СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Расчетно-графическая работа № 1

по дисциплине: «Основы электропривода» и «Автоматизированный электропривод»

на тему:

**«Расчет механических характеристик асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором»**

Выполнил: студент гр.ЭСЭ 24-в

Левицкий П.В.

Проверил: доцент

технич. наук Назаренко В.Н.

Севастополь 2009

**Тема:** РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (АД) С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

**Учебная цель:**

1) Закрепить и углубить теоретические знания по определению свойств электродвигателей электроприводов по их механическим характеристикам.

2) Освоить методики расчета механических характеристик электроприводов в двигательном и тормозном режимах.

**Содержание работы:**

1) Рассчитать параметры обмотки статора и ротора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

2) Произвести расчет механической характеристики асинхронного двигателя в двигательном режиме по приближенной формуле М.Клосса.

3) Произвести расчет механической характеристики асинхронного двигателя в режиме динамического торможения.

4) Построить механические характеристики исполнительного механизма и асинхронного двигателя в двигательном и тормозном режимах.

**Примечание:**

1) Технические данные двигателей нормального исполнения представлены в табл. и



2) Динамическое торможение асинхронного двигателя производиться по схеме соединения обмоток статора в звезду табл.



3) При расчете механической характеристики асинхронного двигателя в режиме динамического торможения принять



4) Момент сопротивления исполнительного механизма



**1.1 Особенности расчета характеристик и определение параметров асинхронных короткозамкнутых двигателей по каталожным данным**

Параметры АД являются переменными, изменяющимися в зависимости от скольжения машины, что определяется насыщением зубцового слоя и вытеснением тока ротора. Изменение параметров АД значительно затрудняет расчет их механических характеристик. *Механической характеристикой называется зависимость частоты вращения ротора двигателя или скольжения от момента, развиваемого двигателем при установившемся режиме работы: n=f(M) или s=f(M).[4]*

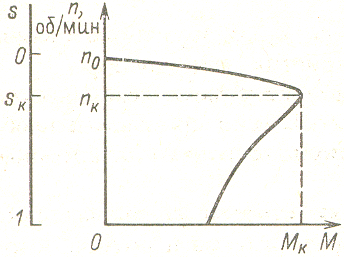


Рис.1.Механическая характеристика АД

В последующих расчетах характеристик АД в различных схемах включения основное внимание уделяется учету влияния изменения Rиндукт контура намагничивания, т.к. оно определяет точность расчетов. Характер изменения остальных параметров схемы замещения или не учитывается, или учитывается косвенно.

*Схема замещения АД представляет собой электрическую схему, в которой вторичная цепь (обмотка ротора) соединена с первичной цепью (обмотка статора) гальванически вместо магнитной связи, существующей в двигателе.[4]*

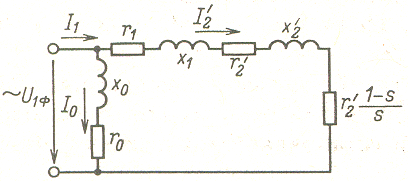


Рис.2. Схема замещения АД

В каталогах на двигатели параметры схем замещения не указываются, а приводимые данные относятся к номинальному режиму работы. И хотя каталожных данных в ряде случаев достаточно для расчета механических характеристик, эти расчеты не всегда точны. Ниже приводятся выражения, позволяющие рассчитывать параметры схем замещения АД, а также ряд других параметров по приводимым в каталогах данным: линейному напряжению и линейному току статора, номинальным значениям мощности , частоты вращения , коэффициента мощности , и КПД , числу пар полюсов , кратностям максимального и пускового тока (приложение – таблица )



**1.2** **Исходные данные**

Технические данные односкоростных электродвигателей серии МАП нормального исполнения на 1000 об/мин.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Тип  Электро-  двигателя | Мощность, кВт | Частота вращения, об/мин | Номинальный ток при 380 В, А | Момент, Н·м | | Пусковой ток при 380 В, А | Коэффициент мощности | Массогабаритные показатели, кг·м2 | КПД, % |
| максимальный | пусковой |
|  |  | Pн | nн | Iн | Мmax | Мп | Iп | сosнφ | GD2 | η |
| Синхронная частота вращения n0=1000 об/мин | | | | | | | | | | |
| 12 | МАП 221-6 | 4,0 | 890 | 11,8 | 150 | 130 | 46 | 0,78 | 0,19 | 83 |

**1.3 Расчеты параметров обмоток статора и ротора**

1. Критическое скольжение двигателя.

