

СРАВНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МОЩНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТАНОВКАХ

С.В. Янкевич, Г.В. Малинин

Чувашский государственный университет

имени И.Н. Ульянова

Кафедра промышленной электроники



ПРЕЗЕНТАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ



Факультет
радиоэлектроники
& автоматике

Актуальность исследования

Для определения областей наиболее эффективного использования различных магнитоотрицательных материалов в ультразвуковой технике представляет интерес непосредственное сравнение свойств изготовленных из них магнитоотрицательных преобразователей. На сегодняшний день промышленность выпускает магнитоотрицательные преобразователи, которые изготавливают из ферромагнетиков (пермендюр К49Ф2, никель Н0, альфер Ю-14) и ферритов (Ф-38, Ф-42).

Из ферромагнетиков наиболее предпочтителен магнитоотрицательный преобразователь из пермендюра К49Ф2, а из ферритов - Ф-42, поскольку они обладают максимально возможными значениями амплитуды магнитоотрицательности в своем классе материалов (табл. 1).

Объектом исследования являются магнитоотрицательные преобразователи выполненные из разных материалов.

Предметом исследования являются свойства и сравнительный анализ материалов из которых изготавливаются ультразвуковые магнитоотрицательные преобразователи.

Целью данной работы является правильность практического выбора ультразвуковых магнитоотрицательных преобразователей для использования в мощных ультразвуковых установках.



Сравнение материалов

Ультразвуковые магнитострикционные преобразователи, изготовленные из ферритов Ф-42, обладают высоким электромеханическим КПД ввиду того, что потери на вихревые токи в них ничтожно малы. Основные электрические потери в ферритах связаны с потерями на перемагничивание (гистерезис) и определяются коэрцитивной силой, т.е. шириной петли гистерезиса [1]. Известно [2], что добротность ферритовых преобразователей выше, чем ферромагнетиков. Вследствие этих факторов конструктивное и схемотехническое решение ультразвуковых генераторов с преобразователями на феррите Ф-42 проще и дешевле. Сами магнитострикционные преобразователи не нужно настраивать на резонанс, их достаточно возбуждать одноимпульсным ударным способом, после чего такие преобразователи будут колебаться на собственной резонансной частоте $f_p = 1/T_p$ (рис. 1) с постепенным затуханием. Частота повторений управляющего импульса 1 определяется постоянной времени преобразователя и равна 10 Гц [3].



Сравнение материалов

Однако амплитуда X_1 изменения линейного размера магнестрикционного материала мала и, следовательно, амплитуда магнестрикции δ_m торца преобразователя также будет небольшой. Излучаемая акустическая мощность, что будет показано ниже, будет незначительной. Это связано с тем, что индукция насыщения феррита Ф-42 мала и составляет $B_s = 0,54$ Тл.

Электромеханический КПД магнестрикционных преобразователей, выполненных из ферромагнетиков, меньше, чем у выполненных из ферритов. Добротность таких преобразователей также меньше, однако индукция насыщения ферромагнетика К49Ф2 примерно в 4 раза больше, чем феррита Ф-42, и равна $B_s = 2,4$ Тл.

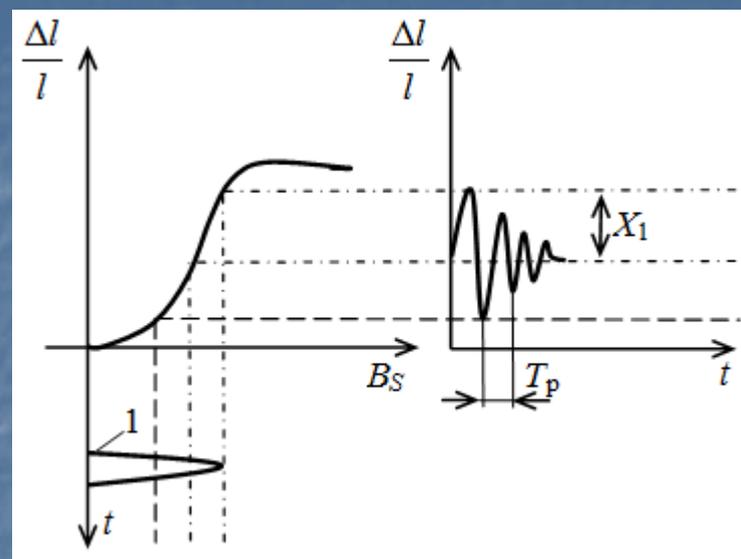


рис.1

Изменение деформации преобразователя из феррита во времени при одноимпульсном ударном возбуждении путем воздействия однополярным током; n_i – число импульсов в пачке, $n_i = 1$



Сравнение материалов

За счет этого можно получить большую амплитуду переменной деформации X_1 (рис. 2) и большую излучаемую акустическую мощность. Вследствие меньшей добротности ферромагнетиков для поддержания возбуждения на резонансной частоте $f_p = 1/T_p$ их необходимо раскачивать многоимпульсным способом на собственной резонансной частоте. Таким образом, теоретическая излучаемая акустическая мощность больше у магнитострикционных преобразователей, выполненных из ферромагнетиков, чем у из ферритов.

