

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФОРМЫ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ФЕРРОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Ларина Е.Ю.

Донецкий национальный технический университет, кафедра ЭТ

Ларин В.Ю.

Инженерная академия Украины, г.Киев

e-mail: LVU@iau.com.ua

Abstract. Larina E.U., Larin V.U. Mathematical analysis of results of experimental researches of form of output signal of ferromagnetic transformer. The method of analysis of conduct of accordions of output signal of ferromagnetic transformer at the change of entrance size is offered in the article. The linear and fast-acting of the first and third accordions at the change of entrance size is certain. The grounded recommendations for the choice of informing accordion for construction of measuring device are given.

Актуальность. В связи с повышением уровня интеграции микроэлектронных и микропроцессорных устройств, они приобретают принадлежащие ранее интерфейсу функции. При этом в значительной степени возрастают требования к измерительному каналу и, в частности, к унификации выходных характеристик первичных преобразователей, преобразовательных звеньев и других функциональных блоков. Достижение этих требований позволит независимо от типа сердечника и принципа действия первичного преобразователя, содержащего в измерительной цепи катушку индуктивности, использовать одни и те же блоки преобразовательной цепи. Такой подход к реализации приборов для измерения механических параметров позволяет повысить надежность работы и экономическую целесообразность отечественных разработок, что весьма актуально.

Анализ известных решений. В известных работах [1, 2] отсутствуют исследования и анализ поведения спектральных составляющих выходных характеристик силоизмерительных преобразователей, выполненных на использовании свойств магнитоупругого эффекта. Поэтому они рекомендованы только для квазистатических измерений. В работе [3] дан обобщенный спектральный анализ выходных характеристик магнитоупругого преобразователя и с учетом этого выполнено построение структур информационно-измерительных систем с улучшенными метрологическими характеристиками.

Постановка задачи исследований. Нерешенными проблемами являются расширение области применения высоконадежных ферромагнитных преобразователей (ФoМП) для измерения быстропеременных процессов и повышение их точности.

Изложение основного материала. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлен характер индивидуального изменения амплитуд и фаз гармоник выходного сигнала ФoМП, который может быть описан при изменении силового воздействия динамической моделью в виде ряда Фурье, а также дана количественная оценка этим явлениям [4, 5]. Однако, анализ мгновенных моделей методом оценки коэффициентов и фаз ряда Фурье недостаточно нагляден для обоснования поставленной задачи. Поэтому выполнены дополнительные исследования.

Следующим способом оценки является получение видеокадров с целью установления закона изменения гармонических составляющих для последующего анализа с помощью специализированных ППП: MathLAB и LabVIEW.

Результаты изменения выходного сигнала ФоМП выполнены на стенде, содержащем пресс с диапазоном изменения нагрузки до 200 тонн, осциллограф, образец трехобмоточного ФоМП, web-камеру, подключенную к ПЭВМ. Результаты приведены на рис. 1.

