

**Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Восточно-Сибирский государственный
технологический университет»
(ГОУ ВПО ВСГТУ)**

Электромеханика
Исследование асинхронных двигателей
Методические указания к лабораторным работам

**Составители: Аюрзанайн С.А.
Данчинов Б.А.
Сыдыков С.П.**

**Улан-Удэ
Издательство ВСГТУ
2006г.**

УДК 621.315. Аюрзанайн С.А., Данчинов Б.А., Сыдыков С.П.
Исследование асинхронных двигателей: методические указания к лабораторным работам. Улан-Удэ: Издательство ВСГТУ, 2006
24с.

Методические указания содержат описание лабораторных работ по асинхронным двигателям для студентов специальности 140211 «Электроснабжение», 140205 «Электрические сети и системы»

Ключевые слова: асинхронный двигатель, скоростные характеристики, механические характеристики, коэффициент мощности.

Рецензент к.т.н., доц. Федоров К.А.

АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

Асинхронные машины являются наиболее распространенным типом электрических машин. Здесь следует отметить, что они используются главным образом в качестве электродвигателей. Асинхронные генераторы, обладающие существенными недостатками и значительно уступающие синхронным генераторам, применяются очень ограниченно, лишь в специальных целях.

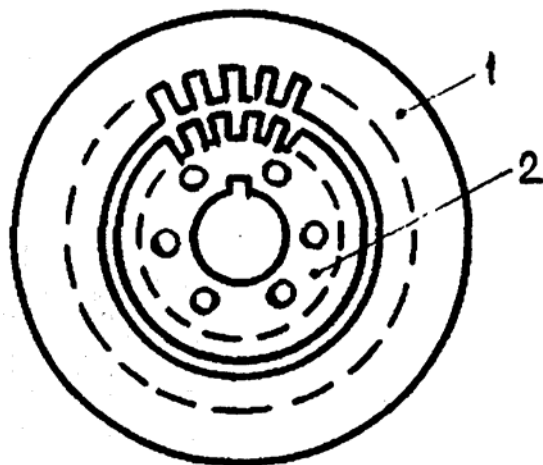
Трехфазные асинхронные двигатели нашли очень широкое применение в силовом электроприводе - для привода различных станков, грузоподъемных механизмов, транспортеров, компрессоров, вентиляторов и пр. Одно и двухфазные асинхронные машины широко используются в системах автоматического регулирования, в вычислительной технике, в быту.

Достоинствами асинхронных двигателей, определившими их широкое применение, является высокая надежность, простота конструкции, технологии изготовления и ремонта, эксплуатации.

К недостаткам асинхронных двигателей следует отнести трудность регулирования частоты вращения. Кроме того, при изменении нагрузки двигателя частота вращения его не остается постоянной. Поэтому эти двигатели не могут быть использованы для привода механизмов, к которым предъявляются высокие требования в отношении регулирования частоты вращения и жесткие требования по поддержанию ее постоянства.

По конструкции асинхронные двигатели подразделяются на два основных типа: с короткозамкнутым и фазным ротором. Эти двигатели имеют одинаковую конструкцию статора и отличаются лишь конструкцией ротора.

Магнитопроводы статора и ротора представляют собой пакеты, набранные из листов электротехнической стали (рис.10.1). Сердечник статора крепится в корпусе (станции), а сердечник ротора на валу. Вал ротора вращается в подшипниках которые помещаются в подшипниковых щитах, прикрепляемых к станции машины. Ротор вращается внутри статора. Между ними имеется воздушный зазор, величина которого выбирается возможно меньшей, что улучшает электромагнитную связь между статором и ротором.



*Рис.1. Листы сердечников статора (1) и ротора (2)
асинхронной машины*

На внутренней цилиндрической поверхности статора и на внешней цилиндрической же поверхности ротора имеются пазы, в которых размещаются проводники обмоток статора и ротора. Статорная обмотка чаще всего выполняется трехфазной и присоединяется к внешней сети.

Обмотка короткозамкнутого ротора выполняется в виде беличьей клетки: стержни, уложенные в пазы сердечника, с торцов замыкаются короткозамыкающими кольцами (рис. 2а). В настоящее время такая обмотка осуществляется путем заливки пазов ротора алюминием. При этом одновременно с заливкой пазов отливаются и короткозамыкающие кольца, вентиляционные лопатки. Конструкция таких роторов предельно проста и двигатели с коротко замкнутыми роторами получили преимущественное распространение.

У двигателей с фазным ротором в пазах сердечника ротора размещают трехфазную изолированную обмотку, подобную статорной обмотке (рис. 2б). Фазы роторной обмотки обычно соединяют звездой, их начала подключают к трем контактными кольцам, помещенным на валу машины и изолированным как от вала, так и между собой. Эти кольца жестко укреплены на валу и вращаются вместе с ним. К роторной обмотке через контактные кольца и щетки подключается трехфазный пусковой или регулируемый реостат.

Двигатели с фазным ротором имеют более сложную конструкцию, большие габариты и вес, менее надежны, требуют большего ухода в эксплуатации, поэтому область применения их значительно меньше, чем двигателей с к.з. ротором. Они применяются для специальных целей (преобразователи, регуляторы), также для привода механизмов с тяжелыми условиями пуска. Введение в цепь ротора добавочного

активного сопротивления в виде пускового реостата позволяет уменьшить пусковые токи и увеличить пусковой момент.

