

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛНОВОДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И МЕДИЦИНЕ

К.А. БОГДАНЧУК, И.В. ЯНОВИЧ, Д.А. СТЕПАНЕНКО

The work describes design, fabrication technology and calibration technique of sensors based on Villari effect and intended for measurement of vibration parameters of ultrasonic waveguide systems. Results of experimental studies of spatial distribution of vibration parameters in ultrasonic waveguide systems for minimally-invasive surgery are given. Validity of obtained experimental data is confirmed by comparing them to the results of modeling by means of finite element method

Ключевые слова: ультразвук, волновод, эффект Виллари, метод конечных элементов

В работе рассмотрены основные области применения ультразвука в технике и медицине и проведен сравнительный анализ существующих методов и средств измерения параметров ультразвуковых колебаний (УЗК). Показано, что из числа существующих бесконтактных датчиков параметров УЗК наиболее простыми в изготовлении и экономичными с точки зрения себестоимости являются индукционные датчики, частным случаем которых являются датчики на основе эффекта Виллари (обратного магнитострикционного эффекта). Установлено, что основным недостатком датчиков на основе эффекта Виллари является нелокальность измерений, состоящая в невозможности измерения параметров УЗК в конкретно взятом сечении ультразвуковой волноводной системы (УЗВС). Предложен способ устранения этого недостатка, основанный на использовании датчиков с чувствительным элементом в виде плоских индукционных катушек. Изготовлены три конструктивных варианта датчиков с плоскими индукционными катушками, в двух из которых используется проволочная катушка, а в третьем – фольговая катушка, формируемая путем электрохимического травления фольги. Исследования пространственного распределения параметров колебаний в УЗВС с помощью разработанных датчиков производились на ступенчатых волноводах для ультразвуковой ангиопластики из стали 08X18H9T. Исследуемый волновод перемещался относительно датчика с шагом 10 мм или 2 мм и для каждого из положений волновода регистрировалась осциллограмма сигнала с датчика. Так как выходной сигнал датчика имел негармонический характер, то проводился его спектральный анализ. В результате было установлено, что в спектре сигнала преобладают 1-я и 3-я гармоники, причем 3-я гармоника имеет пространственную длину волны, равную $1/3$ длины волны 1-й гармоники, то есть обе гармоники обусловлены продольными колебаниями, частоты которых относятся как 1:3. Возникновение 3-й гармоники может быть объяснено нелинейностью электромеханического преобразования электрического сигнала от ультразвукового генератора в колебательные смещения волновода, происходящего в пьезоэлектрическом преобразователе, используемом для возбуждения колебаний волновода. Для тарировки датчика, то есть определения коэффициента чувствительности, представляющего собой отношение амплитуды выходного электрического сигнала датчика к амплитуде внутренних сил в УЗВС, использовались теоретические соотношения между амплитудой внутренних сил и амплитудой колебательных смещений. Амплитуда колебательных смещений измерялась прямым оптическим методом с помощью микроскопа. Для подтверждения достоверности полученных экспериментальных данных было проведено моделирование колебаний волновода с параметрами, соответствующими условиям эксперимента, с помощью метода конечных элементов с применением программы ANSYS. Показано, что расчетное распределение амплитуды внутренних сил в волноводе качественно согласуется с экспериментальными данными, полученными с помощью индукционных датчиков, в частности, в обоих случаях наблюдается скачкообразное изменение амплитуды внутренней силы на переходном участке между ступенями волновода. Результаты работы могут быть использованы в медицине и технике при проведении экспериментальных исследований и контроле качества УЗВС различного назначения.

ОРГАНИЗАЦИЯ СВЯЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЗЛА В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

В.В. БОНДАРЕВ, А.И. ТИТОВ, В.Г. ШЕВЧУК

This article lists the results of modeling antennas-mobile control Center of transformer operational management at the regional emergency situations management with the use of a computer program MMANA-GAL, which enables the modeling of arbitrary antenna composed of any set of conductors

Ключевые слова: железная дорога, чрезвычайные ситуации, направленные антенны, диаграмма направленности, компьютерное моделирование антенн