

*Исследование  
магнитоэлектрического  
датчика тока*

*Соловьев Артем Игоревич  
Магистрант, II курс*

*Научный руководитель  
Проф. Петров Р.В.*

# ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

**НАИМЕНОВАНИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ**

Сравнительное исследование слоистых магниточувствительных структур с необходимыми параметрами для магнитоэлектрического датчика тока.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На кафедре ПТРА проведено множество исследований и разработок композитных структур на основе магнитоэлектрического эффекта (МЭ), представляющего собой взаимодействие соединенных между собой механической связью пьезоэлектрической и магнитострикционной фаз под действием внешнего магнитного поля. На основе существующих исследований проведено дополнительное исследование применимое для структур, используемых в магнитоэлектрическом датчике тока.

Развитие МЭ структур и улучшение их параметров позволяет получить новые решения для разработок высокочувствительных устройств измерения магнитных полей.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассматриваемые структуры, показанные на рис.1, представляют собой слоистые симметричные и асимметричные сборки размером  $10 \times 1 \times 0,7$  мм из композитных материалов пьезоэлектрика ЦТС-19 и магнитоотрицательного материала метгласа, соединенных между собой тонким слоем клея.

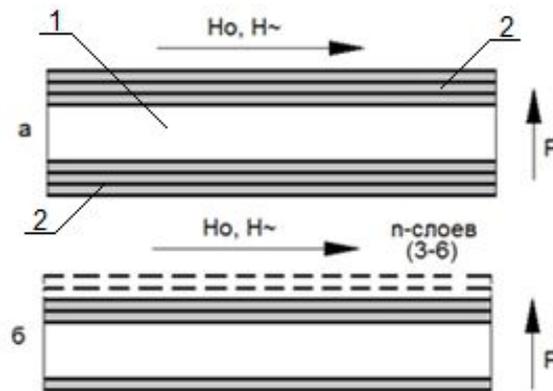


Рис.1. Конструкции магниточувствительных структур: а - симметричная структура 3-3 (слоев между пьезоэлектриком) ; б - асимметричная структура n-1; Стрелками указано направление постоянного и переменного магнитных полей и направление поляризации.

1 - пьезоэлектрик ЦТС-19, 2 - обкладки Метгласа

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разрабатывая МЭ элемент с чувствительностью не менее 20 мВ/(см·Э) необходимо учитывать несколько параметров: количество слоев магнитострикционного материала; толщину пластины пьезоэлектрика; толщину клеевой прослойки.

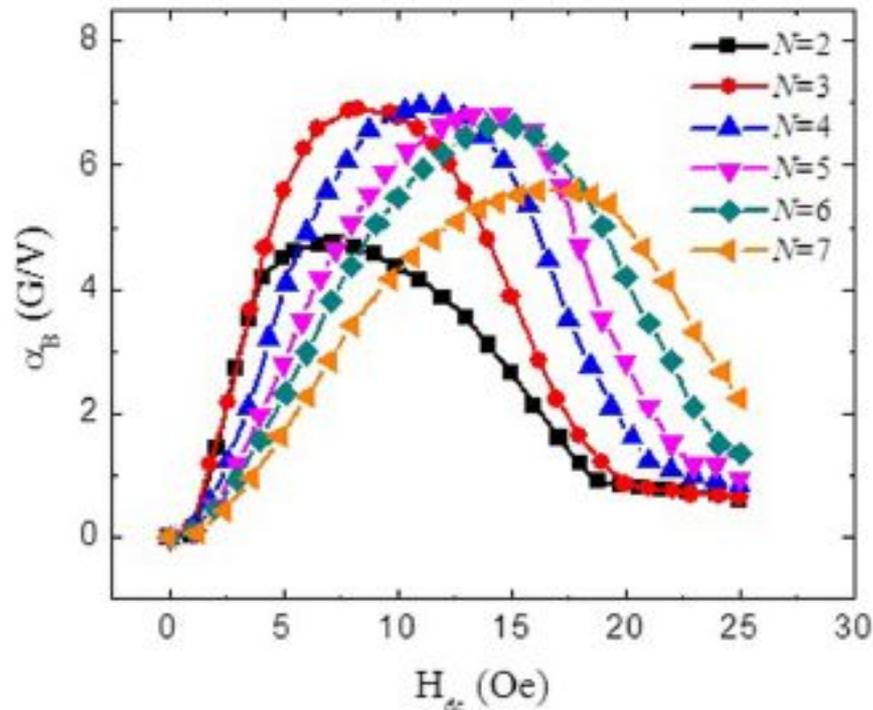


Рисунок 2 – Зависимость МЭ коэффициента от  $H_{dc}$  для структуры Метглас-ЦТС-Метглас при различном числе слоев ( $N$ ) Метгласа при  $f = 1$  кГц.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из вариантов исполнения магнитоэлектрического элемента является симметричная слоистая структура 3 слоя Метглас – ЦТС-19 – 3 слоя Метглас. Такое количество слоев Метгласа  $N=3$  в МЭ композите является оптимальным, потому что показывает высокие показатели МЭ коэффициента при более простом технологическом маршруте. На рисунке 3 представлена выходная характеристика структуры 3-3, параметры которой в магнитном насыщении составили 750 мВ для структуры  $10 \times 1 \times 0,7$  мм.

