

Эфендиев О.З., Алекперов Ш.Ш., Аллахвердиева А.Т.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНИ И ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННЫМ УРОВНЕМЕРОМ

В настоящее время, создание усовершенствованных приборов в области контрольно-измерительной технике очень актуально. Процесс проектирования и создание устройств, основанных на принципе магнитной левитации, является одним из важных вопросов. Создание новых улучшенных измерительных приборов чрезвычайно актуально. Таким образом, в судостроение наше исследование представляет собой возможностей измерения этих данных с помощью буйковым уровнемеров. В статье рассматривается измерение уровня и плотности жидкости с помощью буйковым уровнемеров основанного на принципе магнитной левитации нового типа с широким диапазона измерений, основанного на принципе магнитной левитации измерение уровни и плотности. Исходя из этого контекста в статье рассмотрены возможности измерения уровня и плотности жидкости в судовых резервуарах буйковым, магнитолевитационным уровнемером.

Ключевые слова. измерительный прибор, системы магнитной левитации, буйковый уровнемер, уровень жидкости, плотность жидкости.

Введение. Основу нашей научной работы составляет и измерение уровня и плотности жидкости магнитолевитационным буйковым уровнемером в судовых резервуарах. Целью представленной работы является исследование возможности измерения уровня и плотности жидкости магнитолевитационным буйковым уровнемером в различных резервуарах. Принцип магнитной левитации обладает многими положительными особенностями. Один из них заключается в том, что левитирующий тело, играющее роль чувствительного элемента может размещать его на различных измерительных камерах, которая позволяют исследователю локализовать фактор и исключать все остальные. Это позволяет проводить измерения в различных средах, охватываемых этим телом, таких как жидкости и газы, при различных температурах и давлениях в вакууме, воздушных и морских суднах, жидкостей, перевозимых в танкерах, топливного бака судна и.т.д.

Основная часть. В настоящее время большое значение имеет создание новых приборов в области контрольно-измерительной техники. Актуальность данной темы в том, что устранение недостатков и усовершенствование ранее созданных приборов, а также применение новых методов и последние достижения электроники дают возможность завершить выполняемые процессы быстро и точно. С другой стороны, требуется высокая надежность. Особенно жесткие требования предъявляются к приборам, которые используются в морских условиях, в том числе судовой технике.

В настоящее время большое значение имеет создание новых приборов в области контрольно-измерительной техники. Актуальность данной темы в том, что устранение недостатков и усовершенствование ранее созданных приборов, а также применение новых методов и последние достижения электроники дают возможность завершить выполняемые процессы быстро и точно. С другой стороны, требуется высокая надежность. Особенно жесткие требования предъявляются к приборам, которые используются в морских условиях, в том числе судовой технике.

В работе рассматривается комплексное решение поставленной задачи – моделирование с точки зрения физики, математические расчеты, разработка принципиальной электронной

схемы и программного обеспечения для микроконтроллера, выполняющего непосредственную визуализацию результатов при непрерывном режиме работы прибора.

Принцип работы таких приборов основан на магнитной левитации [1], т.е. уравнивании двух сил – силы гравитации, действующей на буйёк, который помещается частично или полностью в измеряемой жидкости, и силы тяги магнита со стороны электромагнита. Прибор имеет два буйка – первый шар, второй пруток. Размеры первого буйка не играют существенную роль. Для измерения плотности данной жидкости, первый буйёк полностью помещается в жидкости. Для измерения заполняемой части данного объема (паровой котёл на судах, цистерна в танкерах и т.п.) жидкостью, часть второго буйка находится в жидкости, а остальная часть находится над поверхностью жидкости. Предположим, для простоты, что второй буйёк представляет собой инертный металлический цилиндр. Высота второго буйка равна глубине объема, который заполняется жидкостью.

Предпочтительное свойство такого метода в том, что работающие приборы по этому принципу имеют минимальные движущие части.

Суть вышесказанного метода коротко можно описать следующим образом. Некий магнит жестко связан с первым буйком для измерения плотности жидкости или заполняемой части данного объема жидкостью. Постоянный магнит помещен в зоне постоянной тяги электромагнита. При изменении веса подвешенного тела индуктивный датчик подаёт сигнал на токорегилирующее устройство, которое изменяет величину электрического тока, проходящего через обмотку соленоида.