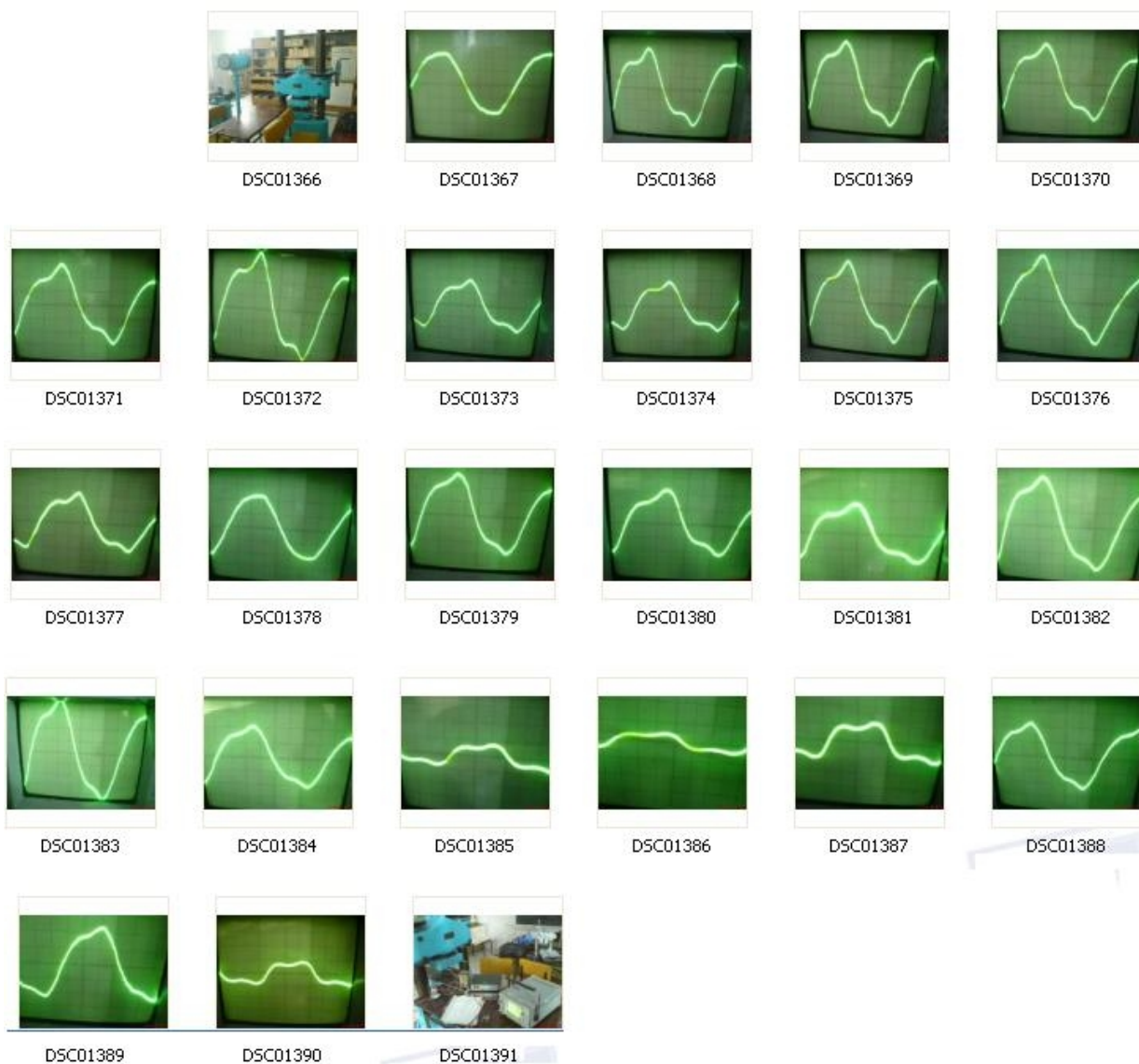


Рисунок 1. - Видеокадры изменения формы осциллограммы выходного сигнала ФоМП при увеличении нагрузки

Развертки по амплитуде осциллограмм вертикальной и горизонтальной измерительных обмоток трехобмоточного ФоМП приведены в табл. 1

Таблица 1. Масштабы вертикальной и горизонтальной измерительных обмоток ФоМП

№ исследуемой выборки	№ кадра осциллограммы вертикальной обмотки	№ кадра осциллограммы горизонтальной обмотки	Развертки
1	DSC01379	DSC01380	0,5 В/дел
2	DSC01382	DSC01381	0,5 В/дел
3	DSC01383	DSC01385	0,5 В/дел
4	DSC01384		1,0 В/дел
5		DSC01386	0,5 В/дел

продолжение таблицы 1

6		DSC01387	0,2 В/дел
7	DSC01388		1,0 В/дел
8	DSC01389		1,0 В/дел
9	DSC01390		0,2 В/дел

Выходной сигнал, соответствующий нагрузке фиксировался с помощью манометра прессы, проградуированного в градусах. Соответствие показаний манометра прессы значениям нагрузки приведено в табл.2.

Таблица 2 Соответствие показателей манометра прессы значениям нагрузки

Градусы	20	40	60	80	100	120	140
Масса, кг	4050	8050	12230	16350	18950	25100	29950

Ниже приведена методика моделирования сигналов, полученных при различной нагрузке.

Пусть имеются сигналы, поступающие от первичного преобразователя, представленные на рис. 2, под воздействием силы, оказываемой на него. Требуется: найти эффективный способ измерения силы по данному сигналу.

