УДК 537.8.029.6; 620.9:662.6

КОНТРОЛЬ ИСТОЩЕНИЯ ИОНООБМЕННЫХ ФИЛЬТРОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ МИКРОВОЛНОВЫМИ ДАТЧИКАМИ

В.И. Сусляев, В.А. Журавлев, Е.Ю. Коровин

В работе рассмотрены физические основы применения микроволновых индикаторных приборов для определения электрофизических характеристик воды, прошедшей через ионообменные фильтры за счет химических реакций, обеспечивающих процесс водоочистки.

Ключевые слова: диэлектрическая проницаемость, электрофизические характеристики, водоподготовка, проводимость, химический анализ, ионообменные фильтры.

Введение

Эффективная работа ионообменных фильтров (рисунок 1) обеспечивает соблюдение водно-химического режима на тепловых электростанциях, что является необходимым условием снижения себестоимости произведенной электроэнергии. В современной экономической ситуации решение этой задачи весьма актуально.

Контроль работоспособности фильтров, степень регенерации и отмывки фильтров после регенерации определяются либо временем технологического процесса, либо химическими методами, которые производятся дискретно (1-2 раза за смену) [1].

Для повышения эффективности использования фильтров необходимо иметь индикаторные устройства непрерывного действия, которые в сочетании с химическими методами контроля позволят оптимизировать процесс водоподготовки и снизить затраты на расходные материалы, используемые в фильтрах и для химического анализа.

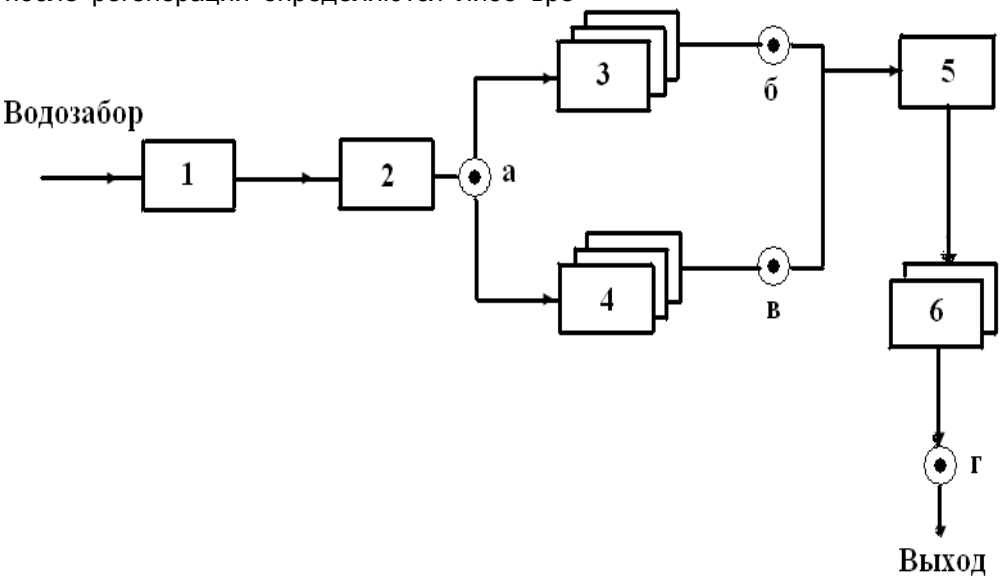

Рисунок 1 – Схема водоподготовки на ТЭЦ: 1 – осветлитель, 2 – механический фильтр, 3 – Н-катионовый фильтр, 4 – Na-катионовый фильтр 1 ступени, 5 – декорбонизатор, 6 – анионитовый фильтр

Радиофизический метод исследования полярных жидкостей, основанный на исследовании микроволновых спектров комплексной диэлектрической проницаемости (ДП) $\varepsilon^* = \varepsilon' - i\varepsilon''$, обладает рядом преимуществ по сравнению с другими индикаторными методами, используемыми для контроля изменения свойств воды. В этом диапазоне частот наблюдается активное взаимодействие электромагнитного излучения с полярными молекулами воды и водных растворов и наблюдается аномальная дисперсия диэлектрической проницаемости – область наиболее чувствительная к изменениям состава и структуры. Известно также, что радиофизические методы отличаются высокой чувствительностью,

малой инерционностью; возможностью проведения дистанционных исследований, в местах, недоступных другим методам измерений; удобной формой представления сигнала.

