3226

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электропривода

**АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу «Электрические машины»

И.Б. Битюцкий, Д.И. Шишлин, А.И. Бойков

Липецк

Липецкий государственный технический университет

2019

УДК 621.313 (07)

Б 666

**Рецензент:** Мещеряков В.Н., доктор технических наук, профессор

**Битюцкий, И.Б.**

Б 666 Асинхронные машины [Текст]: методические указания к лабораторным работам по курсу «Электрические машины» / И.Б. Битюцкий, Д.И. Шишлин, А.И. Бойков. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2019. – 29 с.

В методических указаниях рассмотрены двигательные режимы асинхронных машин с фазным и короткозамкнутым ротором. Представлена программа исследований, направленная на получение зависимостей, которые отражают эксплуатационные свойства этого класса электрических машин.

Предназначены для студентов направлений подготовки 13.03.02 «Элек­троэнергетика и электротехника» и 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Табл. 12. Ил. 14. Библиогр.: 4 назв.

© ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», 2019.

**Лабораторная работа № 8.**

**Исследование трехфазного асинхронного двигателя с**

**помощью круговой диаграммы**

Цель работы - сопоставление опытных характеристик асинхронного дви­гателя с характеристиками, рассчитанными по круговой диаграмме.

1. ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Круговая диаграмма позволяет построить рабочие и механические харак­теристики асинхронного двигателя на основе опытов холостого хода и корот­кого замыкания.

Объектом исследования в лабораторной установке, электрическая схема которой показана на рис. 8.1, является трех­фазный асинхронный двигатель с фазным ротором. В цепь фазного ротора с це­лью регулирования скорости вра­щения, тока, момента и коэффициента мощно­сти можно вводить различные элементы – как пассивные, так и активные. В этом заключаются его существен­ные пре­имущества перед короткозамкнутым ротором.



Рис. 8.1. Полная электрическая схема лабораторной установки

В ка­честве нагрузки на валу исследуемого двигателя установлен электро­магнитный тормоз **ЭТ***.* Источником регулируемого трехфазного напряжения служит трансформатор **PH**. Переключатель **П** позволяет измерять трехфазную мощ­ность с помощью однофазного ваттметра, как модуль алгебраической суммы показаний  и  в положениях 1 и 2.

2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ

ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы соблюдать основные правила:

1) перед началом работы необходимо убедиться, что все выключатели пи­тания нахо­дятся в положении «отключено»;

2) при сборке схемы избегать натяжения проводов; обратить особое вни­ма­ние на количество соединенных проводов, там, где возможно, ставить нако­неч­ники проводов под зажим;

3) после сборки схемы убрать с рабочего стола лишние провода, приборы, книги и другие предметы, а также освободить проход к рабочему месту;

4) запрещается включать схему без проверки ее преподавателем или лабо­рантом;

5) убедиться перед включением схемы, что никто не касается ее токоведу­щих элементов или подвижных частей машин;

6) запрещается включать схему без предупреждения;

7) запрещается находиться напротив незакрытых вращающихся соедини­тельных муфт и дисков.

8) при возникновении каких-либо неисправностей немедленно отключить питание схемы и сообщить об этом преподавателю или лаборанту;

9) запрещается производить переключения проводов в схеме, если она находится под напряжением;

10) запрещается оставлять без присмотра включенные схемы.

После завершения работы в первую очередь отключить питание стенда, а затем разобрать схему.

3. ПРОГРАММА РАБОТЫ

3.1. Записать паспортные данные двигателя.

3.2. Снять механические характеристики двигателя при**,** **:**

а) с ротором, замкнутым накоротко;

б) с добавочным трехфазным активным сопротивлением , введённым в цепь ротора.

3.3. Провести опыт холостого хода.

3.4. Провести опыт короткого замыкания.

