

Е. М. Зуева – студентка кафедры электротехники и технической диагностики

В. Я. Лавров (канд. техн. наук, проф.) – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА СКОРОСТИ СУДОВ

Одним из важных условий успешной эксплуатации морских и речных судов является обеспечение безопасности судоходства. Для этой цели разрабатываются новые технические средства, которые вырабатывают информацию, необходимую судоводителю в различных условиях плавания.

Для контроля физических параметров управления судном, применяются различные методы измерения. В настоящее время твердую позицию среди методов измерения скорости судов занимают электромагнитный метод измерения.

Электромагнитный метод измерения скорости основан на формировании электрического поля при движении полупроводящей жидкости в магнитном поле. Описывается это явление принципом Лоренца

$$\vec{E} = \vec{V} \times \vec{B},$$

где \vec{V} – вектор скорости полупроводящей жидкости, \vec{B} – вектор магнитной индукции в зоне размещения электродов, \vec{E} – вектор напряженности, формируемое электрическое поле.

Напряжение между измерительными электродами определяется из интегрального соотношения

$$U = \int_a^{\infty} \vec{E} d\vec{l},$$

где \vec{E} – вектор напряженности электрического поля, a – место размещения электрода.

Электромагнитный метод измерения скорости обладает достаточно высокой точностью измерения во всем диапазоне измеряемых скоростей, позволяет измерять скорость жидкостей с различными плотностями и вязкостью. Электромагнитные датчики скорости имеют малые размеры, небольшую массу, не требуют постоянного ухода [1].

Погрешность измерений при использовании электромагнитного метода измерения скорости судна определяется в основном погрешностью градуировки датчика и погрешностью измерения разности потенциалов между измерительными электродами. Электрохимические процессы в потоке жидкости, вихри потоков воды в зоне измерения, различные помехи и наводки не позволяют пока получить той потенциально высокой точности измерений, которая вытекает из теоретических принципов данного метода. Погрешности измерения электромагнитных датчиков скорости в основном находятся в пределах $\pm 0,5\%$ от измеряемой величины [2].

Теоретические основы проектирования современных электромагнитных преобразователей скорости базируются на работах Кораблева А. В., Массарова В. Ф. [1], Воронова В. В., Саранчина А. И., Яловенко А. В., Полковникова В. В., Филипченко В. Г., Спектора С. А. и других.

Для одновременного измерения нескольких составляющих скорости судна применяются многокомпонентные датчики. Большинство многокомпонентных электромагнитных приборов для измерения скорости были запатентованы в семидесятых-восемидесятых годах прошлого века. Среди разработчиков, занимавшихся проблемой электромагнитного контроля нескольких составляющих скорости, необходимо отметить работы Болонова Н. И., Повх И. Л., Калинина Н. Д., Мирончука А. Ф., Крыловой Г. И., Вельта И. Д. К сожалению, их изобретения, как и подавляющее большинство других многокомпонентных датчиков, не поступили в производство из-за низких показателей точности, сложности конструкции и проблем с электромагнитной совместимостью устройств. Поэтому до настоящего времени для одновременного измерения нескольких составляющих скорости судов используется комплекс из нескольких однокомпонентных датчиков скорости [3]. Для исключения их взаимного влияния друг на друга датчики необходимо размещать на расстоянии друг от друга, что значительно снижает их чувствительность к изменению течений, например, при поворотах судна.

Внесение поправок в методику преобразования исходного сигнала электромагнитного датчика, учитывающих перечисленные выше факторы, влияющие на величину погрешности, и усовершенствование конструкции многокомпонентных датчиков позволит повысить точность их измерений. Увеличение точности позволит использовать устройства, основанные на электромагнитном методе измерений, в ситуациях, где необходимо точное и одновременное измерение двух или трех компонент скорости, например, при швартовке судна или проведении различных исследовательских работ на подводных аппаратах [2]. Таким образом, проблема повышения точности одновременного измерения нескольких составляющих скорости судов в морской воде является актуальной [4].

