

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДАТЧИКА ИЗНОСА МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ

В. В. Иванишин

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. А. Карпов

В настоящее время людей окружает большое количество различных механизмов. Они являются неотъемлемой частью производственных процессов в самых различных отраслях. В ходе работы эти механизмы изнашиваются и, как следствие, – выходят из строя. В случае если это промышленное оборудование – эта поломка может остановить процесс работы всего конвейера. Например, если это загруженный карьерный самосвал на подъеме, он может застопорить работу других самосвалов, перекрыв собой путь. Поэтому такие поломки влекут за собой большие финансовые потери.

В настоящее время датчики износа механических узлов применяются на морских судах. Как правило, это сложное и дорогостоящее оборудование, которое неприменимо для установки его в промышленное оборудование.

Принцип работы разрабатываемого датчика износа состоит в том, что такие механизмы как двигатель, коробка передач и др. смазываются с помощью жидкого масла. В процессе работы из-за трения зубьев шестерен, различных фрикционных механизмов образуется мелкодисперсная металлическая пыль, которая, циркулируя по контуру, в итоге оседает в картере (нижней емкости) механизма. В этой же емкости установлен датчик, конструкция которого представлена на рис. 1.

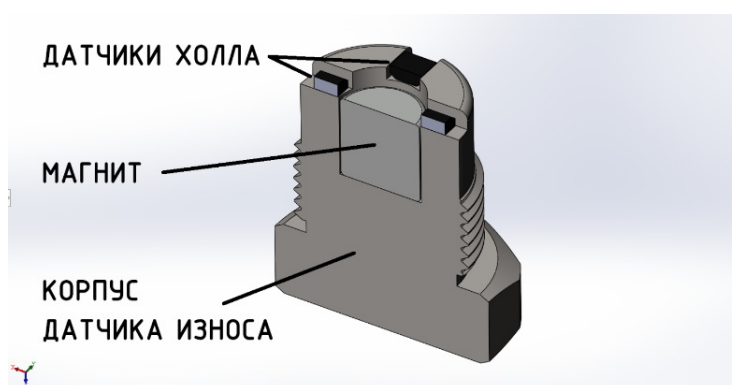


Рис. 1. 3D модель конструкции датчика в разрезе

Датчик износа состоит из магнита, который притягивает металлическую пыль. Сверху магнита установлены датчики Холла. В нулевом положении линии магнитного поля проходят перпендикулярно чувствительному вектору датчика, поэтому не вызывают отклонения выходного сигнала. Когда к магниту притягиваются ферромагнитные материалы, они смещают линии магнитного поля, которые, проходя под углом через датчик Холла в связи с эффектом Холла, вызывают в нем поперечную разность потенциалов [1].

Эффект Холла – явление возникновения поперечной разности потенциалов (называемой также холловским напряжением) при помещении проводника с постоянным током в магнитное поле. Открыт Эдвином Холлом в 1879 г. в тонких пластинках золота.

Как видно из рис. 1, в конструкции датчика используются четыре датчика Холла. Это обусловлено тем, что в процессе эксплуатации механизма поток масла, вибрация и другие факторы могут изменять форму и положение пятна магнитных частиц, что вызовет, в свою очередь, ложное изменение сигнала с датчика. В данной же конструкции датчики Холла расположены друг напротив друга, поэтому отклонение пятна частиц вызовет уменьшение выходного сигнала с одного датчика и увеличение с другого, в процессе обработки их сигнала эти изменения взаимокompенсируются, поэтому влияние положения и формы пятна магнитных частиц на выходной сигнал датчика износа сводится к минимуму.

Также следует отметить, что корпус датчика износа должен быть изготовлен из немагнитных материалов, например, пластика, алюминия, латуни и др.

В качестве датчиков Холла будут использованы линейные датчики от компании Honeywell SS496A. Напряжение питания данного датчика лежит в пределах от 4,5 до 10,5 В. Пределы линейного измерения магнитной индукции составляют

± 840 Гс (84 мТл) [2]. Выходное напряжение нуля соответствует нулевой напряженности магнитного поля и равно половине напряжения питания. Чувствительность данного датчика зависит от напряжения питания и рассчитывается исходя из выражения

$$\gamma = \frac{U_{\text{пит}}}{2000} \text{ мВ/Гс.}$$

Передаточная характеристика датчика Холла SS496A при напряжении питания 5 В изображена на рис. 2.

