

К ВОПРОСУ ИЗМЕРЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДАХ КОМПРЕССОРОВ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Кандидаты техн. наук, доценты МИНЧЕНЯ Н. Т., БАБАРИКА М. Ф., студ. СТЕПАНЕНКО Д. А.

Белорусский национальный технический университет

Пульсации давления в трубопроводах компрессоров бытовых холодильников в процессе их функционирования приводят к появлению акустических шумов. Так как в связи с шумовым загрязнением окружающей среды предъявляются высокие требования к уровню акустических шумов, представляется актуальным предложить эффективные методы контроля пульсаций давления в компрессорах бытовых холодильников и устройствах для их реализации. Кроме того, в случае совпадения частоты пульсаций с частотой собственных колебаний трубопроводов возможно их резонансное разрушение. На основании предложенных технических решений могут быть построены системы автоматической стабилизации давления в компрессорах бытовых холодильников.

Объектом исследования явилась предлагаемая ниже конструкция датчика для измерения пульсаций давления, обеспечивающая компенсацию температурных погрешностей (рис. 1).

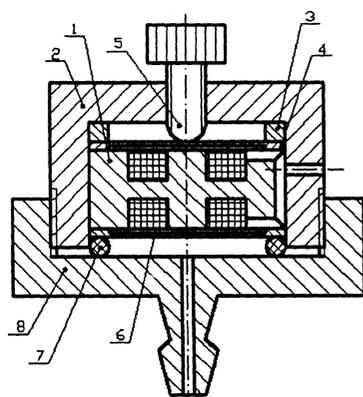


Рис. 1

Датчик содержит две индуктивные катушки (измерительную и термокомпенсационную), на-

мотанные на центральный стержень сердечника 1 из материала с высокой относительной магнитной проницаемостью (например, феррита). Сердечник располагается в корпусе 2 из неферромагнитного материала. Сердечник следует изготавливать методом ультразвуковой абразивной обработки, так как механическая обработка ферритов резанием затруднительна вследствие их высокой хрупкости и может оказать негативное влияние на магнитные свойства материала сердечника. В корпусе размещается шайба 3 из неферромагнитного материала, к которой прижата мембрана 4 из ферромагнитного материала, которая предварительно деформируется при помощи микрометрического винта 5 таким образом, что индуктивность термокомпенсационной катушки становится равной индуктивности измерительной катушки при подаче на рабочую мембрану 6 эталонного давления, величина которого равна среднему значению давления в компрессоре холодильника. Таким образом, винт исключает измерение постоянной составляющей давления, т. е. датчик чувствителен только к пульсациям давления относительно постоянной составляющей. Чтобы избежать разрушения мембраны в процессе функционирования датчика, необходимо обеспечить равномерное охлаждение мембраны при термической обработке. Измеряемое давление подается в камеру, ограниченную поверхностью рабочей мембраны и уплотнительным кольцом 7, через штуцер 8 из неферромагнитного материала, соединяемый с корпусом при помощи резьбы. Катушки датчика включаются в плечи мостовой схемы. Для вывода соединительных проводов из корпуса датчика в корпусе предусмотрено отверстие, а на сердечнике – выточка.

При исследовании пульсаций давления со сложным амплитудно-частотным спектром частота питания мостовой схемы должна быть согласно теореме Котельникова по меньшей мере в 2 раза больше ширины исследуемого диапазона спектра, при создании реальных технических систем – в 4...10 раз. Данному условию должна также удовлетворять частота собственных колебаний мембраны, которая для недеформированной мембраны определяется по формуле [1]

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

где h – толщина мембраны; R – ее радиус; E – модуль упругости материала мембраны; ρ – плотность материала мембраны.

При деформации мембраны частота ее собственных колебаний возрастает.

Для увеличения чувствительности предлагаемого датчика может быть использован магнитоупругий эффект. С этой целью предлагается вариант конструкции, в котором на обращенные к сердечнику поверхности мембран методом гальваностегии или плазменного напыления нанесен слой сплава с положительным магнестрикционным эффектом (например, пермаллоя). При подаче на рабочую мембрану измеряемого давления в магнитоупругом слое возникают растягивающие напряжения, что приводит к увеличению магнитной проницаемости слоя и индуктивности измерительной катушки. При деформации мембраны также уменьшается воздушный зазор в магнитной цепи измерительной катушки и увеличивается длина силовых линий магнитного поля, проходящих через магнитоупругий слой. Из этих двух эффектов решающее воздействие на величину индуктивности измерительной катушки оказывает уменьшение величины воздушного зазора, также приводящее к увеличению индуктивности.