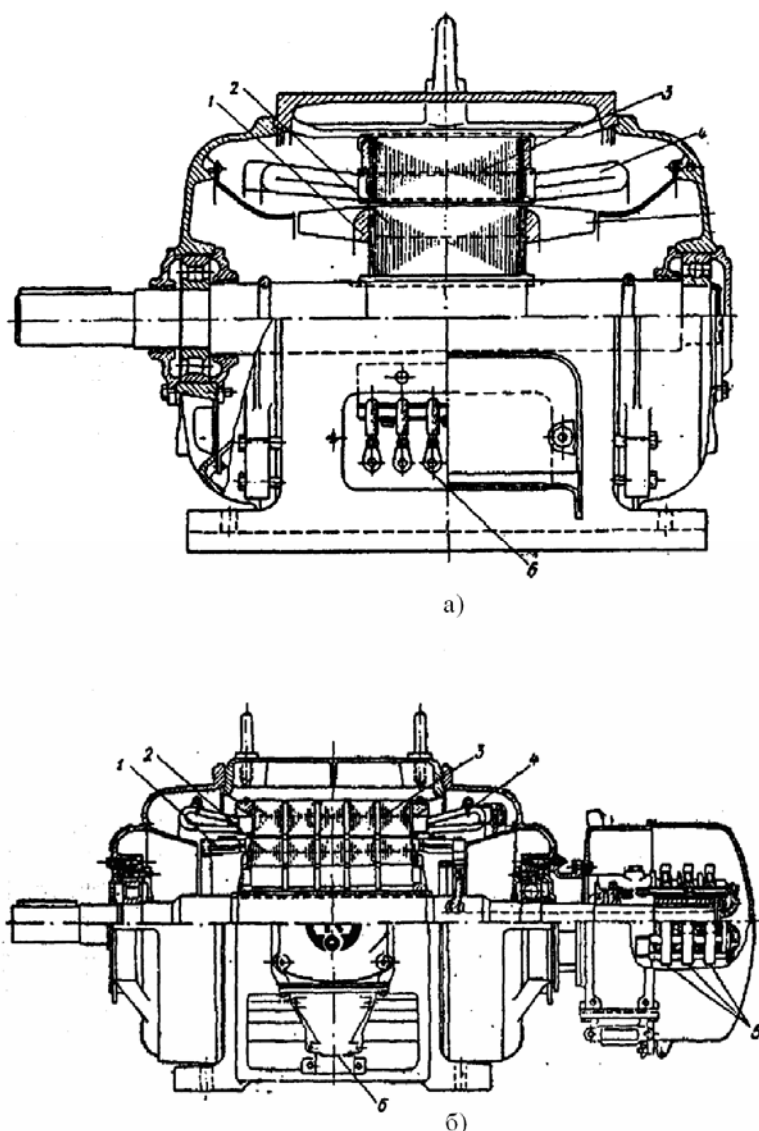


Рис. 2. Асинхронные двигатели с короткозамкнутым (а) и фазным (б) роторами: 1-обмотка ротора; 2-сердечник ротора; 3-сердечник статора; 4-обмотка статора; 5-контактные кольца; 6-коробка выводов

Принцип действия асинхронного двигателя, при подключении к сети трехфазной статорной обмотки (рис. 3) ток, проходя по фазам обмотки А-Х, В-У, С-З, создает вращающееся магнитное поле, скорость которого определяется частотой тока питающей сети и числом пар полюсов статорной обмотки

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p}$$

Скорость вращения магнитного поля называют синхронной.

Вращающийся магнитный поток Φ , пересекая проводники роторной обмотки, индуцирует в них э. д. с. Эта э. д. с. в замкнутой цепи ротора (накоротко или через пусковой реостат) вызывает ток. На роторные проводники с током, находящиеся в магнитном поле, действуют электромагнитные силы. F

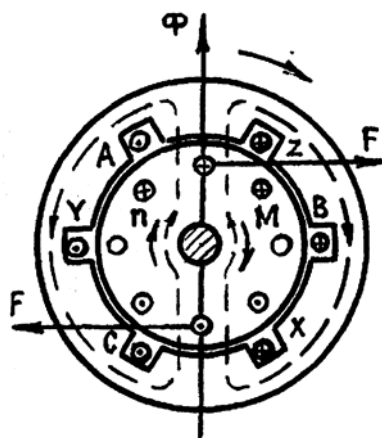


Рис. 3. Электромагнитная схема асинхронного двигателя

Совокупное действие сил, приложенных ко всем проводникам ротора, создает вращающий электромагнитный момент M , под действием которого ротор приходит во вращение со скоростью n в сторону вращения магнитного поля. Магнитное поле статора как бы увлекает за собой ротор.

Частота вращения ротора всегда должна отличаться от частоты вращения магнитного поля, что обусловлено самим принципом действия асинхронной машины: при $n=n_1$ ротор и поле статора неподвижны друг относительно друга, т.е. магнитный поток не пересекает проводники ротора, а следовательно не наводит в них э.д.с., не вызывает тока и не создает вращающего момента. Поэтому ротор и поле статора всегда вращаются с разными частотами, т.е. асинхронно. Относительную разность скоростей магнитного поля и ротора называют скольжением:

$$S=(n_1-n)/n_1$$

Скольжение характеризует отставание скорости ротора от скорости поля статора.

Работа 10

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Цель работы: Ознакомление с конструкцией асинхронного двигателя с фазным ротором и исследование его работы путем снятия рабочих характеристик.

Программа работы

1. Осуществить пуск двигателя с помощью пускового реостата.
2. Проверить изменение пускового тока при изменениях величины сопротивления пускового реостата.
3. Осуществить регулирование частоты вращения двигателя с помощью сопротивления, вводимого в цепь ротора.
4. Снять рабочие характеристики при различных значениях активного сопротивления роторной обмотки.
5. Построить механические характеристики при разных значениях пускового реостата.
6. Дать выводы по работе.

Общие сведения

Ряд рабочих механизмов запускаются при значительных моментах сопротивления. Для привода таких механизмов должны быть использованы электродвигатели, имеющие повышенные пусковые моменты. В качестве таких электродвигателей часто используются асинхронные двигатели с фазными роторами, у которых увеличение пускового момента достигается за счет введения в цепь ротора добавочного активного сопротивления в виде пускового реостата.