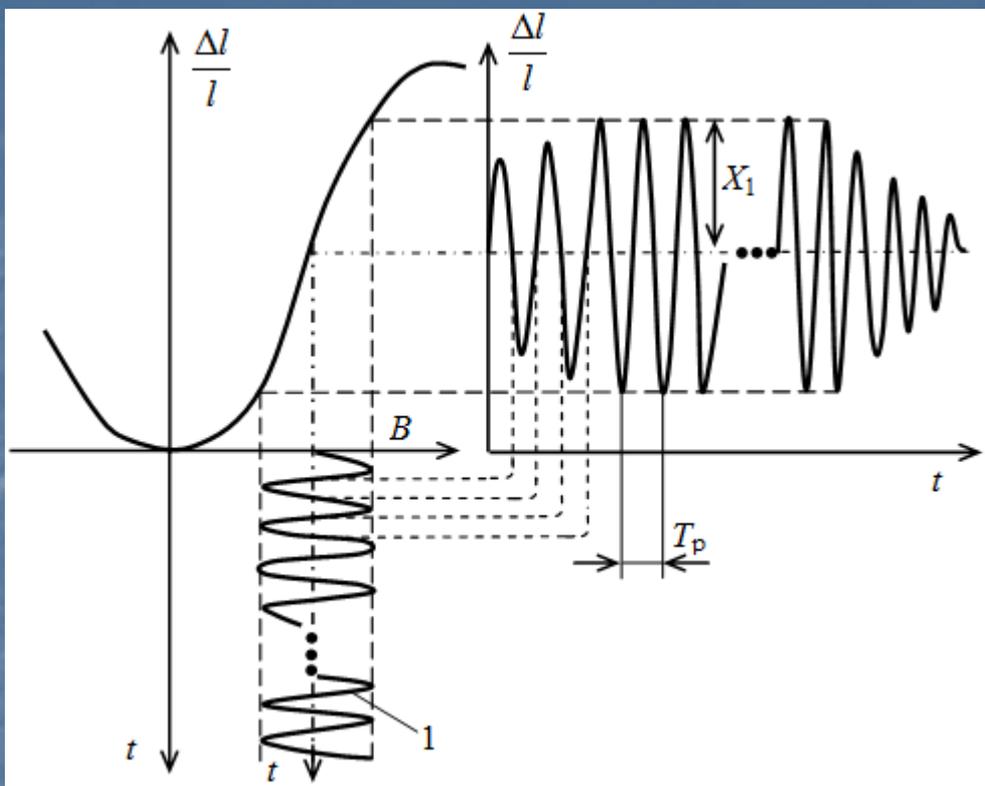


рис.2

Изменение деформации преобразователя из ферромагнетика во времени при многоимпульсном возбуждении на собственной резонансной частоте при воздействии симметричным переменным током с подмагничиванием; n_i – число импульсов в пачке, $n_i = 200$



Акустическая мощность преобразователей

Известна формула расчета удельной теоретической акустической мощности магнитострикционного преобразователя с одинаковыми конструктивными параметрами, но разными магнитострикционными материалами [1]:

$$P'_A = 0,063 c^2 W \delta_m^2 Q_n 1e-7, \quad (1)$$

где $Q_n = Q/k$ - добротность многостержневого преобразователя;

Q - добротность, определяемая по резонансной характеристике стержня, изготовленного из магнитострикционного материала;

$k = 1 + d_{я}/(q_m h_0)$ - величина, постоянная для конкретного преобразователя;

$d_{я}$ - высота ярма (накладки) пакета преобразователя;

q_m - отношение площади сечения стержня к площади излучающей поверхности;

h_0 - высота окна пакета преобразователя;

W - удельное волновое сопротивление материала преобразователя;

δ_m - амплитуда магнитострикции;

c - скорость звука в материале преобразователя.



Акустическая мощность преобразователей

Значения параметров в формуле (1) сведены в табл. 1. Построим зависимости акустической мощности от максимально возможной для данного материала амплитуды магнитострикции δ_m (рис.3).

Таблица 1

Параметры Материал	c , м/с	W , г/с·м ²	k	Q	$Q_{\text{п}}$	δ_m , МКМ	Тип дефор- мации
Ф-42	5940	31303800	1,23	360	292,7	-26...0	сжатие
К49Ф2	5200	42120000	1,23	140	113,8	0...+70	растяжение

Для удобства расчета в формуле (1) принято положительное значение δ_m для материала Ф-42, так как сжатие или растяжение доменной структуры материала преобразователя не имеет значения для возбуждения ультразвуковых колебаний.