3.5. Снять рабочие характеристики двигателя **,** **, η,** **.**при**,** **.**

4. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Перед началом каждого опыта рукоятку контроллера пускового рео­стата **ПР** необходимо ставить в исходное положение, а потенциометр **ПТ** *–*  устанавливать на «0».

4.2. Габариты и параметры двигателя, использованного в установке, поз­воляют снимать его механические характеристики с помощью электромагнит­ного тормоза при номинальном напряжении.

Для снятия естественной механической характеристики (п. 3.2, *а* про­граммы работы) необходимо установить на выходе **PH** напряжение  и выве­сти пуско­вой реостат; переключатель **П** поставить в нейтральное положе­ние, а ам­перметр в фазе «В» исключить. Запустив двигатель таким образом, по­степенно нагружать его, увеличивая ток возбуждения электромагнитного тор­моза **i**. В диапазоне сделать 5-7 замеров момента на валу двигателя  и скоро­сти вращения **n**. Результаты измерений записать в табл. 8.1. Цена деления моментомера См=…… Нм/дел.

Таблица 8.1

**Результаты измерений естественной механической характеристики ( Ом)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | [дел] |  |  |  |  |  |  |  |
| [Н·м] |  |  |  |  |  |  |  |
| n | [об/мин] |  |  |  |  |  |  |  |

Реостатная механическая характеристика (п. 3.2, *б* программы работы) сни­мается в той же последовательности, что и естественная. Особенность лишь в том, что после запуска в цепи ротора должна остаться последняя ступень пус­кового реостата в качестве . Результаты измерений записать в табл. 8.2.

Таблица 8.2

**Результаты измерений реостатной механической характеристики (Ом)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | [дел] |  |  |  |  |  |  |  |
| [Н·м] |  |  |  |  |  |  |  |
| n | [об/мин] |  |  |  |  |  |  |  |

4.3. В опыте холостого хода ротор двигателя вращается без нагрузки на валу. Пусковой реостат должен быть выведен. При этом необходимо снять за­висимости мощности и тока  от подведен­ного напряжения в диапазоне , где , .

Показания ваттметра  и  при различных положениях переключателя **П** необходимо записать с учетом знака этих величин. Одновременно с измере­ниями  и  фиксируют токи соответствующих фаз. Результаты измерений следует записать в табл. 8.3. Цена деления ваттметра С=…… Вт/дел.

Таблица 8.3

**Результаты измерений опыта холостого хода**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uab | [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ubc | [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| Uca | [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ib | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ia | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| P0' | дел. |  |  |  |  |  |  |  |
| [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ic | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| P0'' | дел. |  |  |  |  |  |  |  |
| [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| U0ф | [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| I0ф | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| P0ф | [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| U0ф I0ф | [ВА] |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

В табл. 8.3 

4.4. В опыте короткого замыкания ротор двигателя должен быть затор­можен специальным стопором. Пусковой реостат должен быть выведен. Пре­делы измерений приборов необходимо изменить в соответствии с новыми диа­пазонами изменения тока и напряжения.

Перед началом опыта регулятор напряжения **PH** следует установить на «0». В дальнейшем напряжение повышать в таких пределах, чтобы ток корот­кого замыкания  не превысил **1,5Iнф**. Измерения тока **Iкф,** напряжения  и мощности  необходимо провести в интервале . Результаты измерений записать в таб­л. 8.4. Цена деления ваттметра С=…… Вт/дел.

Таблица 8.4

**Результаты измерений опыта короткого замыкания**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uab | [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ubc | [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| Uca | [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ib | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ia | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| Pк' | дел. |  |  |  |  |  |  |  |
| [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ic | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| Pк'' | дел. |  |  |  |  |  |  |  |
| [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Uкф | [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| Iкф | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| Pкф | [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Uкф Iкф | [ВА] |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

В табл. 8.4

4.5. Рабочие характеристики двигателя снимаются при номинальном напряжении **U1н** и выведенном реостате в цепи ротора.

Перед началом опыта необходимо вынуть стопор, тормозивший ротор в режиме короткого замыкания.

