

Вибрационный магнитометр

Шмаков Владимир Евгеньевич - ФФКЭ гр. Б04-105

16 сентября 2024 г.

Цель работы

1. Ознакомиться с принципом работы вибрационного магнитометра
2. Ознакомиться с некоторыми методами обработки аналоговых сигналов, получаемых в физических экспериментах

Методика

Оборудование

- Вибропреобразователь(используется широкополосный динамик)
- Узкополосный фильтр
- Катушки малой индуктивности(используемые для приёма сигнала)
- Катушки большой индуктивности, используемые в качестве электромагнита
- Генератор сигналов
- Синхронный детектор

Экспериментальная установка

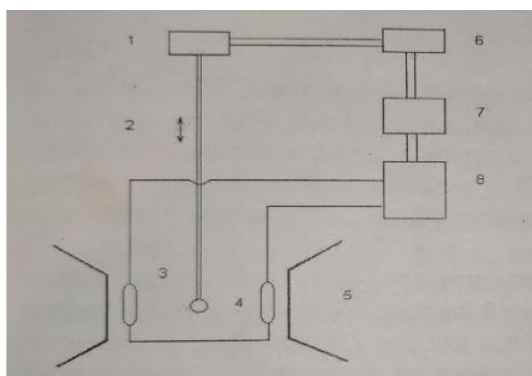


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки изображена на рисунке 1. Шток(2) приводится в колебания посредством динамика (1). Образец (3) находится в поле, создаваемом электромагнитом (5). В результате колебаний на приёмных катушках (4) наводится ЭДС индукции. Полученный с катушек сигнал обрабатывается и усиливается(про алгоритм обработки будет рассказано ниже). Амплитуда обработанного сигнала пропорциональна величине магнитного момента образца.

Методика увеличения динамического диапазона

Пусть $S(t)$ - полезный сигнал. $n(t)$ - шумы установки. То есть на вход системы поступает сигнал $S(t) + n(t)$. Входной сигнал амплитудно модулируется высокочастотной синусоидой(смотрите рисунок 2).

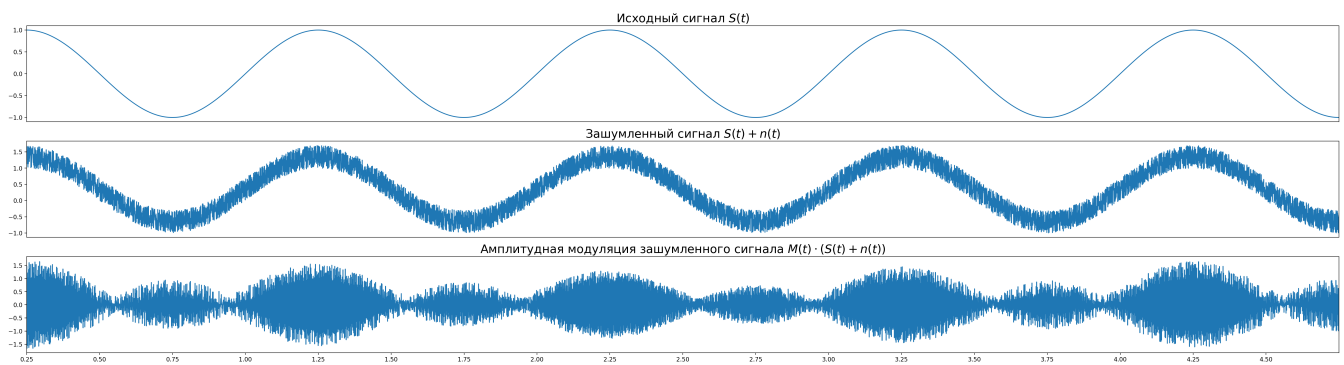


Рис. 2: Полезный сигнал, зашумленный сигнал, амплитудная модуляция зашумленного сигнала

Для увеличения динамического диапазона реализуем следующую схему:

1. Подадим зашумленный сигнал на bp фильтр, частота среза которого совпадает с частотой модулирующей синусоиды: $\hat{L}(M(t) \cdot [S(t) + n(t)])$
2. Демодулируем отфильтрованный сигнал: $\hat{L}(M(t) \cdot [S(t) + n(t)]) / M(t)$

При помощи библиотеки *scipy.signal* был проведен эксперимент по описанной методике. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3, динамический диапазон был увеличен с $3dB$ до $14dB$.

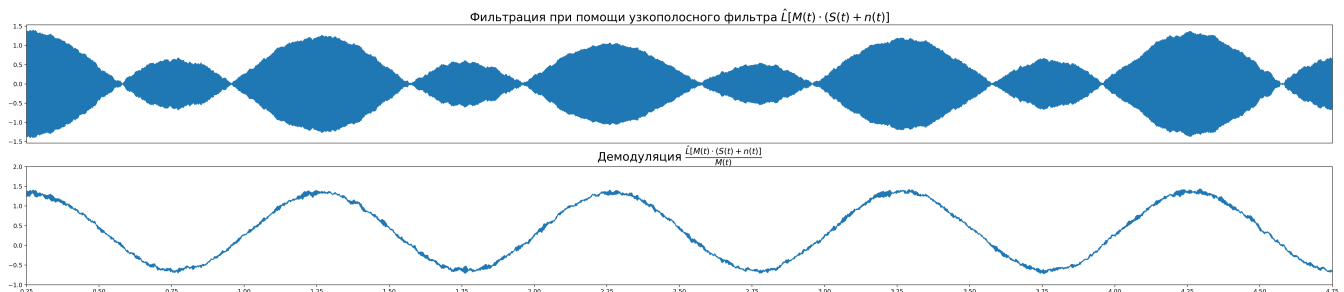


Рис. 3: Результат работы алгоритма

Обработка экспериментальных данных

Измерим зависимость амплитуды выходного сигнала от частоты колебаний динамика. Как видно на рисунке 4, наибольшая амплитуда достигается на частоте ~ 26 Гц. Используем эту частоту для проведения дальнейших экспериментов.

