

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Целью работы является изучение способов управления и свойств бесколлекторного двигателя постоянного тока и снятие его рабочих характеристик.

Общие сведения

Бесколлекторный двигатель постоянного тока (БДПТ) представляет собой разновидность двигателя постоянного тока, у которого вместо щеточно-коллекторного узла для своевременной подачи питания к обмоткам используется полупроводниковый («вентильный») коммутатор, управляемый по сигналам от датчика положения ротора. Бесколлекторный двигатель постоянного тока (в англоязычной литературе BLDC – brushless direct current motor) имеет такие же линейные характеристики, что и традиционный двигатель постоянного тока и позволяет так же хорошо регулировать частоту вращения, но при этом он не имеет сложного, ненадежного, искрящего щеточно-коллекторного узла, требующего регулярного обслуживания (зато имеет дорогой коммутатор).

В отличие от синхронного двигателя с постоянными магнитами бесколлекторный двигатель постоянного тока (или «вентильный двигатель»), как его часто называют в русскоязычной литературе) имеет плавный пуск, обеспечиваемый постоянной обратной связью между положением ротора и срабатыванием коммутатора. Благодаря этой обратной связи при любой частоте вращения достигается оптимальное положение МДС статора относительно поля возбуждения, дающее максимальный вращающий момент. Обратную связь обеспечивают датчики положения ротора. Одним из самых простых оказывается датчик Холла, реагирующий на изменение магнитного поля при перемещении ротора с постоянными магнитами относительно неподвижного датчика. Однако существуют способы и бездатчикового управления, использующие в качестве сигнала положения ротора, например, значение ЭДС в отключенной обмотке статора. Правда, величина ЭДС зависит от частоты вращения и такой способ управления имеет ограниченное применение при малых частотах вращения и при пуске двигателя.

Лабораторный стенд, внешний вид которого показан на рис. 4.1, позволяет исследовать работу бесколлекторного двигателя постоянного тока, изучить последовательность коммутации ключей коммутатора, сравнить сигналы датчиков Холла и фазных напряжений, а также фазных ЭДС. В исследуемом двигателе можно применять обратную связь по

положению ротора и бездатчиковое управление. А также снимать механические и регулировочные характеристики бесколлекторного двигателя постоянного тока.