После запуска двигателя, увеличивая **i**, довести ток статора  приблизительно до **1,2Iнф**. Затем постепенно разгружать двига­тель до холостого хода, измеряя токи фаз, момент **М2**, мощность  и скорость вращения **n**.

Напряжение поддерживать постоянным. Результаты измерений записать в табл. 8.5. **U1н** =…… В; цены деления моментомера См=…… Нм/дел и ваттметра С=…… Вт/дел.

Таблица 8.5

**Результаты измерений рабочих характеристик двигателя**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ib | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ia | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| P' | дел. |  |  |  |  |  |  |  |
| [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Ic | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| P'' | дел. |  |  |  |  |  |  |  |
| [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| n | [об/мин] |  |  |  |  |  |  |  |
| М2 | [дел] |  |  |  |  |  |  |  |
| [Н·м] |  |  |  |  |  |  |  |
| P1 | [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| I1ф | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| Р2 | [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 U1ф I1ф | [ВА] |  |  |  |  |  |  |  |
| η |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

В табл. 8.5 

5. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

5.1. Для удобства сравнения, механические характеристики, построенные по данным табл. 8.1 и 8.2, следует совместить, как это показано на рис. 8.2.



Рис. 8.2. Естественная и реостатная механические характеристики двигателя

5.2. По результатам опыта холостого хода (табл. 8.3) необходимо постро­ить графики  и . Вид этих зависимостей показан на рис. 8.3. Значения **I0** и **cosφо** определяются при номинальном фазном напряже­нии **Uфн** и заносятся в табл. 8.6.



Рис. 8.3. Характеристики холостого хода двигателя

5.3. По результатам опыта короткого замыкания необходимо построить графики **;** **;** **.** Вид этих зависимостей показан на рис. 8.4. Значения **Рк** и **cosφк***,* определяются при номинальном фазном токе **Iфн** и заносятся в табл. 8.6.



Рис. 8.4. Характеристики короткого замыкания двигателя

В табл. 8.6 также заносятся значения величин, рассчитанные по результа­там опыта короткого замыкания:

- активное сопротивление короткого замыкания ;

- приведенное сопротивление фазы ротора;

- реактивное сопротивление короткого замыкания ;

- наибольший ток ;

- ток короткого замыкания при номинальном напряжении 

где  и  - наибольшие значения напряжения и тока в опыте короткого замы­кания.

Таблица 8.6

**Величины, полученные в ходе проведения опытов холостого хода, короткого замыкания и в результате расчетов**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Io [А] | cosφо | φо | U'кф [В] | I'кф [А] | Iк [А] | cos φк |
|  |  |  |  |  |  |  |
| φ*к* | Pk [Вт] | rk [Ом] | xk [Ом] | r1 [Ом] | r'2 [Ом] | Iмах [А] |
|  |  |  |  |  |  |  |

5.4. Простейшая круговая диаграмма асинхронной машины показана на рис. 8.5. Данные, необходимые для ее построения, содержатся в табл. 8.6.

При построении круговой диаграммы вектор номинального фазного напряжения **Uнф**откладывают вертикально в произвольном масштабе. Диаметр окружности **ОН**, изображающий максимальный индуктивный ток **Imаx**, выбира­ется равным 300-400 мм. В таком случае масштаб токов составляет **mi=Imаx/OH**. Точка **О** получается в результате построения вектора тока , а точка **К** - в ре­зультате построения вектора . Дуга **ОАК** соответствует двигательному ре­жиму работы асинхронной машины.

Дальнейшее построение по диаграмме:

 таким образом определяется положение линии **OT**. Теперь круговая диаграмма позволяет для заданного  вычислить потребляемую мощность  и полезную мощность . Масштаб мощности , **m1** - число фаз обмотки статора.

Кроме того, при известных **φ1, Р1** и**Р2** можно определить **cosφ1** и **η**.