На рисунке 10.1. показаны механические характеристики асинхронного двигателя с фазным ротором при полностью выведенном реостате, т.е. когда $R_n=0$ (кривая 1) и при введенном в цепь ротора реостате, т.е. когда $R_n \neq 0$ (кривая 2). Из этих характеристик видно, что при введении реостата пусковой момент (при $n=0$) двигателя увеличивается от значения M_n (при $R_n=0$) до значения M'_n (при $R_n \neq 0$). При этом максимальный момент остается неизменным.

Кроме того, в двигателях с фазным ротором появляется возможность регулирования частоты вращения путем изменения

активного сопротивления роторной цепи. В этом можно убедиться из рисунка 10.1. При постоянном моменте сопротивления ($M_c = \text{const}$) с введением в цепь ротора пускового реостата частота вращения ротора уменьшается от значения n' до значения n'' . Следует также отметить, что применение пускового реостата позволяет ограничить величину пускового тока.

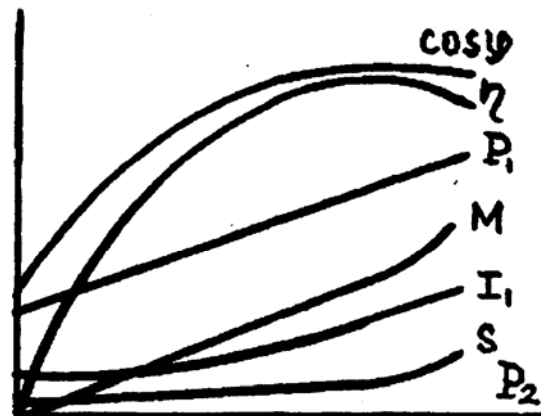
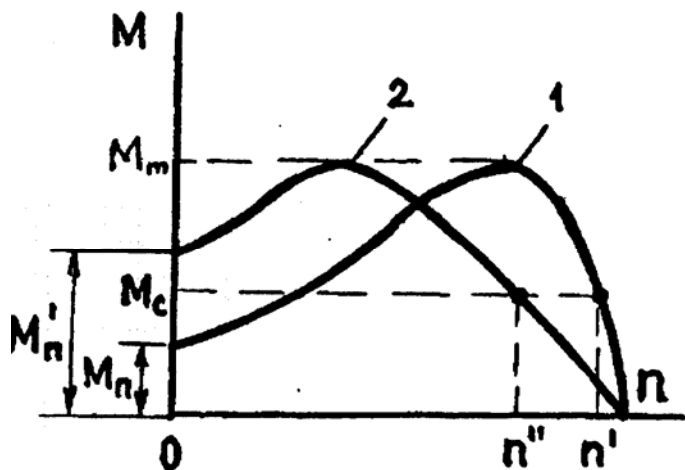


Рис.10.1. Механические характеристики асинхронного двигателя:

1 - естественная характеристика при $R_n=0$; 2- искусственная характеристика при $R_n \neq 0$

Рис.10.2. Рабочие характеристики

Работа асинхронного двигателя при различных нагрузках на его валу определяется рабочими характеристиками, представляющими собой зависимости от полезной мощности на валу двигателя подводенной мощности, потребляемого из сети тока, электромагнитного момента, скольжения или частоты вращения, коэффициента мощности, коэффициента полезного действия:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= f(P_2); & I_1 &= f(P_2); & M &= f(P_2); \\
 S &= f(P_2) \text{ или } n &= f(P_2); & \cos \varphi &= f(P_2); \\
 \eta &= f(P_2).
 \end{aligned}$$

Эти характеристики имеют вид, представленный на рисунке 10.2. Если с целью регулирования частоты вращения двигателя в его роторную цепь вводится добавочное сопротивление регулировочного реостата, то происходит изменение всех величин, определяющих рабочие характеристики. В частности, мощность, потребляемая из

сети возрастает, что необходимо для компенсации дополнительных потерь в реостате; соответственно возрастает и ток; т.к. момент, развиваемый двигателем, пропорционален активному сопротивлению роторной цепи, то при введении реостата он возрастает; скольжение увеличивается, т.к. скорость уменьшается; коэффициент мощности возрастает за счет увеличения активной составляющей тока; к.п.д. уменьшается за счет дополнительных потерь в реостате.

Для выполнения работы собирается схема (рисунок 10.3)