С вопросом улучшения параметром датчика скорости судов связан патент на двухкомпонентный датчик измерителя скорости электропроводящей жидкости [5].

Изобретение относится к измерительной технике, а именно к электромагнитным устройствам для измерения скорости электропроводящей жидкости, и может быть использовано для измерения скорости, например, судов. Техническим результатом, достигаемым при осуществлении заявляемого изобретения, является повышение чувствительности двухкомпонентного датчика измерителя.

Сущность изобретения поясняется чертежом (рисунок), где изображен двухкомпонентный датчик измерителя скорости электропроводящей жидкости. В точке С представлено формирование электрического поля.

Изобретение содержит магнитную систему, состоящую из сердечника (не обозначен) и обмотки возбуждения 3, и две пары электродов 4 и 2. Сердечник (он же магнитопровод) выполнен пятистержневым и включает в себя центральный стержень 5, четыре боковых стержня 1 и основание 6 в форме креста. Центральный стержень 5 имеет цилиндрическую форму, его верхний конец выполнен в виде полусферы. Обмотка возбуждения 3 размещена на центральном стержне 5. Две пары электродов 4 и 2 ориентированы на поверхности датчика вдоль взаимно перпендикулярных осей, причем каждый из электродов 4, 2 размещен между боковым 1 и центральным 5 стержнями и выполнен в виде сегмента сферы. От электродов 4 и 2 предусмотрено подключение к входу измерителя скорости электропроводящей жидкости (не обозначено) [5].

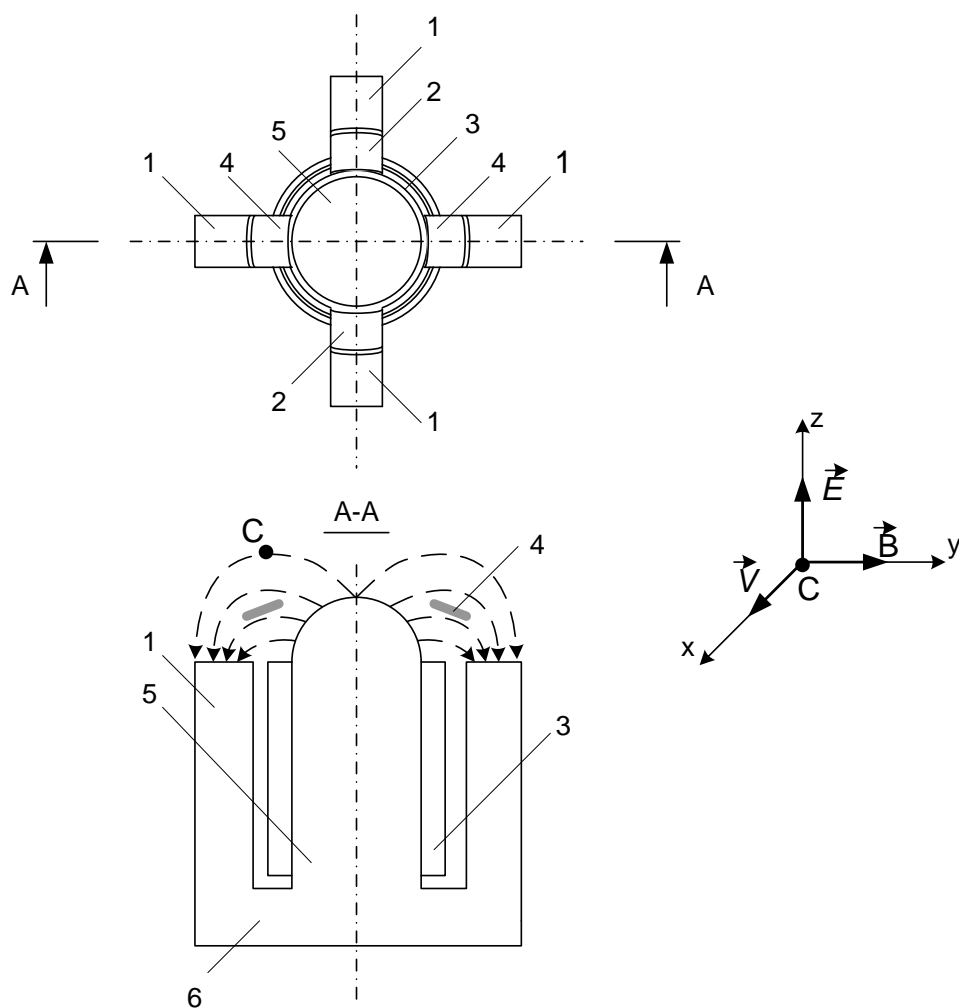
Двухкомпонентный датчик измерителя скорости электропроводящей жидкости работает следующим образом.

