

## 3.2 Работа № 5

### Статические характеристики асинхронного двигателя с фазным ротором

#### Цель работы

Изучение **режимов работы** двигателя (двигательного, рекуперации, противовключения, динамического торможения), экспериментальное исследование **статических** (механических, электромеханических) и энергетических **характеристик** двигателя в различных схемах включения (при изменении напряжения на статоре, при введении добавочных сопротивлений в цепь ротора, при подаче на статор постоянного тока), определение **статических коэффициентов** его структурной схемы.

#### 1 Порядок выполнения работы

1.1 Ознакомиться с электрооборудованием лабораторной установки. Изучить описание стенда.

1.2 Выполнить предварительный расчет механических характеристик и параметров системы, обеспечивающих работу в заданной точке. Варианты заданий – в Приложении Г.

1.3 Собрать схему электропривода при питании статора **пониженным напряжением  $U_1 = 205 \text{ В}$**  от трансформатора TV1 и включении в цепи ротора **добавочных активных сопротивлений  $R_{2\text{доб}}$**  (см. рисунок 1б) с включением измерительных комплектов К50 в цепи статора и ротора.

В настроенной системе электропривода снять **статические характеристики** при изменении момента  $M_C$

$$n, U_1, I_1, P_1, U_2, I_2, P_2 = f(M_C),$$

а также рассчитать и построить энергетические характеристики  $\eta, \cos\varphi = f(M_C)$ .

1.4 Повторить п. 1.3 при  $R_{2\text{доб}} = 0$ .

1.5 Повторить п. 1.3 при включении **в цепи статора** добавочных активных сопротивлений  $R_{1\text{доб}} = R_{2\text{доб}}$  при отсутствии добавочных сопротивлений в цепи ротора  $R_2 = 0$ .

1.6 Снять **статические характеристики** п. 1.3 при питании статора **номинальным напряжением  $U_1 = 380 \text{ В}$**  при  $R_{2\text{доб}} = 0$ .

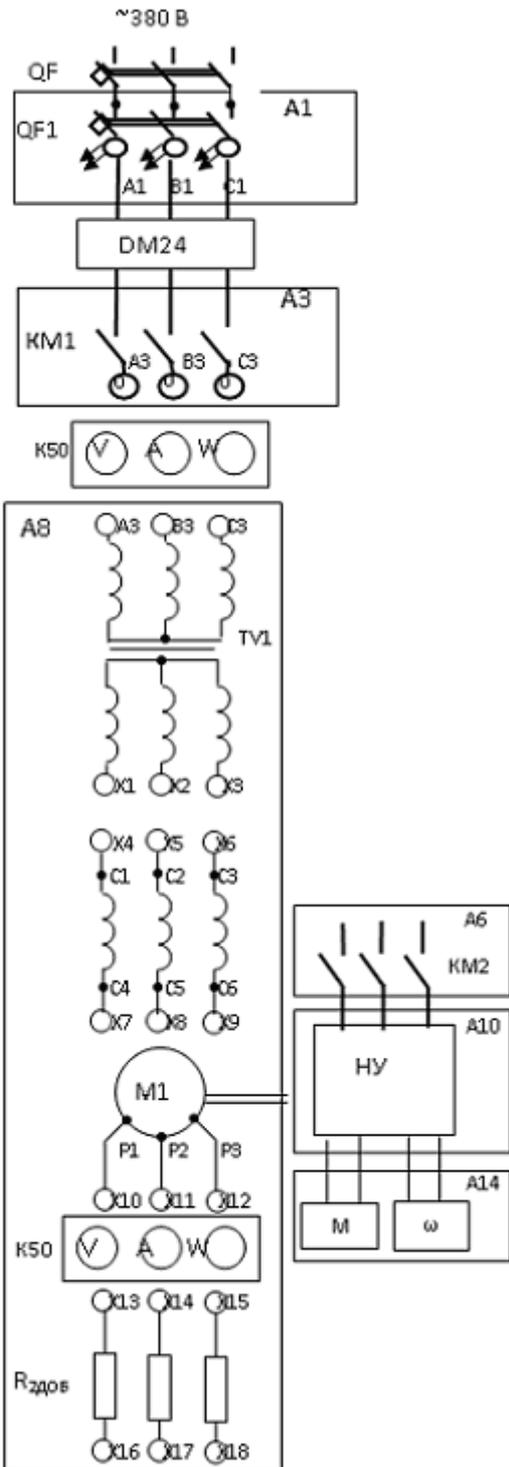
1.7 Оформить отчет по работе.

