

**ДАТЧИК ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ
НА ОСНОВЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА**

Лалетин В.М., Поддубная Н.Н., Линевиц А.В., Филиппов Д.А.
ГНУ ИТА НАН Беларуси, г. Витебск, Беларусь;
НовГУ, г. Великий Новгород, Россия, E-mail: poddubnaya.n@rambler.ru

Многие существующие системы контроля и управления используют в своей основе датчики частоты вращения (ДЧВ). Они применяются как в простейших счетчиках пробега, так и в системах управления военной техники. В зависимости от поставленных задач в качестве рабочего устройства в ДЧВ могут выступать герконы, индукционные, оптические либо гальваномагнитные датчики на основе эффекта Холла. В индукционных датчиках амплитуда выходного сигнала зависит от скорости вращения, что не позволяет проводить измерения малых чисел оборотов (от 0,5 Гц). Работоспособность волоконно-оптических ДЧВ ограничена оптической прозрачностью среды распространения светового потока (наличие паров компонентов топлива, задымленность и т.п.). Наибольшее распространение получили ДЧВ с использованием элементов Холла [1,2].

Мы предлагаем ДЧВ, особенностью использования которого является отсутствие управляющего тока. Рабочим элементом такого датчика является магнитоэлектрическая (МЭ) структура, представляющая собой композиционный материал, состоящий из магнито- и пьезоэлектрической компонент. Под действием внешнего магнитного поля в магнитоэлектрической компоненте возникает напряжение, что приводит к механической деформации пьезоэлектрической компоненты и возникновению электрического напряжения в структуре.

ДЧВ разработан на основе МЭ структуры из феррит-никелевой шпинели $\text{NiFe}_{1,9}\text{Co}_{0,02}\text{O}_4$ – 50 масс.% и пьезокерамики цирконат – титанат свинца ЦТС23 – 50 масс.%. Образцы изготовлены в форме диска диаметром – 8,8 мм, толщиной – 1 мм. На верхнюю и нижнюю поверхности диска для измерения возникающего напряжения нанесены металлические контакты. Структура предварительно поляризована в направлении оси диска.

