

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПАСЫ ДЛЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

К.А Кузьмин, В.Ж Мишуров

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

Описано устройство электронного компаса, предназначенного для установки в измерителе скорости течения ИСТ-1.

В МГИ НАНУ было создано несколько разновидностей автоматических компасов для различных океанографических приборов. Например, в долговременном измерителе параметров течения «Диск» использовался потенциометрический жидкостной компас с разрешением 2° и временем установки 10 с. В векторно-осредняющем измерителе течений использовался синусно-косинусный преобразователь направления.

Однако такие компасы имеют недостатки, а именно: большую погрешность в условиях наклона и вибраций и полную потерю работоспособности при больших углах, зависимость от температуры окружающей среды и большое время установки.

В отделе автоматизации океанографических исследований МГИ НАНУ проведена разработка электронного компаса для гидрологических приборов, который не имеет вышеперечисленных недостатков. Электронный компас, основой которого является датчик, использующий магниторезистивный эффект, является хорошей заменой магнитным компасам и гирокомпасам. Он имеет такие преимущества, как простота взаимодействия с другими электронными системами, отсутствие движущихся частей и высокая скорость преобразования.

Магниторезисторы характеризуются такими параметрами, как магнитная чувствительность, номинальное сопротивление, рабочий ток, термостабильность и быстродействие, диапазон рабочих температур. В последние годы получили распространение «пленочные» магниторезисторы. Магниточувствительный элемент таких приборов изготовлен из ферромагнитных плёнок (ФМП), использующих анизотропный магниторезистивный эффект. Максимальное значение магнитосопротивления «тонкопленочных» магниторезисторов соответствует нулевому внешнему магнитному полю, то есть при

воздействии магнитного поля сопротивление такого магниточувствительного элемента (МЧЭ) уменьшается.

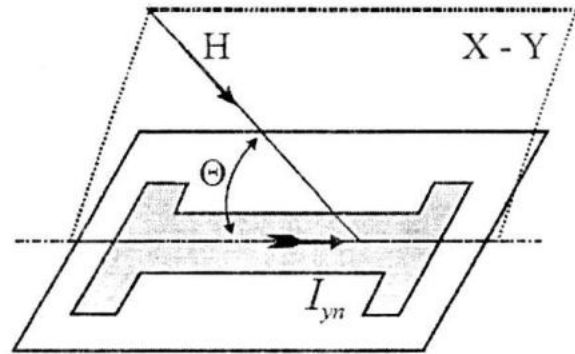


Рисунок 1 – Принцип работы тонкопленочного магниторезистора

Для тонкопленочных магниторезисторов на основе ФМП (см. рисунок 1) анизотропное электрическое сопротивление r материала МЧЭ в зависимости от угла Θ между направлением электрического тока через МЧЭ (I) и направлением управляющего магнитного поля (H) постоянной величины выражается следующей формулой (Фойгта–Томпсона):

$$r = r(\Theta) = r_0 \times \sin^2 \Theta + r_{90} \times \sin^2 \Theta,$$

где r_{90} – удельное электрическое сопротивление материала МЧЭ при $\Theta = 90^\circ$;

r_0 – удельное электрическое сопротивление материала МЧЭ при $\Theta = 0^\circ$.

На рисунке 2 приведен график зависимости МЧЭ от угла падения магнитного потока, соответствующий формуле Фойгта–Томпсона. В верхней части рисунка 2 рассмотрено пять случаев ориентации магнитного поля H относительно направления тока (I) в МЧЭ, соответствующих пяти характерным точкам графика зависимости r от Θ (три точки экстремумов и две точки перегибов).