Рассмотрим более подробно вышеуказанные процессы. В первом этапе с помощью прибора определяется плотность жидкости. Предположим, что первый магнит жестко связан с первым буйком и сердечником обмотки, который регистрирует малое перемещение магнита (рис. 1). Пусть некоторая минимальная часть объема заполнена жидкостью. В этом случае буйёк имеет малые размеры (например, шар с диаметром несколько сантиметров) и находится (плавает) в жидкости. Предположим, что действующие силы приложены к магниту.

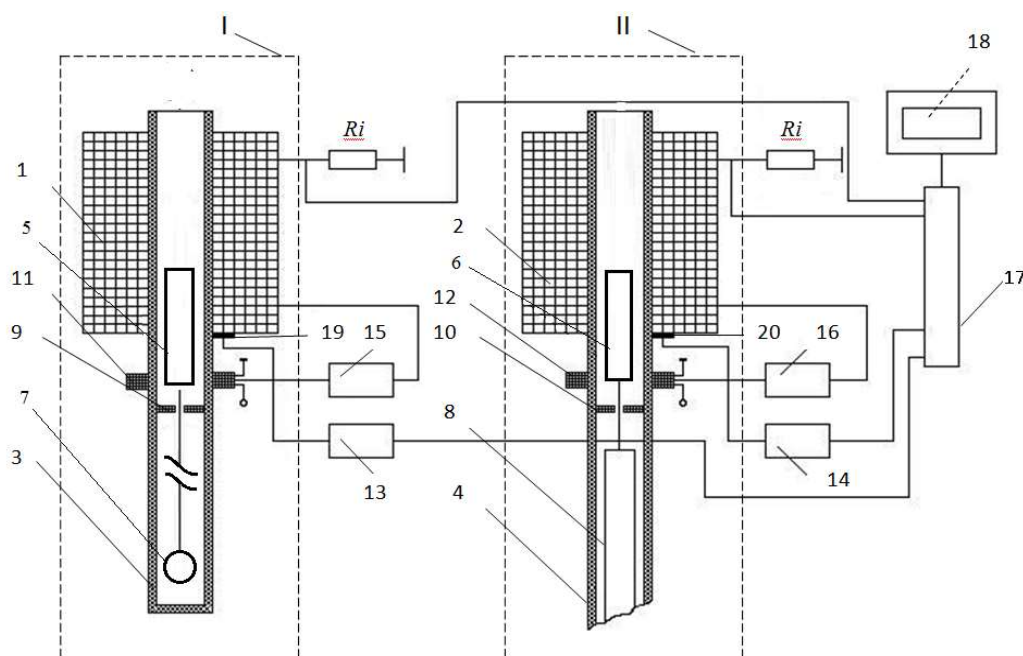


Рисунок 1 – Схема для устройства измерения уровня и плотности жидкости урвнемером с магнитной левитацией и буйком

Для данного случая

$$F_T - F_A - F_{\text{Э}} = 0. \quad (1)$$

Здесь, F_T – сила тяжести и F_A – сила Архимеда, действующие на буюк, $F_{\text{Э}}$ – сила электромагнита, действующая на магнит.

Учитывая, что $F_T = m_b g = \rho_b g V_b$, $F_A = \rho_{\text{ж}} g V_b$ и $F_{\text{Э}} = K_0 \cdot I_c$ (здесь m_b , ρ_b , V_b – масса, плотность и объем буйка соответственно, g – ускорение свободного падения, $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, K_0 – некоторый коэффициент, который зависит от параметров первого электромагнита, I_c – сила тока, который протекает через обмотку первого электромагнита) из уравнения (1) получим [1]:

$$\rho_b g V_b - \rho_{\text{ж}} g V_b - K_0 \cdot I_c = 0 \quad (2)$$

отсюда:

$$\rho_b - \rho_{\text{ж}} = \frac{K_0}{g V_b} \cdot I_c \quad (3)$$

И так

$$\rho_b - \rho_{\text{ж}} = \frac{A}{R_a} U_x \quad (4)$$

Здесь,

$$A = \frac{K_0}{g V_b} \cdot I_c \cdot R_a,$$

где R_a – некоторое сопротивление, который соединен последовательно обмоткой электромагнита; U_x – падение напряжения на сопротивлении R_a , который соответствует току протекающему через обмотку электромагнита.

