

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭКРАНИРОВАННЫМИ ПОЛЮСАМИ

Целью лабораторной работы является изучение свойств и характеристик однофазного асинхронного явнополусного двигателя с экранированными полюсами (АДЭП) и выявление функций его основных конструктивных элементов, в частности короткозамкнутых витков и магнитных шунтов.

Общие сведения

Однофазные явнополусные асинхронные двигатели мощностью от долей ватта до нескольких десятков ватт широко применяются в бытовых приборах (вентиляторах, тепловентиляторах, воздухоочистителях, фенах), в игрушках. Самым распространённым типом таких машин является асинхронный двигатель с экранированными полюсами (АДЭП), имеющий короткозамкнутые витки на полюсах. Выпускаются также явнополусные конденсаторные двигатели и двигатели с асимметричными полюсами на статоре.

Конструктивные схемы наиболее распространенных асинхронных явнополусных микродвигателей показаны на рис. 2.1. Двигатели чаще всего выполняются двух- или четырёхполусными с неразъемным (рис. 2.1, а, в, г, е) и с разъемным пакетом статора, состоящим из крестовины и ярма (рис. 2.1, б, д). У АДЭП часть полюса ($1/5 \dots 1/2$ полюсной дуги) экранируется короткозамкнутым витком, для размещения которого на полюсах выполняются специальные пазы. Короткозамкнутые витки выполняются из алюминия или меди. Обмотка статора у таких машин сосредоточенная, выполняется в виде катушек с внешней изоляцией, надеваемых на полюса. Имеются АДЭП, у которых обмотка статора вынесена в сторону (рис. 2.1, в). Обмотка статора подключается к однофазной сети переменного тока.

Между явновыраженными полюсами статора, как правило, находятся магнитные шунты. Они выполняются либо вставными равномерного сечения, либо, как в двигателях с разъемным статором, выполняются вместе с полюсами в виде единой крестовины и обычно имеют переменное сечение (рис. 2.1, б, д). В АДЭП магнитные шунты увеличивают связь между главной обмоткой статора и короткозамкнутыми витками, выполняющими функцию вспомогательной обмотки. Они также улучшают форму и характер поля в воздушном зазоре.

В двигателях с асимметричным статором (рис. 2.1, г) кроме главных полюсов есть вспомогательные полюсы и вставной магнитный шунт. На статоре имеется только обмотка возбуждения, магнитная асимметрия

создается за счет разных толщин ярем на отдельных участках. В явнополюсных конденсаторных двигателях при $2p = 2$ в каждой фазе имеются две катушки обмотки возбуждения, оси которых сдвинуты в пространстве на электрический угол в 90° . На рис. 2.1, д показан конденсаторный двигатель с разъемным статором, имеющий полюсный сердечник (крестовину), совмещённый с шунтом переменного сечения. Иногда такой шунт имеет специальный мостик насыщения (рис. 2.1, б, г). Двигатели выполняются и с магнитной системой, не имеющей магнитных шунтов (рис 2.1, б, д), в этом случае полюсные наконечники сближены между собой.