Для вычисления скольжения **s** и скорости вращения ротора **n** соответствующих заданному , необходимы дополнительные построения.



13

Рис. 8.5. Простейшая круговая диаграмма асинхронной машины

На рис. 8.5 показано построение линии скольжений **MD**. Эта линия про­водится параллельно **ОТ** до пересечения c **OК** или с ее продолжением. Точка **М** находится на перпендикуляре **МО** к **ОН***.* Вектор – , соответствует заданному , пересекает **MD**в точке **V**. Отношение равно скольжению **s** при задан­ном . Соответствующая скорость вращения ротора составляет , где **n1** скорость вращения поля двигателя. Момент на валу двига­теля определяется по формуле

Задаваясь различными значениями  на круговой диаграмме в диапазоне **,** следует заполнить табл. 8.7.

Таблица 8.7

**Результаты, полученные по круговой диаграмме**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| I1 | [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| φ1 | [град] |  |  |  |  |  |  |  |
| cosφ1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| P1 | [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| P2 | [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| η |  |  |  |  |  |  |  |  |
| s |  |  |  |  |  |  |  |  |
| n | [об/мин] |  |  |  |  |  |  |  |
| M2 | [Н·м] |  |  |  |  |  |  |  |

По данным табл. 8.7 сплошными линиями необходимо построить гра­фики **,** **,** **,** **,** **.**

Вид этих зависимостей показан на рис. 8.6 и 8.7. На эти же рисунки для сравнения следует пунктиром нанести соответствующие графики, построенные по данным табл. 8.5.



Рис. 8.6. Зависимости кпд и тока статора от полезной мощности



Рис. 8.7. Зависимости скорости ротора, момента на валу двигателя и его коэффициента мощности от полезной мощности

На рис. 8.2 указать точки зависимости *,* взя­тые из табл. 8.7.

6. выводы

В этом разделе работы необходимо оценить совпадение расчетных и опытных рабочих характеристик двигателя, и проанализировать возможные причины расхождения.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

6.1. Для допуска к работе:

а) наизусть знать схему для испытания асинхронного двигателя с фазным рото­ром;

б) знать назначение каждого элемента схем;

в) знать вид любой из характеристик двигателя и последовательность действий при ее снятии.

6.2. Для отчета по лабораторной работе:

а) уметь объяснить назначение пускового реостата;

б) знать теоретическое обоснование круговой диаграммы;

в) уметь объяснить вид любой из характеристик, снятых в лабораторной работе.

**Лабораторная работа №9.**

**Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором**

Цель работы – изучение методов испытаний асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и его характеристик.

1. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Электрическая схема лабораторной установки показана на рис. 9.1. Для нагрузки исследуемого двигателя 1 использована относительно сложная си­стема, в которой нагрузочный генератор 2 служит источником питания двига­теля 3. Последний приводит во вращение асинхронный генератор 4, который в значительной мере возвращает энергию в трехфазную сеть. Подобные системы нагрузки особенно эффективны при испытании машин большой мощности.



Рис. 9.1. Полная электрическая схема лабораторной установки

Трехфазный асинхронный двигатель нормального исполнения имеет не­линейную механическую характеристику (зависимость скорости вращения **n** от момента на валу **M2**), показанную на рис. 9.2, где также прямыми ли­ниями показаны , соответствующие статической нагрузке при работе генератора 2 на реостат. Однако в таком случае значительная часть механиче­ской ха­рактеристики двигателя (точки a, b, c) может оказаться неопределенной.



Рис. 9.2. Характеристики, соответствующие реостатной статической нагрузке

Указанного недостатка не имеет схема на рис. 9.1, обеспечивающая статическую нагрузку, которой соответствуют параллельные линии на рис. 9.3.



Рис. 9.3. Характеристики, соответствующие статической нагрузке в системе «генератор-двигатель»

Точное измерение скорости вращения ротора **n**, близкой к известной ско­рости вращения поля **n1**, осуществляется с помощью индукционной катушки, установленной на двигателе. Местные потоки рассеяния ротора индуктируют на ней эдс, частота которой **f2**связана с известной частотой сети **f1**соотноше­нием

.

