

Неожиданными оказались результаты исследования импульсно-лазерного возбуждения волн Лэмба как в стальной, так и дюралевой пластине толщиной 0,75 мм при длительности импульса, имеющего колокообразную форму,  $\tau \sim 14$  нс. При этом прием волн Лэмба производился с помощью призматических наклонных преобразователей. В качестве базового использован ПЭП с рабочей частотой 1 МГц. Как впервые установлено (рис. 4), наряду с основной пластинчатой модой одновременно генерируется дополнительная мода, имеющая в 3 раза большую частоту. Как видно из рисунка.3, при теновом прозвучивании основная  $s_0$  мода достаточно плавно изменяется при смещении пятна ЛЛ в окрестности искусственной тре-

щины глубиной  $h \approx 0,3$  мм. Амплитуда же дополнительной моды претерпевает существенные изменения. Причем отношение фиксируемых амплитуд экстремумов достигает 6-7 раз при движении пятна ЛЛ в окрестности дефекта.

### Литература

1. А.Р. Баев, В.Г. Гуделев, Г.В. Кулак, А.И. Митьковец Оптико-акустическая диагностика дефектов на поверхности твердых тел. - Проблемы физики, математики и техники, № 1 (18), 2014. - С.72-81.
2. П-т на изобретение N42013, Баев А.Р., Гуделев В.Г., Митьковец А.И. Способ оптоакустического контроля границы соединения материалов публ.30.08.13 Полож.реш.по заявке на ПМ №20130345 от 18.04.13, реш. от 18.04.13.Баев А.Р., Гуделев В.Г., Митьковец А.И.

УДК 621

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СМЕСИ

Исаев А.В., Кривицкий П.Г., Черняк А.С., Акиншева А.В.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Анализ состава газовой смеси – это качественное и количественное определение ее компонентов. Анализ может проводиться как в лаборатории, так и с помощью специальных газоанализаторов. Как правило, методы газового анализа основаны на измерении физических параметров и свойств среды, значения которых зависят от концентраций определяемых компонентов.

По характеру измеряемого физического параметра газового анализа различают:

1) Механические методы:

а) Волюмометрический. Измерение сокращения объема анализируемого газового компонента, происходящего в результате реакций абсорбции, сжигания и каталитического окисления

б) Манометрический. Измерение разрежения, получающегося в результате реакции анализируемого газообразного вещества с соответствующим поглотителем

в) Диффузионный. Измерение диффузионного эффекта.

2) Пневматические методы. Применяют для анализа бинарных и псевдобинарных смесей, напр., для определения  $H_2$  в воздухе,  $H_2$  в этилене,  $CO_2$  в инертных газах,  $Cl_2$  в  $H_2$  и т.д.

а) Аэростатический. Основан на измерении плотности газовой смеси.

б) Аэродинамический. Основан на измерении зависящих от плотности и вязкости параметров таких процессов, как дросселирование газовых потоков, взаимодействие струй, вихреобразование и т. д.).

3) Акустические методы. Основаны на измерении поглощения или скорости распространения звуковых и ультразвуковых волн в газовой смеси. Методы не избирательны и применяются,

в частности, для определения  $CH_4$ ,  $O_2$ ,  $H_2$  в бинарных и псевдобинарных смесях.

4) Адсорбционный метод. Сравнительно простая методика разделения компонентов смеси. Между величинами адсорбции газов и их физическими константами (критической температурой, температурой кипения, константой Ван-дер-Ваальса и др.) существует качественная закономерная зависимость. Сущность метода: если мы имеем постоянные количества адсорбента и адсорбата, то при постоянной температуре состав и объем неадсорбированной фазы будут однозначно определяться составом исходной анализируемой газовой смеси.

5) Тепловые методы:

Термокондуктометрический. Основан на измерении теплопроводности газовой смеси. Находят содержание  $He$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$  в бинарных и псевдобинарных смесях. Термохимический. Основан на измерении теплового эффекта химических реакций с участием определяемого компонента. Избирательное определение  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $O_2$ ,  $H_2$ , контроль в воздухе взрывоопасных и пожароопасных примесей (смесей газообразных углеводородов, паров бензина и т.д.).

б) Магнитные методы. Основаны на измерении магнитной восприимчивости и явлении термомагнитной конвекции. Определение кислорода.