Акустическая мощность преобразователей

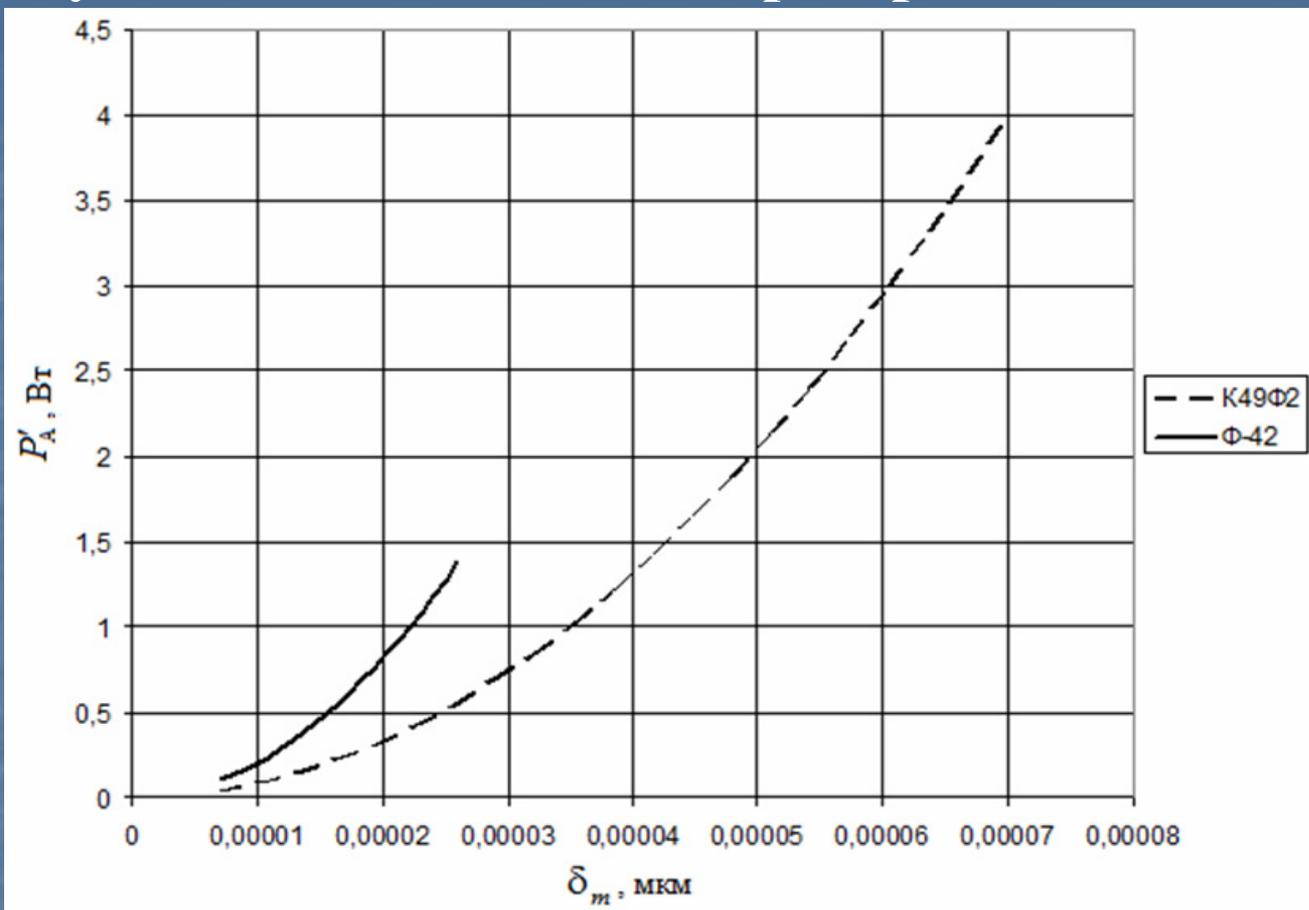


рис.3

Максимально возможная теоретическая излучаемая акустическая мощность магнестрикционных преобразователей, выполненных из разных материалов, но с одинаковыми конструкционными параметрами



Выводы

1. Ввиду малой индукции насыщения ферриты практически не применимы для создания мощных магнитоотрицательных преобразователей, хотя добротность и КПД таких преобразователей выше, чем у изготовленных из ферромагнетиков [1].
2. Для значительной интенсификации технологических процессов в жидкой среде [4] главным параметром остается индукция насыщения B_s материала преобразователя, так как необходима большая излучаемая акустическая мощность. Поэтому ферромагнитные материалы наиболее предпочтительны для использования в мощных ультразвуковых установках.



Литература

1. *Донской А.В., Келлер О.К., Кратыш Г.С.* Ультразвуковые электротехнологические установки. М.: Энергоиздат, 1982. 208 с.
2. *Валуев В.Н., Ганева Л.И., Голямина И.П.* Сравнение свойств преобразователей из различных магнитоstrictionных материалов // Акустический журнал. 1970. Т. 16. № 1. - С. 32-36.
3. Ультразвуковая технология / Б.А. Агранат [и др.] // М.: Металлургия. 1974. 503с.
4. *Янкевич С.В., Малинин Г.В.* Образование вихревого движения в жидкой среде под действием ультразвуковых колебаний // Электротехнические системы и комплексы. 2021. № 3(52). С. 66-71.



ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» Кафедра промышленной электроники

Юридический адрес: 428015, РФ, Чувашская Республика, г. Чебоксары,
Московский пр-т, д. 15, корп. В, каб. В-305.



Благодарим за
внимание



ПРЕЗЕНТАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ



Факультет
радиоэлектроники
& автоматики