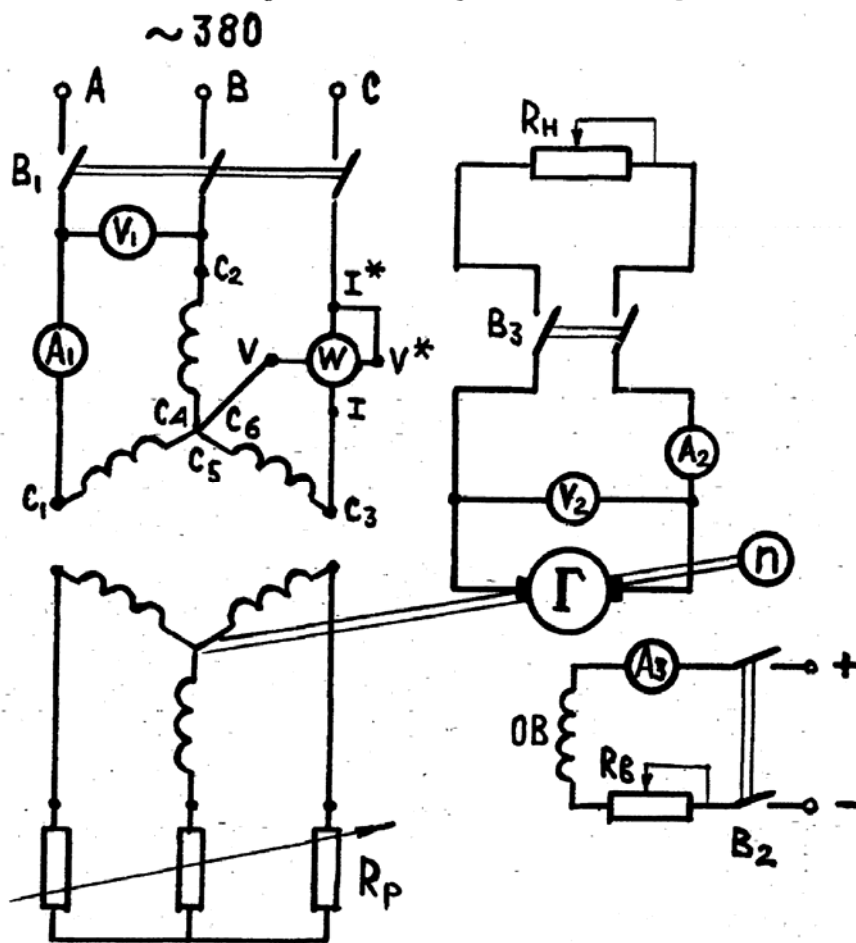


Рис. 10.3. Схема испытания двигателя

Работа 11

Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Цель работы: Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором определением его рабочих характеристик из круговой диаграммы, построенной по данным опытов холостого хода и короткого замыкания.

Программа работы

- I. Определить зажимы статорной обмотки, принадлежащие одной фазе, начала и концы обмотки.
- II. Осуществить реверсирование двигателя.
- III. Провести опыт холостого хода.
- IV. Провести опыт короткого замыкания.
- V. По данным опытов холостого хода и короткого замыкания построить круговую диаграмму.
- VI. По круговой диаграмме построить рабочие характеристики двигателя.

Общие сведения

Работа асинхронного двигателя при различных нагрузках определяется его рабочими характеристиками, под которыми понимается зависимость от полезной мощности на валу ряда величин, характерных для условий эксплуатации: потребляемой мощности и тока, момента на валу двигателя, скольжения или скорости вращения ротора, коэффициента мощности и коэффициента полезного действия при условии постоянства приложенного напряжения и частоты:

$$\begin{array}{ccc} P_1=f(P_2) & & I_1=f(P_2) & & M=f(P_2) \\ S=f(P_2) & \text{или} & n=f(P_2) & & \cos \varphi=f(P_2) \\ & & \eta=f(p_2) & & \end{array}$$

Рабочие характеристики двигателя могут быть рассчитаны аналитическим методом, если известны его параметры. Этот метод используется чаще всего на стадии проектирования двигателя, когда необходимо знать его характеристики и свойства.

В эксплуатационных условиях рабочие характеристики двигателя могут быть определены путем непосредственного приложения у вала

двигателя различных по величине нагрузок и измерения по приборам соответствующих величин. Однако создание значительных по величине механических нагрузок (особенно в случаях, когда испытываются двигатели большой мощности) представляет не только технические затруднения, но и является экономически нецелесообразным, т.к. этот метод определения рабочих характеристик связан со значительным расходом электроэнергии.

Значительно проще рабочие характеристики могут быть определены из круговой диаграммы асинхронного двигателя, которая в свою очередь может быть построена по данным относительно просто проводимых опытов холостого хода и короткого замыкания.

Рабочие характеристики имеют вид, представленный на рисунке 10.1.

На холостом ходу (при $P_2=0$) двигатель потребляет из сети мощность холостого хода P_0 . По мере увеличения нагрузки ($P_2>0$) возрастает и потребляемая двигателем мощность P_1 ; её изменение происходит почти пропорционально изменению нагрузки.

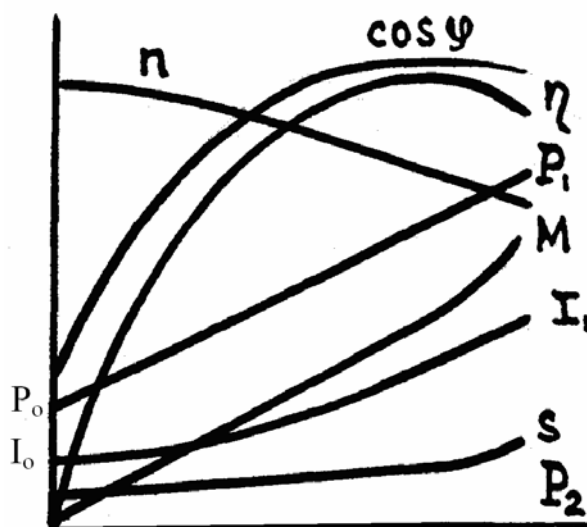


Рис. 11.1. Рабочие характеристики асинхронного двигателя

На холостом ходу двигатель потребляет из сети ток холостого хода I_0 , определяемый мощностью холостого хода. По мере увеличения нагрузки потребляемый из сети ток I_1 вначале возрастает незначительно, а при больших нагрузках быстрее и почти пропорционально изменению нагрузки.

Скольжение представляет отношение электрических потерь в роторной обмотке к электромагнитной мощности двигателя:

$$S = \frac{P_{эл.2}}{P_{эм}}$$

При холостом ходе потери $P_{эл.2}$ ничтожно малы по сравнению с мощностью $P_{эм}$. Поэтому здесь $S \approx 0$. По мере увеличения нагрузки отношение $P_{эл.2}/P_{эм}$ растет, но из соображения сохранения высокого к.п.д. оно ограничено весьма узкими пределами. В связи с этим кривая скольжения представляет собой кривую, слабо возрастающую по мере увеличения нагрузки. При перегрузках двигателя скольжение возрастет значительно быстрее вследствие больших потерь в роторной обмотке.