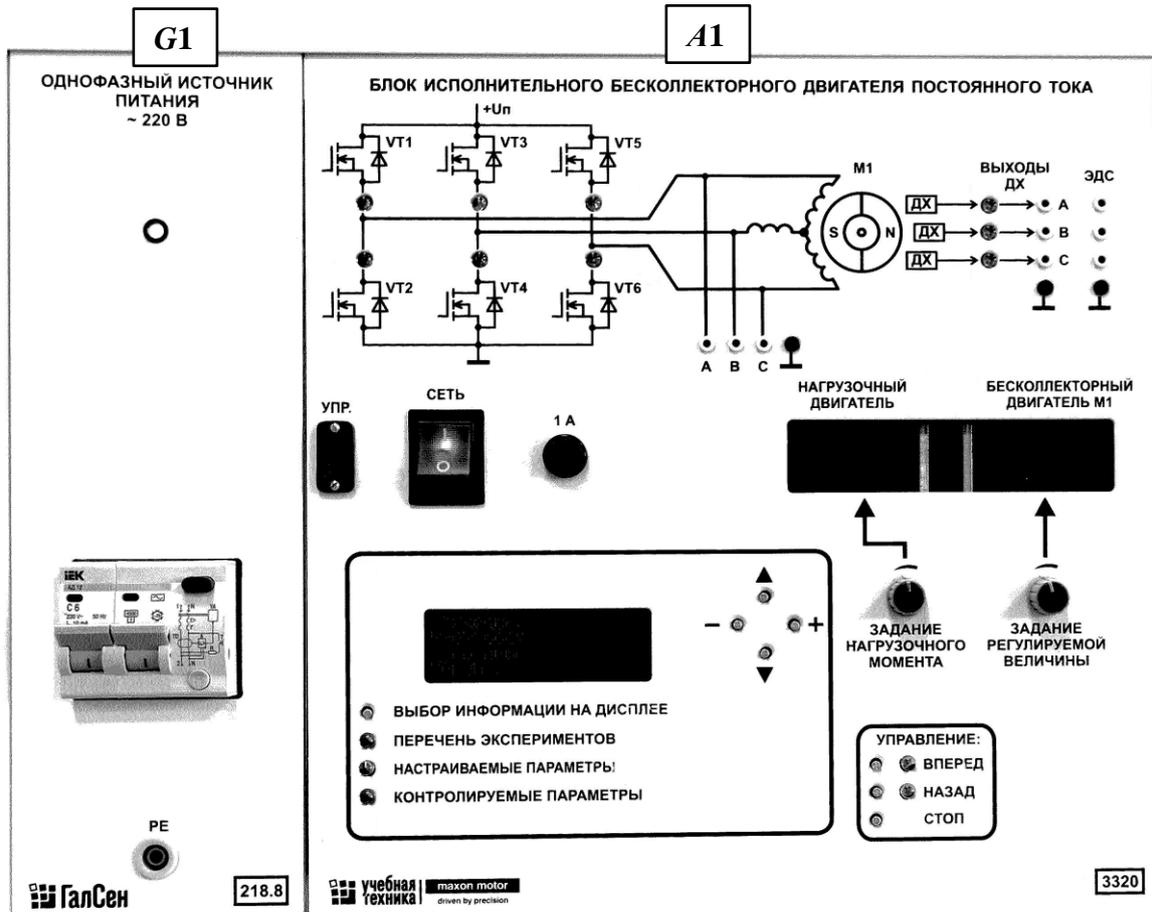


Рис. 4.1. Внешний вид лабораторного стенда

Программа работы

1. Экспериментальные исследования

1. Определить последовательность коммутации ключей коммутатора БДПТ при вращении в прямом и обратном направлении.

2. Исследовать работу бесколлекторного двигателя постоянного тока при питании от источника регулируемого постоянного напряжения. Рассмотреть влияние нагрузки и питающего напряжения на частоту вращения двигателя, снять осциллограммы фазных напряжений, сигналов датчиков Холла и фазных ЭДС.

3. Исследовать работу бесколлекторного двигателя постоянного тока при ШИМ регулировании фазного напряжения. Рассмотреть влияние нагрузки и коэффициента заполнения ключей коммутатора на частоту вращения двигателя, снять осциллограммы фазных напряжений. Снять

осциллограммы переходного процесса пуска и торможения двигателя при разных нагрузках и значениях коэффициента заполнения.

4. Снять семейство механических характеристик БДПТ $M = f(n)$ при питании от источника регулируемого постоянного напряжения при $U = 12, 8$ и 4 В.

5. Снять семейство механических характеристик БДПТ $M = f(n)$ при ШИМ регулировании фазного напряжения при коэффициентах заполнения $k_3 = 1, 0,66$ и $0,33$.

6. Снять семейство регулировочных характеристик БДПТ при питании от источника регулируемого постоянного напряжения $n = f(U)$ для моментов нагрузки $M = 2$ и 4 мНм.

7. Снять семейство регулировочных характеристик БДПТ при ШИМ регулировании фазного напряжения $n = f(k_3)$ для моментов нагрузки $M = 2$ и 4 мНм.

2. Обработка результатов эксперимента

1. Построить графики коммутации ключей коммутатора БДПТ при прямом и обратном направлении вращения.

2. Сравнить осциллограммы фазных напряжений и датчиков положения при питании коммутатора от источника регулируемого постоянного напряжения и при ШИМ регулировании фазного напряжения.

3. Построить и сравнить между собой семейства механических характеристик БДПТ при питании коммутатора от источника регулируемого постоянного напряжения и при ШИМ регулировании фазного напряжения.

4. Построить и сравнить между собой семейства регулировочных характеристик БДПТ при питании коммутатора от источника регулируемого постоянного напряжения и при ШИМ регулировании фазного напряжения.

Пояснения и указания к работе

Перед проведением каждого эксперимента надо привести модули в исходное состояние. Для этого необходимо включить автоматический выключатель источника питания $G1$ и включить выключатель «Сеть» блока $A1$. Затем на передней панели блока $A1$ кнопкой «▲» переключиться на проведение необходимого эксперимента из перечня экспериментов. Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключиться на экран «Настраиваемые параметры» для выбора способа питания БДПТ (постоянное регулируемое напряжение или ШИМ регулирование). После этого кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключиться на экран «Контролируемые параметры» для вывода на

дисплей значений скорости, момента, напряжения питания или коэффициента заполнения в зависимости от сделанных ранее установок.

Для включения и отключения двигателя используются кнопки блока А1, объединенные в раздел «Управление». Кнопка «Вперед» обеспечивает пуск двигателя в прямом направлении. Кнопка «Назад» обеспечивает пуск двигателя в обратном направлении. Кнопка «Стоп» отключает питание двигателя, останавливая его.

Ручка потенциометра «Задание нагрузочного момента» позволяет регулировать момент нагрузки БДПТ (с помощью нагрузочного двигателя постоянного тока). Нулевому моменту соответствует крайнее левое положение против часовой стрелки, поворот ручки по часовой стрелке увеличивает момент нагрузки. Ручка потенциометра «Задание регулируемой величины» позволяет регулировать напряжение питания БДПТ или коэффициент заполнения ключей коммутатора в зависимости от выбранного способа питания БДПТ. Нулевому напряжению / коэффициенту заполнения соответствует крайнее левое положение против часовой стрелки, поворот ручки по часовой стрелке увеличивает напряжение / коэффициент заполнения.

Определение последовательности коммутации ключей коммутатора БДПТ.

Включите автоматический выключатель источника питания G1 и выключатель «Сеть» блока А1 и с помощью кнопки «▲» переключитесь на страницу «Эксперимент №3: Изучение последовательности коммутации ключей».

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Контролируемые параметры».

Запустите двигатель, нажав кнопку «Вперед».

Ручкой потенциометра «Задание регулируемой величины» подберите наиболее приемлемую скорость переключения светодиодов коммутатора БДПТ.

По светодиодам, подключенным к выходам датчиков Холла, и светодиодам коммутатора определите последовательность, в которой переключаются ключи, и заполните табл. 4.1.