7) Оптические методы:

а) Абсорбционная спектроскопия. Основана на измерении оптической плотности. Применяют для избирательного определения  $NO_2$ ,  $O_3$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $CS_2$ , формальдегида, фосгена,  $Cl_2$ , паров  $Hg$ ,  $Na$ ,  $Pb$  и других. Источники излучения в абсорбционных методах – лампы накаливания,

ртутные, водородные, ртутно-кадмиевые, кадмиевые, никромовые спирали.

б) Эмиссионная спектроскопия: измеряют интенсивность излучения определяемых компонентов. Излучение можно возбудить электрическим разрядом, пламенем, светом, лазером и другими источниками. Эти методы применяют для количественного определения множества элементов и соединений.

в) Рефрактометрический: измеряют коэффициент преломления. Используется для определения  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , ацетилена,  $\text{SO}_2$  и др. в бинарных и псевдобинарных смесях.

г) Оптикоакустический метод. Основан на пульсации давления газа в приемнике излучения при поглощении прерывистого потока излучения, прошедшего через анализируемый газ. Метод позволяет определять  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ , ряд органических соединений. Фотоколориметрический: предварительно проводят цветную реакцию контролируемого компонента с подходящим реагентом в газовой фазе, в индикаторном реакторе или на поверхности твердого носителя (в виде ленты, таблетки, порошка) и измеряют интенсивность окраски продуктов реакции. Метод применяют для избирательного определения оксидов азота,  $\text{CO}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , ацетилена, фосгена, формальдегида и др.

д) Хемилюминесцентный: измеряют интенсивность люминесценции, сопровождающей некоторые хим. реакции в газах. Метод применяют, в частности, для определения  $\text{O}_3$  и оксидов азота. Например, определение  $\text{NO}$  основано на его окислении озоном.

е) Интерферометрический: основан на измерении смещения интерференционных полос в результате изменения оптической плотности газовой смеси при изменении концентрации определяемого компонента. Применяется, напр., для определения  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  в воздухе.

8) Ионизационные: измерение электрической проводимости ионизированных газовых смесей. Ионизацию осуществляют радиоактивным излучением, электрическим разрядом, пламенем, УФ-излучением, на нагретой каталитически активной поверхности. Например, метод, основанный на измерении разницы сечений ионизации газов радиоактивным излучением, используют для анализа таких бинарных смесей, как  $\text{H}_2\text{-N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{-CO}_2$ , а также некоторых углеводородов. Метод, основанный на ионизации органических соединений в водородном пламени, применяют для определения органических примесей в бинарных газовых смесях и воздухе.

9) Масс-спектрометрический метод: измерение масс ионизированных компонентов анализируемого газа; применяют для определения инертных газов,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ , оксидов углерода, азота и серы,

а также неорганических, органических и металлоорганических летучих соединений. Часто сочетается с хроматографией.

10) Электрохимические методы: измеряют параметры системы, состоящей из жидкого или твердого электролита, электродов и определяемого компонента газовой смеси или продуктов его реакции с электролитом. Измеряют содержание примесей  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{C}_1\text{2}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_3$  и др

а) Потенциометрический метод: основан на зависимости потенциала индикаторного электрода от концентрации иона, полученного при растворении определяемого компонента в растворе.

б) Амперометрический метод: основан на зависимости между током и количеством определяемого компонента, прореагировавшего на индикаторном электроде.

в) Кондуктометрический метод: основан на измерении электропроводности растворов при поглощении ими определяемого компонента газовой смеси.

11) Полупроводниковые методы: измеряют сопротивление полупроводника (пленки или монокристалла), взаимодействующего с определяемым компонентом газовой смеси. Методы применяют для измерения содержания  $\text{H}_2$ , метана, пропана,  $\text{O}_2$ , оксидов углерода и азота, галогенсодержащих соединений и др

12) Хроматография: один из наиболее популярных и универсальных методов. Позволяет разделить даже очень сложные по составу смеси веществ. Является очень точным методом. Различают колоночную и плоскостную хроматографию. В колоночной сорбентом заполняют специальные трубки – колонки, а подвижная фаза движется внутри колонки благодаря перепаду давления. Плоскостная хроматография подразделяется на тонкослойную и бумажную.

а) Газовая хроматография. Наиболее точный хроматографический метод. Является универсальным: можно обнаружить неорганические газы, металлы, множество органических соединений в большом интервале концентраций. Преимущества метода: использование стандартного оборудования, быстрота анализа, высокая чувствительность.

б) Ионная хроматография. Основана на различии констант ионообменного равновесия между неподвижной фазой (ионитом) и компонентами разделяемой смеси. Преимущества метода: простота подготовки пробы, малый объем пробы.