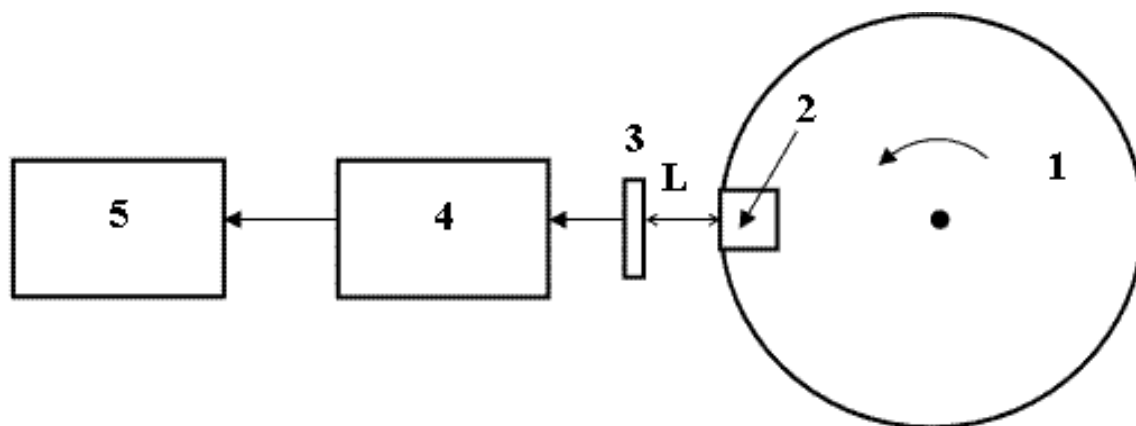


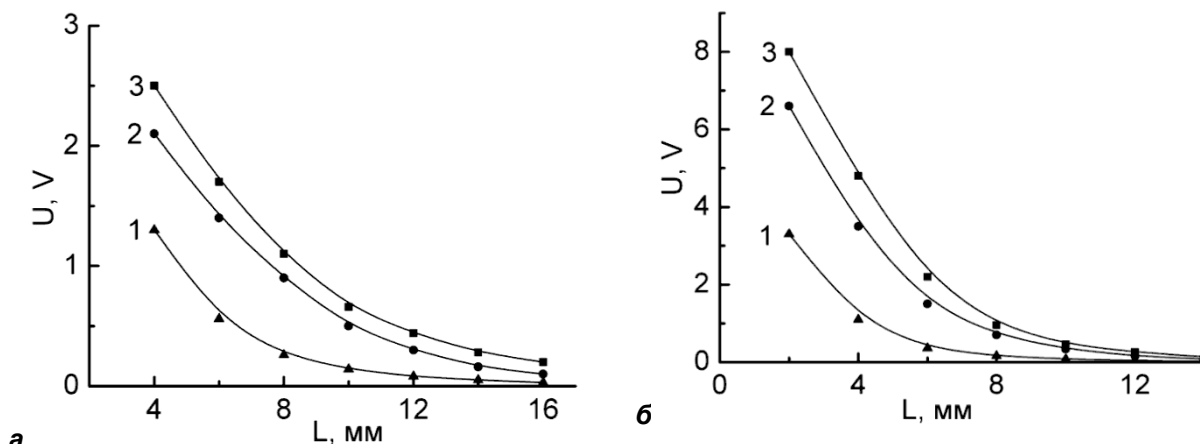
Рисунок 1 – Принципиальная схема ДЧВ

Устройство (рис. 1) состоит из ротора, представляющего собой диск немагнитного материала 1, внутри которого встроен постоянный магнит 2, МЭ структуры 3 и электронного блока 4 для обработки выходного сигнала. Вращение ротора с закрепленным на нем постоянным магнитом вызывает изменение магнитного поля в области нахождения МЭ элемента, что приводит к изменению напряжения. Возникающий импульс напряжения можно использовать для подсчета частоты вращения. Число импульсов в единицу времени будет давать частоту вращения ротора.

Амплитуда возникающего импульса напряжения зависит как от ориентации оси магнита по отношению к направлению поляризации образца, так и от воздушного зазора между МЭ сенсором и магнитом.

Нами рассмотрена принципиальная работа устройства при использовании набора неодимовых магнитов диаметром 10 мм и толщиной 2 мм, 5 мм, 10 мм при фиксации их на различных расстояниях от МЭ датчика. Коэрцитивная сила магнитов составляла не менее 955 кА/м (12 кЭ).

Характеристики выходного сигнала в зависимости от величины воздушного зазора при продольной и поперечной ориентации оси магнита по отношению к направлению поляризации представлены на рисунке 2, а и б соответственно. Частота вращения диска составляла $\nu=2$ Гц.



1 – толщина магнита 2 мм, 2 – 5 мм, 3 – 10 мм.

Рисунок 2 – Изменение амплитуды возникающего импульса напряжения
а) продольная ориентация оси магнита и направления поляризации образца;
б) поперечная ориентация оси магнита и направления поляризации образца.

Как видно из представленных зависимостей, величина сигнала выше в случае продольной ориентации осей магнита и поляризации образца. Кроме того, с изменением взаимной ориентации изменяется и форма полученного импульса электрического поля. На рисунке 3 представлена форма сигнала, полученная на частоте 2 Гц при использовании магнита толщиной 10 мм при расстоянии между магнитом и сенсором 4 мм в случае поперечной ориентации, на рисунке 4 – осциллограммы выходного напряжения при продольной ориентации.