Таблица 4.1.

ДХ А										
ДХ В										
ДХ С										
VT1										
VT2										
VT3										
VT4										

VT5										
VT6										

В таблице 4.1. целесообразно цифрой «1» отмечать горящее состояние светодиодов и включенное состояние ключей VT1...VT6.

Нажмите кнопку «Назад» и повторите опыт для обратного вращения двигателя.

Выключите стенд в любой последовательности.

Исследование работы БДПТ при питании от источника регулируемого постоянного напряжения.

Включите автоматический выключатель источника питания G1 и выключатель «Сеть» блока A1 и с помощью кнопки «▲» переключитесь на страницу «Эксперимент №1: Исследование бесколлекторного двигателя ПТ с датчиками Холла».

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Настраиваемые параметры» и кнопкой «+» установите параметр «Питание» в значение «пост.» (двигатель получает постоянное регулируемое напряжение без введения ШИМ сигнала в управление ключами коммутатора).

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Контролируемые параметры».

Ручкой потенциометра «Задание регулируемой величины» задайте напряжение питания двигателя (например, 8 В). Величина напряжения выводится на дисплее.

Ручку потенциометра «Задание нагрузочного момента» установите в крайнее левое положение против часовой стрелки, выбрав нулевое значение момента нагрузки.

Нажмите кнопку «Вперед» для запуска двигателя.

Контролируйте скорость двигателя по значению на дисплее. Нагрузите двигатель, увеличив величину нагрузочного момента с помощью потенциометра «Задание нагрузочного момента». Контролируйте величину момента по значению на дисплее. Исследуйте, как меняется скорость двигателя при изменении нагрузочного момента.

Изменяя напряжение питания БДПТ с помощью потенциометра «Задание регулируемой величины» исследуйте, как меняется скорость двигателя при заданном моменте нагрузки в зависимости от напряжения питания.

Осциллограммы

Подключите к компьютеру блок цифрового осциллографа. Включите компьютер и запустите на нем ПО цифрового осциллографа PicoScope. В качестве диапазона измерений каналов A и B целесообразно выбрать пункт «Авто», чтобы сигналы занимали по высоте как можно

большую часть окна. Для оптимизации развертки можно нажать кнопку «Автоматическая настройка» в основной панели инструментов ().

Подключите один канал осциллографа к фазе *A* коммутатора, а другой – к выходу *A* датчика Холла (Выходы ДХ блока *A1*). Снимите осциллограммы выходного напряжения. Сохраните изображение.

Подключите один канал осциллографа к фазе *A* коммутатора, а другой – к выходу *A* фазных ЭДС. Снимите осциллограммы выходного напряжения и ЭДС. Сохраните изображение.

Подключите один канал осциллографа к выходу *A* датчика Холла, а другой – к выходу *A* фазных ЭДС. Снимите осциллограммы выходного напряжения. Сохраните изображение.

Снимите осциллограммы для других фаз.

Повторите опыты для обратного вращения двигателя.

Остановите двигатель, нажав кнопку «Стоп».

Исследование работы БДПТ при ШИМ регулировании фазного напряжения.

Включите автоматический выключатель источника питания *G1* и выключатель «Сеть» блока *A1* и с помощью кнопки «▲» переключитесь на страницу «Эксперимент №1: Исследование бесколлекторного двигателя ПТ с датчиками Холла».

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Настраиваемые параметры» и кнопкой «+» установите параметр «Питание» в значение «ШИМ» (коммутатор питается от постоянного напряжения, а в сигнал фазного напряжения вводится ШИМ сигнал на участке проводимости ключей).

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Контролируемые параметры».

Ручкой потенциометра «Задание регулируемой величины» задайте коэффициент заполнения (например, 0,8). Величина коэффициента заполнения выводится на дисплее. Введение ШИМ сигнала эквивалентно изменению питающего напряжения до значения $k_3 U$.

Ручку потенциометра «Задание нагрузочного момента» установите в крайнее левое положение против часовой стрелки, выбрав нулевое значение момента нагрузки.

Нажмите кнопку «Вперед» для запуска двигателя.

Контролируйте скорость двигателя по значению на дисплее. Нагрузите двигатель, увеличив величину нагрузочного момента с помощью потенциометра «Задание нагрузочного момента». Контролируйте величину момента по значению на дисплее. Исследуйте, как меняется скорость двигателя при изменении нагрузочного момента.

Изменяя коэффициент заполнения с помощью потенциометра «Задание регулируемой величины» исследуйте, как меняется скорость

двигателя при заданном моменте нагрузки в зависимости от коэффициента заполнения.

Снимите осциллограммы фазных напряжений. Сохраните изображения для последующего сравнения.

Остановите двигатель, нажав кнопку «Стоп».

Для исследования переходного процесса пуска и торможения двигателя воспользуйтесь кабелем КИ.01. На обесточенном стенде включите кабель КИ.01 в разъем «УПР.» блока А1. Выходной конец №1 кабеля подключите к разъему А цифрового осциллографа. По нему выводится сигнал синхронизации. Выходной конец №2 кабеля подключите к разъему В цифрового осциллографа. По нему выводится сигнал скорости двигателя.