Скорость вращения ротора $n = n_1(1-S)$ определяется величиной скольжения. Поэтому в соответствии с характером измерения скольжения скоростная характеристика представляет собой кривую, слабо наклоненную к оси абсцисс. При перегрузках двигателя его скорость уменьшается в большей степени.

$$\text{Момент на валу двигателя } M = \frac{P_2}{n}$$

На холостом ходу $M=0$ (если пренебречь незначительным моментом холостого хода, идущего на преодоление трения в подшипниках, вращающихся частей о воздухе и пр.). С увеличением нагрузки момент возрастет почти пропорционально P_2 , т.к. скорость изменяется незначительно. При перегрузках двигателя при более значительных уменьшениях скорости момент возрастает быстрее.

Коэффициент мощности на холостом ходу имеет незначительную величину. С увеличением нагрузки $\cos\phi$, быстро растет, достигая своего максимума при нагрузке, близкой к номинальной. Это происходит за счет увеличения активной составляющей тока нагрузки при неизменной намагничивающей составляющей. При дальнейшем возрастании нагрузки коэффициент мощности уменьшается из-за возрастания индуктивного сопротивления роторной обмотки с увеличением частоты тока ротора.

Коэффициент полезного действия двигателя $\eta = P_2/P_1$ при холостом ходе равен нулю. С увеличением нагрузки к.п.д. резко возрастет, достигает максимума при нагрузках около 70÷80% от номинальной, при дальнейшем увеличении нагрузки несколько уменьшается. При малых нагрузках преобладают постоянные потери $P_{const} = P_c + P_{мех}$: максимума к.п.д. достигает при равенстве постоянных и

переменных потерь $P_{const}=P_{var}$ или $P_c+P_{мех} =P_{эл.1}+P_{эл.2}+P_{доб}$. При больших нагрузках к.п.д. уменьшается из-за увеличения переменных потерь.

Упрощенную круговую диаграмму асинхронного двигателя (рисунок 11.6) можно построить по данным опытов холостого хода и короткого замыкания. Под холостым ходом подразумевают работу двигателя, подключенного к сети и не соединенного с нагрузкой. Под коротким замыканием асинхронного двигателя подразумевается питание статорной обмотки при замкнутом накоротко и заторможенном роторе.

Порядок выполнения работы

I. *Определение зажимов статорной обмотки, принадлежащих одной фазе*

На лабораторном стенде расположены шесть зажимов, соединенными с началами и концами всех трех фаз статорной обмотки испытуемого двигателя. Необходимо определить зажимы, принадлежащие одной фазе. Для этого собирается схема рисунок 11.2.

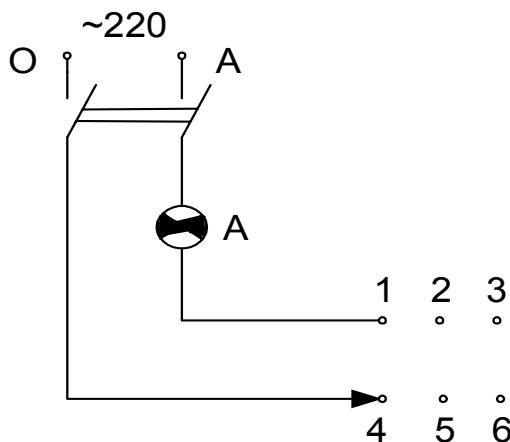


Рис. 11.2. *Определение зажимов, принадлежащих к одной фазе*

Одну из фаз питающей сети через контрольную лампочку Л соединяют с одним из зажимов статорной обмотки.

Концам проводника, соединенным с нулевым зажимом питающей сети при включенном B_1 , прикасается поочередно к любому из остальных пяти зажимов статорной обмотки. Лампочка загорается, если зажим, на которые подано питание, принадлежит одной фазе. Найденные зажимы обозначаются одноименными буквами, например, А и А, что обозначает принадлежность данных зажимов фазе А.

Аналогично из оставшихся четырех зажимов определяются зажимы, принадлежащие фазам В и С.

II. Определение начал и концов фаз статорной обмотки

Фазы трехфазной статорной обмотки двигателя уложены на статоре со смещением друг относительно друга в пространстве на 120 электрических градусов. При соединении обмотки в звезду концы всех фаз соединяются между собой, а начало фаз подключаются к питающей сети.

Определив принадлежность зажимов к одной фазе, необходимо установить, какие из зажимов являются началами, а какие концами фаз. Для этого какие либо две фазы, например, А и В, соединяют между собой последовательно и подключают к источнику переменного тока (рисунок 11.3). К оставшейся третьей фазе подключают вольтметр V_2 .