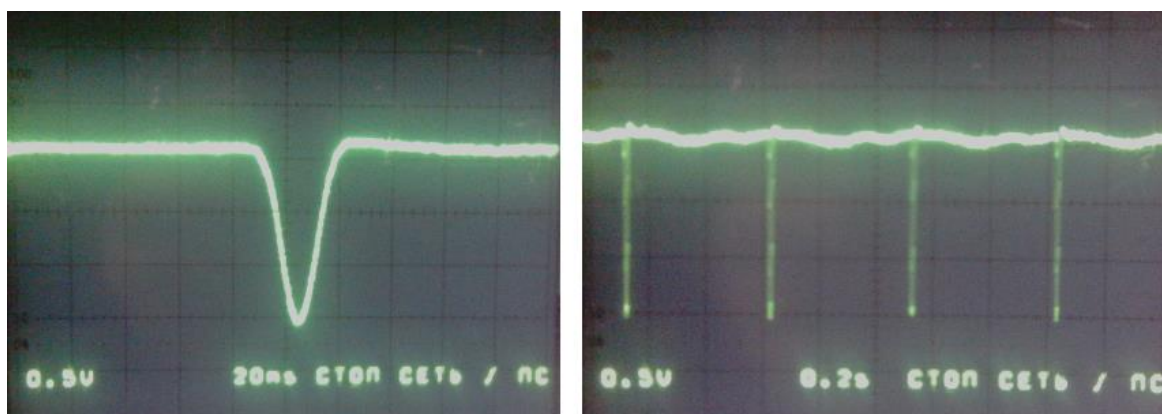


Рисунок 3 – Осциллограмма электрического импульса в случае поперечной ориентации

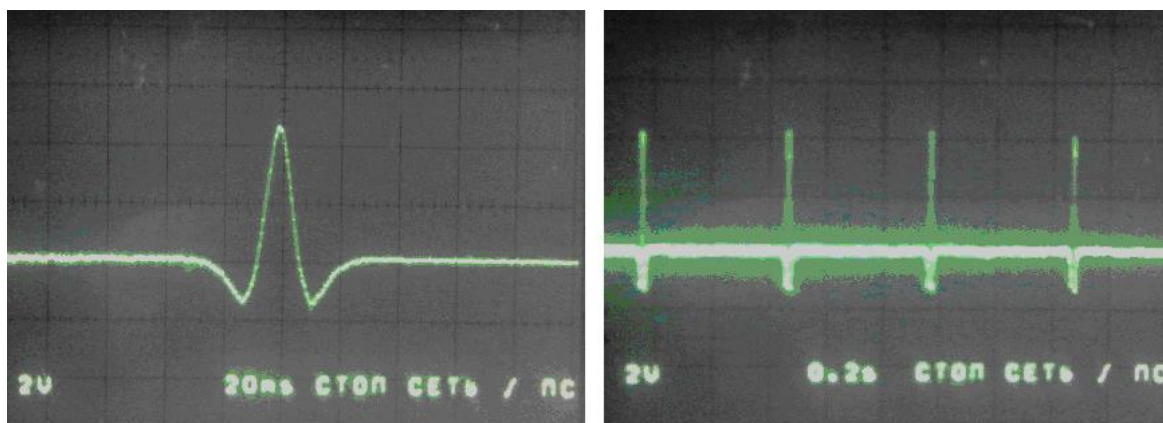


Рисунок 4 – Осциллограмма электрического импульса в случае продольной ориентации

Как видно из представленных графиков, можно подобрать такие параметры устройства, при которых величина сигнала будет выше пороговой (например, 1 В), и использовать в качестве электронного блока обычный пороговый счетчик импульсов.

Амплитуда выходного сигнала ДЧВ зависит от взаимной ориентации магнита и МЭ сенсора, но не от скорости вращения. Нижняя граница рабочего диапазона частот ДЧВ будет определяться временем перестройки магнитных и электрических доменов в МЭ сенсоре при изменении внешнего магнитного поля, что позволяет работать на низких частотах. Кроме того, ДЧВ исключает необходимость использования управляющего тока, протекающего через магниточувствительный элемент, что значительно упрощает конструкцию устройства и приводит к снижению потерь энергии.

Список литературы:

1. Кирьянов, В. Л. Датчики частоты вращения для изделий ракетно-космической техники / В. Л. Кирьянов, В. Н. Колганов, Н. Д. Конаков, А. В. Куприянов // Датчики и системы. – 2012. – № 9. – С. 28–31.
2. Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / Э. Удд. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.