При отсутствии жидкости не действует сила Архимеда, и буюк висит в воздухе. В этом случае из выражении (4):

$$\rho_b = \frac{A}{R_a} U_m; \quad \rho_{\text{ж}} = 0. \quad (5)$$

Здесь, U_m – максимальное значение падения напряжения на резисторе R , который соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита, в случае отсутствия жидкости.

При наличии жидкости действует сила Архимеда, и буюк плавает в (внутри) жидкости. В этом случае из выражении (4):

$$\rho_b - \rho_{\text{ж}} = \frac{A}{R_a} U; \quad \rho_{\text{ж}} \neq 0. \quad (6)$$

Здесь, U – некоторое значение падения напряжения на резисторе R_a , который соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита в случае наличия жидкости.

Из выражении (5) и (6) получается

$$\frac{\rho_b}{U_m} = \frac{\rho_b - \rho_{\text{ж}}}{U}. \quad (7)$$

Отсюда

$$\rho_{ж} = \rho_{\delta} - \frac{\rho_{\delta}}{U_m} \cdot U. \quad (8)$$

Зная значения ρ_{δ} , U_m , U – с помощью выражения (8) можно определить $\rho_{ж}$ – плотность жидкости.

После определения $\rho_{ж}$ – плотности жидкости, с помощью второго буйка можно определить уровень заполненной части объема жидкостью.

В этом случае, учитывая, что $F_T = m_{\delta}g = \rho_{\delta}gV_{\delta}$, $F_A = \rho_{ж}gV'_{\delta}$ и $F_{\Delta} = K'_0 \cdot I_c$ (здесь m_{δ} , ρ_{δ} , V_{δ} – масса, плотность и полный объем буйка соответственно, g – ускорение свободного падения, $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, V'_{δ} – объем буйка который находится в жидкости, K'_0 – некоторый коэффициент, который зависит от параметров второго электромагнита, I_c – сила тока, который протекает через обмотку второго электромагнита) из уравнения (1) получим [1]

$$\rho_{\delta}gV_{\delta} - \rho_{ж}gV'_{\delta} - K'_0 \cdot I_c = 0. \quad (9)$$

Проводя такие же преобразования, как в первом случае, получим:

$$\begin{aligned} \rho_{\delta}V_{\delta} - \rho_{ж}V'_{\delta} &= \frac{K'_0 \cdot I_c}{g}; \\ \rho_{\delta}V_{\delta} - \rho_{ж}V'_{\delta} &= \frac{B}{R_b} U'_x. \end{aligned}$$

Здесь, $B = \frac{K'_0 \cdot I_c}{g} \cdot R_b$ (R_b – некоторое сопротивление, которое соединено последовательно обмоткой электромагнита), U'_x – падение напряжения на сопротивлении R_b , которое соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита

$$\rho_{\delta}V_{\delta} = \frac{B}{R_b} U'_m; \quad V'_{\delta} = 0.$$

Здесь, U'_m – максимальное значение падения напряжения на резисторе R_b , которое соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита, в случае отсутствия жидкости, заполняющей объем

$$\rho_{\delta}V_{\delta} - \rho_{ж}V'_{\delta} = \frac{B}{R_b} U'; \quad V'_{\delta} \neq 0.$$

Здесь, U' – некоторое значение падения напряжения на резисторе R_b , которое соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита, в случае заполнения жидкостью некоторой части объема

$$\begin{aligned} \frac{\rho_{\delta}V_{\delta}}{U'_m} &= \frac{\rho_{\delta}V_{\delta} - \rho_{ж}V'_{\delta}}{U'}; \\ \frac{U'}{U'_m} &= 1 - \frac{\rho_{ж}V'_{\delta}}{\rho_{\delta}V_{\delta}}. \end{aligned}$$