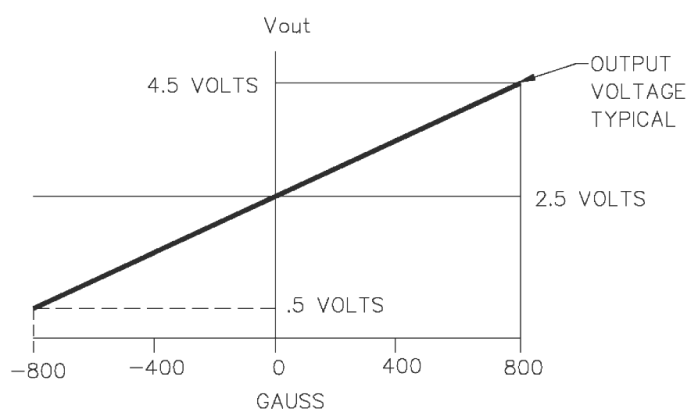


Рис. 2. Передаточная характеристика датчика Холла SS496A при напряжении питания 5 В

Для расчета местоположения элементов Холла воспользуемся программой ELCUT [3], модуль магнитоэлектроника, который предназначен для расчета магнитного поля постоянных токов и/или постоянных магнитов с учетом насыщения ферромагнитных материалов. Примерами таких расчетов являются исполнительные механизмы, электрические машины, магнитные экраны и приборы с постоянными магнитами.

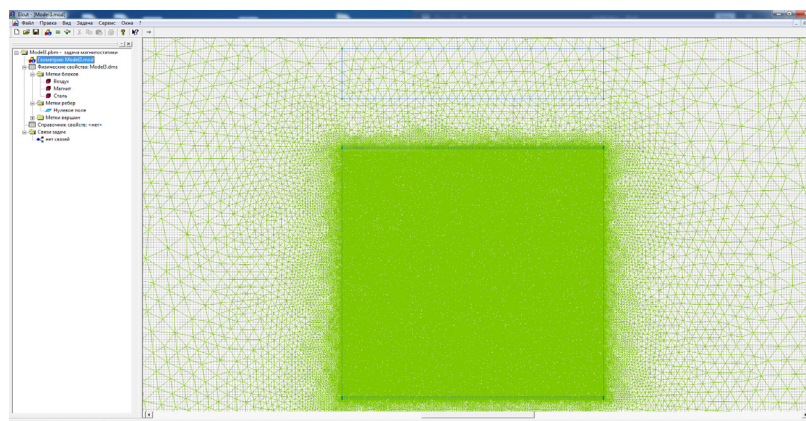


Рис. 3. Построение сетки конечных элементов в модели ELCUT

На рис. 3 изображена модель датчика, посередине расположен магнит размером 10 x 10 мм, сверху него находится металлическая пластинка размером 10 x 2 мм.

Для определения местоположения центра чувствительной пластины датчика Холла зададим магнитную проницаемость стали равную единице, как и у воздуха. Это исключит ее влияние на распространение линий магнитного поля и позволит найти точку, в которой линии магнитной индукции будут расположены перпендикулярно чувствительной оси датчика Холла.

На рис. 4 изображено решение магнитной системы. Цветом отображена плотность магнитного потока. Для определения расположения датчика Холла построим график проекции значения магнитной индукции на ось Y . Так как расстояние от центра чувствительной пластины до верхнего края корпуса равно 1,26 мм, вектор построим на расстоянии 6,5 мм от оси магнита (1,5 мм от боковой поверхности магнита). На рис. 5 изображен вектор построения графика зависимости значения магнитной индукции вдоль магнита (линия слева от магнита).

