

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Шеремет А. И., Солдатенко А. А.

Представлены анализ современных методов измерения электрических и механических параметров и выбор наиболее подходящих датчиков для работы стенда. Проведен анализ современных экономичных и высокоточных датчиков тока, представлена схема подключения выбранного датчика тока. Рассмотрены возможные варианты измерения напряжения, проведен выбор датчика напряжения и рассмотрен его принцип действия. На базе современных методов измерения скорости вращения вала двигателя, был выбран наиболее рациональный способ измерения скорости вращения и определения положения вала двигателя в процессе вращения. Проверка выбранных датчиков по техническим, эксплуатационным и экономическим параметрам.

Представлені аналіз сучасних методів вимірювання електричних і механічних параметрів і вибір найбільш придатних датчиків для роботи стенду. Проведено аналіз сучасних економічних і високоточних датчиків струму, представлена схема підключення обраного датчика струму. Розглянуто можливі варіанти вимірювання напруги, проведено вибір датчика напруги і розглянуто його принцип дії. На базі сучасних методів вимірювання швидкості обертання вала двигуна, був обраний найбільш раціональний спосіб вимірювання швидкості обертання і визначення положення вала двигуна в процесі обертання. Перевірка вибраних датчиків по технічним, експлуатаційним і економічним параметрам.

The present analysis of modern methods of measurement of electrical and mechanical parameters and the selection of the most suitable sensors for the stand. The analysis of modern and efficient high-precision current sensor, shows the connection of the selected current sensor. Possible options for the voltage measurement, the election of the voltage sensor and reviewed its operating principle. On the basis of modern methods for measuring the motor speed has been chosen as the most rational way to measure rotational speed and positioning of the motor shaft during rotation. Checking the selected sensors on technical, operational and economic parameters.

Шеремет А. И.

канд. техн. наук,
доц. каф. ЭСА ДГМА
sheremet-a@mail.ru
студент ДГМА

Солдатенко А. А.

УДК 62-523

Шеремет А. И., Солдатенко А. А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Для проведения лабораторных исследований современных дискретных систем управления электроприводами постоянного тока появилась необходимость изготовления экспериментального стенда. Одной из задач, которая возникла в процессе разработки стенда стала задача выбора способов измерения электрических и механических параметров. Необходимо рассмотреть современные датчики измерения, а также перспективные направления в измерениях электрических и механических параметров [1–3].

Целью работы является проанализировать современные методы измерения электрических и механических параметров и выбрать наиболее подходящие датчики для работы стенда.

В данном стенде в качестве контролируемых и регулируемых величин выступают ток, напряжение, скорость вращения вала двигателя и положение вала двигателя в процессе вращения. Для этой цели понадобятся датчики тока, напряжения, скорости вращения и положения соответственно.

Сравнительный анализ датчиков тока.

Так как в экспериментальном стенде необходимо будет производить измерения и оцифровку постоянного тока, необходим датчик, который бы фиксировал как положительный, так и отрицательный ток, обладал линейностью, точностью не ниже 3 % и обеспечивал бы гальваническую развязку цепи.

Современные датчики тока подразделяются на следующие типы:

1. резистивные датчики (токовые шунты);
2. датчики тока на эффекте Холла;
3. трансформаторы тока;
4. волоконно-оптические датчики тока (ВОДТ) на эффекте Фарадея;
5. пояс Роговского;
6. токовые клещи.

На напряжение до 1 кВ применяются 3 типа датчиков тока:

1. резистивные датчики;
2. датчики тока на эффекте Холла;
3. трансформаторы тока.

Широкий диапазон измеряемых токов имеется у трансформатора тока и резистивного датчика тока. Однако резистивный датчик тока обладает явными преимуществами, выраженными в низкой стоимости и возможности измерять как переменный, так и постоянный токи. Главным недостатком резистивного датчика тока является необходимость подключать датчик непосредственно в цепь измерения. Главным недостатком трансформатора тока является измерение только переменных токов промышленной частоты. Датчик тока на основе эффекта Холла обладает рядом преимуществ, которые заключаются в возможности измерения как постоянных, так и переменных токов, и малых размерах. К их главным достоинствам следует отнести отсутствие вносимых с систему потерь мощности, широкий диапазон частот. Недостатком является необходимость внешнего источника питания и зависимость от температуры.

