

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОСТА С ИНДУКТИВНО СВЯЗАННЫМИ ПЛЕЧАМИ

В. С. Афонин, А. В. Дуда, А. С. Крохин

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

При производстве сварных конструкций ответственного назначения особое внимание уделяется показателю влажности сварочных флюсов и обмазки сварочных электродов. Перед сваркой флюсы и обмазка должны быть проконтролированы на содержание влаги согласно требованиям нормативной документации. Неудовлетворительные результаты контроля требуют производить прокаливание сварочного материала в специальных сушильных шкафах.

На современном рынке наиболее широко представлены влагомеры, использующие СВЧ метод и емкостной. Последний привлекает простотой реализации и относительно не дорогой стоимостью.

Емкостный метод позволяет определить влажность исследуемого материала по его величине диэлектрической проницаемости. Исследуемый материал помещается между электродами емкостного преобразователя таким образом, что бы он заполнял весь его объем. Электрическая емкость и как следствие проводимость такого преобразователя связаны с диэлектрической проницаемостью среды внутри преобразователя. Таким образом, измеряя проводимость преобразователя с контролируемым материалом можно определить его влажность. Однако емкостной первичный преобразователь, вместе с контролируемым веществом, на практике представляет собой не только конденсатор с диэлектрической проницаемостью измеряемого материала, но и включает в себя паразитные сопротивления [1, 2]. При увеличении влажности флюсов вместе с диэлектрической проницаемостью увеличивается и значение активных потерь. Это можно объяснить с помощью появления токопроводящего слоя в емкостном преобразователе. Комплексное сопротивление схемы замещения датчика с исследуемым материалом определяется по формуле:

$$Z = \frac{R \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R}{1 + j\omega RC} \quad (1)$$

Из формулы видно, что наличие активной составляющей проводимости существенно влияет на результат измерения. Отличительной особенностью флюсов является то, что они практически не впитывают влагу. Жидкость собирается на поверхности материала. Это значительно увеличивает величину активной составляющей проводимости контролируемого материала. Для проведения измерения влажности удобно использовать схему с отдельным измерением составляющих проводимости емкостного преобразователя. Для реализации такой схемы можно использовать в компенсационном плече параллельно соединенные активный и реактивный элементы [3]. Результатом суммирования токов образцовых элементов будет комплексный ток. Сложность задачи уравнивания моста заключается в том, что результатом взаимодействия плеч будет сигнал с информационными параметрами фазы и амплитуды. На основании этих параметров управляющее устройство изменяет величины компенсационных элементов. Для этого в схеме необходимо наличие детектора способного отслеживать состояние этих параметров. Так же необходим алгоритм, позволяющий автоматизировать процесс уравнивания измерительного моста.

Цель работы: разработка программно-аппаратного комплекса автоматического уравнивания измерительного моста.

Так как емкостной преобразователь с контролируемым веществом обладает активной и реактивной проводимостями, то ток измерительного плеча удобно представить в виде комплексного числа с действительной и мнимой частями [4]:

$$Z_{и} = A_{и} + jB_{и} \quad (1)$$

Соответственно ток компенсационного плеча представляется таким же комплексным числом только с противоположным знаком:

$$Z_k = -A_k + jB_k = -A_k - jB_k \quad (2)$$

Результатом взаимодействия плеч будет величина комплексного числа Z_p :

$$Z_p = A_p + jB_p \quad (3)$$

Представим Z_p на комплексной плоскости:

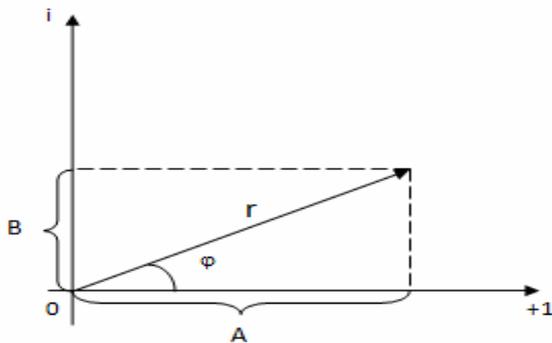


Рисунок 1 – Изображение Z_p на комплексной плоскости

Длина вектора r характеризует величину тока, угол φ определяет изменение фазы тока. Проекции вектора A и B представляют собой вещественную и мнимую части Z_p .

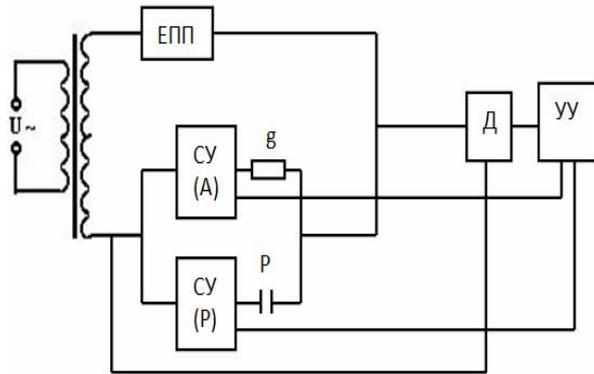
$$A = r \cos \varphi, \quad B = r \sin \varphi \quad (4)$$

Мост считается уравновешенным в случае Z_p стремиться к нулю. Уравновешивание моста необходимо производить путем изменения действительной и мнимой части компенсационного плеча. Определение величины составляющих компенсационного комплексного числа осуществляется при помощи «Детектора». Детектор позволяет определить модуль комплексного числа и сдвиг фазы. Полученные данные обрабатываются, и вычисляется действительная и мнимая части Z_p . На основании этого устройство управления принимает решение, какую составляющую необходимо изменить. Уравновешивание производится последовательно, сначала действительной, а затем мнимой части комплексного числа, либо наоборот. Такой подход позволит упростить схему автоматического уравновешивания моста, поскольку параллельное уравновешивание требует дополнительных линий управления образцовыми элементами моста.

