

ВЕНТИЛИРУЕМАЯ ЭКОЛОГИЧНАЯ АКУСТИЧЕСКАЯ КАПСУЛА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

А. А. Самокрутов

Тольяттинский государственный университет,
г. Тольятти, Россия

Силовые трансформаторы являются одними из многочисленных источников шума на селитебных территориях населенных пунктов, производственных зонах предприятий, технических помещениях жилых и общественных зданий торговых центров и т.п., производящих акустическое загрязнение окружающей среды и подвергающих негативному воздействию значительные части населения в отношении ухудшения их здоровья и самочувствия (ухудшению качества жизни).

Доминирующим источником шумового излучения трансформаторов являются динамические магнитные и магнитострикционные процессы, сопровождающиеся виброакустическими колебаниями пластин сердечника трансформатора. В данный динамический процесс вовлекаются присоединенные к сердечнику элементы трансформатора как жесткими путями передачи – через многочисленные вибрационные мостики, так и воздушными и жидкостными путями передачи (через масло к стенкам бака).

Определенный вклад в формирование общего виброакустического поля трансформатора вносит вентиляторная установка, предназначенная для его охлаждения путем принудительной циркуляции воздуха. Спектр шумового излучения типичной конструкции силового трансформатора характеризуется выделяющимися гармоническими составляющими 100, 200, 300, 400 Гц, кратными частоте напряжения сети и широкополосной высокочастотной областью 1000...3000 Гц.

Регламентируемой шумовой характеристикой силовых трансформаторов является скорректированный уровень звуковой мощно-

сти $L_{РА}$ в дБА (ГОСТ 12.2.024-87. «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля»). Он определяется по результатам инструментальных измерений шумомерами уровней звука на заданных расстояниях от поверхностей его корпуса. Акустические испытания (измерения уровней звука в дБА) производят в режиме холостого хода при номинальной частоте и напряжении синусоидальной формы.

Маркетинговое позиционирование отдельных классов силовых трансформаторов как малошумных, находится в диапазоне общих уровней шума (общих уровней звука, замеренных с учетом корректировки А шумомера) составляющих 50...60 дБА. Следует указать также, что допустимые значения общих уровней шума на территориях жилой застройки (на которых могут также находиться силовые трансформаторы) в ночное время составляет 40 дБА (СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых общественных зданий и на территории жилой застройки». М.: Минздрав России, 1997).

Проведенные нами аналитические исследования указывают, что одним из наиболее радикальных по эффективности техническим приемом подавления шумового излучения источников является их акустическое капсулирование. Типичная конструкция акустической капсулы представляет собой замкнутую коробчатую оболочку, полностью охватывающую источник шумового излучения (рисунок 1).