Одной из важных точек механической характеристики, представляющей интерес при анализе работы и выборе АД, является точка, где момент, развиваемый двигателем, достигает наибольшего значения. Эта точка имеет координаты nкр,sкр,Mmax (рис.1.) Значение критического скольжения sкр, при котором двигатель развивает максимальный (критический) момент Mmax определим по формуле.

, (1.1)



- кратность критического (максимального) момента;



Номинальный момент асинхронного двигателя рассчитывается по выражению:

,



где - номинальное значение мощности ,



- номинальное значение угловой скорости вращения .



,



следовательно

,



следовательно



Величину , где σ1 - коэффициент первичного рассеяния, принимают приближенно равной 1 для двигателей нормального исполнения.



Подставим полученные значения в формулу (1).



1,686



Поскольку Принимаем



2) Ток намагничивания двигателя в номинальном режиме.

(1.2)



- по условию sin²φ+cos²φ=1 отсюда sin²φ =1- cos²φ; sinφ =√1- cos²φ;



sinφ =√(1- 0,78²)=0,62578

(А)



3) Относительное значение номинального тока ротора.

(1.3)



0,784703



отсюда- приведенное значение номинального тока ротора



4) Пусковой ток ротора.

(1.4)



- кратность пускового тока двигателя.



5) Приведенное активное сопротивление ротора.

, (1.5)



- приведенное значение номинального тока ротора из выражения (3).



- скорость вращения идеального холостого хода.



-число пар полюсов электродвигателя, отсюда



-частота питающего напряжения=50Гц



6) Полное сопротивление короткого замыкания.

,



- фазное напряжение асинхронного двигателя. (1.6)



7) Коэффициент мощности при пуске асинхронного двигателя.

, (1.7)



- кратность пускового момента двигателя;



-номинальное значение КПД двигателя (по усл);



- отношение потерь в меди статора к суммарным потерям в номинальном режиме.



0,72



8) Коэффициент первичного рассеяния

. 1,069 (1.8)



9) Активное сопротивление обмотки статора

(1.9)



- из пункта 5; Zк- из пункта 6; cosφ из пункта 7; - из пункта 8. 1,943 (Ом)



10) Индуктивное сопротивление обмотки статора двигателя, определяемое по номинальному режиму.

(1.10)



0,726 (Ом)



11) Индуктивное сопротивление двигателя, определяемое по пусковому режиму.

(1.11)



отсюда



12) Приведенное индуктивное сопротивление обмотки ротора

(1.12)



**2. Расчет механической характеристики асинхронного двигателя в двигательном режиме**

Особенностью работы АД в двигательном режиме является незначительное изменение скольжения двигателя на рабочей части его механической характеристики (*s<0,8sк*). Это обстоятельство позволяет считать параметры АД неизменными и, как следствие, производить инженерные расчеты механической характеристики по упрощенным формулам. При этом, активным сопротивлением обмотки статора пренебрегают.

1) Критическое скольжение двигателя

, (2.1)



0,11\*6,839797 =0,752;



Задаемся текущими значениями скольжения в пределах



Зададим для скольжения произвольный шаг, например: 0,037.

2) Текущее значение частоты вращения определяют по формуле:

(2.2)



результат заносим в таблицу 1



Вычисления n при других s производим с помощью формулы в программе Excel.

Остальные результаты вычисления также заносим в таблицу 1

3) Момент асинхронного двигателя по формуле М.Клосса

, -текущее значение скольжения асинхронного двигателя. (2.3)



результат заносим в таблицу 1

Остальные результаты вычисления для другого S также заносим в таблицу 1

4) Критическое значение частоты вращения определяем по формуле:

(2.4)



Таблица 1.



Примечание:

Характерными точками механической характеристики вне рабочей части ее являются точки с координатами , , , то есть точки с координатами , , .