Настройте ПО цифрового осциллографа. Переведите осциллограф в режим однократного запуска. Для этого на панели инструментов **Триггеры** выберите режим запуска **Один** – в этом режиме приложение один раз ожидает событие триггер, затем прекращает опрос. В качестве триггера выберите канал А и срабатывание по переднему фронту его сигнала. Уровень срабатывания синхронизации задайте равным 3 В. Величину отображения сигнала **до запуска** установите на уровне 10%. На панели инструментов **Каналы** задайте чувствительность канала А установите на уровне 10 В, чувствительность канала В – 5 В. На панели инструментов **Настройка захвата** задайте коэффициент развертки 500 мс/дел. (ms/div).

Запустите двигатель, нажав кнопку «Вперед». Дождитесь установившегося значения скорости и нажмите кнопку «Стоп». Просмотрите осциллограмму изменения скорости двигателя между его запуском и остановкой. Подберите подходящее время между пуском и остановкой.

Проведите исследование переходного процесса пуска и торможения для разных законов управления, разных нагрузок, разных напряжений и коэффициентов заполнения. Сохраните осциллограммы.

Выключите стенд в любой последовательности.

Снятие механической характеристики БДПТ.

Включите автоматический выключатель источника питания G1 и выключатель «Сеть» блока А1 и с помощью кнопки «▲» переключитесь на страницу «Эксперимент №1: Исследование бесколлекторного двигателя ПТ с датчиками Холла».

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Настраиваемые параметры» и кнопкой «+» установите параметр «Питание» в значение «пост.» (двигатель получает постоянное

регулируемое напряжение без введения ШИМ сигнала в управление ключами коммутатора).

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Контролируемые параметры».

Ручкой потенциометра «Задание регулируемой величины» задайте напряжение питания двигателя (например, 12 В). Величина напряжения выводится на дисплее.

Ручку потенциометра «Задание нагрузочного момента» установите в крайнее левое положение против часовой стрелки, выбрав нулевое значение момента нагрузки.

Нажмите кнопку «Вперед» для запуска двигателя.

Изменяя значение момента нагрузки снимите механическую характеристику двигателя $M = f(n)$ при заданном напряжении питания. Сохраните значения в таблице 4.2.

Повторите опыт и снимите механические характеристики при других заданных напряжениях.

Выключите стенд в любой последовательности.

Постройте семейство механических характеристик при разных напряжениях питания на одном графике.

Таблица 4.2.

$U = 12 \text{ В}$										
n , об/мин										
M , мНм										
$U = 8 \text{ В}$										
n , об/мин										
M , мНм										
$U = 4 \text{ В}$										
n , об/мин										
M , мНм										

В таблице принято:

U – напряжение питания двигателя, В;

n – скорость двигателя в об/мин;

M – величина момента нагрузки в мНм.

Для снятия механической характеристики при использовании ШИМ сигнала после включения автоматического выключателя источника питания G1 и выключателя «Сеть» блока A1 с помощью кнопки «▲» переключитесь на страницу «Эксперимент №1: Исследование бесколлекторного двигателя ПТ с датчиками Холла».

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Настраиваемые параметры» и кнопкой «+» установите параметр

«Питание» в значение «ШИМ» (коммутатор питается от постоянного напряжения, а в сигнал фазного напряжения вводится ШИМ сигнал на участке проводимости ключей).

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Контролируемые параметры».

Ручкой потенциометра «Задание регулируемой величины» задайте коэффициент заполнения ключей коммутатора (например, $k_3 = 1,0$). Величина k_3 выводится на дисплее.

Ручку потенциометра «Задание нагрузочного момента» установите в крайнее левое положение против часовой стрелки, выбрав нулевое значение момента нагрузки.

Нажмите кнопку «Вперед» для запуска двигателя.

Изменяя значение момента нагрузки снимите механическую характеристику двигателя $M = f(n)$ при заданном коэффициенте заполнения. Сохраните значения в таблице 4.3.

Повторите опыт и снимите механические характеристики при других заданных значениях коэффициента заполнения.

Выключите стенд в любой последовательности.

Постройте семейство механических характеристик при разных коэффициентах заполнения на одном графике.

Таблица 4.3.

$k_3 = 1,0$										
n , об/мин										
M , мНм										
$k_3 = 0,66$										
n , об/мин										
M , мНм										
$k_3 = 0,33$										
n , об/мин										
M , мНм										

В таблице принято:

k_3 – коэффициент заполнения ключей коммутатора;

n – скорость двигателя в об/мин;

M – величина момента нагрузки в мНм.

Снятие регулировочной характеристики БДПТ.

Включите автоматический выключатель источника питания G1 и выключатель «Сеть» блока A1 и с помощью кнопки «▲» переключитесь на страницу «Эксперимент №1: Исследование бесколлекторного двигателя ПТ с датчиками Холла».

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Настраиваемые параметры» и кнопкой «+» установите параметр «Питание» в значение «пост.» (двигатель получает постоянное регулируемое напряжение без введения ШИМ сигнала в управление ключами коммутатора).

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Контролируемые параметры».