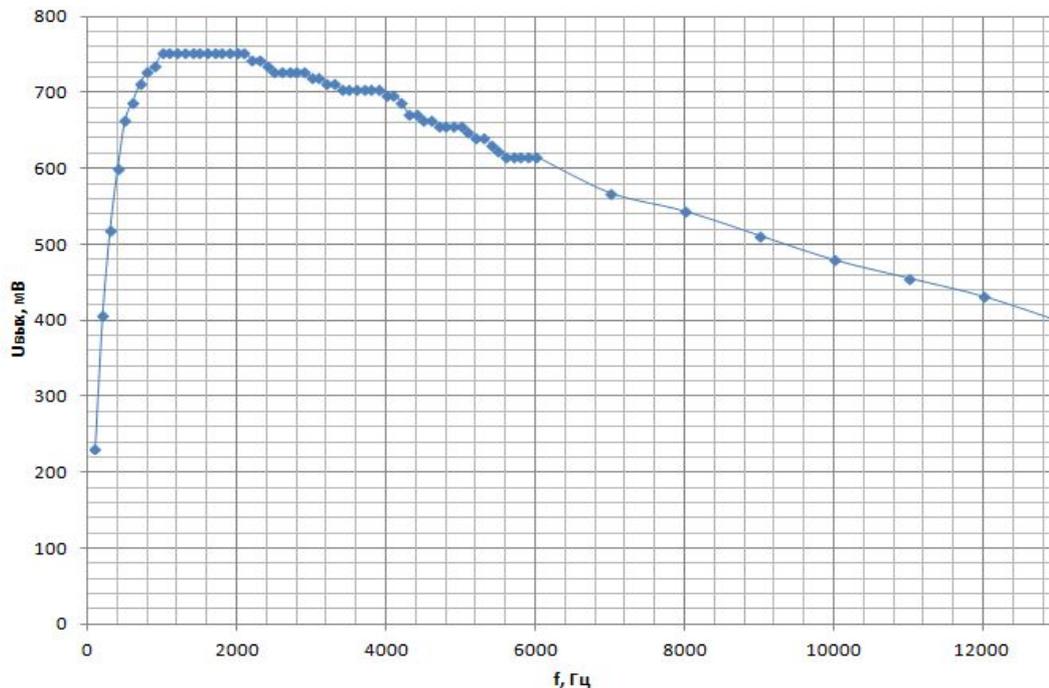


Рис.3 - График зависимости выходного напряжения от частоты в симметричной слоистой МЭ структуре:  
3-3 (слоев Метгласа между пьезоэлектриком) ;

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Однако теоретически было доказано, что можно получить еще большие показатели чувствительности МЭ-сенсора, применив несимметричную структуру n-слоев Метглас - ЦТС19 – 1 слой Метглас (рис.1, б).

Увеличение МЭ эффекта в композитных структурах можно получить, возбуждая образец переменным магнитным полем, частота которого совпадает с частотой собственных акустических колебаний МЭ структуры. При таком возбуждении структура переходит в низкочастотный резонансный режим, при котором существенно увеличивается МЭ коэффициент. Особенностью данного режима является то, что он наиболее сильно проявляется в асимметричных структурах.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опираясь на результаты из статьи по исследованию параметров несимметричных структур, были проведены дополнительные исследования по определению зависимости чувствительности МЭ-элемента от количества слоев для структур габаритно применимых в датчике тока. График зависимости выходного напряжения МЭ-элемента от частоты в резонансном режиме показан на рисунке 3