При пропускании электрического тока через обмотку возбуждения 3 в центральном стержне 5 возникает магнитный поток, который расщепляется на четыре одинаковых потока, замыкающихся через воздушные промежутки на боковые стержни 1 и основание 6. Эти потоки обтекают наружную поверхность электродов 4 и 2, размещенных в воздушных промежутках. При размещении датчика в электропроводящей жидкости таким образом, чтобы вектор ее скорости был параллелен плоскости электродов 4, 2, в жидкости возникает электрическое поле, которое формирует на электродах 4, 2 напряжение, пропорциональное скорости жидкости.

Пятистержневая магнитная система с обмоткой возбуждения на средней части сердечника позволяет расщеплять магнитный поток, созданный одной обмоткой возбуждения, на четыре одинаковых рабочих магнитных потока и получить достаточно простую двухкоординатную структуру датчика измерителя скорости электропроводящей жидкости.

Недостатками этого патента являются:

- наличие разомкнутого магнитного потока в области, где магнитный поток, пройдя центральный стержень, расщепляется на боковые стержни, что существенно снижает интенсивность потока;
- источник напряжения, снимаемого с датчика, обладает большим внутренним сопротивлением, определяемым параметрами среды;
- конструкция крепления измерительных электродов не определена, следовательно, требует индивидуального подхода с учётом её минимального влияния на обтекание датчика.



Двухкомпонентный датчик измерителя скорости электропроводящей жидкости

Предлагается новая конструкция датчика, в которой почти полностью замкнут рабочий магнитный поток, что существенно увеличивает интенсивность магнитного поля в рабочей зоне измерения скорости электропроводящей жидкости и это значительно увеличивает чувствительность датчика измерителя. Поработав над обтеканием жидкостью датчика, можно уйти от так называемой вихревой цепочки Кармана [6]. Предлагаемая новая конструкция в этой статье не приводится, т.к. не прошла экспертную оценку.

Библиографический список

1. Кораблев, А. В. Электромагнитные навигационные приборы и системы / А. В. Кораблев, В. Ф. Массаров. Л.: ВМОЛУА, 1976. 140 с.
2. Судовые измерители скорости / сост. Б. Г. Абрамович. Владивосток, 2005. 44 с.
3. А. с. 898328 СССР, МПК⁶G01 P5/08. Электромагнитный измеритель гидродинамических характеристик потока жидкости / В. Б. Большаков (СССР). № 2866770 // Открытия. Изобретения. 1982. № 2. 6 с.
4. Методическое обеспечение и средства электромагнитного контроля составляющих скорости жидких полупроводящих сред / Ганьшин Ю.А. Санкт-Петербург, 2011. 3 с.
5. Патент 2399059 РФ, МПК G01 P5/08. Двухкомпонентный датчик измерителя скорости электропроводящей жидкости / Ю.А. Ганьшин, В.Я. Лавров (РФ). 2009113093/28 // 2010. 6с.
6. Фейнмановские лекции по физике: Физика сплошных сред. Том 7. Глава 41. Течение «мокрой» воды.