Ручкой потенциометра «Задание регулируемой величины» задайте напряжение питания двигателя (например, 12 В). Величина напряжения выводится на дисплее.

Ручку потенциометра «Задание нагрузочного момента» установите в крайнее левое положение против часовой стрелки, выбрав нулевое значение момента нагрузки.

Нажмите кнопку «Вперед» для запуска двигателя.

Ручкой потенциометра «Задание нагрузочного момента» задайте требуемую величину момента нагрузки (например, 2 мНм).

Изменяя напряжение питания снимите регулировочную характеристику двигателя – зависимость скорости двигателя от напряжения питания $n = f(U)$ при заданном моменте нагрузки. Снижение момента ниже заданного значения говорит о невозможности для двигателя поддерживать заданную величину момента при выбранном напряжении питания. Сохраните значения в таблице 4.4.

Повторите опыт и снимите регулировочные характеристики при других заданных моментах нагрузки.

Выключите стенд в любой последовательности.

Постройте семейство регулировочных характеристик при разных моментах нагрузки на одном графике.

Таблица 4.4.

$M = 2$ мНм										
n , об/мин										
U , В										
$M = 4$ мНм										
n , об/мин										
U , В										

В таблице принято:

U – напряжение питания двигателя, В;

n – скорость двигателя в об/мин;

M – величина момента нагрузки в мНм.

Для снятия регулировочной характеристики при использовании ШИМ сигнала после включения автоматического выключателя источника

питания G1 и выключателя «Сеть» блока A1 с помощью кнопки «▲» переключитесь на страницу «Эксперимент №1: Исследование бесколлекторного двигателя ПТ с датчиками Холла».

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Настраиваемые параметры» и кнопкой «+» установите параметр «Питание» в значение «ШИМ» (коммутатор питается от постоянного напряжения, а в сигнал фазного напряжения вводится ШИМ сигнал на участке проводимости ключей).

Кнопкой «Выбор информации на дисплее» переключитесь на экран «Контролируемые параметры».

Ручкой потенциометра «Задание регулируемой величины» задайте коэффициент заполнения ключей коммутатора (например, $k_3 = 1,0$). Величина k_3 выводится на дисплее.

Ручку потенциометра «Задание нагрузочного момента» установите в крайнее левое положение против часовой стрелки, выбрав нулевое значение момента нагрузки.

Нажмите кнопку «Вперед» для запуска двигателя.

Ручкой потенциометра «Задание нагрузочного момента» задайте требуемую величину момента нагрузки (например, 2 мНм, такую же нагрузку, как и при питании от регулируемого источника постоянного напряжения).

Изменяя коэффициент заполнения снимите регулировочную характеристику двигателя – зависимость скорости двигателя от коэффициента заполнения $n = f(k_3)$ при заданном моменте нагрузки. Снижение момента ниже заданного значения говорит о невозможности для двигателя поддерживать заданную величину момента при выбранном напряжении питания. Сохраните значения в таблице 4.5.

Повторите опыт и снимите регулировочные характеристики при других заданных моментах нагрузки.

Выключите стенд в любой последовательности.

Постройте семейство регулировочных характеристик при разных моментах нагрузки на одном графике.

Таблица 4.5.

$M = 2$ мНм										
n , об/мин										
k_3										
$M = 4$ мНм										
n , об/мин										
k_3										

В таблице принято:

k_3 – коэффициент заполнения ключей коммутатора;

n – скорость двигателя в об/мин;
 M – величина момента нагрузки в мНм.

Контрольные вопросы

1. Что такое вентильный двигатель, бесколлекторный двигатель постоянного тока?
2. Какова функциональная схема БДПТ?
3. Объясните принцип действия БДПТ.
4. Какие функции выполняет датчик положения БДПТ?
5. Возможна ли работа БДПТ без датчика положения?
6. Какие могут применяться схемы коммутаторов в БДПТ?
7. Какая форма ЭДС обмотки якоря предпочтительная в БДПТ и почему?
8. Чем обусловлены пульсации вращающего момента?

Литература

1. Осин И.Л., Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. – М.: Издательство МЭИ, 2003. (глава 10.)

PicoScope 6

Краткое руководство пользователя

Благодаря осциллографической приставке компании Pico Technology приложение PicoScope превращает компьютер в мощный компьютер-осциллограф, обладающий всеми функциональными возможностями и характеристиками специализированного настольного прибора.

Осциллограф — это измерительный прибор, который отображает зависимость напряжения от времени. Информация на экранах осциллографов всегда читается слева направо. Зависимость напряжения от времени какого-либо сигнала изображается в виде линии, называемой кривой сигнала. Большинство осциллографов позволяют регулировать вертикальный и горизонтальный масштаб отображения. Вертикальный масштаб называется диапазоном напряжений, горизонтальный масштаб называется разверткой и выражается в единицах времени. На рис. Р.1 показано типичное окно приложения.