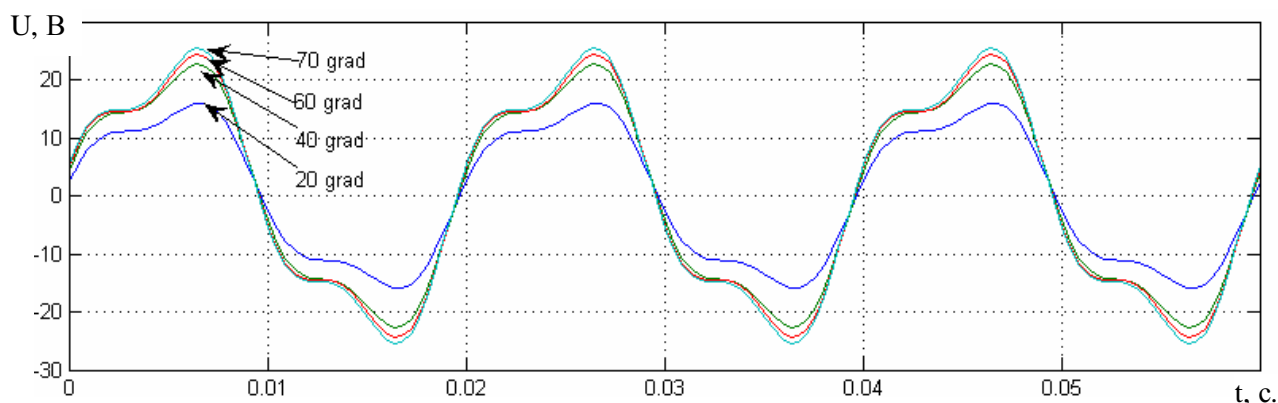


Рисунок 2. – Интерполированная форма сигналов ФомП при различном нагружении

На спектрограмме (рис. 3) видно, что сигнал содержит две компоненты: 1 и 3 гармоники с частотами 50 Гц и 150 Гц.

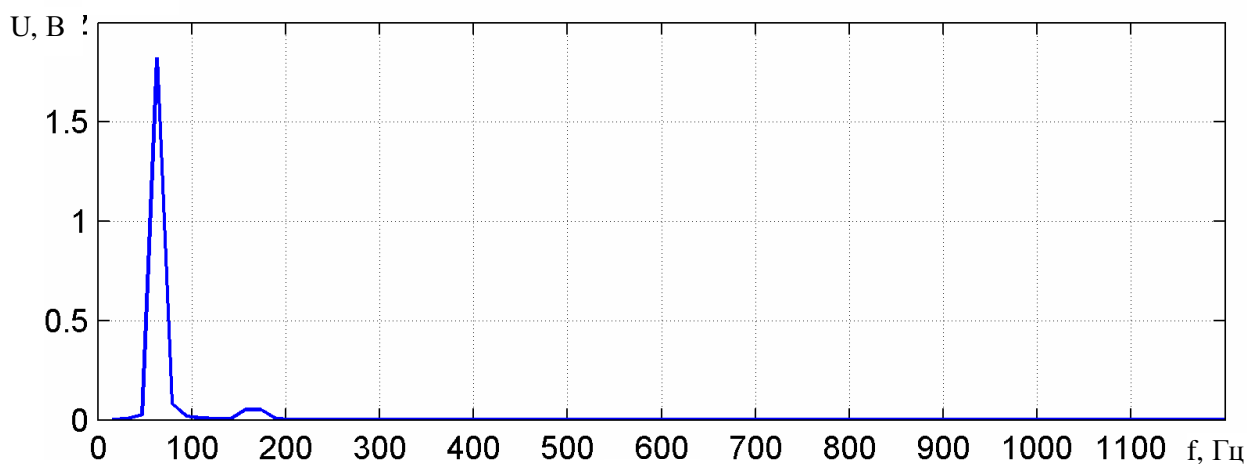


Рисунок 3. - Спектрограмма сигнала при нагрузке 70 grad

Для измерения нагрузки, можно измерять первую или третью гармоники и преобразовать в требуемые единицы измерения. Для измерения гармонических составляющих можно предложить следующие схемы (рис. 4).