**3. Расчет механической характеристики асинхронного двигателя в режиме динамического торможения**

**3.1 Принцип работы асинхронного двигателя в режиме динамического торможения.** **Схемы динамического торможения**

Термин «динамическое торможение» определяет режим работы асинхронного двигателя, при котором в обмотку статора подается постоянный ток, а ротор вращается либо за счет энергии, поступающей со стороны вала от постороннего источника потенциальной энергии, либо за счет запаса кинетической энергии. Тормозной момент образуется в результате взаимодействия неподвижного потока статора с током, вызванным этим потоком во вращающемся роторе.

Существующие схемы динамического торможения приведены в табл. Они могут быть разделены на две группы:



1) несимметричные, в которых токи, протекающие по обмоткам статора, не равны по величине или не одинаковы по направлению (схемы I-V и VIII табл. );



2) симметричные, в которых токи, протекающие по обмоткам, равны по величине и одинаковы по направлению (схемы VI и VII табл.



По принципу действия симметричные и несимметричные схемы различаются тем, что в несимметричных схемах тормозное поле создается, в основном, первой гармоникой суммарной МДС.

В симметричных схемах основным тормозным полем является суммарное поле третьих гармоник. В табл. наряду с основными схемами подключения постоянного тока приведены значения сумм первых и третьих гармоник МДС.



**3.2 Основные соотношения для расчета механических характеристик динамического торможения**

В основе расчетов характеристик динамического торможения лежит рассмотрение эквивалентного режима асинхронного двигателя. Для равенства эквивалентного двигательного и тормозного моментов должны быть равны МДС, создаваемые постоянным и эквивалентным переменными токами. Из этого условия определяются соотношения между эквивалентным и постоянным токами. Эти соотношения приведены в табл.



1) Момент асинхронного двигателя.

; -относительная скорость вращения АД.



2) Приведенный ток ротора в соответствии со схемой замещения асинхронного двигателя.

.



3) Расчетное значение момента асинхронного двигателя.



**3.3 Графоаналитический метод расчета механической характеристика динамического торможения**

Расчет выполняется графоаналитическим методом в следующей последовательности:

1) Заполняем первый столбец таблицы 2. Задаемся значениями тока намагничивания в относительных единицах в пределах , , где-значение тока холостого хода в двигательном режиме при номинальном напряжении.



2) Заполняем второй столбец таблицы 2.

по универсальной кривой намагничивания (рис.3)



определяют в зависимости от i0, значения e заносим во второй столбец.



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **e** |  | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0.5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **i0** |
| 0 |  |  |  | 2.0 | |  |  | 4.0 | |  |  |

Рис. 3. Универсальная кривая намагничивания асинхронных двигателей:1- крановой серии; 2- нормальной серии; (по рис. )



3) Заполняем третий столбец таблицы 2.

Рассчитываем

, для различных e и i0



где - номинальная ЭДС фазы статора;



Для первой пары значений e и

i0:



И далее



Для принятого значения постоянного тока и выбранной схемы подключения определяем значение эквивалентного тока по данным табл. (в данном случае принимают);



4) Заполняем четвертый столбец таблицы 2.



Для первой пары значений: и далее:



5) Заполняем пятый столбец таблицы 2.



Для первой строки



6) Заполняем шестой столбец таблицы 2.

и далее для всех значений



I0=



Для первой строки и далее:



7) Заполняем седьмой столбец таблицы 2.



Для первой строки:



Для удобства транспонируем столбец в строку:



8) Заполняем восьмой столбец таблицы 2.

Для первой строки



и далее транспонируем столбик в строку:



9) Заполняем девятый столбец таблицы 2.



Для первой строки



и далее транспонируем столбик:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 18,025 | 17,821 | 17,344 | 17,158 | 16,552 | 15,940 | 15,294 | 14,502 | 13,608 | 12,567 |

10) Заполняем десятый столбец таблицы 2.

отсюда



11) Заполняем одиннадцатый столбец таблицы 2.