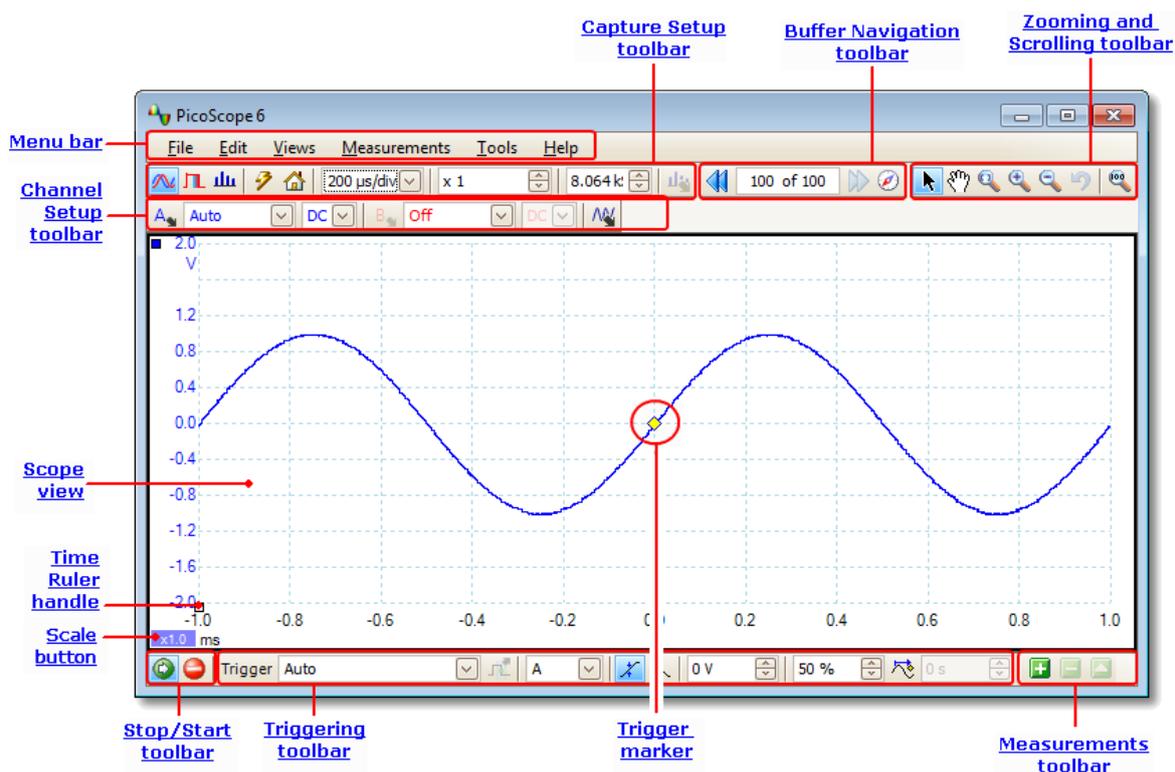


Рис. Р.1. Окно приложения PicoScope

Панель инструментов «Каналы» позволяет управлять настройками каждого вертикального входного канала. На рисунке Р.2 показана данная панель инструментов для двухканального осциллографического устройства.



Рис. Р.2. Панель инструментов «Каналы»

Каждый канал имеет собственный набор кнопок:

	<p>Кнопка «Параметры канала». Открывает меню «Параметры канала» с настройками щупов, повышения разрешения, масштабирования и фильтрации.</p>
	<p>Элемент управления «Диапазон». Настраивает осциллографическое устройство для захвата сигналов в заданном диапазоне значений. Перечень параметров зависит от выбранных осциллографического устройства и щупа. Красный предупреждающий символ отображается в том случае, если входной сигнал выходит за пределы выбранного диапазона. При выборе значения Авто приложение PicoScope постоянно корректирует масштаб по вертикали, чтобы форма сигнала заполняла по высоте как можно большую часть вида.</p>
	<p>Элемент управления «Связь». Задаёт входные цепи. «Перем.»: отклоняет частоты ниже примерно 1 Гц. «Пост.»: пропускает все частоты от постоянного напряжения до верхнего предела частотного диапазона осциллографа. 50 Ом, пост. ток: вариант с низким полным сопротивлением. Акселерометр: включает текущий источник выходного сигнала для поддерживаемых IEPЕ осциллографов, например, осциллографа PicoScope 4224 IEPЕ. Частота: включает встроенный частотомер (при наличии). В этом режиме может работать только один канал одновременно.</p>
	<p>Кнопка «Цифровые входы» (только осциллографы для смешанных сигналов (MSO)).</p>

Панель инструментов **«Настройка захвата»** позволяет управлять связанными со временем или частотой настройками осциллографа. На рис. Р.3. показана панель инструментов «Настройка захвата» для основного режима «Осциллограф».