Из приведенного выше описания, наиболее подходящим датчиком тока для лабораторного стенда является датчик тока на эффекте Холла. Трансформатор тока не подошел в силу того, что измеряет только переменный ток промышленной частоты. Резистивный датчик кроме прочих недостатков имеет большую мощность рассеивания и большое падение напряжений, что крайне отрицательно для работы стенда. Поэтому наиболее эффективным

для целей лабораторного стенда будет использование датчика тока на эффекте Холла, который может измерять как постоянный, так и переменный ток, имеет широкий диапазон частот и не имеет потерь мощности.

Устройство датчика тока на эффекте Холла показано на рис. 1.

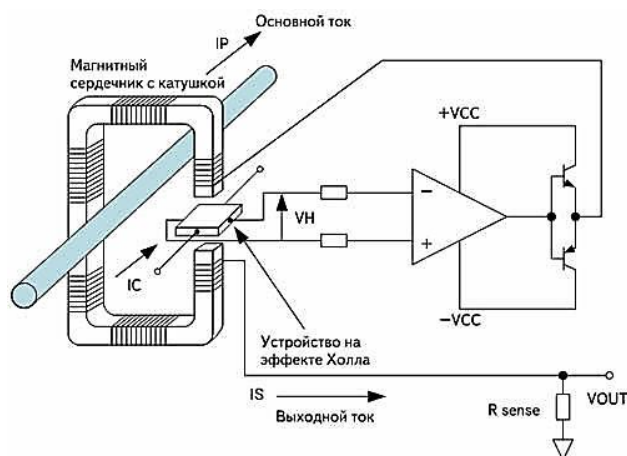


Рис. 1. Устройство датчика тока на эффекте Холла

Конструкция датчиков тока включает в себя магнитопровод с зазором и компенсационной обмоткой, датчик Холла и электронную плату обработки сигналов. Магниточувствительный датчик Холла закреплен в зазоре магнитопровода и соединен с входом электронного усилителя.

При протекании измеряемого тока по шине, охватываемой магнитопроводом, в последнем наводится магнитная индукция. Датчик Холла, реагирующий на возникшее магнитное поле, вырабатывает напряжение, пропорциональное величине наведенной магнитной индукции. Выходной сигнал с датчика усиливается электронным усилителем и подается в компенсационную обмотку. В результате, по обмотке течет компенсационный ток, пропорциональный измеряемому току по величине и соответствующий ему по форме. Возникающее при этом магнитное поле компенсационной обмотки компенсирует магнитное поле измеряемого тока, и датчик Холла работает как нуль-орган. При этом полоса частот, пропускаемая таким датчиком тока, составляет от 0 Гц (постоянный ток) до 200 кГц.

В проекте будет использоваться датчик тока на эффекте Холла ACS713 фирмы Allegro, измеряющий постоянный ток, что необходимо для экспериментального стенда. Суммарная ошибка выходного сигнала при комнатной температуре составляет 1,5 %, а в интервале температур от -40° до $+85^\circ\text{C}$ ошибка составляет $\pm 4\%$. Кроме того ACS713 имеет вывод, к которому подключается фильтрующая емкость, что позволяет улучшить шумовые и точностные характеристики датчика. Устройство ACS713 показано на рис. 2.

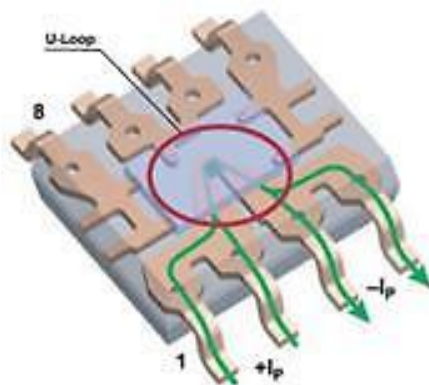


Рис. 2. Устройство ACS713

Датчик ACS713 питается от +5 В и имеет выход по напряжению. При токе, равном нулю, напряжение на выходе для ACS713 равно 0,5 В. Температурный диапазон от -40 до 85 °С. Ток потребления не превышает 11 мА. Сопротивление внутреннего шунта 1,2 мОм. Схема включения ACS713 показана на рис. 3.

