

УДК 621.317.59

А.В. ЗАБОЛОТНЫЙ, В.А. ЗАБОЛОТНЫЙ, Н.Д. КОШЕВОЙ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ЭВОЛЮЦИЯ ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ВЛАЖНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Разработан первичный преобразователь влажности нефтепродуктов, предназначенный для измерения степени обводненности эмульгированных топлив непосредственно в рабочем участке трубопровода. Проведен анализ возможных путей усовершенствования базового варианта первичного преобразователя и рассмотрен ряд удачных модификаций, конструкция которых позволяет повысить чувствительность и снизить влияние дополнительных погрешностей на результат измерения.

нефтепродукты, влажность, диэлькометрия, первичный преобразователь, точность, чувствительность, рабочая емкость, сорт топлива

Введение

Первичные преобразователи современных диэлькометрических влагомеров, предназначенные для измерения влажности непосредственно в трубопроводе, должны удовлетворять определенным требованиям, основные из которых можно сформулировать так:

- большая начальная емкость и малый тангенс угла диэлектрических потерь для обеспечения высокой чувствительности;

- наличие гидрофобного покрытия для сведения к минимуму эффекта налипания;

- форма электродов первичного преобразователя, не нарушающая ламинарность потока исследуемого вещества;

- измерительный преобразователь, предназначенный для измерений непосредственно в трубопроводе, имеющий достаточно большую площадь живого сечения и не препятствующий протеканию нефтепродукта.

Постановка задачи

Необходимость гидрофобного покрытия актуальна ввиду наличия в нефтепродуктах парафиновых и асфальтеновых пленок, имеющих тенденцию к постепенному осаждению на рабочих поверхностях первичных преобразователей. Для

компенсации этого явления рабочие металлические поверхности первичных преобразователей влажности нефтепродуктов покрывают фторопластом или тефлоном. Остальные конструктивные требования, указанные во введении, накладывают ограничения на конструкцию измерительного конденсатора, а именно на форму токовых и потенциальных электродов и их взаимное расположение.

Ввиду того, что известные на данный момент конструкции не удовлетворяют всему комплексу перечисленных выше требований, сотрудники кафедры авиационных приборов и измерений поставили перед собой задачу разработки нового первичного преобразователя влажности нефтепродуктов, удовлетворяющего всему комплексу перечисленных требований и в то же время недорогого и простого в изготовлении.

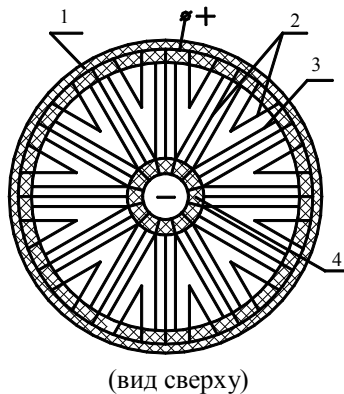
Основные материалы исследования

Первый конструктивный вариант первичного измерительного преобразователя влажности нефтепродуктов, который с точки зрения авторов является удачным, представлен на рис. 1 [1].

Преобразователь состоит из диэлектрического цилиндрического корпуса 1. На его внутренней поверхности закреплены токовые электроды 2, причем часть из них выполнена в форме тонких

плоских пластин, а часть – в форме V-образных пластин. Плоские потенциальные электроды крепятся к внешней поверхности центральной оси 4. Токковые и потенциальные электроды образуют измерительный конденсатор.

Рис. 1. Первичный преобразователь влажности



Данный преобразователь обладает высокой начальной емкостью (в пять раз больше чем у прототипа) и удовлетворяет всем оговоренным выше требованиям. Но, в ходе эксплуатации оказалось, что его конструкция довольно сложна, неудобна при использовании в вязких нефтепродуктах и может иметь более высокую чувствительность, если охватить электрическим полем пространство, занимаемое внутренней осью.

В целях устранения проявившихся недостатков авторами был разработан первичный преобразователь, изображенный на рис. 2 [2].

По конструктивному исполнению этот преобразователь схож с предыдущим и состоит из системы электродов 1,2,3,4, причем электроды 1,2,3 выполнены в форме трапеций, а электроды 4 – как и раньше, в форме V-образных пластин. Вся система электродов жестко закреплена на внутренней поверхности двух диэлектрических колец, размещенных по ее краям. Применение двух колец вместо диэлектрического корпуса позволяет уменьшить потери в диэлектрике.