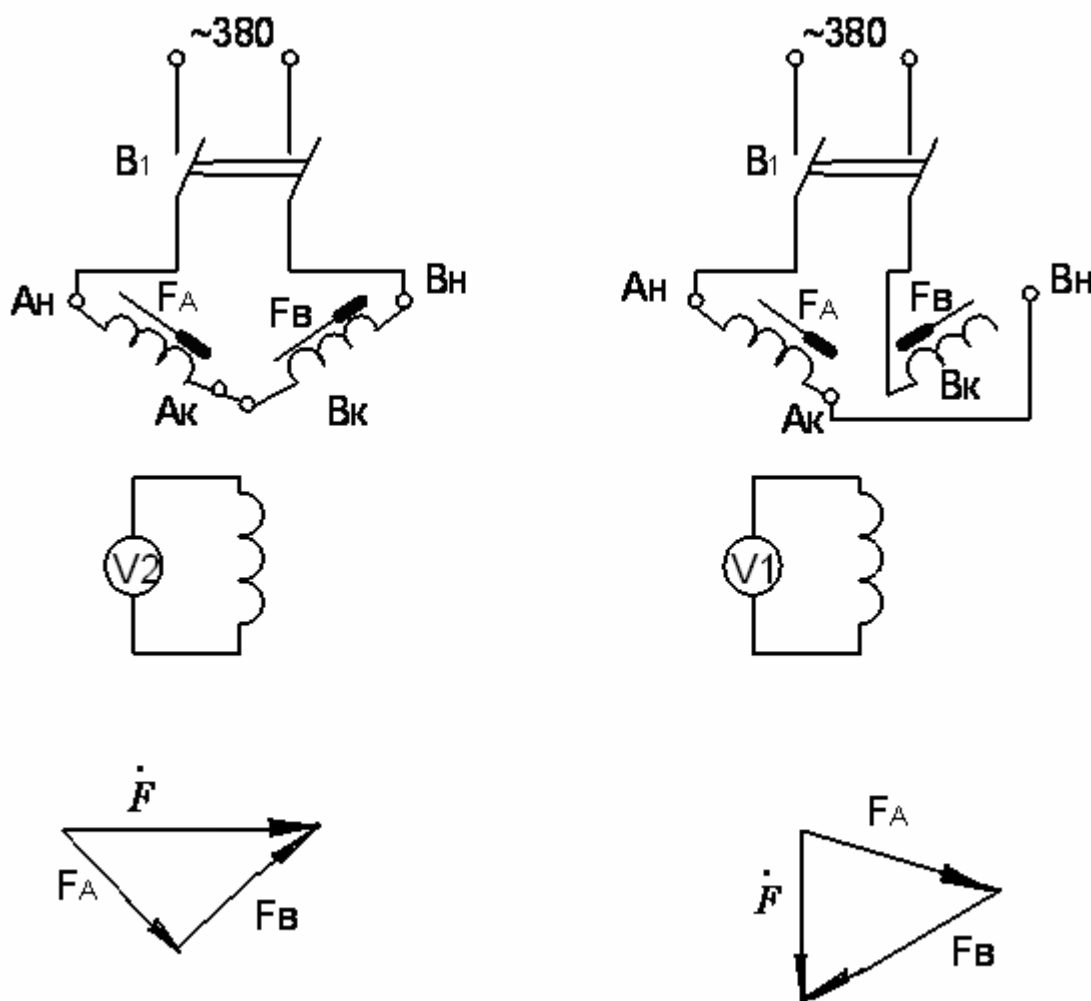


Рис.11.3. Определение начал и концов фаз статорной обмотки

Если при включении B_1 стрелка вольтметра остается в нулевом положении, то это означает, что зажимы, подключенные к сети являются началами, а зажимы, соединенные между собой, - концами фаз. Буквенные обозначения зажимов фаз дополняются: начала фаз - индексом «н», концы - индексом «к».

Правильность такой маркировки зажимов объясняется следующим. Ток, протекая по последовательно соединенным фазам, создает м.д.с. и соответствующие потоки, вектора которых направлены по осям соответствующих фаз. Вектор результирующей м.д.с., а следовательно и потока, направлен под углом 90 градусов к оси третьей фазы и не наводит в ней э.д.с., поэтому вольтметр показывает нуль.

Если вольтметр показывает некоторое напряжение, то это означает, что фазы между собой соединены наверно, т.е. конец одной фазы соединен с началом другой. В этом случае (рис.11.3,б) вектор результирующей м.д.с. и потока направлен по оси третьей фазы и наводит в ней э.д.с. (стрелка вольтметра отклоняется).

Определив маркировку фаз А и В, определяют маркировку зажимов фазы С. Для этого её соединяют последовательно с фазой, например В, а к зажимам фазы А подключают вольтметр.

III. Реверсирование двигателя

Собирается схема включения двигателя по рисунку 11.5.

Включаем B_1 запускается двигатель и отмечается направление вращения вала. Затем, поменяв местами любые две фазы обмотки статора, вновь запускают двигатель. При этом убеждаются, что направление вращения вала изменилось. Это происходит потому, что при изменении порядка чередования фаз статорной обмотки вектор результирующего потока изменяет направление своего вращения, а следовательно, изменяется направление вращения и ротора.

На рисунке 11.4, а порядок чередования фаз статорной обмотки А-В-С, вектор потока вращения по часовой стрелке; на рисунке 11.4, б порядок чередования А-С-В, вектор потока вращается против часовой стрелки.

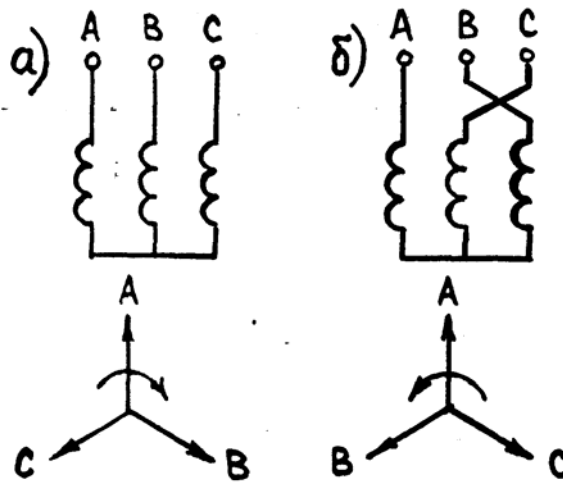


Рис. 11.4. Реверсирование двигателя при изменении порядка чередования фаз статорной обмотки

IV. Опыт холостого хода

Опыт холостого хода проводится по схеме рисунок 11.5.

В этом опыте в цепь статорной обмотки включается амперметр A_0 .

Включением B_1 двигатель запускается на холостом ходу; показания приборов записываются в таблице 11.1

Таблица 11.1

u_0	I_0	P_0	$\cos\varphi_0$	φ_0

Коэффициент мощности определяется по формуле:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}u_0 I_0}$$

Примечание: при определении P_0 необходимо иметь в виду, что по схеме рис. 11-5 измеряется мощность одной фазы; поэтому мощность P_0 должна быть равна утроенному значению показания ваттметра.