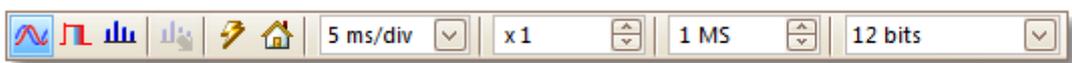
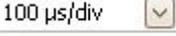


Рис. Р.3. Панель инструментов «Настройка захвата» для режима «Осциллограф»

Режимы работы и элементы управления:

	Режим «Осциллограф» . Настраивает приложение PicoScope на работу в качестве осциллографа. Для оптимизации настроек удобно использовать кнопку «Автоматическая настройка» (см.ниже). При желании с помощью контекстного меню (щелкнув правой кнопкой мыши вид «Осциллограф») можно добавить дополнительный вид «Спектр».
	Режим «Постоянство» . Включает и отключает режим «Постоянство», позволяющий отслеживать старые кривые, которые остаются на экране изображенными менее яркими цветами, а новые кривые изображаются поверх них более яркими цветами. Управление использованием цветов осуществляется посредством диалогового окна «Параметры режима «Постоянство»». Приложение PicoScope запоминает все виды, которые открывались, что позволяет вернуться к ним, нажав снова кнопку Режим «Постоянство».
	Режим «Спектр» . Настраивает приложение PicoScope на работу в качестве анализатора спектра.
	Автоматическая настройка. Выполняет поиск сигнала на одном из включенных входных каналов, затем настраивает развертку и диапазон сигнала для правильного отображения сигнала на экране.
	К началу. Восстанавливает используемые по умолчанию настройки приложения PicoScope.
	Элемент управления разверткой. Задает время, соответствующее одному делению горизонтальной оси при установленном значении элемента управления «Масштабирование по горизонтали» x1. Возможные значения развертки зависят от типа используемого осциллографического устройства. Действие этого элемента управления можно изменить, чтобы в поле отображалось общая длительность всего вида осциллографа, а не длительность одного деления, с помощью элемента управления «Единицы времени».

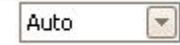
	сбора данных» на вкладке «Общие настройки» диалогового окна «Предпочтения».
	Элемент управления « Масштабирование по горизонтали ». Изменяет масштаб вида только по горизонтали, используя заданное значение. Можно изменять масштабный коэффициент последовательно или сбросить сразу на единицу.
	Элемент управления « Число точек ». Задает максимальное количество захватываемых для каждого канала точек. Если заданное количество точек превышает количество пикселей вида осциллографа, то для просмотра более детального изображения можно увеличить масштаб. Фактическое количество точек, полученных при выполнении захвата, показывается на панели «Свойства» и может отличаться от заданного в этом поле в зависимости от того, какая развертка выбрана и какое осциллографическое устройство используется. Для захвата одной формы сигнала, которая занимает буфер памяти полностью, сначала нужно установить режим запуска — «Один».
	Разрешение оборудования (только для осциллографов с изменяемым разрешением). Задает количество аппаратных битов, используемых для квантования. Диапазон возможных значений зависит от количества включенных каналов и выбранной частоты опроса. Значение Автоматическое разрешение обеспечивает выбор самого высокого разрешения, совместимого с выбранной в данный момент частотой опроса и размера захвата. Разрешение можно дополнительно повысить путем программной фильтрации.

Панель инструментов «Триггеры», показанная на рис. Р.4, определяет, когда "осциллографическое устройство должно начать захват данных



Рис. Р.4. Панель инструментов «Триггеры»

Кнопки панели «Триггеры»:

	Режим запуска. Список доступных режимов зависит от типа используемого осциллографического устройства.
---	--

Нет: Приложение PicoScore получает формы сигналов систематически, не дожидаясь триггера сигнала.

Авто: Приложение PicoScore ожидает событие-триггер, прежде чем начать захват данных. Если событие-триггер не происходит в течение обоснованного времени, захват данных производится все равно. Этот процесс повторяется, пока пользователь не нажмет кнопку «Стоп». Режим «Авто» не устанавливает уровень триггера автоматически.

Повторить: Приложение PicoScore неограниченно ожидает событие-триггер, прежде чем начать отображать данные. Этот процесс повторяется, пока пользователь не нажмет кнопку «Стоп». В случае отсутствия события-триггера приложение PicoScore ничего не отображает.

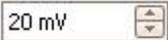
Один: Приложение PicoScore ожидает один раз событие-триггер, затем прекращает опрос. Чтобы приложение PicoScore повторило этот процесс, нажмите кнопку «Пуск». Режим триггера «Один» является единственным типом, позволяющим одному захвату данных заполнить весь буфер памяти.

Быстро: Приложение PicoScore передает инструкцию осциллографическому устройству получить последовательность форм сигнала с минимальной возможной задержкой между ними. Дисплей не обновляется, пока не будет получена последняя форма сигнала в последовательности. После завершения операции можно переключаться между формами сигнала с помощью панели инструментов Указатель буфера. Режим триггера «Быстро» доступен только на определенных устройствах и на самых быстрых временных развертках.

ETS: Опрос в эквивалентном масштабе времени. Приложение PicoScore захватывает много циклов повторяющегося сигнала, затем объединяет результаты для получения единой формы сигнала с более высоким разрешением по оси времени, чем это возможно при одиночном захвате. Для получения точных результатов сигнал должен идеально повторяться, а триггер должен быть постоянным. Режим ETS недоступен для осциллографов со смешанным сигналом, когда включены цифровые каналы.