Применимость физической модели

Физической основой применения микроволновых индикаторных приборов является изменение электрофизических характеристик воды, прошедшей через ионообменные фильтры за счет химических реакций, обеспечивающих процесс водоочистки. Так в Н-катионитовых фильтрах устранение ионов Са и Mg происходит следующим образом [2]:

$2HR+CaCl_2=CaR_2+2HCl$ (1);

$2HR+MgSO_4=MgR_2+2H_2SO_4$ (2);

$HR+NaCl=NaR+HCl$ (3);

$2HR+Na_2SO_4=2NaR+H_2SO_4$ (4);

где HR– практически нерастворимая в воде, но способная взаимодействовать с содержащимися в обрабатываемой воде ионами водородная форма катионита, MeR (Me – Ca++, Mg++, Na+ и др ионы) – результат этого взаимодействия. Эти реакции показывают, что если первоначально катионит находился полностью в водородной форме (хорошо отмыт), то все катионы, присутствующие в воде, обменявшись на ионы водорода, задержатся слоем катионита, а в фильтрат перейдут ионы водорода, придав ему, кислую реакцию. Оценка изменения электропроводимости при протекании таких реакций по концентрационной зависимости удельной электропроводимости этих веществ [2] дает следующие результаты: реакция (3) дает увеличение электропроводимости на 340%, а реакция (4) более, чем на 600%. При истощении фильтра разница между величинами удельных электропроводимостей на входе и выходе фильтра будет уменьшаться, что свидетельствует о необходимости перевода данного фильтра на регенерацию.

При полном химическом обессоливании воду освобождают как от катионов, так и от анионов. В анионитовых фильтрах, отрегенерированных щелочными реагентами, анионы кислот Н-катионированной воды задерживаются в результате реакций типа:

$2ROH+H_2SO_4=R_2SO_4+2H_2O$ (5);

$ROH+HCL=RCL+H_2O$ (6),

где R – твердая, нерастворимая часть анионита. Проведенный нами расчет показал, что удельная электропроводимость в правых частях реакций (5) и (6) уменьшилась более, чем в 103 раз.

Величина мнимой составляющей ДП связана с удельной проводимостью σ:

$\varepsilon'' = \varepsilon_д'' + \sigma/\omega$, (7),

где $\varepsilon_д''$ – часть мнимой составляющей, характеризующая потери за счет переполяризации полярных молекул под действием микроволнового излучения частотой ω.

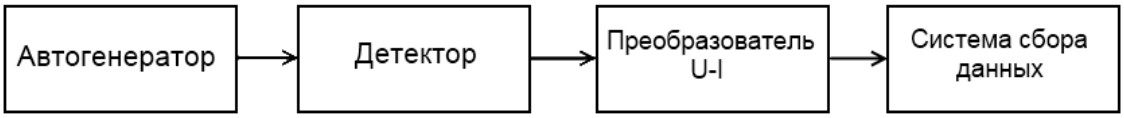

Рисунок 2 – Блок-схема датчика на основе нерегулярного микрополоскового резонатора

На сверхвысоких частотах (ω ~ 10^9 Гц) основной вклад дает $\varepsilon_д''$, величина которой существенно зависит от концентрации примесей. Этот эффект связывается с изменением структуры жидкости при внесении ионных примесей (теория Дебая-Хюккеля [3]). Противодействие кулоновским сил и теплового броуновского движения формирует вокруг каждого иона ионную атмосферу, состоящую из положительных и отрицательных ионов. С увеличением концентрации структура электролита упорядочивается, что вызывает уменьшение мнимой составляющей ДП, поскольку возрастает добротность системы. Аналогичный результат предсказывает теория Дебая-Зака на основе эффекта гидратации. Каждый ион окружен молекулами воды, которые образуют с ним относительно прочную связь – «ближняя» гидратация. Прочно связанные молекулы воды ориентируют следующий слой, но с меньшей степенью связанности – «дальняя» гидратация. Эффект гидратации уменьшает число свободных молекул растворителя, снижает степень поляризации раствора и приводит к понижению величины ДП на высоких частотах.