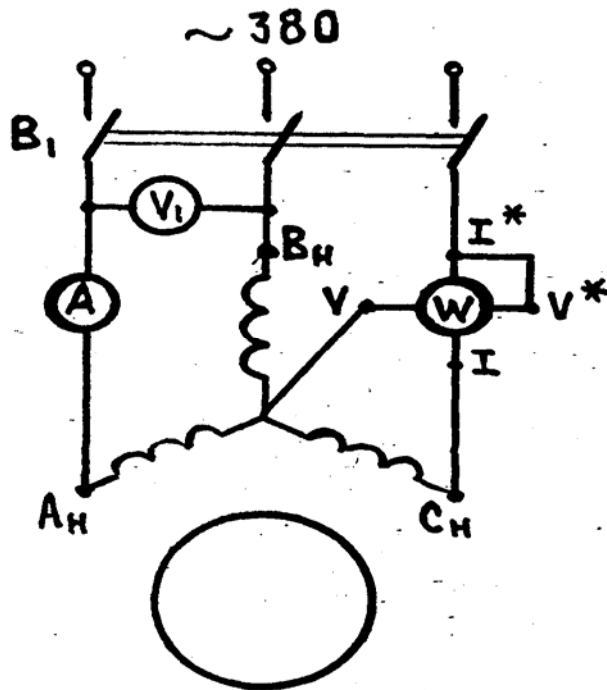


Рис. 11.5. Схема включения двигателя при проведении опытов холостого хода и короткого замыкания

V. Опыт короткого замыкания

Опыт короткого замыкания проводится по той же схеме, что и опыт холостого хода (рисунок 11.5), с тем лишь различием, что ротор должен быть заторможен. Если при этом условии к зажимам двигателя подвести номинальное напряжение, то он будет потреблять из сети ток в несколько раз превосходящий номинальный, и тем более ток холостого хода. Поэтому в схеме включения двигателя амперметр A_0 должен быть заменен амперметром A_k с большим пределом измерения.

При значительной величине тока короткого замыкания неподвижный двигатель сильно нагревается и сохранность его изоляции подвергается опасности. Поэтому при проведении опыта отчеты показаний приборов должны производиться быстро (в течение не более $8 \div 10$ сек). Для этого до начала опыта все измерительные приборы следует распределить между членами бригады. Все отчеты необходимо делать по сигналу после того, как установятся стрелки приборов.

Включением V_1 двигатель запускается на холостом ходу. Затем с помощью рычага ротор двигателя затормаживается до полной остановки. Показания приборов записываются в таблице 11.2

Таблица 11.2

u_k	I_k	P_k	$\cos\varphi_k$	φ_k	r_k

Расчетная величины:

Коэффициент мощности $\cos\varphi_k = \frac{P_k}{\sqrt{3}u_k I_k}$.

Активная сопротивление короткого замыкания

$$r_k = \frac{P_k}{3I_k^2}.$$

Примечание: мощность P_k равна утроенному значению показания ваттметра.

VI. Построение круговой диаграммы

Упрощенная круговая диаграмма – строится по данным опытов холостого хода и короткого замыкания.

Построение круговой диаграммы производится в следующем порядке (рисунок 11.5)

а) Проводятся оси координат ox и oy и по оси oy в произвольном масштабе откладывается вектор приложенного к двигателю напряжения u_1 .

б) Выбирается масштаб тока m_i [а/см] так, чтобы вектор тока был по длине несколько меньше того листа бумаги, на котором строится диаграмма. При этом желательно, чтобы $1 \text{ см} = 1,2, 2,5 \dots$ к ампер (где $k=1,2,3 \dots$) и диаметр окружности токов равен $15 \div 20 \text{ см}$.

в) Определяются масштаб мощности:

$$m_p = \sqrt{3}u_1 m_i \left[\frac{\text{вт}}{\text{см}} \right]$$

и масштаб момента

$$m_M = \frac{60}{2\pi n_1} \cdot m_p \left[\frac{\text{вт}}{\text{см}} \right]$$

г) Из начала координат под углом φ_0 к вектору напряжения проводится вектор тока холостого хода I_0 , равный отрезку OH в масштабе тока. Конец вектора тока (точка H) является точкой холостого хода двигателя. Из точки H проводится линия HC

параллельно оси ОХ, которая является линией диаметра окружности токов.

д) Точка короткого замыкания К является концом вектора тока короткого замыкания I_k , проведенного из начала координат под углом φ_k к оси ОУ.

е) Соединив точки Н и К, получают хорду окружности токов. Из середины отрезка НК восстанавливают перпендикуляр до пересечения с линией диаметра в точке O_1 , которая является центром окружности токов. Из этой точки через точки Н и К описывается окружность токов.

ж) Для определения положения точки Т, в которой $S = \pm\infty$, поступают следующим образом. Из точки К опускается перпендикуляр на диаметр окружности НС. Полученный отрезок KK_1

делится в отношении: $\frac{KK_1}{K_1K_2} = \frac{r_k}{r_1}$; $K_1K_2 = \frac{r_1}{r_k} \cdot KK_1$

Проведя через точки Н и K_2 прямую, получают в месте пересечения её с окружностью точку Т.

з) Для определения коэффициента мощности строится вспомогательная полуокружность с диаметром на оси ОУ. (рекомендуется диаметр брать равным 10 см), проходящая через начало координат.

и) Определение скольжения S производится с помощью шкалы скольжений, которая строится следующим образом. Из точки И параллельно оси ОУ проводится произвольной величины отрезок $K\delta$. Из точки δ параллельно линии НТ проводится прямая до пересечения с продолжением линии НК в точке Ж. Отрезок ДЖ и представляет собой шкалу скольжений. Величину отрезка Нд необходимо выбрать такой, чтобы положение точки Ж оказалось в пределах листа, на котором строится круговая диаграмма.

к) Линия ОХ является линией подведенной мощности (P_1); линия НТ – линией электромагнитной мощности ($P_{ЭМ}$) или линией электромагнитного момента ($M_{ЭМ}$); линия НК - линией полезной мощности (P_2).

На этом построение круговой диаграммы заканчивается.