Дополнительные триггеры. Нажмите кнопку, чтобы открыть диалоговое окно Дополнительные триггеры,

	<p>которое дает возможность выбрать дополнительные типы триггеров, кроме триггера с простым фронтом. Если кнопка недоступна, это связано с тем, что выбран режим триггера Нет или ETS или ваше осциллографическое устройство не поддерживает этот режим.</p>
	<p>Запускающий канал. Это канал, который приложение PicoScope отслеживает для определения условия триггера.</p>
	<p>Нарастающий фронт. Нажмите эту кнопку, чтобы определять триггер на нарастающем фронте формы сигнала.</p>
	<p>Спадающий фронт. Нажмите эту кнопку, чтобы определять триггер на спадающем фронте формы сигнала.</p>
	<p>Пороговое значение. Устанавливает уровень срабатывания триггера. Уровень срабатывания также можно установить перетаскиванием маркера триггера вверх или вниз на экране.</p>
	<p>До запуска (0 – 100 %). Этот параметр управляет тем, какая часть формы сигнала отображается до точки триггера. По умолчанию установлено значение 50 %, в результате чего маркер триггера располагается в середине экрана. Этим параметром также можно управлять путем перетаскивания маркера триггера влево или вправо.</p>
	<p>Включить временную задержку. Нажмите эту кнопку для переключения Временной задержки.</p>
	<p>Временная задержка. Временная задержка — это время, в течение которого приложение PicoScope ожидает после точки триггера до начала опроса. Этот параметр также можно изменять перетаскиванием маркера триггера при нажатой кнопке Включить временную задержку. При перетаскивании маркера кратковременно будет видна стрелка временной задержки. Чтобы этот элемент управления действовал, необходимо сначала убедиться, что кнопка Включить временную задержку включена.</p>
	<p>Быстрый захват. При выборе режима триггера «Быстрый» этим параметром определяется число форм сигнала, захватываемых в последовательности. Они будут захвачены с минимальным возможным временем простоя между ними.</p>

Кроме того, интерфейс содержит такие кнопки как:

	Кнопка Генератор сигналов позволяет настраивать генератор сигнала используемого осциллографического устройства, если устройство оборудовано генератором, или настройками демонстрационного сигнала, если приложение PicoScore работает в демонстрационном режиме.
	Кнопка « Пуск » запускает работу осциллографа, переводя его в режим опроса.
	Кнопка « Стоп » останавливает работу осциллографа. Опрос не производится, но на экране сохраняются последние полученные данные, их можно анализировать, сохранять и т.д.

Для сохранения полученных осциллограмм следует воспользоваться пунктом меню File/Save. В открывающемся стандартном диалоговом окне можно выбрать требуемое местоположение файла результатов, указать название файла и выбрать тип файла (формат файла).

Можно сохранять файлы в следующих форматах:

Файлы данных (*.PSDATA)	Сохраняются формы сигнала и настройки текущего осциллографического устройства. Файлы можно открывать на любом компьютере с установленным приложением PicoScore.
Файлы настроек (*.PSSETTINGS)	Сохраняются все настройки текущего осциллографического устройства (формы сигнала не сохраняются).
CSV-файлы (с разделением запятыми) (*.CSV)	Формы сигнала сохраняются как текстовые файлы с разделением величин запятыми. Этот формат подходит для импорта в приложения для работы с электронными таблицами, например, Microsoft Excel. Первое значение каждой строки является меткой времени, далее следует одно значение для каждого активного канала, включая текущие отображаемые математические каналы.
Текстовые файлы (с разделителями табуляцией) (*.TXT)	Формы сигнала сохраняются как текстовые файлы с разделением величин знаками табуляции. Значения такие же, как и в формате CSV.
Растровые изображения (*.BMP)	Сохраняется изображение форм сигнала, координатная сетка и линейки в формате Windows BMP. Изображение имеет разрешение 800 пикселей по ширине на 600 пикселей по высоте, 16 миллионов цветов, без сжатия.

Изображения GIF (*. GIF)	Сохраняются формы сигнала, координатная сетка и линейки в формате CompuServe GIF. Изображение имеет разрешение 800 пикселей по ширине на 600 пикселей по высоте, 256 цветов, со сжатием.
Анимированное изображение GIF (*. GIF)	Создается анимированный GIF-файл, в котором последовательно отображаются все формы сигнала, находящиеся в буфере. Каждая форма сигнала имеет формат одиночного файла GIF, описанный выше.
Изображения PNG (*. PNG)	Сохраняется координатная сетка, линейки и формы сигнала в формате PNG. Изображение имеет разрешение 800 пикселей по ширине на 600 пикселей по высоте, 16 миллионов цветов, со сжатием.
Файлы MATLAB 4 (*.MAT)	Сохраняет данные формы сигнала в формате MATLAB 4.

Также три параметра окна сохранения файла управляют тем, что происходит при наличии в буфере форм сигнала нескольких форм сигнала:

Все формы сигнала	Все формы сигнала сохраняются в одном PSDATA-файле. После загрузки файла можно переключаться между формами сигнала с помощью панели инструментов «Указатель буфера форм сигнала».
Только текущая форма сигнала	Сохраняется только одна форма сигнала, отображаемая в текущем виде.
Номера форм сигнала	Сохраняется определенный список или диапазон форм сигнала. Каждая форма сигнала обозначается собственным номером указателя.
Только увеличенные области	Если форма сигнала увеличена по горизонтали, сохраняется только видимая часть.