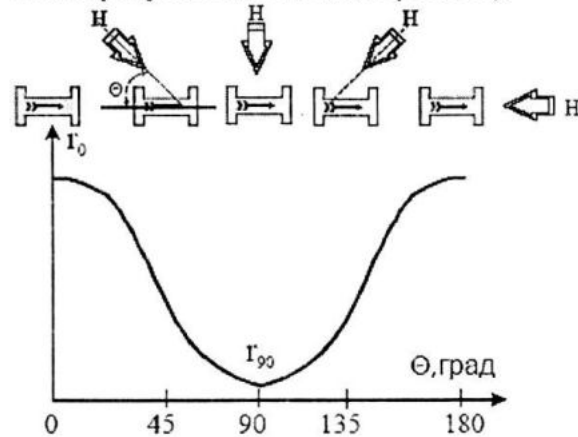


Рисунок 2 – Зависимость сопротивления МЧЭ от угла падения магнитного потока

Из рисунка 2 видно, что сопротивление МЧЭ имеет максимальное значение при совпадении направлений тока (I) и магнитного поля H ($\Theta = 0$).

Прибор построен на базе датчика магнитного поля КМЗ52 и микроконтроллера ATmega16L. Программа управляет микросхемой КМЗ52, задавая с оптимальной периодичностью направления токов в обмотках смещения и компенсации, интегрированных в КМЗ52.

На рисунке 3 показана блок-схема электроники прибора. В её составе: блок программного управления (БПУ), узел квазимодуляции (УК), датчик магнитного поля (КМЗ52), нормирующий усилитель (НУ), десятиразрядный АЦП, накопитель информации (НИ) и часы. БПУ выполняет алгоритм, в соответствии с которым через элек-

тронные ключи (ЭК1 и ЭК2) коммутируются токи смещения, которые возбуждают в микросхеме датчика магнитные поля с напряжённостями H_x и H_y , что позволяет минимизировать ошибку смещения и поддерживать долговременную стабильность чувствительных элементов датчика. На выходах датчика устанавливаются напряжения, пропорциональные координатам вектора напряжённости магнитного поля Земли H_{ex} и H_{ey} . Эти сигналы усиливаются с помощью НУ, коммутируются мультиплексором МUX и проходят аналого-цифровое преобразование. Результаты измерений после преобразования к физической величине и временной привязки сохраняются в НИ или передаются по каналу связи (КС).