VII. Построение рабочих характеристик.

Рабочие характеристики двигателя обычно определяются в пределах изменения нагрузки от холостого хода ($P_2=0$) до нагрузки, превышающей номинальную примерно на 25% ($P_2=1,25 P_{2H}$). Положение точки А на окружности токов (рис.11-б) примерно соответствует нагрузке $P_2=1,25 P_{2H}$. Поэтому для построения рабочих характеристик на дуге окружности НА выделяют 5-6 точек (включая точки Н и А), для которых устанавливаются все величины, определяющие рабочие характеристики, а именно: P_1 ; M ; I_1 ; $S(n)$; $\cos\varphi$; η ; P_2 .

а) Подведенная к двигателю мощность определяется отрезком Аа, перпендикулярным к оси ОХ: $P_1 = m_p \cdot Aa$ [Вт].

б) Ток статора определяется отрезком ОА; соединяющего начало координат с точкой А: $I_1 = m_i \cdot OA$ [а].

в) Электромагнитный момент определяется отрезком Ав от точки А до линии электромагнитного момента НТ:

$$M = m_m \cdot A_b \text{ [нм]}.$$

г) Для определения скольжения вектор приведенного тока ротора НА продолжают до пересечения со шкалой скольжений в точке е, тогда

$$S = \frac{\partial e}{\partial ж}.$$

Скольжение может быть определено и как отношение электрических потерь в роторной обмотке к электромагнитной мощности:

$$S = \frac{P_{эл} \cdot 2}{P_{эм}} = \frac{вг}{Ав}$$

Зная скольжение, можно определить скорость вращения ротора:

$n = n_1(1 - S) \left[\frac{\text{об}}{\text{мин}} \right]$, где $n = \frac{60 f_1}{P}$ - синхронная скорость вращения магнитного потока.

д) Значение коэффициента мощности определяется положением на вспомогательной полуокружности точки f, которое определяется точкой пересечения вектора тока статора I_1 (ОА) с полуокружностью. Из прямоугольного треугольника ofh (гипотенуза которого является диаметром окружности, проходящей через вершины треугольника)

имеем: $\cos \varphi = \frac{of}{он}$.

е) Полезная мощность, развиваемая двигателем на валу, определяется отрезком от точки А до линии полезной мощности:

$$P_2 = m_p \cdot A_2 \text{ [Вт]}.$$

ж) Коэффициент полезного действия двигателя

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{A_2}{A_a} \cdot 100\%$$

Измеренные величины записываются в таблицу 11.3.

таблица 11.3

точки	T_1	$M,$ $H \cdot M$	$P_{л},$ кВт	S	$P_2,$ кВт	cosφ	η%	η ₁ об/мин
Н								
1								
2								
3								
4								
А								

По данным таблицы построить рабочие характеристики (рисунок 11.1).

VIII. Построение механической характеристики

$$M=f(s) \text{ или } M=f(n)$$

По круговой диаграмме определить значения электромагнитного момента M , скольжения S и частоты вращения n для 6-8 точек в диапазоне скольжений от $S=1$ до $S=0$ ($n=0 \div n_1$).

Рекомендуемые точки приведены на круговой диаграмме и в

таблица 11.4

Точки	К	6	5	М	А	3	1	Н
S	1			Sm				0
n, об/мин								
M, Нм								

Точка касания M касательной к окружности токов, проведенной параллельно линии электромагнитного момента HT , является точкой

максимального момента $M_m = m_m \cdot MG$. Скольжение при максимальном моменте называется критическим $S_m = \frac{\partial e_1}{\partial j}$.

Точка Н, в которой $S=0$, является точкой идеального холостого хода.

Точка К является точкой короткого замыкания, соответствует пусковому режиму при $S=1$ или $n=0$ (ротор неподвижен). Электромагнитный момент в этой точке является пусковым

$$M_n = m_m \cdot KK_2.$$

По данным таблица 11.4 строятся механические характеристики

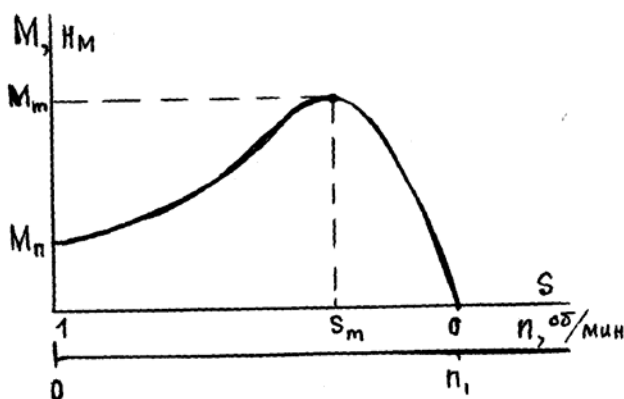


Рис. 11.7. Механические характеристики асинхронного двигателя

Список рекомендуемой литературы

1. Вальдек А.И. Электрические машины. М. Энергия, 1978 г.
2. Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. М. Энергия, 1980 г.
3. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. Ч. 1, М. Энергия, 1972 г.
4. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. Ч. 2, М. Энергия, 1973 г.
5. Петров Г.Н. Электрические машины. Ч. 1, М. Энергия, 1974 г.
6. Петров Г.Н. Электрические машины. Ч. 2, М. ГЭИ, 1963 г.
7. Петров Г.Н. Электрические машины. Ч. 3, М. Энергия, 1968 г.

Аюрзанайн С.А., Данчинов Б.А., Сыдыков С.П.
Электроснабжение, электрические сети и системы. Методические
указания к лабораторным работам.

Редактор Стороженко Т.А.
Подписано в печать 8.12.2006 г. Формат 60x84.1/16.
Усл.п.л. 1.39. Тираж 100 экз. Заказ №282

Издательство ВСГТУ
670013 г.Улан-Удэ, Ключевская, 40 в
©ВСГТУ, 2006г.