Нами предлагается методика инженерного расчета описанного датчика.

Индуктивность катушки рассчитывается по выражению

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

где w – число витков катушки; μ_0 – абсолютная магнитная проницаемость вакуума; μ_b – относительная магнитная проницаемость воздуха; μ_i – то же i -го объема магнитопровода; δ – величина воздушного зазора; S_b – площадь сечения магнитного потока в воздушном зазоре; l_i – средняя длина силовых линий магнитного поля в i -м объеме магнитопровода; S_i – эквивалентная площадь сечения магнитного потока в i -м объеме магнитопровода.

Для расчета по приведенной формуле используется следующий алгоритм:

1. Магнитопровод разбивается на объемы простой геометрической формы типа призм, цилиндров, колец и т. п.

2. Графически изображается примерная картина хода силовых линий в магнитопроводе.

3. Определяется средняя длина силовых линий в каждом из объемов магнитопровода.

4. Для объемов, у которых площадь сечения, перпендикулярного силовым линиям, одинакова по всей длине силовых линий, эквивалентная площадь сечения магнитного потока принимается равной площади сечения. Для объемов, не удовлетворяющих указанному условию, эквивалентная площадь сечения магнитного потока определяется по формуле

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

где s – дуговая координата, отсчитываемая вдоль силовой линии; $S(s)$ – площадь сечения магнитопровода, проведенного через точку с координатой s перпендикулярно силовой линии; l – длина силовой линии.

Так, для магнитопровода в виде кольца высотой h с внешним диаметром D и внутренним диаметром d при распространении магнитного потока в радиальном направлении

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

Эквивалентная площадь сечения магнитного потока в мембране рассчитывается по выражению

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

где r – координата точки на поверхности мембраны, определяемая расстоянием между этой точкой и осью симметрии мембраны; $w(r)$ – прогиб мембраны в точке с координатой r ; r_0 – радиус участка мембраны, не пронизываемого магнитным полем.

Функцию прогибов мембраны можно найти по формуле [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 зависит от давления и является корнем иррационального уравнения; w_0 – прогиб центра мембраны, определяется по значению 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.

УДК 519.876

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ КРУТИЛЬНЫХ И ЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Докт. техн. наук, проф. МИКУЛИК Н. А., канд. техн. наук, доц. РЕЙЗИНА Г. Н.

Белорусский национальный технический университет

В работе рассматривается задача описания одновременно угловых и линейных перемещений, происходящих в реальных динамических системах транспортных средств (ТС). Как известно, ТС – это сложная динамическая система, состоящая из многих масс, узлов и соединений, связанных между собой. При движении этой системы происходят угловые или линейные перемещения отдельных масс или угловые и линейные перемещения масс одновременно. До настоящего времени в исследовании колебаний динамических систем ТС существовали два направления: крутильные и линейные колебания. Совместные крутильные и линейные колебания изучены слабо.

Рассмотрим совместные крутильные и линейные колебания одномассовой системы (рис. 1).

Схема является аналогом перемещения ведущего моста автомобиля. Его влияние на нагруженность трансмиссии впервые было отмечено в начале 60-х гг. прошлого столетия В. М. Семеновым.

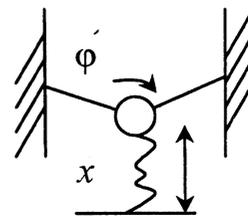


Рис. 1

Масса (рис. 1) может одновременно совершать угловые перемещения вокруг оси, перпендикулярной плоскости чертежа и проходящей через ее центр и линейные перемещения по вертикали. Так как получить зависимость между перемещениями вдоль вертикали и поворотом из-за непостоянства системы координат трудно, предлагается ввести «фиктивную» массу m_1 , равную массе $m = m_1$ и соединенную с ней валом с жесткостью, равной линейной жесткости пружины c_1 (рис. 2).