

УДК 531.787.91

Беляев И.А.

студент группы 5781. Политехнический колледж

Новгородский государственный университет

РФ. Великий Новгород

Научный руководитель: **Даниловских М.Г.** к.с/х.н.

преподаватель, Политехнический колледж

Новгородский государственный университет

РФ. Великий Новгород

ИЗМЕРЕНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДАХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Аннотация. В трубопроводах компрессорных установок во время работы возникают пульсации давления, вызывающие шум. В связи с растущим спросом на снижение уровня шума в окружающей среде разработка эффективных методов и устройств для контроля пульсаций давления в компрессорных установках имеет решающее значение. Кроме того, если частота пульсаций компрессора совпадает с собственной частотой трубопровода, может возникнуть резонансное повреждение. Предложенные в данной работе технические решения могут быть использованы при разработке автоматических систем стабилизации давления для компрессорных установок.

Ключевые слова: пульсация давления, трубопровод, компрессор, акустический шум, резонанс, автоматическая стабилизация давления.

I.A. Belyaev

Student, Group 5781, Polytechnic College

Yaroslav-the-Wise Novgorod State University

Veliky Novgorod, Russian Federation

Danilovskikh M.G., Ph.D. in Agricultural Sciences

Lecturer, Polytechnic College

Novgorod State University

Russian Federation, Veliky Novgorod

Measurement of pressure pulsations in compressor unit pipelines

Abstract. Pressure pulsations, which generate noise, occur in compressor unit piping during operation. Given the growing demand for reduced environmental noise levels, the development of effective methods and devices to control pressure pulsations in compressor units is of critical importance. Furthermore, if the compressor pulsation frequency coincides with the natural frequency of the piping, resonance-induced damage may occur. The technical solutions proposed in this paper can be utilized in the development of automatic pressure stabilization systems for compressor units.

Keywords: pressure pulsations, pipelines, compressor, acoustic noise, resonance, automatic pressure stabilization.

Введение

Объектом данного исследования является — конструкция датчика пульсации давления, компенсирующего температурные ошибки (рис. 1).

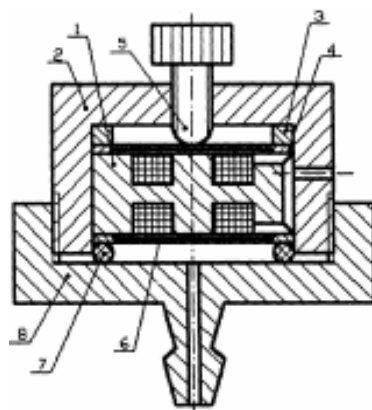


Рис. 1

Этот датчик состоит из двух индукционных катушек (измерительной катушки и катушки температурной компенсации), намотанных вокруг центрального сердечника 1, изготовленного из материала с высокой относительной магнитной проницаемостью (например, феррита). Сердечник размещен в корпусе 2, изготовленном из неферромагнитного материала. Поскольку феррит очень хрупкий и трудно поддается обработке, а также может негативно влиять на магнитные свойства материала сердечника, сердечник должен быть изготовлен с использованием ультразвуковой полировки. Внутри корпуса помещается неферромагнитная шайба 3, на которую наносится ферромагнитная пленка 4. Путем предварительной деформации пленки с помощью микрометрического винта 5 индуктивность катушки температурной компенсации становится равной индуктивности измерительной катушки при приложении к рабочей пленке 6 опорного давления, эквивалентного среднему давлению компрессора холодильника. Следовательно, поскольку винт исключает измерение составляющих постоянного давления, датчик чувствителен только к пульсациям давления относительно составляющих постоянного давления. Для предотвращения повреждения пленки во время работы датчика необходимо обеспечить ее равномерное охлаждение в процессе термообработки. Измерительное давление подается в камеру, окруженную

рабочей поверхностью пленки и уплотнительным кольцом 7, через немагнитный соединитель 8, ввинченный в корпус. Катушка датчика подключена к плечу мостовой схемы. Корпус имеет отверстия для вывода соединительных проводов, а на сердечнике — канавка.

Согласно теореме Котельникова, при изучении пульсаций давления со сложными амплитудно-частотными спектрами, частота питания мостовой схемы должна быть как минимум в два раза больше исследуемого спектрального диапазона. В реальных технических системах это должно быть в 4-10 раз или более. Для недеформированной мембраны собственная частота мембраны, должна удовлетворять условию, рассчитанному по формуле [1]

$$f = 3,09 \frac{h}{R^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

где h — толщина пленки; R — радиус; E — модуль упругости материала мембраны; ρ — плотность материала мембраны.