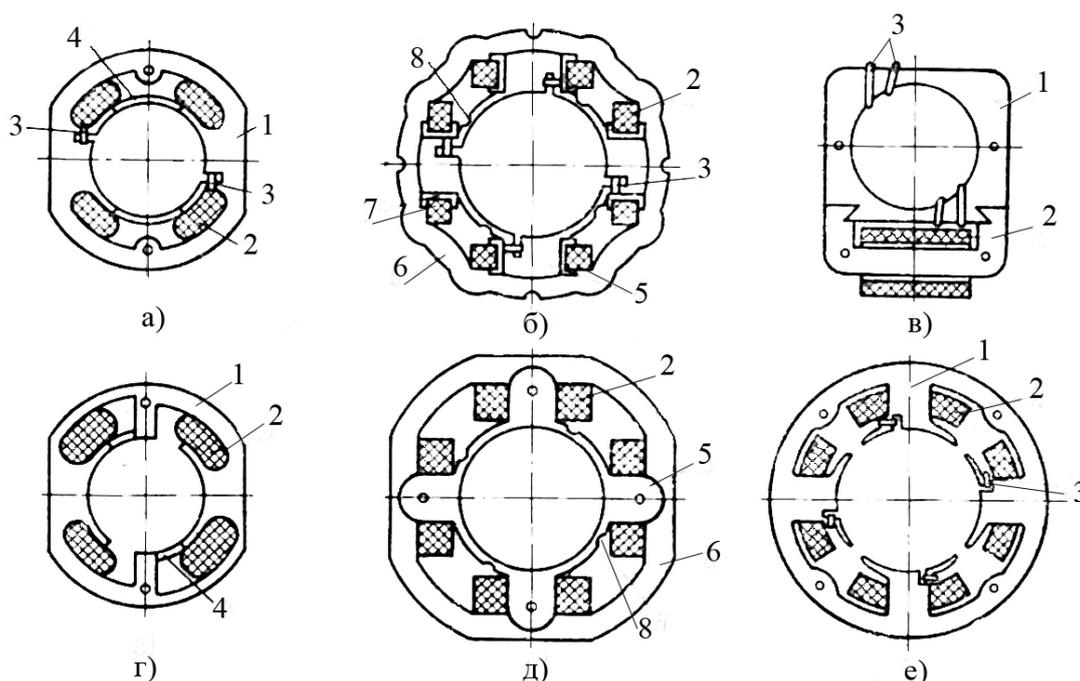


Рис. 2.1. Конструктивные схемы асинхронных однофазных явнополюсных микродвигателей

Принцип действия АДЭП основан на создании вращающегося эллиптического магнитного поля, образованного за счет пространственного сдвига (на электрический угол $\theta = 30 \dots 60^\circ$) и сдвига по фазе во времени между потоками в неэкранированной и экранированной частях полюса (рис. 2.2).

Если не учитывать реакцию ротора и влияние магнитных шунтов, то можно рассматривать обе обмотки двигателя как двухобмоточный трансформатор, у которого вторая обмотка замкнута (рис. 2.2, а). Короткозамкнутый виток, по которому протекает ток I_K , создает поток реакции Φ_K , стремящийся ослабить поток в экранированной части полюса Φ'' , созданный обмоткой возбуждения. Суммарный поток, пронизывающий короткозамкнутый виток (полный поток

экранированной части полюса) $\Phi_{\Sigma} = \Phi'' + \Phi_K$, наводит в короткозамкнутом витке ЭДС E_K (рис. 2.2, б). Он сдвинут по фазе относительно потока незэкранированной части полюса Φ' на сравнительно небольшой угол γ . Таким образом, за счет экранирующего действия короткозамкнутого витка создается эллиптическое вращающееся магнитное поле, под действием которого ротор приходит во вращение в направлении от незэкранированной части полюса к экранированной. Пусковой момент двигателя оказывается сравнительно небольшим, но, по крайней мере, больше нуля.

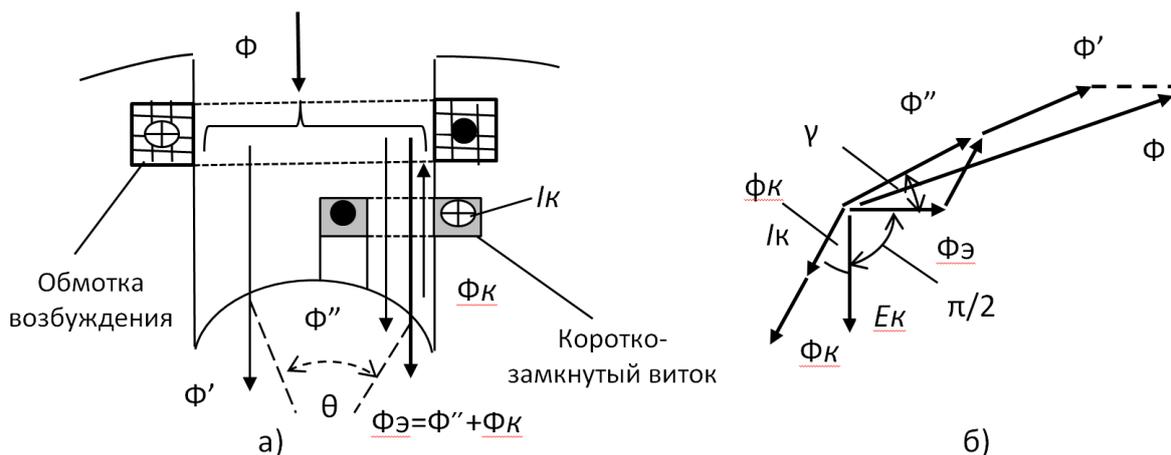


Рис. 2.2. Картина распределения потоков (а) и упрощенная векторная диаграмма АДЭП (б)

Асинхронные двигатели с экранированными полюсами отличаются простотой конструкции и технологичностью, высокой надежностью, удобством в эксплуатации. Они не требуют добавочных фазосмещающих элементов и пусковых устройств, отличаются по сравнению с конденсаторными двигателями с распределенной обмоткой более низкой трудоемкостью изготовления (в 4...5 раз) и себестоимостью (в 2...3 раза).