Учитывая тот факт, что в нефтяном хозяйстве для транспортировки сырья применяют трубопроводы различных диаметров, что вызывает

необходимость преобразования конструкции первичных измерительных преобразователей влажности под конкретный объект, авторы статьи синтезировали

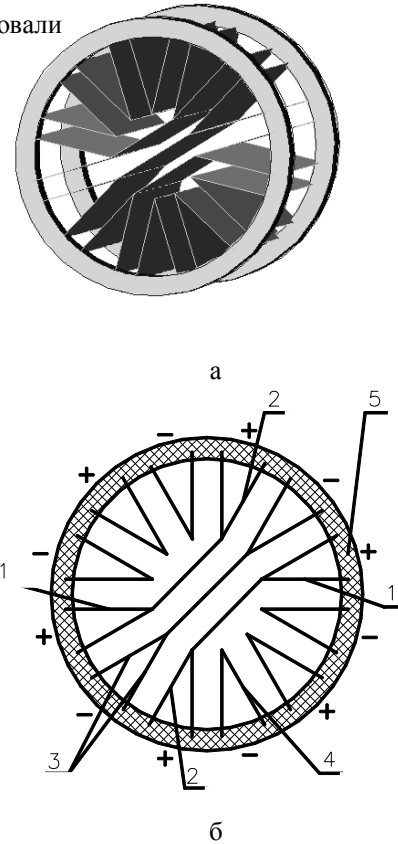


Рис. 2. Емкостный первичный преобразователь: а – объемный вид, б – вид сверху

расчетные зависимости, позволяющие легко определить конфигурацию первичного преобразователя в зависимости от диаметра трубопровода:

$$d = 3.864Z,$$

$$d_1 = 3.346Z,$$

$$L = 0.5\sqrt{D^2 - Z^2} - 1.866Z,$$

где d_1 – ширина центральной части боковой пары трапецевидных пластин;

d – ширина центральной части центральной пары трапецевидных пластин;

Z – воздушный зазор между пластинами;

L – ширина стороны V-образной пластины;

D – внутренний диаметр стеклотекстолитовых колец.

В ходе дальнейших исследований была проанализирована возможность определения октановых чисел моторных топлив, в том числе и авиационных, путем определения их диэлектрической проницаемости, для чего было необходимо существенно повысить чувствительность первичного преобразователя, несмотря на то, что в рассмотренных конструкциях она и так высока.

Было отмечено, что пространство внутри каждой V-образной пластины не охватывается электрическим полем и никак не задействовано в процессе измерения.

Данный недостаток устранен в первичном преобразователе, показанном на рис. 3 [3]. Преобразователь состоит из системы электродов 1, которая с помощью жестких диэлектрических перемычек 2 жестко закреплена на поверхности двух диэлектрических колец 3, размещенных на противоположных концах системы электродов, причем каждый электрод системы закреплён на двух соответствующих перемычках 2. Каждая перемычка зафиксирована на внешней поверхности оси малого радиуса 4 и на внутренней поверхности каждого из двух диэлектрических колец 3. Чувствительность удалось повысить в 2,5 раза по сравнению с вариантом, показанным на рис. 2.

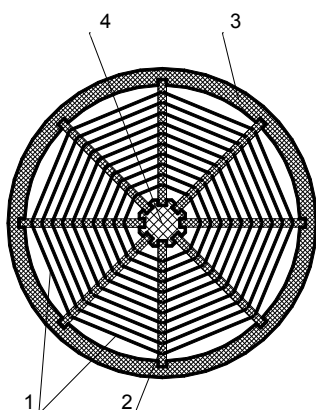


Рис. 3. Первичный преобразователь с повышенной чувствительностью

При использовании преобразователей, изображенных на рис. 1-3, в процессе измерения

влажности значительную роль играет погрешность, вызванная изменением сорта исследуемого нефтепродукта. Реализовать механизм учета сортности нефтепродуктов позволил первичный преобразователь, показанный на рис. 4, а – г [4].