ВЕНТИЛИРУЕМАЯ ЭКОЛОГИЧНАЯ АКУСТИЧЕСКАЯ КАПСУЛА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

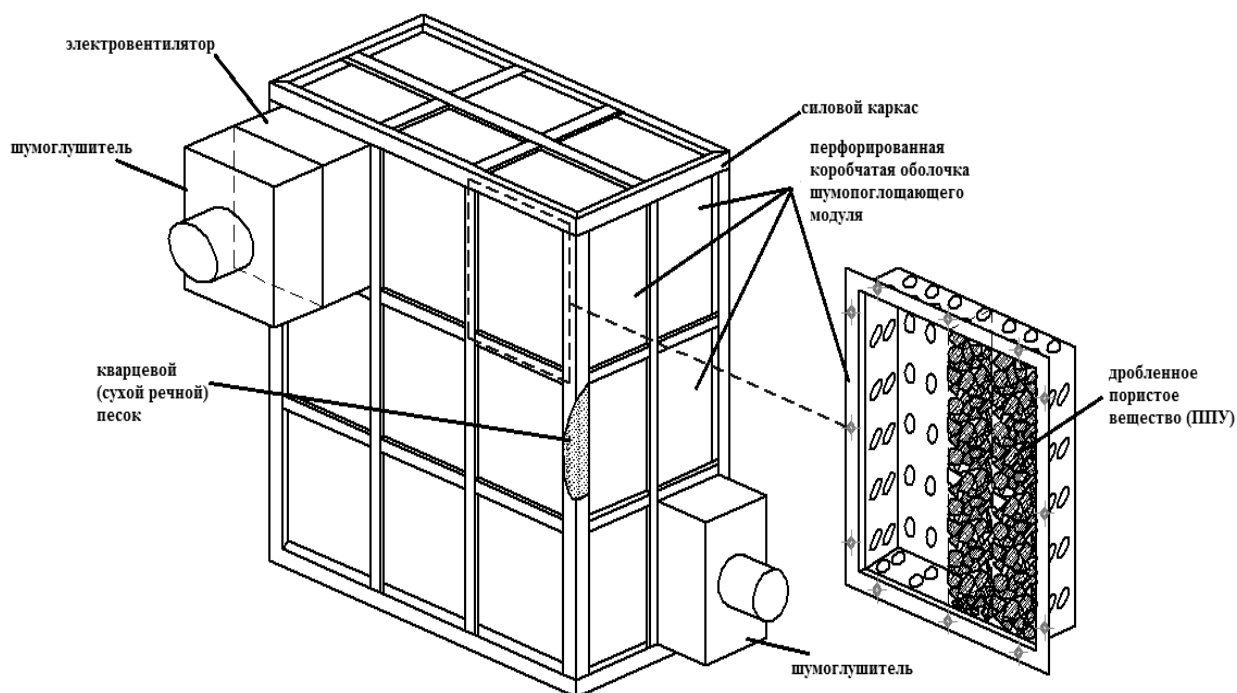


Рисунок 1

Как показал проведенный информационный анализ, в качестве типичных шумопоглощающих методов, реализуемых в устройствах трансформаторов являются: – ограничение степени «распушения» шихтованных элементов магнитопроводов путем уплотненной прессовки и равномерного сжатия пластин, уменьшение поверхности акустического излучения, устранение конструктивных и технологических несимметрий в магнитопроводах и обмотках, уменьшение индукции в сердечниках, применение маломагнитострикционных сталей с повышенным, более 4% содержанием кремния в железе, применение безстыковых конструкций, достижение максимальной продольной и поперечной жесткости путем качественной штамповки и склейки листов, сборки и стяжки сердечника составной конструкции, использование холоднокатаных листов стали с ориентированной зернистой структурой, однородных по магнитным и механическим свойствам, исключая разнотолщинность, волнистость и заусенцы, исключение в составе одного комплекта листов различной сортности и технологии изготовления, применение рациональных схем соединения обмоток, виброизолированное крепление сердечника к днищу бака, применение настроенных динамических гасителей колебаний и т.д.

Следует указать, что приведенные выше типичные конструктивно-технологические виброакустические усовершенствования обладают шумопоглощающими эффектами не превышающими 3 дБА. В это же время, эффективная конструкция акустической капсулы силового трансформатора, по нашим оценкам, составит 15...20 дБА, что позволит удовлетворить показателям маркетинговых оценок и требований Санитарных норм.

Для проверки шумопоглощающих характеристик акустической капсулы мы использовали это устройство в меньшем масштабе и экспериментально испытывали его в лаборатории – стендовой установке «Кабина Альфа». Она используется для определения звукопоглощающих характеристик крупномасштабных образцов материалов реверберационным методом. Оценочными параметрами являются «реверберационный коэффициент звукопоглощения» α , и «площадь эквивалентного поглощения» A .

Реверберационный метод определения звукопоглощающих характеристик материалов и деталей основан на сопоставлении регистрируемой времени реверберации диффузного звука в пустой реверберационной камере и в реверберационной камере с помещенным в ней образцом исследуемого звукопоглощающего материала с выраженной

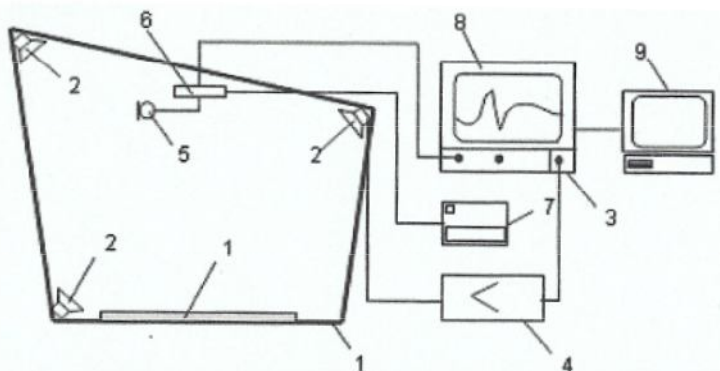
функцией звукопоглощения. Время реверберации определяется по кривой спада уровня звукового давления на 60 дБА.

$$\alpha_r = 55.3 \frac{V}{c \times S} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \times 0.92$$

$$A = 55.3 \frac{V}{c} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right), \text{ м}^2$$

V – объем пустой реверберационной камеры, м³; c – скорость распространения звука

в воздухе, м/с; S – площадь лицевой поверхности испытываемого образца, м²; T₁ – время реверберации пустой камеры, без исследуемого образца, с; T₂ – время реверберации камеры, содержащей исследуемый образец, с.