К недостаткам двигателей с экранированными полюсами можно отнести:

- сравнительно небольшие коэффициенты полезного действия (0,1...0,4) и коэффициенты мощности (0,45...0,7), что ограничивает применение двигателей этого типа мощностями в несколько десятков ватт;
- сравнительно малые пусковые моменты ($k_{пм} = 0,1...0,7$), обуславливающие применение двигателя в устройствах с легкими условиями пуска;
- отсутствие реверса.

Программа работы

1. Экспериментальные исследования

1. Ознакомиться с конструкцией асинхронного двигателя с экранированными полюсами и его паспортными данными.
2. Снять рабочие характеристики двигателя при напряжении питания $U = U_n$ для трех вариантов двигателя:
 - а) с короткозамкнутыми витками и вставленными магнитными шунтами;
 - б) без короткозамкнутых витков;
 - в) с вынутыми магнитными шунтами.
3. Измерить пусковой ток и пусковой момент двигателя:
 - а) с магнитными шунтами при $U = 0,85 U_n$ и $U = U_n$;
 - б) с вынутыми магнитными шунтами при $U = U_n$.
4. Определить напряжение трогания при различных положениях ротора.

2. Обработка результатов эксперимента

1. Вычертить эскиз двигателя с короткозамкнутым витком на полюсе. При выполнении эскиза использовать стенд с деталями двигателя.
2. Построить механические характеристики двигателя $M = f(s)$ по результатам опытов по п. 2 а, б, в.
3. Построить рабочие характеристики двигателя по результатам опытов по п. 2 а, б, в. На одном графике построить кривые потребляемого тока и мощности $I_s, P_s = f(M)$, на другом – энергетические характеристики $\eta, \cos\phi = f(M)$.

Пояснения и указания к работе

В работе исследуется аналог двигателя номинальной мощностью 6 Вт при частоте вращения 1300 об/мин. Потребляемая мощность составляет 33 Вт при номинальном токе 0,21 А и коэффициенте мощности 0,73.

Перед началом работы следует рассчитать номинальный вращающий момент $M_n = 9,55 P_n / n_n$, где P_n – номинальная полезная мощность двигателя, Вт; n_n – номинальная частота вращения, об/мин. Номинальный момент надо выразить в делениях по шкале используемого в работе тормоза в соответствии с указанной ценой деления.

Все опыты проводятся по схеме рис. 2.3, выбранной из соображений минимальной погрешности на собственное потребление приборов.

В работе исследуются три двигателя одного типа. Один двигатель полностью собран (имеет короткозамкнутые витки и магнитные шунты), у второго двигателя сняты короткозамкнутые витки, у третьего двигателя вынуты магнитные шунты.

Рабочие характеристики двигателя с короткозамкнутыми витками и

вставленными магнитными шунтами n , I_S , P_S , P_R , $\cos\varphi$, $\eta = f(M)$ снимаются при напряжении $U = U_H$ при изменении момента на валу от $M = 0$ (холостой ход) до максимального момента $M = M_m$, соответствующего опрокидывающему моменту асинхронного двигателя. Следует обязательно провести измерение всех величин при номинальном моменте M_H и проверить соответствие номинальных данных паспортным.