При деформации пленки мембраны ее собственная частота увеличивается.

Используя магнитоупругий эффект, можно повысить чувствительность предлагаемого датчика. Для этой цели мы предлагаем конструкцию, в которой на поверхности пленки, обращенной к сердечнику, методом электроосаждения или плазменного напыления формируется слой сплава с положительным магнитострикционным эффектом (например, пермаллой). При приложении давления от измеряемого объекта к пленке в магнитоупругом слое возникает растягивающее напряжение, увеличивающее магнитную проницаемость слоя и индуктивность измерительной катушки. По мере деформации пленки воздушный зазор в магнитной цепи измерительной катушки также уменьшается, увеличивая

длину линий магнитного поля, проходящих через магнитоупругий слой. Из этих двух эффектов уменьшение воздушного зазора оказывает решающее влияние на индуктивность измерительной катушки, приводя к увеличению индуктивности.

Тема данного исследования

В данной статье предлагается инженерный метод расчета для описанного датчика.

Индуктивность катушки просчитывается по формуле:

$$L = \frac{\mu_0 w^2}{\sum_i \frac{l_i}{\mu_i S_i} + \frac{\delta}{\mu_v S_v}},$$

где w — количество витков в катушке; μ_0 — абсолютная магнитная проницаемость вакуума; μ_v — относительная магнитная проницаемость воздуха; μ_i — i -й объем магнитной цепи; δ — воздушный зазор; S_v — размер поперечного сечения магнитного потока в воздушном зазоре; l_i — средняя длина линий магнитного поля в i -м объеме магнитной цепи; и S_i — эквивалентная площадь поперечного сечения магнитного потока в i -м объеме магнитной цепи.

Для расчетов по этой формуле используется следующий алгоритм:

1. Разделите магнитную цепь на объемы простых геометрических форм, таких как призмы, цилиндры и кольца.
2. Нарисуйте схематическую диаграмму линий магнитного поля внутри магнитной цепи.
3. Определите среднюю длину линий магнитного поля в каждом объеме магнитной цепи.

4. Для объемов, где площадь поперечного сечения, перпендикулярная линиям магнитного поля, постоянна по всей длине линий магнитного поля, предположите, что эквивалентная площадь поперечного сечения магнитного потока равна площади поперечного сечения. Для объемов, не удовлетворяющих этому условию, рассчитайте эквивалентную площадь поперечного сечения магнитного потока, используя следующую формулу:

$$S_{\text{экв}} = \frac{l}{\int_{s_1}^{s_2} \frac{ds}{S(s)}},$$

где s — координата дуги, измеренной вдоль линии магнитного поля; $S(s)$ — площадь поперечного сечения магнитной цепи, перпендикулярная линии магнитного поля, проходящей через координату s ; и l — длина линии магнитного поля.

Следовательно, в кольцеобразной магнитной цепи высотой h , внешним диаметром D и внутренним диаметром d , когда магнитный поток распространяется радиально.

$$S_{\text{экв}} = \frac{\pi h (D - d)}{\ln \frac{D}{d}}.$$

Эквивалентная площадь поперечного сечения магнитного потока внутри пленки мембраны рассчитывается по следующей формуле:

$$S_{\text{экв}} = \frac{\pi h \int_{r_0}^R \sqrt{1 + w^2} dr}{\int_{r_0}^R \frac{\sqrt{1 + w^2} dr}{2r + hw}},$$

где r — координата точки на поверхности пленки мембраны, определяемая расстоянием между этой точкой и осью симметрии пленки мембраны; $w(r)$ — отклонение пленки мембраны в точке с координатой r ; r_0 — радиус области пленки мембраны, в которую магнитное поле не проникает.

Функция отклонения мембраны может быть определена с помощью уравнения [2].

$$w(r) = w_0 \left(\frac{2}{z-1} \left(\frac{r}{R} \right)^{z+1} - \frac{z+1}{z-1} \left(\frac{r}{R} \right)^2 + 1 \right),$$

где параметр z обуславливается давлением и является корнем иррационального уравнения; w_0 — отклонение в центральной части мембраны, определяемое значением параметра z .

Литература

1. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления: Техническая кибернетика. - Кн. 1: Измерительные устройства, преобразующие элементы и устройства / Под ред. В.В. Солодовникова. - М.: Машиностроение, 1973. - С. 154.
2. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. - М.: Машгиз, 1962. - С. 247-248.

© Беляев И.А., Даниловских М.Г.