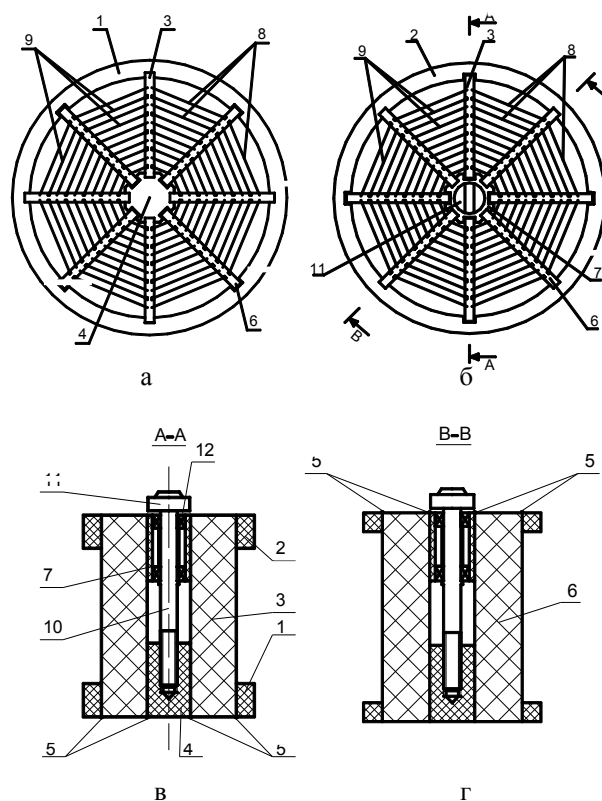


Рис. 4. Первичный преобразователь влажности: а - вид снизу; б - вид сверху; в - сечение первичного преобразователя по непарным перемычкам; г - сечение первичного преобразователя по парным перемычкам

Преобразователь состоит из системы токовых и потенциальных электродов с гидрофобным покрытием, размещенной внутри двух диэлектрических колец - нижнего 1 и верхнего 2. Диэлектрические перемычки, на которых зафиксирована система токовых и потенциальных электродов, условно разделены на парные и непарные. Непарная часть диэлектрических перемычек 3 закреплена в нижнем диэлектрическом кольце и в нижней оси 4 с помощью клеевого соединения 5. Парная часть диэлектрических перемычек 6 закреплена в верхнем диэлектрическом кольце и в верхней оси 7 также с помощью клеевого

соединения. Перемычки 3 входят в пазы верхней оси и верхнего диэлектрического кольца, а перемычки 6 плотно входят в пазы нижней оси и нижнего диэлектрического кольца. Токовые электроды 8 зафиксированы в перемычках 3 и плотно входят в соответствующие пазы, размещенные на перемычках 6. Потенциальные электроды 9 зафиксированы в перемычках 6 и плотно входят в соответствующие пазы, размещенные на перемычках 3. Нижняя ось оснащена центральным несквозным отверстием с микрометрической резьбой, куда ввинчен цилиндрический вал 10 с ручкой 11, зафиксированный в верхней оси с помощью подшипников 12. Для компенсации сортовой погрешности необходимо повернуть цилиндрический вал 10 против часовой стрелки на определенное количество оборотов с помощью ручки 11. Вращение вала приведет к вертикальному перемещению парных перемычек с закрепленными на них потенциальными электродами относительно непарных с закрепленными на них токовыми электродами. Такое перемещение приводит к изменению начальной емкости первичного преобразователя и позволяет компенсировать изменение сорта исследуемого нефтепродукта. Имея зависимость количества оборотов вала от значения диэлектрической проницаемости обезвоженных нефтепродуктов различных марок, можно легко вводить поправку на сорт нефтепродукта.

Выводы и перспективы

Представленные в статье разработки позволили перейти на новый уровень при анализе обводненности нефтепродуктов и измерении влажности водотопливных эмульсий типа вода – масло. Предложенные авторами первичные преобразователи влажности обладают высокой стабильностью электрического поля, обеспечивают

высокую чувствительность и точность определения информативного параметра, т.е. влажности. Первичные преобразователи, изображенные на рис. 1,2 успешно используют для измерения влажности мазута на ряде котельных АР Крым.

Литература

1. Пат. 48596 України, МКВ G01N27/22. Ємнісний вимірювальний перетворювач / О.В. Заболотний, В.А. Заболотний, М.Д. Кошовий (Україна). - №2001107200; Заявл. 23.10.2001; Опубл. 16.08.2004, Бюл. №1. – 2 с.
2. Пат. 51222 України, МКВ G01N27/22. Ємнісний датчик вологості / О.В. Заболотний, В.А. Заболотний, М.Д. Кошовий (Україна). - №2002020867; Заявл. 04.02.2002; Опубл. 15.10.2004, Бюл. №10. – 2 с.
3. Пат. 62125 України, МКВ G01N27/22. Ємнісний датчик вологості / О.В. Заболотний, В.А. Заболотний, М.Д. Кошовий (Україна). - №20021210070; Заявл. 13.12.2002; Опубл. 15.12.2003, Бюл. №12. – 2 с.
4. Пат. 69824 України, МКВ G01N27/22. Датчик вологості нафтопродуктів / О.В. Заболотний, М.Д. Кошовий, Р.А. Казимов (Україна). - №20031211248; Заявл. 09.12.2003; Опубл. 15.09.2004, Бюл. №9. – 4 с.

Поступила в редакцію 21.02.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.А. Фурман, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.