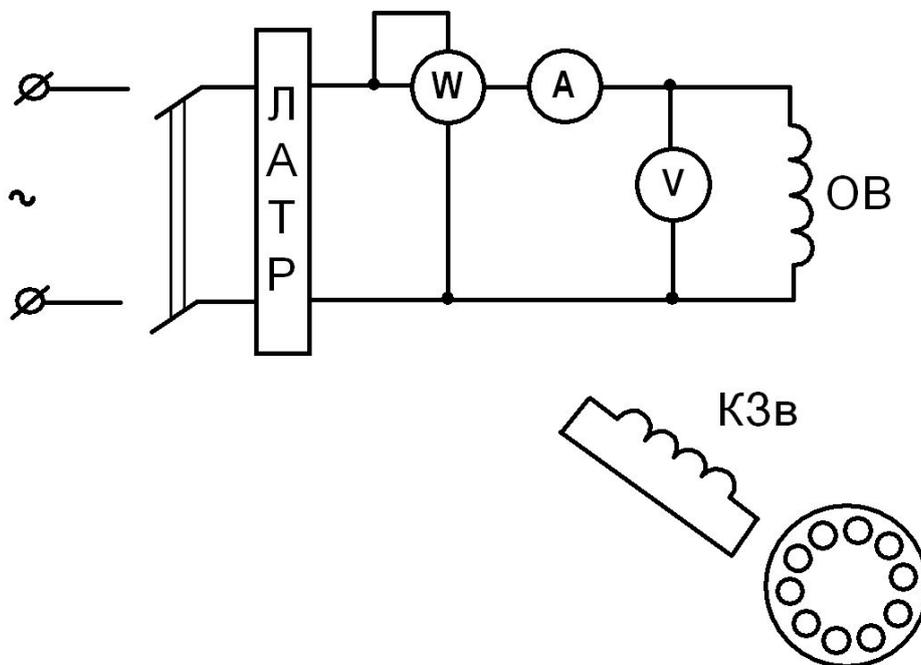


Рис. 2.3. Схема для исследования двигателя с экранированными полюсами

Нагрузка двигателя и измерение момента производится с помощью ленточного тормоза с маятником. Измерение частоты вращения рекомендуется производить бесконтактным тахометром.

При получении рабочих характеристик измеряются напряжение, подаваемое к двигателю U , потребляемый из сети ток I_S , потребляемая мощность P_S , момент на валу двигателя M и частота вращения n .

Расчетные величины определяются по формулам:

- полезная мощность на валу $P_R = 0,105M n$, Вт, где M – момент двигателя, Н·м, n – соответствующая частота вращения, об/мин;
- коэффициент полезного действия $\eta = P_R / P_S$;
- коэффициент мощности $\cos\varphi = P_S / (UI_S)$;
- скольжение $s = (n_c - n) / n_c$, где n_c – синхронная частота вращения.

Опытные и расчетные величины: I_S , P_S , M , n , P_R , η , $\cos\varphi$ и s для каждой конфигурации статора для 6-7 значений вращающего момента (в

диапазоне от 0 до M_m) рекомендуется свести в табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Рабочие характеристики							
Опытные данные				Расчетные данные			
конфигурация статора							
M	I_S	P_S	n	P_R	η	$\cos\varphi$	s

Рабочие характеристики двигателя без короткозамкнутых витков снимаются так же, как и двигателя полностью собранного. Так как при снятых короткозамкнутых витках пусковой момент равен нулю, то двигатель предварительно следует разогнать. При запуске от руки или с помощью шнура двигатель может застрять на скорости $n = n_c / 3$, если в кривой момента имеется провал.

Рабочие характеристики двигателя без магнитного шунта снимаются так же, как и для двигателя полностью собранного. Результаты измерений и расчетов записываются в табл. 2.1.

Для исследования пусковых свойств двигателя производится измерение пусковых токов $I_{п}$, пусковых моментов $M_{п}$ и потребляемой мощности при пуске $P_{п}$. Чтобы определить влияние понижения напряжения на пусковые показатели, измерения производят при двух значениях напряжения $U = U_n$ и $U = 0,85U_n$.

Пусковой момент измеряется по отклонению стрелки тормоза в момент трогания ротора при плавном уменьшении нагрузки из режима короткого замыкания.

По данным опытов рассчитываются кратности пусковых токов $k_{пI} = I_{п} / I_n$ и кратности пусковых моментов $k_{пM} = M_{п} / M_n$, где I_n , M_n – номинальные ток и вращающий момент двигателя.

Опытные и расчетные данные пусковых режимов U , $I_{п}$, $P_{п}$, $M_{п}$, $k_{пI}$ и $k_{пM}$ для двигателя с шунтом при $U = U_n$ и $U = 0,85U_n$, а также двигателя без шунта при $U = U_n$ следует свести в таблицу 2.2, сравнить и проанализировать разные варианты.

Таблица 2.2.

Пусковые характеристики					
U	$I_{п}$	$P_{п}$	$M_{п}$	$k_{пI}$	$k_{пM}$
конфигурация статора					

Кроме того, в работе исследуется влияние положения ротора (расположения зубцов ротора по отношению к полюсам статора) на

напряжение трогания. Напряжением трогания называют такое минимальное напряжение, при котором двигатель начинает вращаться.