## 2 Пояснения к работе

### 2.1 Описание лабораторной установки

Схема лицевой панели лабораторного стенда асинхронного электропривода приведена на рисунке 16.

Лицевая панель составлена из модулей, на которых отражены мнемосхемы элементов стенда с вынесенными клеммами для сборки различных систем электропривода.



2.1.1 Для выполнения данной лабораторной работы (см. рисунок 6) используются следующие элементы лабораторного стенда асинхронного электропривода:

- асинхронный двигатель с фазным ротором  $M1$  с выведенными на стенд началами и концами обмоток статора  $X4 - X9$  и началами обмоток ротора  $X10 - X12$ ;
- модуль питания стенда  $A1$  с автоматическим выключателем  $QF1$ ;
- встроенный измеритель мощности (модуль  $A2$ );
- модуль питания  $A3$  двигателя с магнитным пускателем  $KM1$  и кнопками управления «Пуск» и «Стоп»;
- пускаторы резисторы для включения в цепи ротора. Величина сопротивления в цепи ротора устанавливается при отключенном и остановленном двигателе и при работе двигателя не регулируется;
- понижающий трансформатор  $TV1$   $380/205\text{ В}$  позволяет выполнять исследования при пониженном напряжении питания с целью снижения тепловых потерь в двигателе, а также обеспечивать прямой пуск двигателя и при отсутствии добавочных сопротивлений в цепи ротора;
- нагрузка на валу двигателя  $M1$  обеспечивается нагрузочным устройством – см. п. 1.6;
- отдельное устройство для питания статора постоянным током в режиме динамического торможения;

Рисунок 16 – Схема исследования АД

– трехфазные комплекты К50 для измерения токов, напряжений и мощностей в цепях двигателя;

– датчики тока ДТ и напряжения ДН.

Соединения элементов стенда между собой выполняются в соответствии с задачами исследования

2.1.2 Порядок включения силовых цепей стенда определяется внутренними блокировками, обеспечивающими безопасность работы электрооборудования и осуществляется в следующей последовательности:

– включением автомата QF стенд подключается к сети лаборатории;

– автоматом QF1 на модуле А1 подается питание на силовые цепи стенда;

– кнопкой «Пуск» модуля А6 включается питание нагрузочного устройства,

– кнопкой «Пуск» модуля А3 подается напряжение на исследуемый двигатель.

Отключение силовых цепей производится в обратной последовательности.

## 2.2 Предварительные расчеты

2.2.1 Пользуясь данными электрооборудования (см. Приложение В) и заданным вариантом (см. Приложение Г), рассчитать величину  $R_{2доб}$  – в двигательном режиме и величину постоянного тока  $I_p$  - в режиме динамического торможения с рассчитанными выше  $R_{2доб}$ , обеспечивающих работу двигателя в точках  $M_{зад}$ ,  $\omega_{зад}$ , рассчитать и построить механические характеристики, проходящие через заданную точку. Учесть при этом, что при работе с трансформатором TV1 линейное напряжение понижено и равно  $U_1 = 205$  В.

2.2.2 Оценить максимально допустимые значения момента и скорости вращения исследуемого двигателя.

## 2.3 Исследование системы электропривода

2.3.1 **Схема** при питании статора **пониженным напряжением  $U_1 = 205$  В** от трансформатора TV1 и включением в цепи ротора **добавочных активных сопротивлений  $R_{2доб}$**  (принципиальная схема приведена на рисунке 16).

2.3.1.1 Включением автомата на боковой стенке стенда подключить стенд к сети. На боковой стенке стенда включаются сигнальные лампы нахождения стенда под напряжением.

2.3.1.2 Автоматом QF1 на модуле А1 подается питание на силовые цепи стенда. Подается напряжение на цепи собственных нужд: питание операционных усилителей, задающих потенциометров и цифровых измерительных приборов.

Включаются сигнальные лампы на модуле А1.

Тумблером «Сеть» на модуле А2 включается в работу «Измеритель мощности».

2.3.1.3 Установить задающий потенциометр RP1 на модуле А14 нагрузочного устройства в нулевое (крайнее левое) положение и на модуле А6 кнопкой «Пуск» включить питание нагрузочного устройства (включается контактор КМ2, горит красный светодиод).