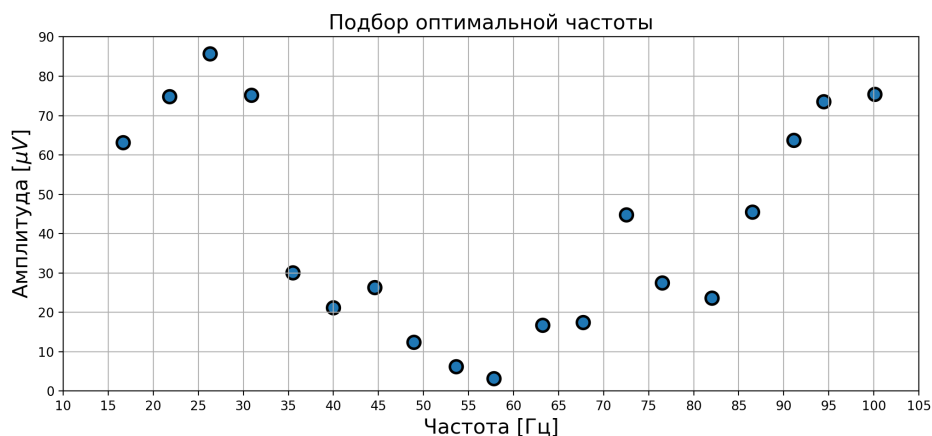


Рис. 4: Результат эксперимента по подбору «рабочей» частоты

Снимем зависимость амплитуды выходного сигнала от подаваемого на катушки напряжения.

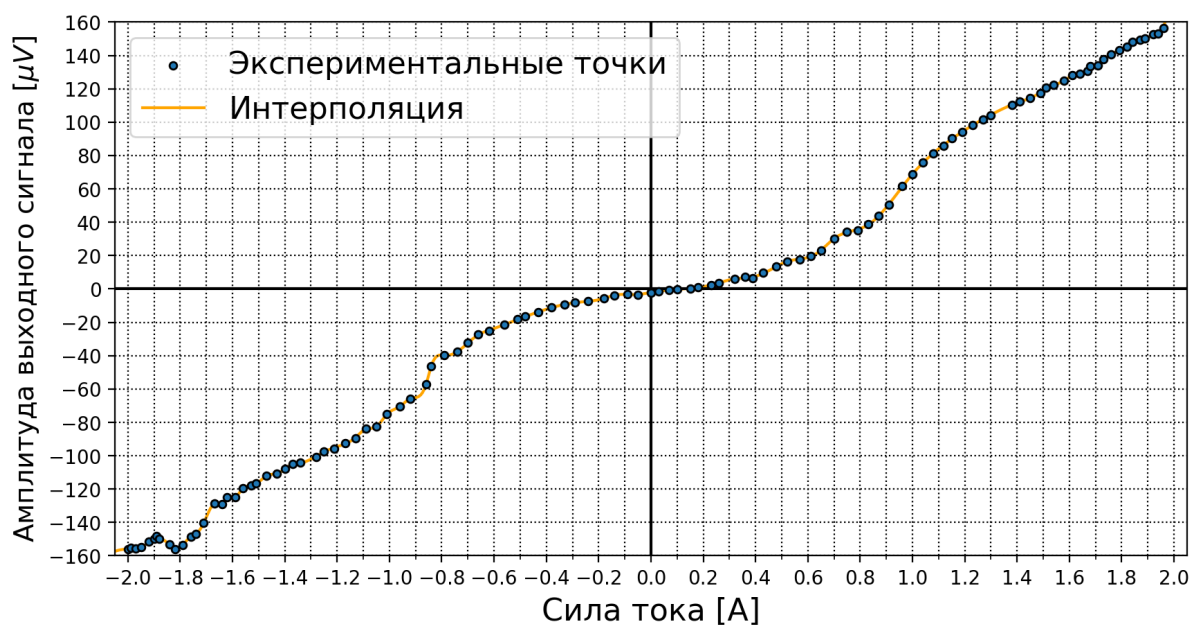


Рис. 5: Зависимость амплитуды выходного сигнала от силы тока, протекающего через катушки.

График, представленный на рисунке 5 по сути есть кривая намагничивания исследуемого образца. Поле, создаваемое катушками, пропорционально силе тока который через них протекает. Магнитный момент образца пропорционален амплитуде выходного сигнала.

Вывод

Изучены основы конструирования и применения магнитометров с вибрирующим образцом для определения магнитных параметров тонкой магнитной пленки. В процессе работы мы получили зависимость ЭДС индукции от силы тока (поле в катушках) и зависимость ЭДС индукции от частоты вибрации штока.