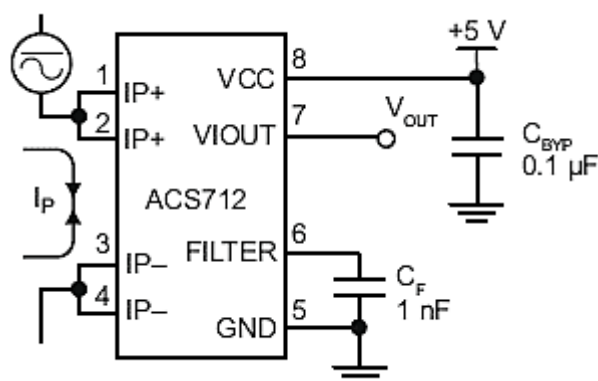


Рис. 3. Схема включения ACS713

Выбор способа измерения напряжения.

Для измерения напряжения можно использовать вольтметр, осциллограф, аналого-цифровой преобразователь.

Измерение напряжения вольтметром имеет массу недостатков, главным из которых является то, что в работе лабораторного стенда важно знать не только значение напряжения, но и форму сигнала.

Из оставшихся двух приборов наиболее эффективным и экономичным для целей экспериментального стенда будет использование АЦП. В работе будет использоваться аналого-цифровой преобразователь поразрядного взвешивания, принцип которого заключается в последовательном сравнении амплитуды анализируемого сигнала с напряжением цифро-аналогового преобразователя, уровень которого задается регистром.

Преобразователь состоит из источника опорного напряжения (ИОН), генератора тактовых импульсов (ГОЧ), ЦАП, компаратора и регистра последовательных приближений. Регистр последовательных приближений (РПП) состоит из регистра хранения, регистра сдвига и схемы управления.

Преобразование начинается с установки в «1» в старшем разряде регистра хранения и «0» во все остальные. ЦАП преобразует старший разряд в аналоговое напряжение, равное $\frac{1}{2} U_{\text{max}}$ или половине полной шкалы $U_{\text{оп}}$.

Компаратор сравнивает выход ЦАП с аналоговым входным сигналом. Если входное напряжение больше, чем выходное ЦАП, то в ячейке старшего разряда сохраняется «1», в противном случае в этом разряде устанавливается «0».

Регистр сдвига в начале следующего такта сдвигает «1» в следующий младший разряд. Выходное напряжение ЦАП при этом $\frac{3}{4} U_{\text{max}} (\frac{1}{2} U_{\text{max}} + \frac{1}{4} U_{\text{max}} = \frac{3}{4} U_{\text{max}})$.

В лабораторном стенде в качестве АЦП будет использоваться внутренний аналого-цифровой преобразователь контроллера MSP430G2553. Внешний вид launchpadMSP430G2553 показан на рис. 4.

Микроконтроллеры MSP430 имеют в своем составе периферийный модуль ADC10, который представляет из себя 10-битный аналого-цифровой преобразователь. А у некоторых контроллеров их целых два – 10 и 12-битный.



Рис. 4. Внешний вид launchpadMSP430G2553

Для работы АЦП необходимо опорное напряжение. MSP430 дает возможность использовать один из двух внутренних источников опорного напряжения (на 1.5 В и на 2.5 В) или внешний источник опорного напряжения. Вообще ADC10 может работать с двумя источниками опорного напряжения, верхнее напряжение может принимать значения от 1.4 В до значения напряжения питания, а нижнее – от нуля до 1.2 В.

АЦП в MSP430 может работать в одном из четырех режимов:

- однократное преобразование сигнала с одного из каналов;
- однократное преобразование сигналов с нескольких входов;
- повторяющиеся преобразования сигнала с одного из входов;
- повторяющиеся преобразования с нескольких каналов.

Режим нужно выбирать в соответствии с имеющейся задачей.

Недостатком использования такого АЦП является трудность приведения измеряемого напряжения к допустимым напряжениям АЦП и обеспечение гальванической развязки.

Измерение скорости вращения и положения.

Для получения информации о скорости и положении вала двигателя в замкнутых цифровых ЭП применяются аналоговые и дискретные датчики скорости и положения.

