаз — звезда.

Коробка выводов статора располагается с правой стороны, если смотреть на свободный конец вала (левое расположение указывается в заказе). Двигатели допускают правое и левое направления вращения. Изменение направления вращения осуществляется только из состояния покоя.

Структура условного обозначения:

АК — ХХ -ХХХ-Х-ХХХХ4

АК — асинхронный двигатель с фазным ротором

ХХ — габарит электродвигателя

ХХХ — полная длина сердечника статора в см

Х — число полюсов

ХХХХ — климатическое исполнение

4 — категория размещения

Степень защиты IP01

Форма исполнения 1M1001

Способ охлаждения IC01

Режим работы S1

Двигатели могут изготавливаться на напряжение 3000В.

Регулирование скорости двигателя осуществляется с помощью асинхронно-вентильного каскада.

Исходя из мощности двигателя выбираем АВК:

Тип АВК – ЭКА4-630-380.

Напряжение питания инвертора – UПИТ=380 В.

Номинальная мощность преобразователя – РН=500 кВт.

Номинальный фазный ток ротора – I2=435 А.

Рабочее линейное напряжение ротора – U2, ЛИН=680 В.

Электроприводы по схеме асинхронного вентильного каскада ЭКА-4 предназначены для регулирования скорости асинхронных электродвигателей с фазным ротором мощностью до 5000 кВт с отдачей энергии скольжения в питающую сеть и могут быть использованы для изменения производительности насосных агрегатов и поддержания давления на их выходе, а также в ряде других производственных механизмах с тяжелыми условиями пуска и частичным диапазоном регулирования скорости (дробилки, цементные вращающиеся печи и др.).

Электроприводы включают в себя тиристорно-диодный агрегат со сглаживающим дросселем и согласующим трансформатором (при питании агрегата от высоковольтной сети), блоки пусковых резисторов, станцию управления пуском и остановом электродвигателя, а также шкаф управления переключением на резервный электродвигатель и шкаф управления пуском резервного электродвигателя на пусковых резисторах.

Предусмотрено местное управление электродвигателями со станции управления и дистанционное – с пульта управления.

Электроприводы выполнены с применением микроконтроллеров серии PIC, имеют связь с ЭВМ высшего уровня по каналу RS 485.

Имеется защита роторных цепей электродвигателя от перенапряжений при исчезновении напряжения питания с высокой стороны.

Электроприводы позволяют:

существенно экономить электроэнергию;

избежать частых пусков электродвигателя при изменении подачи в замкнутых по уровню системах регулирования водоснабжения;

уменьшить эксплуатационные и капитальные затраты по сравнению с высоковольтными частотно-регулируемыми электроприводами, поскольку установленная мощность электрооборудования определяется диапазоном регулирования скорости.

**4. Расчет и построение механических характеристик**

Как известно, мощность насоса определяется по формуле:

; (4.1)



Разделив обе части этого равенства на скорость, получим выражения для момента в зависимости от скорости

; (4.2)



Используя полученную формулу, построим механическую характеристику насоса. Для этого находим по графику *Q, H, η,* соответствующие точке пересечения характеристики магистрали и характеристики насоса для одной из скоростей.

кНм,



с-1, а



об/мин.



кНм,



с-1.



кНм,



с-1.



кНм,



с-1.



Таким образом, статическая механическая характеристика насоса имеет вид, изображенный на рис.4.1.

Определим показатель степени *k*. Показатель степени *k* определим по формуле:

(4.3)

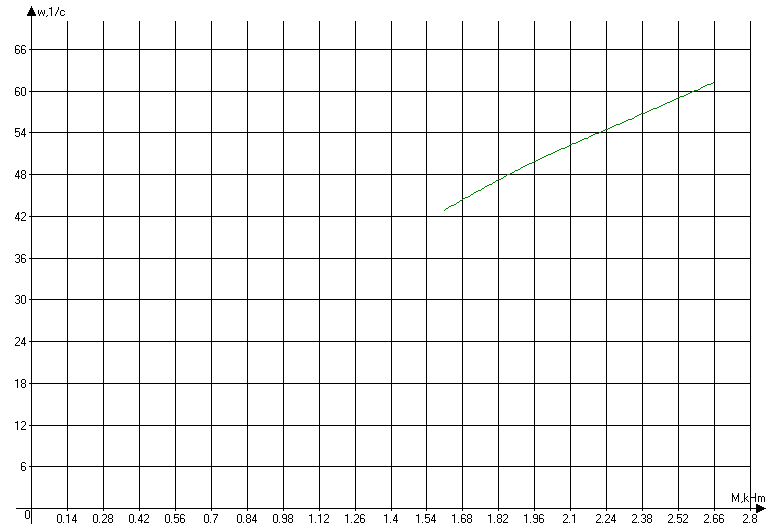


Рис. 4.1 Статическая механическая характеристика насоса

Найдем из рис. 2.2 производительности и напоры, соответствующие двум разным скоростям, например и .