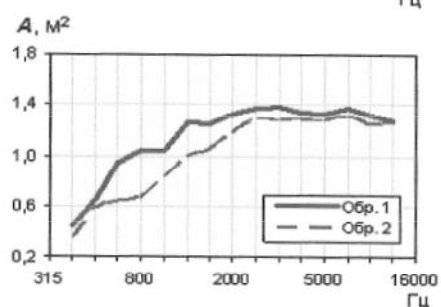
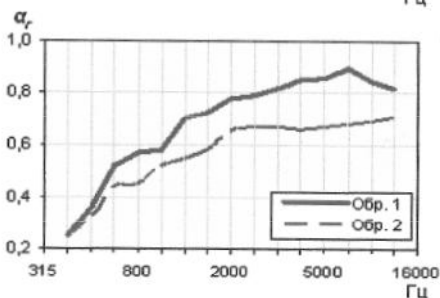
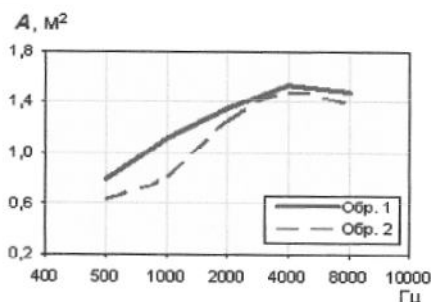
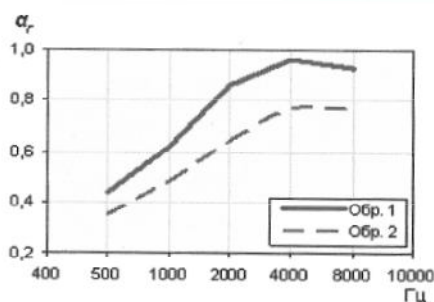


1 – образец исследуемого материала или исследуемая полномасштабная деталь; 2 – громкоговорители; 3 – генератор сигналов; 4 – усилитель мощности; 5 – измерительный микрофон; 6 – механизм перемещения микрофона; 7 – блок управления; 8 – частотный анализатор; 9 – компьютер с встроенным программным обеспечением «AlphaCab»; 10 – поп реверберационной камеры

Характеристики установки:

- размеры: 3,2 м × 2,4 м × 2,0 м
- частотный диапазон: 400...10000 Гц
- объем камеры: 6,45 м³
- площадь образца: 1,0...1,4 м²
- погрешность определения α_r и A: ±2%

Примеры определения звукопоглощающих характеристик (α_r и A) в октавной и 1/3-октавной полосах частот для двух образцов (обр. 1 и обр. 2) исследуемых материалов.



Разработка эффективной концептуальной схемы акустической капсулы, наделенной высокими шумозаглушающими и приемлемыми эксплуатационными характеристиками, удобством обслуживания, улучшенными экологическими характеристиками, с обеспечением снижения стоимости используемых пористых звукопоглощающих веществ посвя-

щена данная научно-техническая разработка. Предложенная концептуальная схема акустической капсулы силового трансформатора представляет собой сборный модуль, включающий силовой несущий пространственный каркас, составленный из пустотелых трубчатых элементов, полости которых заполнены сыпучим виброшумодемпфирующим веще-

ВЕНТИЛИРУЕМАЯ ЭКОЛОГИЧНАЯ АКУСТИЧЕСКАЯ КАПСУЛА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

ством типа кварцевого (сухого речного) песка, а к указанным несущим элементам закреплены замкнутые коробчато-полостные элементы, заполнены пористым звукопоглощающим веществом в виде дробленых фрагментированных элементов заданных габаритных размеров, произведенных из рециклируемых материалов, содержащихся в составе шумоизоляционных пакетов, демонтированных из штатных технических объектов (преимущественно шумоизоляционных пакетов, автотранспортных средств), завершивших свой жизненный цикл и в связи с этим подвергавшихся утилизации. Стенки замкнутых коробчато-полосных элементов, со стороны замкнутой полости акустической капсулы выполнены перфорированными с коэффициентом перфорации $K_{пер} \geq 0,2$, что обеспечивает их достаточную звукопрозрачность для обеспечения свободного распространения звуковых волн в полости с пористым звукопоглощающим веществом. Внутри замкнутых коробчато-полосных элементов могут находиться разделительные перегородки перфорированной конструкции.

Такого типа акустическая капсула оборудована двумя глушителями аэродинамического шума, монтируемыми в зонах входного (со стороны установки электровентилятора) и со стороны выходного вентиляционных кана-

лов. В полости акустической капсулы установлен термодатчик с системой автоматического «включения – отключения» работы электровентилятора, для обеспечения оптимального температурного эксплуатационного режима силового трансформатора.

Рассматриваются разнообразные конструктивные элементы и материалы в составе акустической капсулы улучшающие её эксплуатационные, долговечностные, экологические характеристики (адгезивы, антипирены, защитные звукопрозрачные пленочные и/или тканевые покрытия, брикетированные пористые дробленые фрагментированные звукопоглощающие элементы в составе заданных формообразованных структур, виброшумодемпфирующие ламинаты поверхностей стенок замкнутых коробчато-полосных элементов).

Список литературы:

1. ГОСТ 12.2.024-87. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Трансформаторы силовые масляные. Нормы и методы контроля.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997