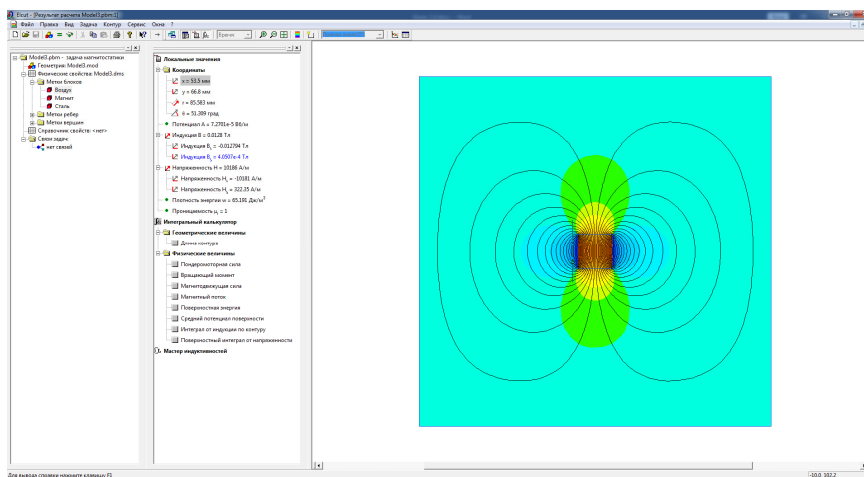


Рис. 4. Решение магнитной системы

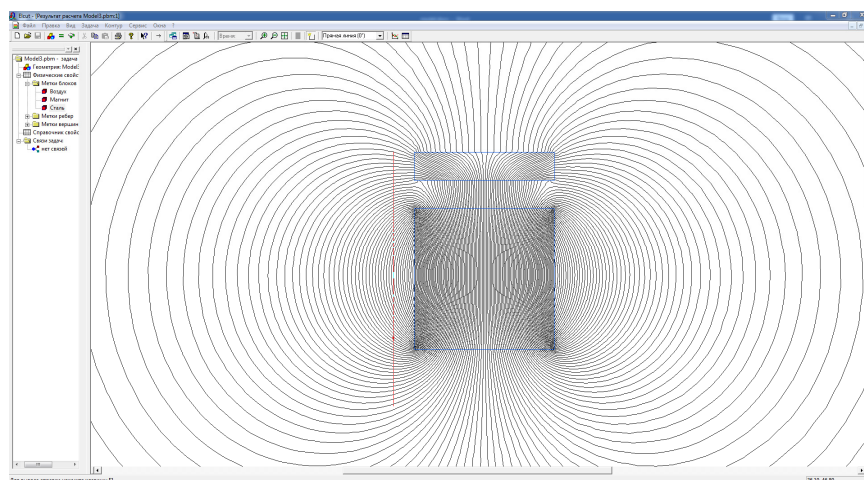


Рис. 5. Вектор построение графика зависимости значения магнитной индукции вдоль магнита

На рис. 6 изображен график зависимости значения проекции магнитной индукции на ось Y вдоль магнита при отсутствии ферромагнитных частиц. Из данного графика

следует, что датчик Холла следует размещать таким образом, чтобы центр чувствительной пластины находился на расстоянии 6,5 мм от оси магнита и на расстоянии 1,7 мм от верхней плоскости магнита.

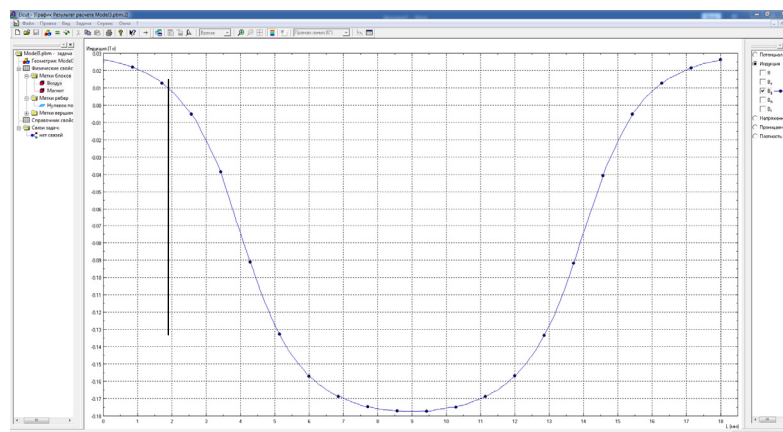


Рис. 6. График зависимости значения проекции магнитной индукции на ось Y вдоль магнита

Для построения графика зависимости проекции магнитной индукции на ось Y в точке расположения элемента Холла было построено 16 магнитных систем с различной толщиной стальной пластины. Полученные значения построены на графике (рис. 7).

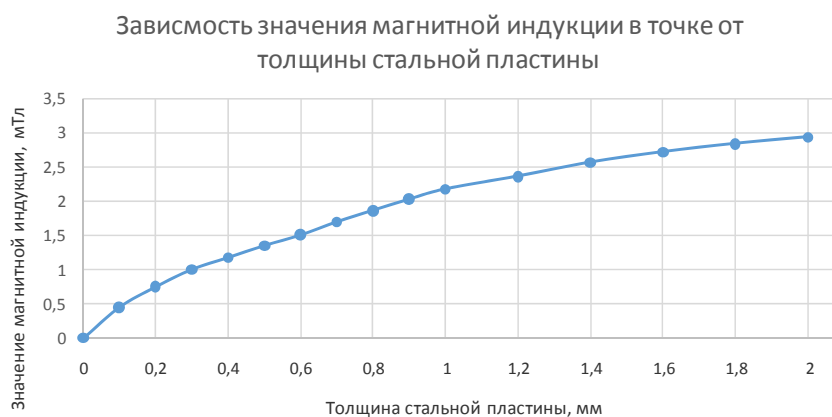


Рис. 7. График зависимости проекции магнитной индукции на ось Y от толщины стальной пластины

Литература

1. Бараночников, М. Л. Микромагнитоэлектроника / М. Л. Бараночников. – М. : ДМК Пресс, 2016. – 544 с.
2. 8. Linear Hall-effect Sensor ICs: SS490 Series. – 2018. – Режим доступа: <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-sensors-linear-hall-effect-ics-ss490-series-datasheet-005843-en.pdf>. – Дата доступа: 02.01.2019.
3. Дубицкий, С. Д. ELCUT – инженерная система моделирования двумерных физических полей / С. Д. Дубицкий, В. Г. Поднос // CADmaster. – 2001. – № 1. – С. 17–21.