При относительно больших значениях  величина **n** достаточно точно измеряется с помощью тахогенератора.

2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ

ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы соблюдать основные правила:

1) перед началом работы необходимо убедиться, что все выключатели пи­тания нахо­дятся в положении «отключено»;

2) при сборке схемы избегать натяжения проводов; обратить особое вни­ма­ние на количество соединенных проводов, там, где возможно, ставить нако­неч­ники проводов под зажим;

3) после сборки схемы убрать с рабочего стола лишние провода, приборы, книги и другие предметы, а также освободить проход к рабочему месту;

4) запрещается включать схему без проверки ее преподавателем или лабо­рантом;

5) убедиться перед включением схемы, что никто не касается ее токоведу­щих элементов или подвижных частей машин;

6) запрещается включать схему без предупреждения;

7) запрещается находиться напротив незакрытых вращающихся соедини­тельных муфт и дисков.

8) при возникновении каких-либо неисправностей немедленно отключить питание схемы и сообщить об этом преподавателю или лаборанту;

9) запрещается производить переключения проводов в схеме, если она находится под напряжением;

10) запрещается оставлять без присмотра включенные схемы.

После завершения работы в первую очередь отключить питание стенда, а затем разобрать схему.

3. ПРОГРАММА РАБОТЫ

3.1. Записать паспортные данные двигателя.

3.2. Снять механическую и скоростную (электромеханическую) характери­стики двигателя  и  при  в трехфазном режиме.

3.3. Снять механическую и скоростную (электромеханическую) характе­ристику двигателя  и  при  в однофазном режиме.

3.4. Снять рабочие характеристики двигателя: **n**, **I1**, **M2**, **η**,  при , .

4. ПОЯСНЕНИЕ К РАБОТЕ

Чтобы избежать недопустимого перегрева двигателя при малых скоро­стях вращения, его механические характеристики снимают на пониженном напряжении **U1**. Степень и способ понижения напряжения указываются препо­давателем.

4.1. При выполнении п. 2.2 программы работы в исходном положении по­тенциометры **П1** и **П2** должны быть установлены на «0», рубильники **Р** и **Р1** должны быть замкнуты, **Р2** – разомкнут и на нем установлена перемычка **S** (рис. 9.1).

Запустив асинхронные двигатели 1 и 4, необходимо включить генераторы 2 и 3 на параллельную работу. Для этого потенциометром **П1** следует устано­вить максимальное значение тока возбуждения **i2**, а ток **i3** увеличивать посте­пенно, измеряя вольтметром со щупами напряжение на рубильнике **Р2**. Если с ростом тока возбуждения **i3** показания этого вольтметра возрастают, то необхо­димо остановить двигатель 4, разомкнуть **Р1** и на рубильнике **Р2** поменять ме­стами провода, идущие от генератора 3. При правильной полярности эдс гене­ратора 3 показания вольтметра на рубильнике **Р2** должны убывать с ростом **i3**. Рубильник **Р2** можно замкнуть только тогда, когда вольтметр на нем при за­мкнутом **Р1** и установленной перемычке «**S**» будет показывать «0».

Для снятия механической характеристики двигателя 1 необходимо после включения генераторов 2 и 3 на параллельную работу при постепенно уменьшать **i3** до нуля. При этом машина 3 переходит в двигательный режим и агрегат 3-4 остановится нагрузкой для агрегата 1-2.

Точность измерения скорости вращения ротора **n** с помощью тахогенера­тора в этом опыте вполне достаточна.

Результаты измерений **n**, **I1**, **U2**, **I2**следует записать в табл. 9.1. Остальные величины в этой таблице необходимо вычислить.