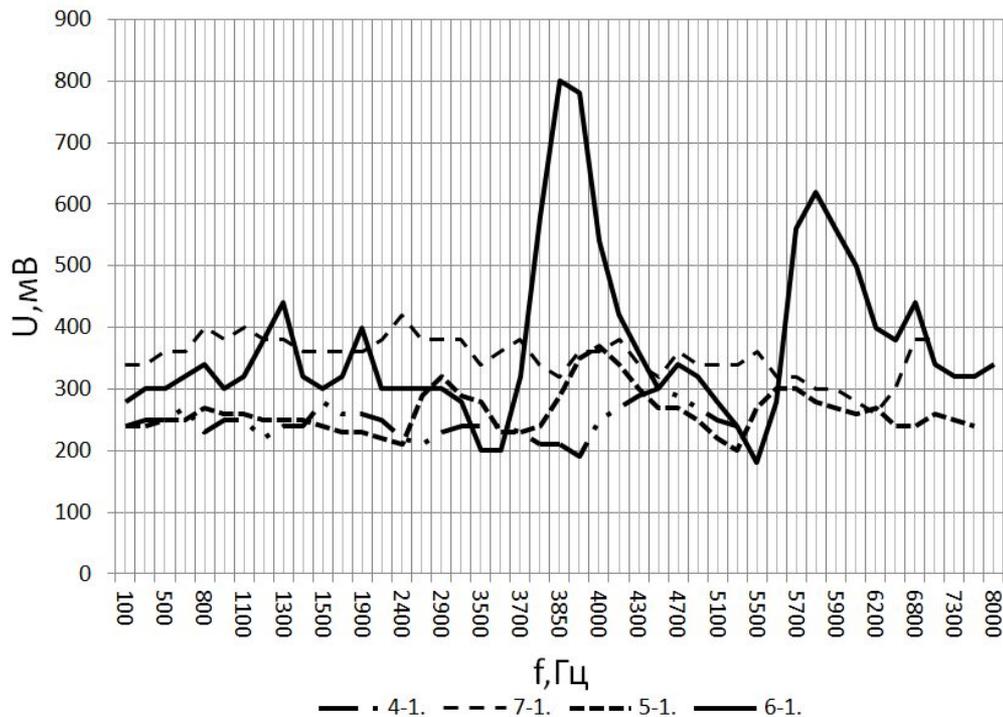


Рисунок.3 - График зависимости выходного напряжения от частоты в асимметричных слоистых МЭ структурах: 4-1, 5-1, 6-1, 7-1 (слоев Метгласа между пьезоэлектриком) ;

Полученное выходное напряжение 795 мВ в области насыщения асимметричной структуры 6-1 показывает высокую перспективность использования асимметричных МЭ структур в МЭ ДТ.

В результате были получены данные, согласно которым наибольшие значения магнитоэлектрического эффекта в резонансном режиме наблюдаются у структуры 6 слоев Метглас - ЦТС19 – 1 слой Метглас.

Представленные в исследовании данные позволили определить технологические максимумы слоистых магниточувствительных структур. Дальнейшие действия по увеличению чувствительности будут связаны с подбором катушки индуктивности с необходимыми техническими параметрами.

# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД

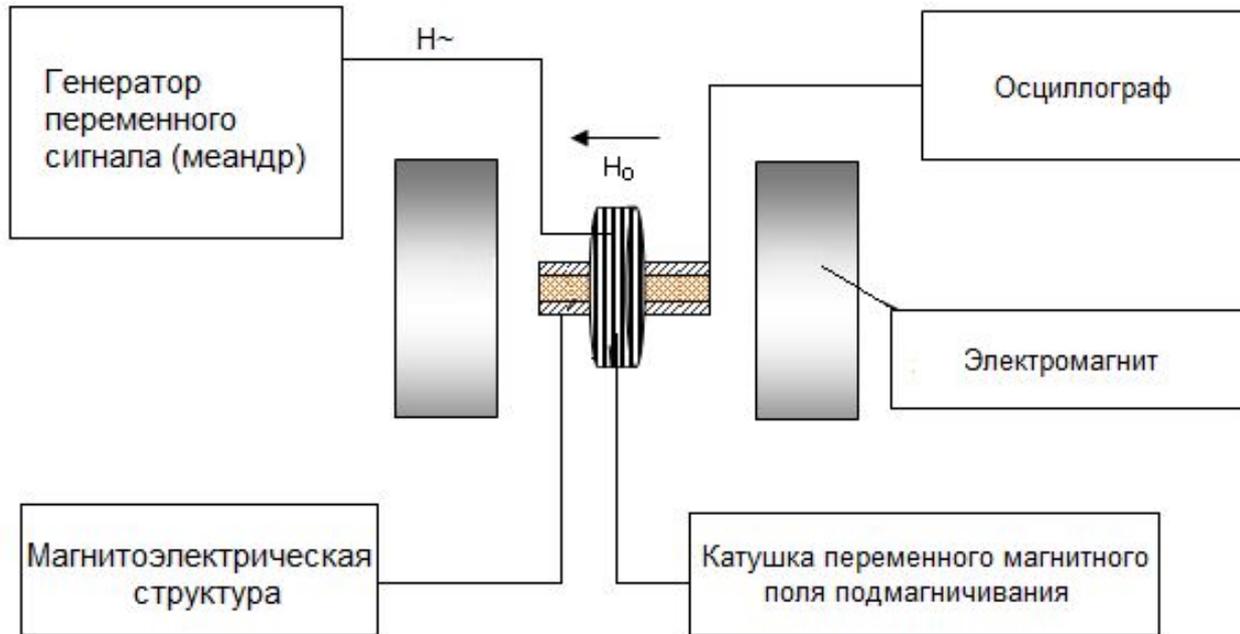


Рисунок 4 – Структурная схема измерительного стенда

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТ

1. Р.В. Петров, В.С. Леонтьев. Сравнение характеристик симметричных и асимметричных магнитоэлектрических структур. Вестн. Новг. гос. ун-та. Сер.: Технические науки. 2014. № 81. С.76-81. Библиогр. 8 назв.
2. Bichurin M. I., Petrov V. M., Ryabkov O. V., Averkin S. V., and Srinivasan G. Theory of Magnetoelectric Effects at Magnetoacoustic Resonance in Ferromagnetic-Ferroelectric Heterostructures // G.. Phys. Rev. B, 2005, V. 72, P. 060408 (R).