Эксперимент

Микроволновой датчик построен по схеме автодина, в качестве частотно задающего элемента которого использован нерегулярный микрополосковый резонатор [4] свернутого типа, который контактирует с водой и изменяет электродинамические характеристики в соответствии с концентрацией примесей. Датчики устанавливались до и после катионитовых и анионитовых фильтров. Результаты измерения (рисунок 3) качественно доказывают обоснованность оценок изменения проводимости, проведенных выше. Коли-

чественного совпадения ожидать не следует, поскольку высокое значение имеет фоновая проводимость.

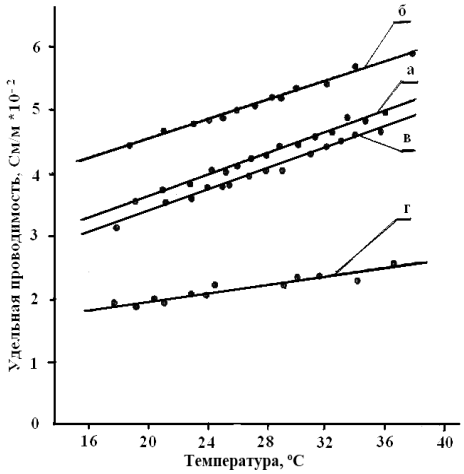

Рисунок 3 – Температурная зависимость удельной проводимости проб воды на ТЭЦ – 3 (буквами обозначены места установки датчиков, соответствующие обозначениям рисунка 1)

Работа выполнена в рамках: ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 год» Мероприятие: 1.2.2; АВЦП 2.1.1/4513.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогацкий Б.С. // Теплоэнергетика, 1993. – №7. – С. 24 – 26.
2. Кострикин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водопдготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. М.: Энергоатомиздат,1990. – 254 с.
3. Stogryn A. // IEEET rains. – V. MIT – 19. – №8. – 1971. – P.135 – 736.
4. Сусляев В.И., Журавлев В.А.. // ПТЭ, 2003. – №5. – С. 101 – 105.

*к.ф.-м.н, доцент **В.И. Сусляев** – susl@mail.tsu.ru,к.ф.-м.н, доцент **В.А. Журавлев** – ptica@elefot.tsu.ru, к.ф.-м.н **Е.Ю. Коровин** – korovin_ey@mail.tsu.ru, кафедра радиоэлектроники Томского государственного университета, (3822) 413964, 634050 г. Томск пр. Ленина 36.*

УДК. 621.3.089.68

АТТЕСТАЦИЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Л.Б. Бурцева, В.В. Редько

В статье описано состояние вопроса об аттестации электроискровых дефектоскопов, применяемых в кабелестроительной отрасли для выявления дефектов в изоляции кабельных изделий посредством электроискрового метода неразрушающего контроля.

Ключевые слова: изоляция кабельного изделия, аттестация электроискровых дефектоскопов.

Введение

На всех этапах производства кабельное изделие подвергается различным видам контроля и испытаний. Одним из наиболее часто используемых методов испытания кабельного изделия является электроискровой метод. Суть метода заключается в прикладывании к каждому участку поверхности изоляции кабельного изделия высокого напряжения различных форм непосредственно в процессе его движения по экструзионной линии. При прохождении кабельного изделия через зону высокого напряжения в месте дефектного участка в изоляции, вследствие резкого снижения электрической прочности изоляции, происходит искровой пробой, что фиксируется аппаратурой электроискрового дефектоскопа (рисунок 1). Такое метод контроля позволяет выявить и максимально быстро устранить различные виды дефектов в изоляции кабельного изделия, а также исключить возможность возникновения массового брака продукции.

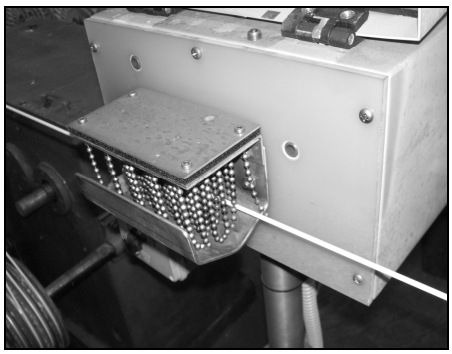

Рисунок 1 - Электродный узел электроискрового дефектоскопа и положение испытуемого кабеля в нем