При определении напряжения трогания вначале берется произвольное положение ротора, затем ротор постепенно поворачивается через равные интервалы на угол $20-30^\circ$. Напряжение трогания колеблется в пределах нескольких вольт и играет важную роль для оценки пусковых свойств двигателя. Необходимо проверить, что при понижении напряжения сети до $U = 0,85U_n$ (с учетом возможных колебаний напряжения сети на $\pm 15\%$) двигатель начинает вращаться при любом положении ротора.

Анализ результатов исследований

Для оценки свойств двигателя с короткозамкнутым витком на полюсе и определения влияния на характеристики его основных конструктивных элементов (короткозамкнутых витков, магнитных шунтов) проводится сравнение механических характеристик $M = f(s)$, рабочих характеристик и пусковых свойств для всех исследуемых конфигураций двигателя: полностью собранной машины, двигателя без короткозамкнутых витков, двигателя без магнитных шунтов.

Для режима номинальной нагрузки следует провести сравнение потребляемых токов I_S , мощностей P_S и частоты вращения n_n , а также сравнить энергетические показатели двигателей η и $\cos\phi$. По результатам снятия рабочих и пусковых характеристик следует сравнить кратности максимального момента k_m , пускового момента $k_{пМ}$ и пускового тока $k_{пI}$.

Для всех сравниваемых конфигураций двигателей принимается одно и то же значение номинального вращающего момента.

Рассматривая эти характеристики, можно сделать ряд выводов о свойствах двигателей с короткозамкнутым витком:

1. Наибольший коэффициент полезного действия имеет место при моменте, близком к максимальному. Поэтому для лучшего использования двигателя стремятся работать при скольжениях, близких к критическому. Кратность максимального момента невелика и составляет обычно $k_m = 1,1 \dots 1,3$.

2. Ток двигателя I_S мало меняется от режима холостого хода до номинальной нагрузки. При заторможенном роторе ток незначительно увеличивается по сравнению с номинальным током. Это можно объяснить, рассматривая двигатель как трехобмоточный трансформатор (обмотка возбуждения, короткозамкнутый виток, обмотка ротора), одна из обмоток которого находится в режиме короткого замыкания. Двигатель с экранированными полюсами не боится коротких замыканий, надежен и допускает большое число включений.

3. Короткозамкнутый виток позволяет получить в машине эллиптическое вращающееся поле и создать пусковой момент. Однако

потери в короткозамкнутом витке весьма велики. Поэтому при снятии витка потребляемая мощность обычно заметно снижается. Одновременно снижается перегрузочная способность двигателя, так как он оказывается чисто однофазным с пульсирующим магнитным полем.

4. Магнитные шунты позволяют увеличить вращающий момент, так как они увеличивают взаимосвязь между главной обмоткой и короткозамкнутым витком и позволяют создать более совершенное магнитное поле (улучшить форму поля в зазоре, уменьшить обратное поле). В двигателе с вынутыми магнитными шунтами возрастают потребляемые из сети ток и мощность, что приводит к снижению коэффициента полезного действия.

Контрольные вопросы

1. Назовите достоинства и недостатки однофазного асинхронного микродвигателя с экранированными полюсами.
2. Объясните принцип действия АДЭП.
3. Объясните назначение короткозамкнутого витка в АДЭП.
4. Для чего в конструкции машины имеются магнитные шунты?
5. Какие рабочие показатели двигателя изменяются и почему, если снять короткозамкнутый виток, но оставить магнитный шунт?
6. Будет ли иметь пусковой момент двигатель без короткозамкнутого витка, если зазор под полюсом неравномерный?
7. Каково направление вращения АДЭП? Можно ли реверсировать этот двигатель?
8. Чему равны перегрузочная способность и кратность пускового момента АДЭП?
9. Как меняется ток в главной обмотке АДЭП при постоянном напряжении сети и изменении режима работы от холостого хода до короткого замыкания?
10. Как влияет на свойства АДЭП третья пространственная гармоника поля? Почему она появляется в результирующем поле?
11. Зависит ли величина пускового момента от положения ротора?
12. Назовите области применения АДЭП.

Литература

1. Испытание электрических микромашин. – М.: Высш. школа, 1984. - 300 с. (*Глава 5. Испытание асинхронных микродвигателей*).
2. Осин И.Л., Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. – М.: Издательство МЭИ, 2003 - 410 с. (*Глава 4. Асинхронные микродвигатели*).
3. Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств – М.: Высш. школа, 1988 – 479 с. (*Глава 3. Силовые асинхронные микродвигатели*).