

4. Blackwell J. H. A transient-flow method for determination of thermal constants of insulating materials in bulk // J. Appl. Phys. – 1954. – Vol. 25. – Pp. 137–144.

5. Куликов А. В. Математическое моделирование тепловых процессов на виртуальных электрических моделях / ИжГТУ. – Ижевск, 2006. – Деп. в ВИНТИ 17.04.06, № 509-B2006. – 37 с.

Получено 30.09.2015

6. Куликов В. А., Никитин К. А. Канал измерения температуры высокого разрешения // Вестник ИжГТУ. – 2013. – № 1(57). – С. 100–103.

7. Пехович А. И. Расчеты теплового режима твердых тел / А. И. Пехович, В. М. Жидких. – Л. : Энергия, 1976. – 352 с.

УДК 621.3.08

Ю. Ф. Рубцов, кандидат технических наук, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Проблема ускорения развития и увеличения объемов производства и продажи продукции электротехнической промышленности в России в настоящее время является чрезвычайно актуальной. Актуальность проблемы ускорения развития и увеличения объемов производства продукции отечественной электротехнической промышленности заключается в разработке и внедрении новых технологий, в том числе в разработке и применении новых способов при испытаниях новых образцов продукции. Одним из таких новых способов, способствующих повышению качества продукции, является способ измерения параметров механических колебаний объектов.

Наиболее близким аналогом – прототипом предлагаемого способа измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов – является способ определения амплитуды механических колебаний объекта [1].

В указанном способе измеряют параметры электрических колебаний в цепи с динамическим конденсатором, одной пластиной которого служит поверхность объекта, а другой – измерительный электрод. Измерительный электрод приводят в колебания с заданной амплитудой и с частотой, отличной от частоты колебаний объекта. Амплитуду механических колебаний объекта определяют по измеренным параметрам электрических колебаний с учетом заданной амплитуды колебаний измерительного электрода.

Формируют резонансный контур из динамического конденсатора и катушки индуктивности, возбуждают резонансные колебания электрического сигнала в контуре с частотой, превышающей частоты механических колебаний объекта и измерительного электрода.

Последовательно изменяют направление механических колебаний измерительного электрода в двух плоскостях. В каждом направлении механических колебаний измерительного электрода измеряют моментные значения частоты резонансных электрических колебаний в контуре, которые возводят в квад-

рат с помощью функции Фурье. Преобразования квадратов резонансной частоты электрических колебаний определяют модуль коэффициента Фурье, соответствующего частоте механических колебаний измерительного электрода.

Сначала направление механических колебаний измерительного электрода изменяют в произвольно выбранной плоскости, фиксируют направление механических колебаний измерительного электрода, в котором модуль коэффициента Фурье имеет максимальное значение, затем – в другой плоскости, перпендикулярной первой плоскости и проходящей через фиксированное направление механических колебаний измерительного электрода.

В дальнейшем опять фиксируют направление механических колебаний измерительного электрода, в котором модуль коэффициента Фурье, соответствующий частоте механических колебаний измерительного электрода, имеет максимальное значение. В последнем направлении механических колебаний измерительного электрода с помощью функции Фурье-преобразования квадратов резонансной частоты электрических колебаний определяют также и модуль коэффициента Фурье, соответствующего частоте механических колебаний объекта.

По отношению второго модуля коэффициента Фурье к первому с учетом заданной амплитуды колебаний измерительного электрода определяют амплитуду колебаний объекта.

Низкая точность способа определения амплитуды механических колебаний объекта-прототипа обусловливается отсутствием гальванической развязки между колебательным контуром и измерительной схемой. Вследствие этого на точность измерения влияют изменения емкости, индуктивности и электрического сопротивления внешних соединительных проводников, например, при изменении температуры внешней среды.

Недостатки:

1. В указанном способе необходимо изменять направление механических колебаний измерительного

электродов в двух плоскостях, что снижает технологичность изготовления устройства, осуществляющего техническую реализацию указанного способа.

2. Низкое быстродействие устройства, осуществляющего техническую реализацию указанного способа, определяется необходимостью в процессе измерения амплитуды механических колебаний объекта изменять направление механических колебаний измерительного электрода в двух плоскостях.

В результате проведения НИР был разработан новый способ измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов, способствующий повышению точности измерений емкости, индуктивности и электрического сопротивления [2].