Цифровой оптический энкодер представляет собой преобразователь движения в последовательность цифровых импульсов. Декодированием последовательности битов цифровые импульсы можно преобразовать в относительные или абсолютные данные измерения. Выпускаются два вида вращательных энкодеров – абсолютные, в которых некоторое уникальное цифровое слово соответствует каждому положению поворота вала, и инкрементальные энкодеры, генерирующие цифровые импульсы по мере вращения вала и позволяющие замерять относительное положение вала. Принцип действия инкрементального энкодера представлен на рис. 5.

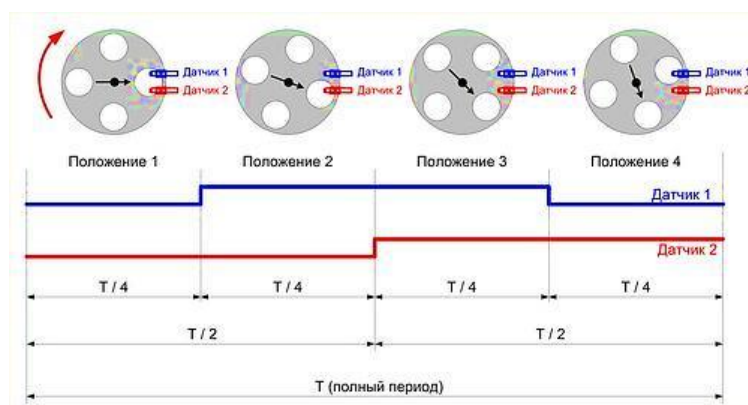


Рис. 5. Принцип действия энкодера

Преимущество энкодера заключается в том, что у него фиксированное число импульсов, что дает измерять угол поворота ротора с точностью в один градус, а, измеряя время между импульсами, зная скорость, к тому же за счет того, что у энкодера отсутствует электромагнитная цепь как у тахогенератора, позволяет вычислять точную скорость почти мгновенно без искажений. Поэтому в проекте будет использоваться именно энкодер.

Для задач, поставленных перед экспериментальным стендом, был выбран энкодер M40SA как наиболее подходящий по экономическим и эксплуатационным характеристикам. К таким характеристикам относятся:

1. Питание 5 В постоянного тока.
2. Потребляемый ток: 100 мА.
3. Ток нагрузки: 50 мА максимум.
4. Частота: 100 кГц.
5. Максимально допустимая скорость: 6 000 оборотов в минуту.
6. Степень защиты: IP50.
7. Температура при работе (-10 С ~ + 70°С), хранения (-30 С ~ + 85°С).
8. Устойчивость к вибрации.
9. Ударопрочность.

Внешний вид энкодера представлен на рис. 6.



Рис. 6. Внешний вид энкодера M40SA

ВЫВОДЫ

Все необходимые для работы экспериментального стенда датчики были подобраны по следующим признакам:

- соответствие свойств датчика измеряемым параметрам;
- надежность;
- экономичность;
- удобство в эксплуатации;
- доступность;

Таким образом, были внедрены в проект современные датчики измерения тока – ACS713, напряжения – внутренний АЦП контроллера MSP430G2553, скорости вращения и положения вала двигателя – инкрементальный энкодер M40SA.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрайден Дж. *Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден; пер. с англ. Ю. А. Заболотной; под ред. Е. Л. Свинцова.* – Москва : Техносфера-2005, 2005.
2. Алейников А. Ф. *Датчики. Перспективные направления развития / А. Ф. Алейников, В. А. Гридчин, М. П. Цапенко.* – Изд-во НГТУ – 2001.
3. Котюк А. Ф. *Датчики в современных измерениях / А. Ф. Котюк.* – Москва : Радио и связь, 2006.
4. Avislab. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.avislab.com>.
5. Texas Instruments [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.ti.com>.
6. Виглеб Г. М. *Датчики. Устройство и применение / Г. М. Виглеб.* – Мир, 1989. – 196 с.
7. *Датчики / В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой, Г. Г. Ишанин, И. Г. Минаев, А. С. Совлуков; под общ. ред. Шарапова В. М., Полищука Е. С.*
8. *Библиотека радиолюбителя. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.radiofiles.ru>*