Данные заносим в таблицу 2

Таблица 2



**Выводы**

В результате проделанной работы были рассчитаны параметры обмотки статора и ротора АД с короткозамкнутым ротором, произведён расчет механической характеристики АД в двигательном режиме по приближенной формуле М.Клосса

,



произведён расчет механической характеристики АД в режиме динамического торможения, построены механические характеристики исполнительного механизма и АД в двигательном и тормозном режимах.

Результаты расчётов сведены в таблице1 и таблице2:

Таблица1



Таблица2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Общие данные для любых токов возбуждения | | | | Данные для Iэкв = 3Iон | | | | | | |
|  | | | |  | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 0,2 | 0,31 | 52,243 | 3065,809 | 997,347 | 225,000 | 3,865 | 1,966 | 18,025 | 977,656 | 18,308 |
| 0,4 | 0,57 | 48,030 | 2617,000 | 842,971 | 56,250 | 37,411 | 6,116 | 17,821 | 314,233 | 55,675 |
| 0,6 | 0,67 | 37,637 | 1661,724 | 517,642 | 25,000 | 59,053 | 7,685 | 17,344 | 250,111 | 66,258 |
| 0,8 | 0,97 | 40,867 | 1935,500 | 610,304 | 14,063 | 137,646 | 11,732 | 17,158 | 163,822 | 98,994 |
| 1,0 | 1,00 | 33,705 | 1356,596 | 415,129 | 9,000 | 158,574 | 12,593 | 16,552 | 152,629 | 98,889 |
| 1,2 | 1,07 | 30,054 | 1100,954 | 330,056 | 6,250 | 198,065 | 14,074 | 15,940 | 136,568 | 102,491 |
| 1,4 | 1,17 | 28,168 | 979,361 | 289,933 | 4,592 | 260,163 | 16,130 | 15,294 | 119,160 | 108,138 |
| 1,6 | 1,22 | 25,700 | 831,000 | 241,358 | 3,516 | 316,670 | 17,795 | 14,502 | 108,006 | 107,266 |
| 1,8 | 1,27 | 23,781 | 724,027 | 206,655 | 2,778 | 391,987 | 19,799 | 13,608 | 97,077 | 105,081 |
| 2,0 | 1,30 | 21,908 | 626,764 | 175,392 | 2,250 | 483,810 | 21,996 | 12,567 | 87,381 | 99,566 |

Примечание: цифрами обозначены следующие колонки таблицы:

1-; 2-; 3-; 4- ; 5- ; 6- ;



7-; 8-; 9- ; 10- ; 11- .



При 0 < n < n1 скольжение находится в пределах 0 < S < 1.

А.Д. работает режиме двигателя, преобразуя электрическую мощность в механическую, которая поступает к исполнительному механизму. Режим электромагнитного тормоза возможен в тех случаях, когда исполнительный механизм, или добавочный двигатель, присоединенные к валу асинхронного двигателя, могут вращать ротор машины в сторону, противоположную вращению поля статора. Кроме того, этот режим легко осуществить, поменяв местами подключение двух фазных зажимов обмотки статора в процессе работы машины. При этом произойдет переходной процесс реверса двигателя. В обоих случаях скольжение ротора будет равным:

,



а в общем случае: 1 < S < ∞.Режим электромагнитного торможения не эффективен еще и потому, что при больших частотах тока в обмотке ротора резко возрастает индуктивное сопротивление X2S и очень мал коэффициент мощности машины.

Полная шкала скольжений асинхронной машины показана на рисунке 5.

#### S = – ∞

## **Режим**

**эл. магн. тормоза**

##### S = + ∞

## **Ржим**

**двигателя**

## **Режим**

**генератора**

##### S = 0

**S = 1**

**Режим К.З.**

**Режим Х.Х.**

**Литература**

1) Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода.- М: Энергоиздат, 1981 г.

2) Богословский А.П. и др. Судовые электроприводы. Справочник. Т.1,2 – Л.: Судостроение,1983 г.

3) Назаренко В.Н. методическое пособие для выполнения расчетно-графической работы по курсам «Основы электропривода» и «Автоматизированный электропривод». «Расчет механических характеристик асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором»

4) Борисов Ю.М., Липатов Д.Н.,Зорин Ю.Н. Электротехника.- М: Энергоиздат, 1985 г.-С.427