Задачей предлагаемого способа измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов является повышение точности измерения, технологичности изготовления и быстродействия устройства, осуществляющего техническую реализацию.

Поставленная задача решается с помощью следующих действий. В колебательном контуре, содержащем катушку индуктивности и конденсатор, возбуждают резонансные колебания электромагнитного поля. Отличительные существенные признаки, такие как инерционное тело, выполненное из магнито-стрикционного материала, помещают в газообразную среду. Возбуждают механические колебания в инерционном теле под действием приложенного к нему переменного магнитного поля, перемещают инерционное тело относительно корпуса, изменяют емкость колебательного контура, который является гальванически развязанным от измерительной схемы. Параметры механических колебаний инерционного тела относительно корпуса измеряют изменением частоты резонансных колебаний электромагнитного поля колебательного контура.

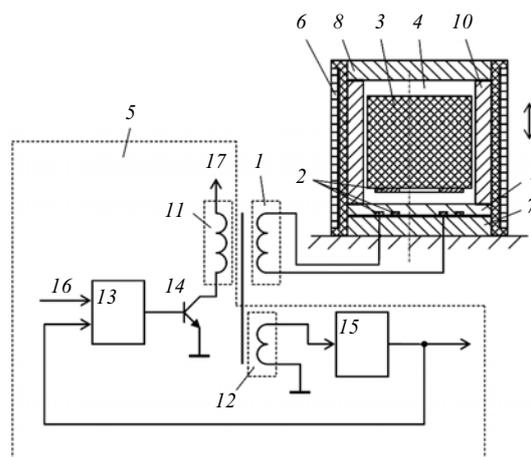
Высокая точность измерения устройства, осуществляющего техническую реализацию предлагаемого способа, определяется гальванической развязкой колебательного контура от измерительной схемы. Вследствие этого отсутствуют соединительные проводники между колебательным контуром и измерительной схемой, что повышает точность измерения.

В предлагаемом устройстве происходит аэродинамическое взвешивание инерционного тела внутри корпуса в газообразной среде. Вследствие этого полностью отсутствует сухое трение между инерционным телом и корпусом, что повышает точность измерения.

Измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов с помощью данного способа повышают точность измерения, быстродействие.

На рисунке изображена структурная схема устройства, реализующего способ измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов.

Устройство, осуществляющее техническую реализацию предлагаемого способа измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов, содержит корпус (на рисунке изображен продольный разрез корпуса), инерционное тело 3, возбуждающую катушку индуктивности 6, колебательный контур и измерительную схему 5.



Структурная схема устройства измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов

Корпус состоит из основания 7, крышки 8, диска 9 и кольца 10, выполненных из стекла. Основание 7 и крышка 8 изготавливаются в виде двух дисков. На рисунке места диффузионных соединений обозначены линиями двойной толщины.

Инерционное тело 3 выполнено из магнито-стрикционного материала.

Возбуждающая катушка индуктивности 6 выполнена путем намотки провода на диэлектрическом каркасе. Первый и второй выводы возбуждающей катушки индуктивности 6 соединены с генератором переменного напряжения ультразвуковой частоты измерительной схемы 5 (на рисунке не показан).

Колебательный контур содержит катушку индуктивности 1 и конденсатор 2, выполненный в виде трех металлических колец. Два металлических кольца размещены на стороне основания 7, обращенной к диску 9, и соединены с первым и вторым выводами катушки индуктивности 1. Третье металлическое кольцо конденсатора 2 расположено на поверхности инерционного тела 3, обращенной к диску 9, и прикрывает два металлических кольца, которые размещены на стороне основания 7, обращенной к диску 9.

Инерционное тело 3 помещают с возможностью перемещения в газообразную среду 4 (предпочтительно аргон) внутри корпуса. Газообразная среда имеет повышенное давление.

Измерительная схема 5 содержит катушку индуктивности 11 подкачки энергии в колебательный контур, катушку индуктивности 12 считывания частоты резонансных колебаний колебательного контура, элемент ИЛИ 13, транзистор 14, компаратор 15 и вычислительное устройство (на рисунке не показано).

Второй 16 вход элемента ИЛИ 13 является входом запуска непрерывных незатухающих резонансных колебаний электромагнитного поля колебательного контура. Выход элемента ИЛИ 13 соединен с базой транзистора 14, эмиттер которого соединен с выводом «общий» питания.