Таблица 9.1

**Результаты измерений и расчета механической характеристики асинхронного двигателя в трехфазном режиме при U1 =….= const**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n [об/мин] |  |  |  |  |  |  |  |
| I1 [A] |  |  |  |  |  |  |  |
| U2 [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| I2 [A] |  |  |  |  |  |  |  |
| U2I2 [кВт] |  |  |  |  |  |  |  |
| [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Рщ [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Р0 [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Р2 [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| М2 [Н·м] |  |  |  |  |  |  |  |

4.2. Механическая характеристика в однофазном режиме снимается в той же последовательности, что и в трехфазном. Особенность лишь в том, что непосредственно после запуска двигателя 1 необходимо разомкнуть рубильник **Р**.

Результаты измерений следует записать в табл. 9.2.

Таблица 9.2

**Результаты измерений и расчета механической характеристики асинхронного двигателя в однофазном режиме при U1 =….= const**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n [об/мин] |  |  |  |  |  |  |  |
| I1 [A] |  |  |  |  |  |  |  |
| U2 [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| I2 [A] |  |  |  |  |  |  |  |
| U2I2 [кВт] |  |  |  |  |  |  |  |
| [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Рщ [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Р0 [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Р2 [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| М2 [Н·м] |  |  |  |  |  |  |  |

4.3. Рабочие характеристики двигателя снимаются в трехфазном режиме при номинальном напряжении **U1H**. Последовательность действий остается той же, что и при выполнении п.2.2 программы работы. Особенности только в том, что ток статора **I1** не должен превышать **1,2I1H**, а скорость вращения **n** следует измерять с помощью индукционной катушки. Стрелка измерительного прибора, включенного в цепь этой катушки, отклоняется от нулевого положения с частотой тока ротора **f2**. Если за время **τ** подсчитано **X** отклонений стрелки в какую-либо одну сторону, то  (Гц),  (об/мин), где **f1** – частота сети, а **n1** – скорость вращения магнитного поля двигателя. Точность измерения **n** будет достаточной, если **τ ≥ 20 с** при каждом значении нагрузки.

Мощность **Р1**, потребляемая двигателем, измеряется трехфазным ваттметром в цепи статора.

Результаты измерений **I1**, **P1**, **U2**, **I2**, **X** и **τ** следует записать в табл. 9.3. Остальные величины в этой таблице необходимо вычислить.

Таблица 9.3

**Результаты измерений и расчета рабочих характеристик асинхронного двигателя при** ; 

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I1 [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| P1 [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| U2 [В] |  |  |  |  |  |  |  |
| I2 [А] |  |  |  |  |  |  |  |
| X |  |  |  |  |  |  |  |
| τ [с] |  |  |  |  |  |  |  |
| n [об/мин] |  |  |  |  |  |  |  |
| U2I2 [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Рщ [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Р0 [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| Р2 [Вт] |  |  |  |  |  |  |  |
| η |  |  |  |  |  |  |  |
| M2 |  |  |  |  |  |  |  |
| cos φ1 |  |  |  |  |  |  |  |

5. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

В табл. 9.1 и 9.2 потери холостого хода нагрузочного генератора 2 обозначены **P0**. Для заполнения соответствующей графы необходимо по табл. 9.4 построить вспомогательный график . Эта таблица составлена при тарировании нагрузочного генератора.

Таблица 9.4

**Результаты тарирования нагрузочного генератора**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n [об/мин] | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| Pв [Вт] | 11 | 19 | 27,5 | 36 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 | 91,5 |

Мощность на валу двигателя 1 определяется по формуле

,

где ra=7 Ом – сопротивление цепи якоря генератора 2, приведенное к температуре 75°С;  – потери в щеточном контакте, Вт.

Падение напряжения в щеточном контакте ΔU ≈ const = 2В.

Момент на валу двигателя .

Механические характеристики двигателя в трехфазном и однофазном режимах для удобства сравнения следует совместить, как это показано на рис. 9.4, и указать напряжение, при котором они сняты. Определение пускового момента трехфазного асинхронного двигателя  (при ) требует большой точности и обычно является предметом специального исследования.