2.3.1.4 Кнопкой «Пуск» модуля А3 «Модуль питания» включается контактор КМ1 (о включенном состоянии контактора КМ1 сигнализирует красный светодиод, расположенный над кнопками «Пуск», «Стоп» модуля А3), подается напряжение на цепи статора. Двигатель разгоняется до скорости холостого хода.

2.3.1.5 Подключить выходы датчика тока ротора (X3, X4) и датчика напряжения на кольцах ротора (X1, X2) на входы двухлучевого осциллографа для контроля частоты тока ротора  $f_2$  и угла сдвига по фазе  $\varphi_2$  между напряжением и током ротора и расчета в дальнейшем коэффициента мощности ротора.

2.3.1.6 Снять статические характеристики электропривода при изменении момента статической нагрузки  $M_C$ , создаваемого нагрузочным устройством:

- скорости вращения двигателя  $n = f(M_C)$ ;
- напряжения на статоре двигателя  $U_1 = f(M_C)$ ;
- тока статора  $I_1 = f(M_C)$ ;
- активной мощности статора  $P_1 = f(M_C)$ ;
- напряжения на кольцах ротора  $U_2 = f(M_C)$ ;
- тока ротора  $I_2 = f(M_C)$ ;
- активной мощности ротора  $P_2 = f(M_C)$ .

2.3.1.7 Характеристики двигателя снимать в пределах допустимых значений (см. п. 2.2) для всех возможных режимов работы: двигательного, идеального холостого хода, рекуперативного торможения. Кроме того, при введении добавочных сопротивлений должны быть исследованы режимы короткого замыкания (моментного тормоза) и противовключения.

**ВНИМАНИЕ! Обязательно фиксируются граничные точки перехода из одного режима работы в другой.**

2.3.1.8 При исследовании режимов идеального холостого хода и рекуперативного торможения двигателя переключателем SA3 нагрузочной машины изменяется направление ее момента. Скорость двигателя при этом возрастает.

2.3.1.9 Для перевода двигателя в режим противовключения следует увеличить момент нагрузочной машины так, чтобы он стал больше момента короткого замыкания двигателя. Направление вращения двигателя при этом изменяется. Обратите внимание, что при этом переводе нагрузочная машина переводится из генераторного в двигательный режим.

Зафиксировать при  $\omega = 0$  все параметры по п. 2.3.1.7, особо записать в момент перехода ток ротора  $I_{2п}$  и начальное  $M_{снач}$  и конечное  $M_{скон}$  значения статического момента.

2.3.1.10 Проверить совпадение предварительных расчетов  $M_{зад}$ ,  $\omega_{зад}$  по п. 2.2 с результатами экспериментов. Пояснить возможную причину расхождений.

2.3.1.11 По окончании снятия характеристик снизить до нуля момент на валу  $M_B = 0$  (установить потенциометр RP1 модуля A14 в исходное нулевое положение). Отключить контактор KM1 на модуле 3. Двигатель остановится на выбеге.

2.3.2 Схема при питании статора **пониженным напряжением  $U_1 = 205$  В** от трансформатора TV1 при отсутствии в цепи ротора добавочных активных сопротивлений  $R_{2доб} = 0$  (принципиальная схема приведена на рисунке 16).

Повторить п.2.3.1.

2.3.3 Схема при питании статора **пониженным напряжением  $U_1 = 305$  В** от трансформатора TV1, **включением в цепи статора** добавочных активных сопротивлений  $R_{1доб} = R_{3доб}$  и отсутствии добавочных сопротивлений в цепи ротора  $R_3 = 0$ .

После подбора повторить п.2.3.1.

2.3.4 Схема при питании статора **номинальным напряжением  $U_1 = 380$  В** при отсутствии в цепи ротора добавочных сопротивлений  $R_{3доб} = 0$  (принципиальная схема приведена на рисунке 16).

После подбора повторить п.2.3.1.

2.3.5 Измерить любым из методов (амперметра-вольтметра и т.п.) активные сопротивление фазных обмоток статора и ротора двигателя и фазное сопротивление добавочного резистора  $R_{2доб}$ .

### 3 Содержание отчета

3.1 Привести принципиальную схему силовых цепей двигателя, в которых выполнялись исследования.