В этом выражении, считая форму буйка цилиндрической, можно перейти к высоте буйка h , погруженной в жидкость, которая соответствует V'_{δ} , и H , полной высоте буйка, которая

соответствует V_6 . Полная высота H также соответствует высоте объема.

$$\frac{U'}{U'_m} = 1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_6} \cdot \frac{h}{H};$$

$$\theta = \frac{h}{H} = \frac{\rho_6}{\rho_{жс}} \cdot \left(1 - \frac{U'}{U'_m}\right). \quad (10)$$

Выражение (10) показывает отношение высоты заполненной части к полной высоте заполняемого объема. Надо отметить, что выражение (10) справедливо для тех случаев, в которых горизонтальные сечения заполняемого объема не зависят от высоты заполнения.

Зная ρ_6 , $\rho_{жс}$, U'_m , U' – с помощью выражения (10) можно определить $\theta = \frac{h}{H}$ отношение высоты заполненной части к полной высоте заполняемого объема.

В настоящее время развития цифровой электроники позволяет осуществить визуализацию результатов вычисления формулы (8) и (10). В выражениях (8) и (10) имеется зависимость от падения напряжений U_m , U и U'_m , U' соответственно. Как сказано выше, U_m и U'_m есть максимальные значения падения напряжений на резисторах R_a и R_b .

Визуализацию результатов можно осуществить с помощью дисплея и микроконтроллера. Известно, что микроконтроллеры имеют рабочее напряжение – напряжение питания. Для измерения (сравнения) сигнала микроконтроллеры еще имеют опорное напряжение. В частности, напряжение питания берется как опорное напряжение, и сигнальное напряжение сравнивается с этим напряжением. Выбирая R_a и R_b можно получить максимальное значение падения напряжений U_m и U'_m , которое равно опорному напряжению. Обычно, это осуществляется с помощью переменного резистора, т.к. переменный резистор (крайние выводы) параллельно подключается на резистор R_a или R_b . От среднего вывода переменного резистора берется сигнальное напряжение. При максимальном значении тока, протекающего через резистор R_a или R_b переменный резистор подстраивается так, что на среднем выводе переменного резистора получилось значение сигнального напряжения равного опорному напряжению.

Для проверки достоверности результатов вычислений и стимуляции разработанной нами схемы (формулы (8) и (10)) с помощью программы «Proteus 7 Professional» собрана принципиальная электрическая схема, использующая 2 переменных резистора для получения сигнала от 0 до 5 В, который соответствует протекающему току через электромагниты, микроконтроллер ATMEGA8 для преобразования полученных сигналов на измеряемые величины с помощью составленной нами программы и жидкокристаллического дисплея LM016 для отображения полученных результатов.

В принципиальной электрической схеме (рис.1) RV1 и RV2 переменные резисторы служат для получения напряжения от 0 до 5В, которое соответствует протекающему току через электромагниты. Полученные сигналы, которые соответствуют плотности жидкости и заполненной части объема подаются к выводам PC0 и PC1 (0 и 1 выводам порта C) микроконтроллера ATMEGA8. Кнопка, резистор R2 и вывод PC6 используются для перезапуска (команда RESET) микроконтроллера ATMEGA8. Порт B (выводы PB0, PB1, PB2, PB4, PB5, PB6, PB7) используется для жидкокристаллического дисплея LM016 для отображения полученных результатов.

В микроконтроллере ATMEGA8 с помощью составленной программы производятся определенные операции (периодическая регистрация значений напряжения выводах PC0 и PC1, вычисления по формулам (8) и (10) $\rho_{жс}$ – плотность жидкости и θ – заполненной части объема данной жидкостью, вывод полученных результатов на дисплей). Вся операция происходит циклически и в секунду может выполняться несколько тысяч циклов, зависимо от выбранной тактовой частоты микроконтроллера ATMEGA8. Тактовая частота и остальные

параметры микроконтроллера ATMEGA8 определялась с помощью программного обеспечения «CodeVisionAVR».

Для функционирования принципиальной электрической схемы нами составлена программа для микроконтроллера с помощью программы «CodeVisionAVR».