Условием равновесия моста являются «нулевые» значения обеих составляющих

проводимости Z_p . Результатом измерения будут составляющие проводимости компенсационного плеча.

На рисунке 2 представлена функциональная схема автоматического измерительного моста.



Условные обозначения:
ЕПП - емкостный первичный преобразователь; СУ(A), СУ(P) – средства управления активным и реактивным токами эталонных элементов; УУ – устройство управления.

Рисунок 2 – Блок-схема автоматического измерительного моста

Измерительное плечо состоит из ёмкостного первичного преобразователя ЕПП, в который засыпается контролируемый материал. Компенсировать сигнал с измерительного плеча позволяют средства управления СУ, последовательно соединённые с эталонными элементами. СУ (A) Позволяет уравновесить активную составляющую ЕПП, а СУ (P) - реактивную. В качестве средства управления могут быть использованы цифровые элементы схемотехники позволяющие управлять напряжениями в цепях компенсационного плеча. Это могут быть как цифро-аналоговые преобразователи, так и цифровые потенциометры. Важным параметром при выборе СУ является разрядность. Стоит выбирать элементы с большим количеством разрядов, поскольку от количества «состояний» цифрового элемента напрямую будет зависеть точность. Важным параметров средства управления является быстродействие, так как от времени их переключения будет зависеть скорость измерения. Современная электронная техника обладает значительным быстродействием, что позволяет оставить этот параметр без особого внимания.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОСТА С ИНДУКТИВНО СВЯЗАННЫМИ ПЛЕЧАМИ

В качестве детектора D необходимо использовать двухканальный быстродействующий аналого-цифровой преобразователь (более 5 МГц). Требования к быстродействию АЦП связаны с измерением фазы сигнала с частотой 100 кГц.

Обработку данных с детектора осуществляет устройство управления УУ. В качестве УУ используется микроконтроллер АТМega32 фирмы Atmel. Это сравнительно недорогой микроконтроллер с высокими характеристиками производительности. Дополнительным преимуществом микроконтроллеров этой фирмы является удобное программное обеспечение, позволяющее разрабатывать программы на языках C и assembler.

Для автоматической работы мостовой схемы используется следующий алгоритм программы (рисунок 3)

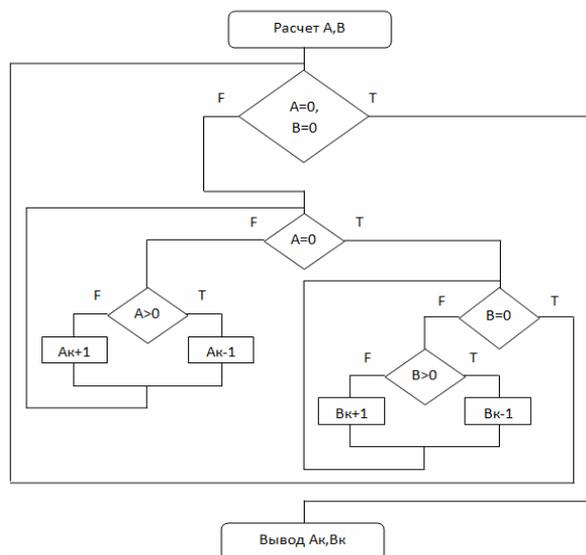


Рисунок 3 – Блок-схема программы автоматического измерительного моста

На вывод микроконтроллера приходят данные о вещественной и мнимой частях Z_p .

Происходит проверка равенства составляющих нулю. В случае нулевых значений A и B мост считается уравновешенным. Если условие не выполнено происходит проверка равенства действительной, составляющей нулю. При несоблюдении условия запускается проверка знака составляющей. При положительном знаке из составляющей комплексного числа A компенсационного плеча вычитается 1, а при отрицательном прибавляется 1. Далее программа возвращается к проверке равенства A нулю. Если же составляющая A равна нулю, происходит уравновешивание второй составляющей аналогичным образом. Когда составляющая B будет уравновешена, программа возвращается к началу и снова проверяет равенство обеих составляющих нулю. Таким образом, по завершению цикла программы мост будет уравновешен, а результатом работы программы станет величина составляющих комплексного числа компенсационного плеча A_k и B_k

Применение данного подхода позволит значительно ускорить процесс уравновешивания измерительной мостовой схемы. Измерение составляющих можно производить без вмешательства человека в процесс уравновешивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дуда А.В. Разработка устройства прибора для контроля влажности сыпучих материалов с использованием разделения информативного сигнала на активную и реактивную составляющие / А.В. Дуда, В.С. Афонин, М.Н. Сейдуров // Ползуновский альманах. – 2010. – № 2. – С. 127-129.
2. Берлинер М.А. Измерения влажности. М.: Энергия, 1973. – 400 с.
3. Трансформаторные измерительные мосты. / Под ред. К.Б. Карандеева. - М.: Энергия. – 1970. - 280 с.
4. Математика. Под ред. Журбенко Л.Н., Никоновой Г.А. – М.: Инфра-М, 2009. — 496 с.