3.2 Привести предварительные расчеты.

3.3 Представить таблицы результатов экспериментов по п. 2.3.1 – 2.3.7.

3.4 Представить графики механических и электромеханических характеристик двигателя:

- естественные;
- при пониженном напряжении на статоре и отсутствии добавочных сопротивлений в цепях статора и ротора;
- при пониженном напряжении на статоре и введенном добавочном сопротивлении в цепь ротора  $R_{2\text{доб}}$ ;
- при пониженном напряжении на статоре и введенном добавочном сопротивлении в цепь статора  $R_{1\text{доб}}$ ;
- при пониженном напряжении на статоре и введенном индуктивном реостате (дресселе);
- в схеме динамического торможения с независимым возбуждением.

Представить также зависимость момента на валу от тока ротора для двигательного и тормозного режимов работы.

3.5 Для двигательного режима и режима рекуперативного торможения исследованных схем включения двигателя рассчитать и построить зависимости КПД  $\eta$  и коэффициент мощности  $\cos\varphi_1$  двигателя от статического момента  $\eta = f(M_c)$ ,  $\cos\varphi_1 = f(M_c)$ .

3.6 Привести упрощенную структурную схему асинхронного двигателя для статики и рассчитать ее статические коэффициенты для схем включения, указанных в п.3. Результаты расчетов свести в таблицу.

3.7 На основе экспериментальных данных (для каждой из исследованных схем) рассчитать и построить энергетические диаграммы двигателя при работе его в разных режимах.

Для каждой энергетической диаграммы необходимо указать режим работы двигателя, опытные значения этого режима (токи, момент, скорость и т.п.).

Привести расчеты составляющих энергетических диаграмм:

- активную мощность, потребляемую из сети (отдаваемую в сеть);
- мощность потерь в обмотке статора;
- мощность потерь в добавочных сопротивлениях статора;
- мощность потерь в стали статора (определяется в точке синхронной скорости  $\omega_0$  и принимается постоянной при неизменном напряжении сети  $U_1$ );
- электромагнитную мощность;
- мощность потерь в обмотке ротора;
- мощность потерь в добавочных сопротивлениях ротора;
- мощность на валу двигателя;
- мощность механических потерь и потерь в стали ротора;
- КПД  $\eta$ ;
- коэффициент мощности  $\cos\varphi_1$ .

На графиках энергетических диаграмм их составляющие необходимо показать с соблюдением масштаба.

## Контрольные вопросы

- 1 Какой характер момента на валу (активный или реактивный) обеспечивает нагрузочное устройство?
- 2 Как изменится скорость двигателя, если при наличии момента на валу отключить статор двигателя от сети?
- 3 По каким приборам можно определить, что двигатель находится в точке синхронной скорости?
- 4 Как изменится вид механической характеристики двигателя при переключении обмоток статора из схемы соединения «треугольник» в схему соединения «звезда» при постоянном напряжении сети?
- 5 Как изменится скорость вращения двигателя при включении в цепь ротора добавочного сопротивления, если момент на валу положительный, отрицательный, равен нулю?
- 6 Почему при скольжениях, больших критического, ток ротора увеличивается, а момент двигателя снижается?
- 7 Как изменится момент двигателя в режиме динамического торможения с независимым возбуждением, если при постоянной скорости уменьшить ток статора? увеличить сопротивление в цепи ротора?
- 8 Как обеспечивается режим торможения противовключением в схеме лабораторного стенда?
- 9 Как перевести двигатель в режим рекуперативного торможения?
- 10 Охарактеризуйте точку, в которой равен нулю коэффициент полезного действия двигателя? его коэффициент мощности?
- 11 В какой точке естественной характеристики минимален ток статора?
- 12 Как в схеме лабораторного стенда снять неустойчивый участок механической характеристики?
- 13 Как изменится критический момент двигателя в режиме динамического торможения, если ток статора увеличить вдвое и не учитывать насыщение магнитной цепи машины?
- 14 Как изменяются пусковые момент и ток статора двигателя, если постепенно увеличивать сопротивление цепи ротора?
- 15 Как с помощью нагрузочного устройства определить момент потерь холостого хода исследуемой машины?
- 16 Как изменится вид механической характеристики двигателя, если построить ее в зависимости от момента на валу?
- 17 Может ли асинхронный двигатель работать генератором на изолированную сеть?