Рис. 9.4. Механические характеристики асинхронного двигателя в

трехфазном и однофазном режимах

Скоростные (электромеханические) характеристики, построенные по данным табл. 9.1 и 9.2, также следует совместить, как это показано на рис. 9.5. Здесь кривая 1 соответствует трехфазному режиму, а кривая 2 – однофазному.

В табл. 9.3 величина **Р0** может быть принята постоянной, так как в рабочем диапазоне нагрузок скорость вращения асинхронного двигателя изменяется мало. Для заполнения соответствующей графы этой таблицы следует по вспомогательному графику определить **Р0** при . Остальные величины рассчитываются по следующим формулам:

; .

Рабочие характеристики двигателя следует совместить, как это показано на рис. 9.6.



Рис. 9.5. Скоростные (электромеханические) характеристики асинхронного двигателя в трехфазном (1) и однофазном (2) режимах



Рис. 9.6. Рабочие характеристики асинхронного двигателя

В первом приближении можно принять, что момент **М2** пропорционален . Таким образом, для построения естественной механической характери­стики  при  необходимо величины **М2**, взятые из таблицы 9.1, умножить на **(U1H/U1)2** при тех же значениях **n**. Результаты следует записать в табл. 9.5.

Таблица 9.5

**Результаты измерений для построения естественной механической характеристики асинхронного двигателя**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n [об/мин] |  |  |  |  |  |  |  |
| М2 [Н·м] |  |  |  |  |  |  |  |

Графики , построенные по табл. 9.3 и 9.5, следует совме­стить, как это показано на рис. 9.7.



Рис. 9.7. Совмещение механических характеристик

асинхронного двигателя по данным табл. 9.3 и 9.5

Здесь сплошной линией обозначен рабочий участок механической характеристики, соответствующей табл. 9.3.

6. ВЫВОДЫ

В этом разделе работы следует оценить совпадение графиков на рис. 9.7 и проанализировать возможные причины их расхождения.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для допуска к работе знать:

а) наизусть схему для испытания трехфазного асинхронного двигателя;

б) назначение всех элементов схемы;

в) вид любой из характеристик и последовательность действий при ее снятии.

2. Для отчета по лабораторной работе:

а) знать уравнение зависимости электромагнитного момента от скольже­ния и уметь им пользоваться;

б) уметь объяснить вид любой из характеристик, снятых в лабораторной работе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вольдек, А.И. Электрические машины [Текст] : учеб. для студ. высш. техн. учеб. заведений / А.И. Вольдек. – Ленинград: Энергия, 1978. – 832 с.

2. Костенко, М.П. Электрические машины. Часть 2. Машины переменного тока [Текст] : учеб. для студ. высш. техн. учеб. заведений / М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. – Ленинград: Энергия, 1973. – 648 с.

3. Петров, Г.Н. Электрические машины [Текст] : учеб. для студ. высш. техн. учеб. заведений /  Г.Н. Петров. – Москва; Ленинград: Госэнергоиздат, 1963. – 416 с.

4. Нюрнберг, Вернер. Испытание электрических машин [Текст] / пер. с нем. В. Ф. Кулыманова [и др.] ; под общ. ред. Г. Н. Петрова. - Москва ; Ленин­град : Госэнергоиздат, 1959. – 336 с.

**АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу «Электрические машины»

**Битюцкий** Игорь Борисович

**Шишлин** Денис Иванович

**Бойков** Андрей Игоревич

Редактор Е.Н. Черникова

Подписано в печать Формат 60Х84 1/16. Бумага офсетная.

Ризография. Печ. Л. 1,5. Тирах 100 экз. Заказ №

Издательство Липецкого государственного технического университета.

Полиграфического подразделение Издательства ЛГТУ.

398600 Липецк, ул. Московская, 30.