В составленную программу вводятся: постоянные (плотность материала и высота буйка), переменные (величина сигналов на выводах PC0 и PC1), название дисплея, настройка и назначения выводов и формулы для вычисления. Данные (сигналы, или переменные) поступают с выводами PC0 и PC1 и полученные значения используются для вычислений. В первую очередь вычисляется плотность жидкости. На втором этапе, используя полученные значения плотности жидкости, вычисляется заполненная часть объема данной жидкостью в процентах.

В составленную программу введены формулы (8) и (10) для вычисления $\rho_{ж}$ – плотность жидкости (таблица, строка 69) и θ – заполненной части (таблица, строка 76) объема данной жидкостью. Из за отсутствие символов $\rho_{ж}$ и θ , в составленной программе произведены замены $\rho_{ж}$ на D и θ на H, которые отображаются на дисплее.

Составленная программа с помощью программатора записывается на память микроконтроллера ATMEGA8.

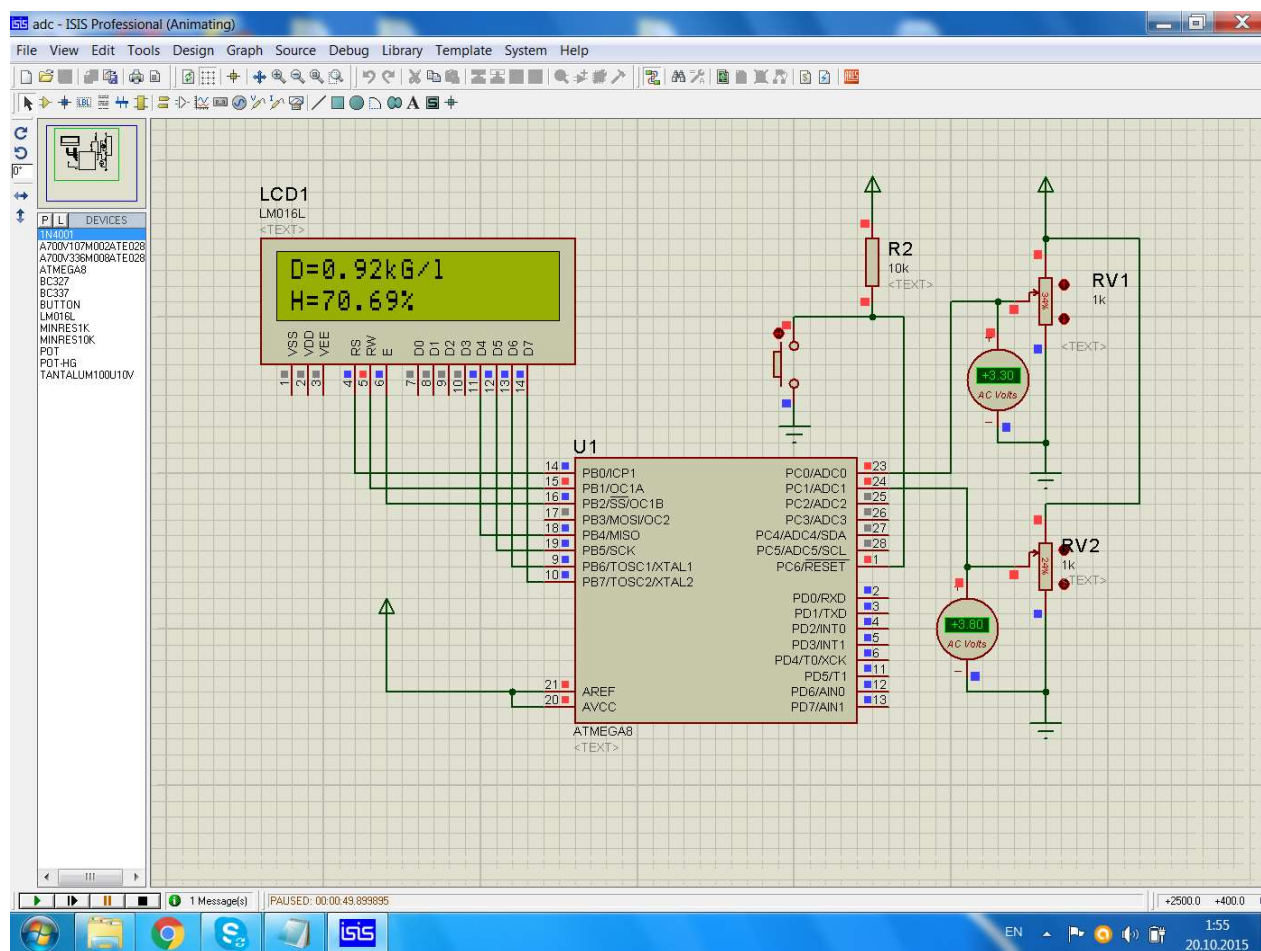


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема для устройства измерения уровня и плотности жидкости

Вывод. С помощью формул делал необходимые преобразования над аналоговыми сигнальными напряжениями, поступающими во входы микроконтроллера порт PC0 и порт PC1 с большой точностью в непрерывном режиме определяется плотность и объем уровня заполнения процентных ставок. Для проверки точности результатов расчета база собрана

принципиальная электрическая схема с использованием формул, программы «Proteus 7 Professional» переменных резисторов, микроконтроллеров и жидкокристаллического дисплея. Для работы принципиальной электрической схемы для микроконтроллеров была разработана программа «Code Vision AVR».

ЛИТЕРАТУРА

1. А.М. Пашаев, О.З. Эфендиев. Теория и практика магнитной левитации в приборостроении. М., Изд. «Машиностроение», 2009, 335 с.
2. Радио – ежегодник, 2013, выпуск 24, Тематический обзор печати и Интернет –ресурсов, Proteus по-русски. 443 с.
3. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL. М.: издательский дом «ДОДЭКА-XXI», 2004.
4. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega: руководство пользователя. М.: издательский дом «ДОДЭКА-XXI», 2007.

Afandiyev O.Z., Alakbarov Sh., Sh., Allahverdieva A.T.