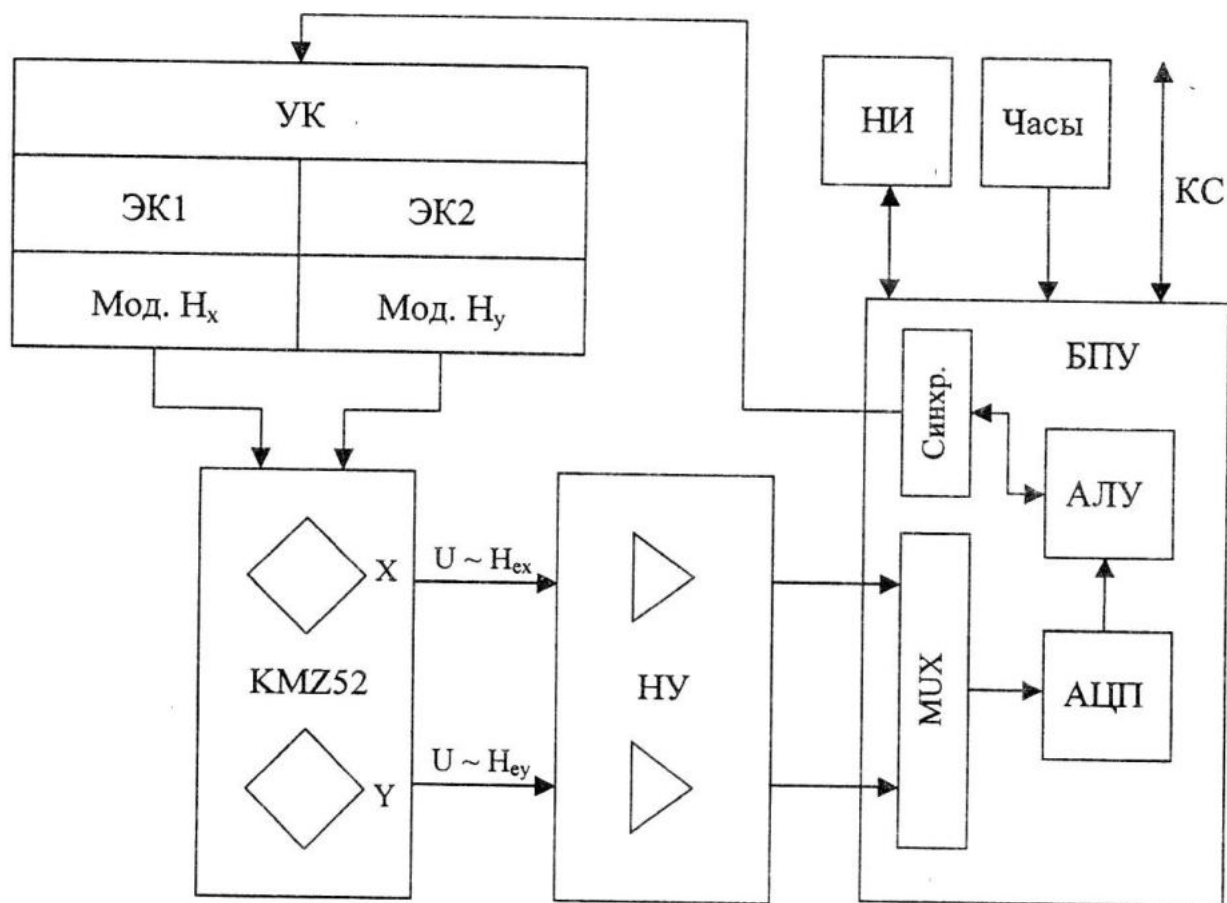


Рисунок 3 – Блок-схема электронного компаса

Координаты вектора направления магнитного поля Земли пропорциональны синусу и косинусу азимута. Таким образом, для вычисления азимута применяются следующие выражения:

$$\alpha = 270^\circ, V_x = 0, V_y > 0$$

$$\alpha = 90^\circ, V_x = 0, V_y < 0$$

$$\alpha = 360^\circ - \arctg \frac{V_y}{V_x} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}, V_x > 0, V_y > 0$$

$$\alpha = -\arctg \frac{V_y}{V_x} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}, V_x > 0, V_y < 0$$

$$\alpha = 180^\circ - \arctg \frac{V_y}{V_x} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}, V_x < 0$$

где α – азимут;

V_x, V_y – напряжения, пропорциональные координатам вектора направления магнитного поля.

Внешний вид разработанной платы электронного компаса представлен на рисунке 4.

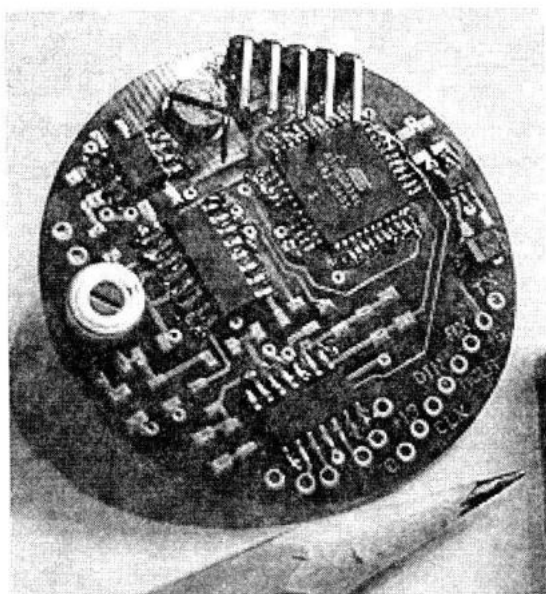


Рисунок 4 – Внешний вид печатной платы электронного компаса

Заключение. 1. При разработке компаса учитывалось требование долговременной стабильности его работы, в связи с чем был выбран вариант электронного компаса, не имеющего движущихся частей.

2. Для обеспечения наилучших параметров компаса выбран магниторезистивный датчик магнитного поля KMZ52, имеющий хорошую чувствительность к слабым полям; учтено большинство рекомендаций производителя датчика, позволяющих исключить ряд недостатков, свойственных компасам.

3. Подбор электронных компонентов делает стоимость компаса минимально возможной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бараночников М.Л. Микромагнитоэлектроника. Т1. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 544 с.
2. Thomas Stork. Electronic compass design using KMZ51 and KMZ52. Philips Semiconductors application note AN00022, 2000. 38 p.