с-1;



м;



м3/ч;



с-1;



м;



м3/ч;



Подставляя полученные значения в формулу (4.3) получим:

.



Таким образом, статическая механическая характеристика насоса принимает вид:

, где



Нм.



Номинальный момент двигателя:

Нм.



Для построения семейства механических характеристик двигателя при регулировании скорости с помощью асинхронно-вентильного каскада будем использовать следующее выражение:

,



Где - скольжение холостого хода;



- индуктивное сопротивление рассеяния фазы двигателя, приведенной к обмотке ротора;



Принебрегая активным сопротивлением статора, т.е. полагая , что допустимо для двигателей большой мощности получим:



, (4.4)



где . Здесь - активное сопротивление ротора.



Найдем сопротивление ротора по формуле:

Ом, где



кВт.



Найдем индуктивное сопротивление рассеяния фазы двигателя, приведенной к обмотке ротора из формулы:



,



Т.к. Мmax/ Мн=2.4, то Нм.



Тогда Ом.



Тогда .



Меняя в формуле (4.4) , строим регулировочные характеристики при регулировании с помощью АВК.

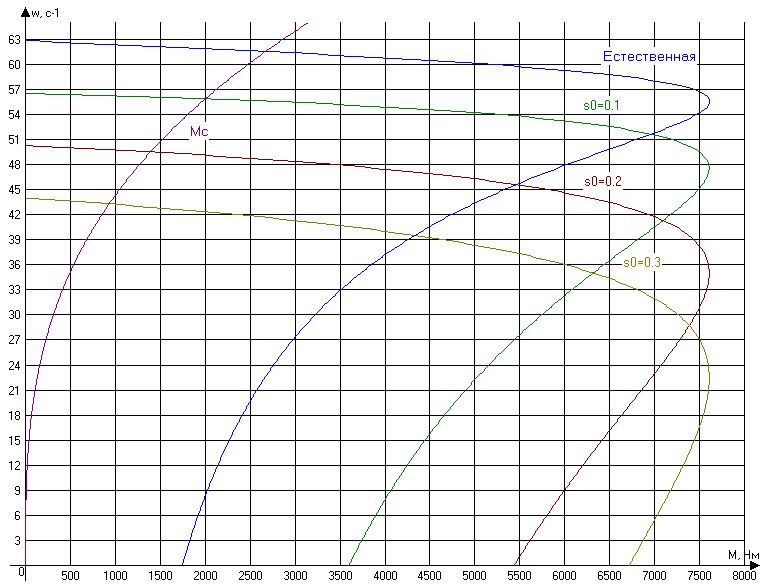


Рис 4.2 Регулировочные характеристики при регулировании с помощью АВК и статическая механическая характеристика насоса.

**5. Расчет потерь скольжения, потерь в асинхронно-вентильном каскаде и потерь в роторе**

Потери в роторе определяются из выражения

.



Известно, что на линейном участке механической характеристики асинхронного двигателя, момент прямо пропорционален току ротора, тогда из выражения



следует, что

.



В этом случае, формула для потерей в роторе принимает вид

.



Потери скольжения определяются как

Или



.



Потери в асинхронно-вентильном каскаде определяются как

.



Подставляя в это выражение и , получим



,



где .



Тогда потери в АВК определятся по формуле:

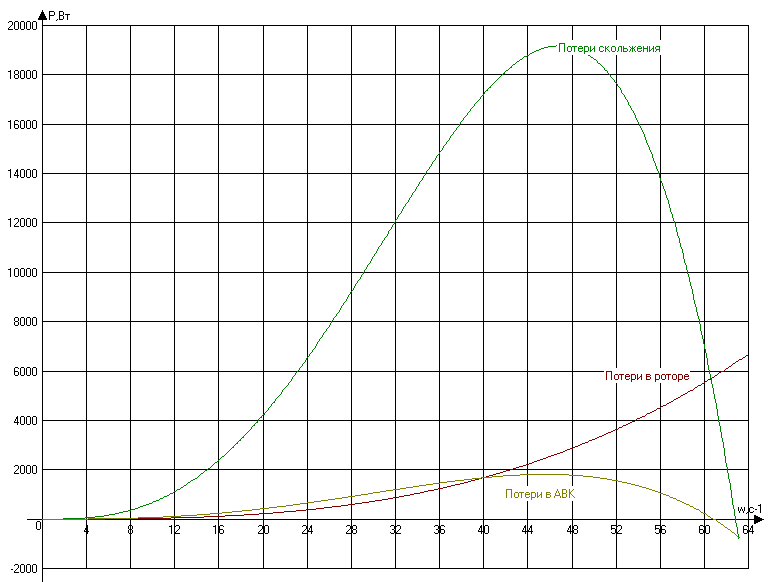


Рис 5.1 Потери скольжения, потери в роторе и в АВК

**6. Расчет мощности, потребляемой из сети приводом при регулировании задвижкой и с помощью асинхронно- вентильного каскада**

Мощность, потребляемая асинхронным двигателем из сети, определяется как

.



Для построения графика зависимости находим на характеристике насоса (рис.2.1) при номинальной скорости двигателя напор и КПД, соответствующие заданной производительности и подставляем в приведенную выше формулу. Далее из рис.2.1 и 2.2 находим напор и КПД для работы при других скоростях. Таким образом, получим несколько точек искомой зависимости (табл.6.1), по которым и построим график зависимости мощности, потребляемой асинхронным двигателем от производительности насоса (рис.6.1).



При работе с номинальной скоростью получим

, , , тогда



кВт.



Таблица 6.1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2250 | 1825 | 1425 | 825 |
|  | 18 | 14.8 | 12 | 9.5 |
|  | 0.68 | 0.6 | 0.47 | 0.33 |
|  | 177.99 | 134.53 | 108.73 | 70.98 |

Мощность, потребляемая из сети, определяется как

.



При регулировании скорости с помощью АВК часть энергии скольжения теряется в роторе и в АВК, а часть возвращается обратно в сеть.

Найдем мощность, возвращаемую в сеть:



.



Таким образом, с учетом отдачи части энергии скольжения обратно в сеть, мощность, потребляемая из сети, определится как

.



Т.к. скорость двигателя прямо пропорциональна производительности

,



тогда подставив это равенство в выражение для мощности, потребляемой из сети, получим

.

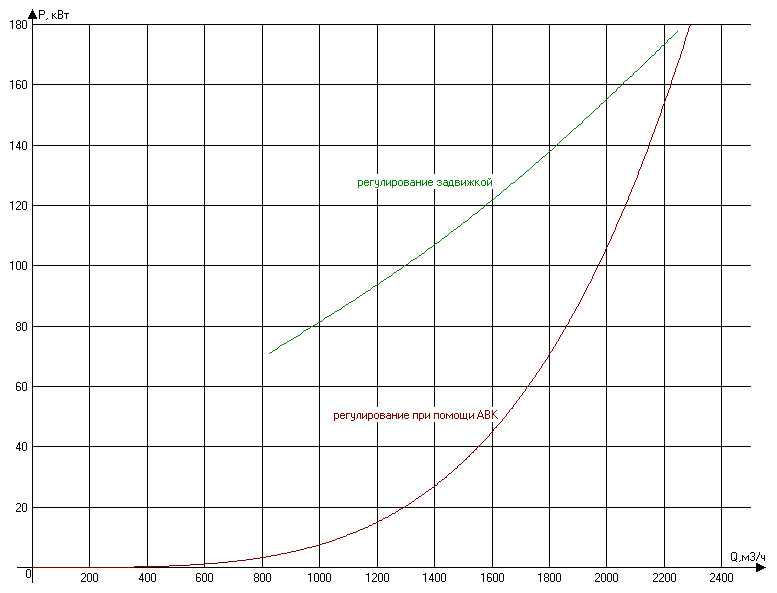


Рис. 6.1. Зависимость мощности, потребляемой из сети приводом при регулировании задвижкой и с помощью асинхронно-вентильного каскада, от производительности

Таким образом, при регулировании производительности насоса с помощью АВК имеется значительный выигрыш электроэнергии по сравнению с регулированием задвижкой.

**7. Список использованной литературы**

1. Соколов М.М. «Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов» М.:Энергия, 1976 г.
2. Ключев В.И. «Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов» М.:Энегрия, 1980 г.
3. Конспект лекций.