в) Жидкостная хроматография. Основана на взаимодействии, возникающем при движении жидкой фазы сквозь неподвижный слой сорбента, обладающего большой суммарной поверхностью.

Позволяет исследовать высокомолекулярные загрязнения воздуха.

г) Тонкослойная хроматография. Используются мелкодисперсные частицы адсорбента (размером 1 – 40 мкм). Толщина слоя адсорбента составляет 100 – 300 мкм. Исследуемая проба в растворителе помещается на пластинку с адсорбентом. Под действием капиллярных сил вещества продвигаются через слой адсорбента с разными скоростями, зависящими от адсорбционных коэффициентов компонентов смеси.

д) Хроматография на бумаге. Метод близок к методу тонкослойной хроматографии, но ему присущи два недостатка: низкая скорость разделения и малая адсорбционная емкость.

13) Метод изотопного разбавления: в анализируемую пробу вводят радиоактивные или стабильные изотопы определяемого компонента и затем выделяют его из пробы вместе с добавкой. Измеряют содержание примесей  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ , оксидов углерода и азота,  $CH_4$ ,  $Cl_2$  и др.

УДК 621

## ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Исаев А.В., Кривицкий П.Г., Сизиков С.В.

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Основной задачей диагностика работоспособности электрической машины сводится к определению состояний токопроводящих элементов обмоток и состояние их изоляции. Чаще всего это сводится к испытанию изоляции высоким постоянным или специальным импульсным напряжением. Для этих целей, чаще всего с помощью колебательных контуров, формируют специальное импульсное напряжение в виде затухающих импульсов. При этом особую роль, имеет не только амплитуда испытательных импульсов, но и длительность их переднего и заднего фронтов. Это связано с тем, что малая длительность фронтов импульсов, даже при невысокой амплитуде сигнала, за счёт переходных процессов в обмотках, часто приводит к перенапряжению между витками обмоток, а следовательно приводит к пробоем изоляции и выводу из строя изначарьно рабочей электрической машины.

По этому, при импульсном испытании изоляции, необходимо иметь возможность задавать не только амплитуду, но и форму испытательных импульсов, в том числе их временные параметры: длительность импульсов, длительность передних и задних фронтов, период следования. Использование однократных импульсов нецелесообразно в связи с трудностью определения пробоя дефектной межвитковой изоляции. В качестве испытательных импульсов с устанавливаемыми временными параметрами и амплитудой была выбрана

14) Многопараметрический вычислительный метод: основан на совместном измерении ряда физических параметров смеси известного качества состава и на решении с помощью ЭВМ системы уравнений, описывающих взаимосвязь измеряемых параметров с концентрациями определяемых компонентов. Одновременно можно измерять, например, оптическую плотность среды при различных длинах волн, эффективность ионизации газов и паров на каталитически активных поверхностях с разными температурами нагрева и т. д.

### Литература

1. Методы анализа загрязнений воздуха / Ю.С. Другов [и др.] – М.: Химия, 1984. – 384с.
2. Еремина Б.Г. Газовый анализ / Б.Г. Еремина – Л.: Гос. научн.-техн. изд.-во хим. лит.-ры, 1955. – 382 с.
3. Газовый анализ, принципы и методы измерений // Научно-производственный центр "АНАЛИТЕХ".

периодическая последовательность трапецидальных разнополярных импульсов, вид которых представлен на рис. 1.

Алгоритм получения импульсов можно представить временной диаграммой (рис. 2).

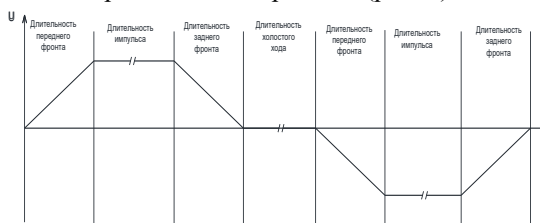


Рисунок 1 – Общий вид испытательных трапецидальных разнополярных импульсов

Где диаграмма 1 и 2 характеризуют работу триггера выбора текущей полярности выходного импульса. На диаграмме 3 продемонстрирована работа встроенного ШИМ-генератора для формирования переднего и заднего фронтов выходного измерительного импульса. Временная диаграмма 4 задает времена, определяющие длительность выходных импульсов. На диаграмме 5 продемонстрирован результирующий выходной сигнал генератора испытательных трапецидальных импульсов, а на 6 – тот же сигнал с учетом индуктивных и емкостных сопротивлений выходных каскадов измерительного прибора.

Получить сигналы необходимой конфигурации возможно несколькими способами, но с