THE INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF MEASURING FLUID LEVELS AND DENSITY WITH A MAGNITOLEVITATIONAL LEVEL

Creating improved devices in the field of control measuring technigue nowadays are very actual and impotant. The process of designing and designing devices based on magnetic levitation principle is one of the impotent. The creation of new improved measuring devices is extremely urgent. Thus the object of, our research is the study of possibilities of measuring the level and density of the liquid in magnetic levitation by measuring the magnitude of the fluid level. By referring to this context, the article deals with the measurement of the level and density of the liquid with the high-precision and precision magnetic levitation device based on the magnetic levitation principle of a new type of large-scale measuring range based on magnetic levitation principle. As a result of it the context of measuring the level and denisty of liquid in the ship reservoirs by magnit levitation and buoy level gauge are considered in the article.

Key words. *measurement devices, system magnetic levitation, buoy level gauge, fluid level, density of the liquid*

Ефендієв О.З., Алекперов Ш.Ш., Аллахвердієва А.Т.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЗМОЖНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ РІВНІ І ЩІЛЬНОСТІ ЖИДКОСТІ МАГНІТОЛЕВІТАЦІОННИМ РІВНЕМІРОМ

В даний час, створення удосконалених приладів в області контрально-вимірювальної техніки дуже актуально. Процес проектування та створення пристроїв, заснованих на принципі магнітної левітації, є одним з важливих питань. Створення нових поліпшених вимірювальних приладів надзвичайно актуально. Таким чином, в суднобудування наше дослідження є можливостей вимірювання цих даних за допомогою буйкових рівнемірів. У статті розглядається вимір рівня і щільності рідини за допомогою буйкових рівнемірів заснованого на принципі магнітної левітації нового типу з широким діапазону вимірювань, заснованого на принципі магнітної левітації вимір рівні і щільності. Виходячи з цього контексту в статті розглянуті можливості вимірювання рівня і щільності рідини в судових резервуарах буйкових, магнітолевітаційним рівнеміром.

Ключові слова: *вимірювальний прилад, системи магнітної левітації, буйковий рівнемір, рівень рідини, щільність рідини.*