Первый и второй выводы катушки индуктивности 11 подкачки энергии в колебательный контур соединены, соответственно, с коллектором транзистора 14 и плюсовым выводом 17 источника питания постоянного тока (на рисунке не показан) измерительной схемы 5.

Первый и второй выводы катушки индуктивности 12 считывания частоты резонансных колебаний колебательного контура соединены, соответственно, с выводом «общий» питания и прямым входом компаратора 15, на инверсный вход которого подают опорное напряжение. Выход компаратора 15 соединен с первым входом элемента ИЛИ 13 и вычислительным устройством.

Катушка индуктивности 1, катушка индуктивности 11 подкачки энергии в колебательный контур и катушка индуктивности 12 считывания частоты резонансных колебаний колебательного контура выполнены путем намотки провода на диэлектрический каркас.

Устройство, осуществляющее техническую реализацию предлагаемого способа измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов, работает следующим образом.

После включения питания из параллельного канала вычислительного устройства на второй 16 вход элемента ИЛИ 13 подают единичный положительный импульс. Вследствие этого на базу транзистора 14 поступает положительный импульс, который открывает транзистор 14. Через катушку индуктивности 11 подкачки энергии в колебательный контур начинает протекать ток, который наводит ЭДС – электродвижущую силу индукции в колебательном контуре, в котором возникают резонансные колебания электромагнитного поля.

Частоту резонансных колебаний электромагнитного поля колебательного контура измеряют путем снятия частоты с катушки индуктивности 12 считывания частоты резонансных колебаний колебательного контура, которая затем поступает на прямой вход компаратора 15, на инверсный вход которого подают опорное напряжение. С выхода компаратора 15 положительные сигналы прямоугольной формы поступают на первый вход элемента ИЛИ 13 (на второй 16 вход элемента ИЛИ 13 в это время подают уровень логического нуля) и в вычислительное устройство.

С выхода элемента ИЛИ 13 прямоугольные импульсы поступают на базу транзистора 14, при открывании которого через катушку индуктивности 11 подкачки энергии в колебательный контур течет ток. При изменении тока в колебательном контуре возникает ЭДС индукции, под действием которой в колебательном контуре возникают токи, согласные с направлением тока в колебательном контуре в каждый полупериод колебаний колебательного контура.

В положительный полупериод колебаний в колебательном контуре происходит подкачка энергии во время увеличения тока в катушке индуктивности 11 подкачки энергии в колебательный контур. В отрицательный полупериод колебаний подкачка энергии происходит во время уменьшения тока в катушке индуктивности 11 подкачки энергии в колебательный контур, так как передача энергии происходит в моменты изменения тока в катушке индуктивности 11 подкачки энергии в колебательный контур.

Таким образом, в колебательном контуре возбуждают непрерывные незатухающие резонансные колебания электромагнитного поля с подкачкой энергии в определенные моменты времени, увеличивают в эти моменты амплитуду колебаний и преобразуют эти колебания в положительные сигналы прямоугольной формы.

Подают переменное напряжение ультразвуковой частоты от генератора измерительной схемы 5 на возбуждающую катушку индуктивности 6 (переменное напряжение может иметь постоянную подмагничивающую составляющую). Вследствие этого происходит возбуждение механических колебаний в инерционном теле 3 под действием приложенного к нему переменного магнитного поля и аэродинамическое взвешивание инерционного тела 3 внутри корпуса.

При механических колебаниях контролируемого объекта происходит перемещение инерционного тела 3 относительно корпуса и изменение емкости конденсатора 2.

Амплитуду, скорость и ускорение механических колебаний контролируемого объекта измеряют за счет изменения частоты резонансных колебаний колебательного контура.

Промышленная ценность и применимость

Устройство, реализующее предлагаемый способ измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов, технологично в производстве и изготавливается из доступных элементов и материалов в условиях радиотехнического производства. Предлагаемый способ измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов отличается новизной и найдет широкое применение в устройствах данного изобретения. Специалистам очевидны и другие частные случаи измерения параметров механических колебаний контролируемых объектов, например в производстве электрических машин.

Технический результат – повышение точности измерения, технологичности изготовления и быстродействия устройства, осуществляющего техническую реализацию предлагаемого способа.

Библиографические ссылки

1. А.с. СССР № 1325305 А1, МПК G 01 Н 11/00.
2. Патент РФ на изобретение № 2490608 от 20.08 2013 г.