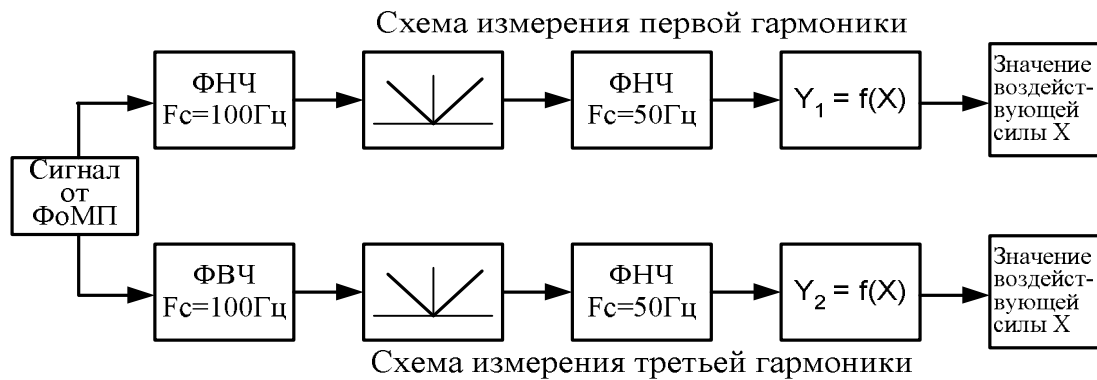


Рисунок 4. - Схемы для измерения гармонических составляющих

После обработки сигналов с помощью фильтров низкой и высокой частот, получены сигналы на входе и выходе фильтра третьей гармоники (рис. 5) и первой гармоники (рис. 6).

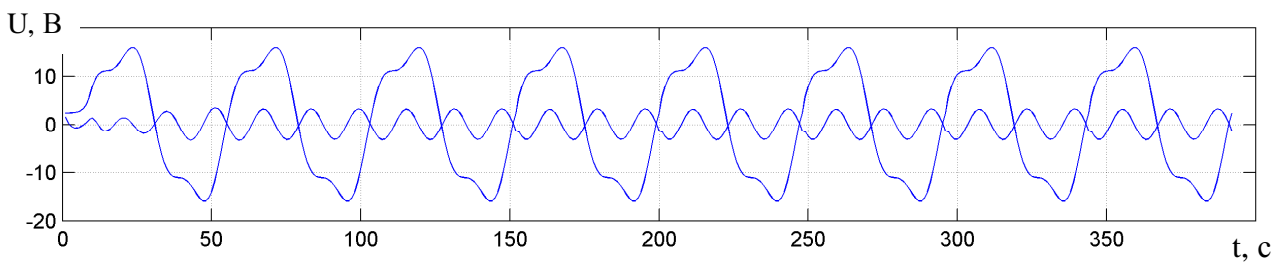


Рисунок 5. - Сигналы на входе и выходе фильтра третьей гармоники

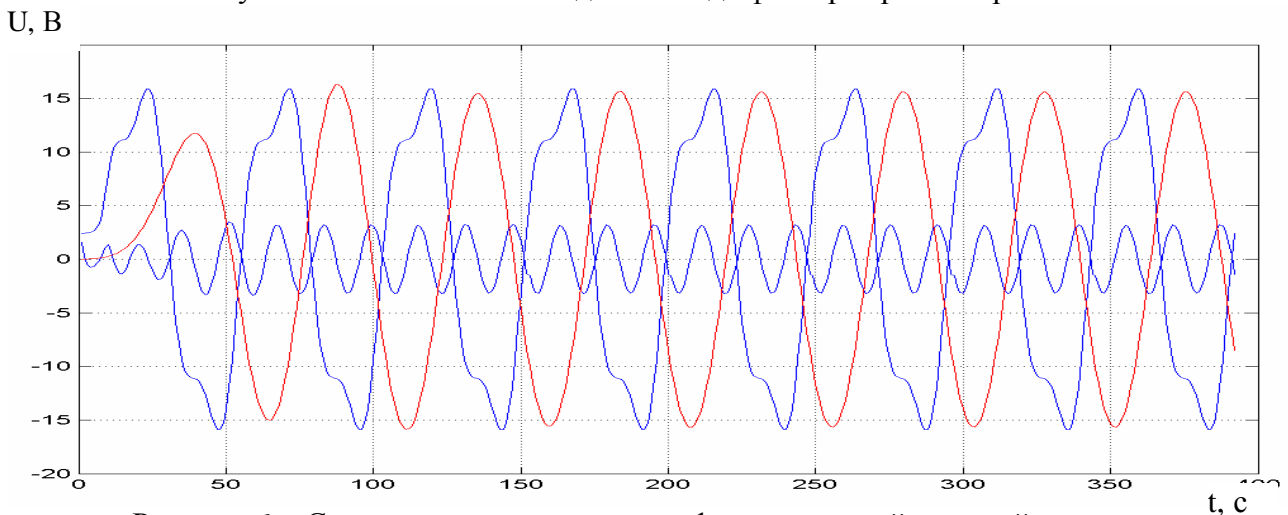


Рисунок 6. - Сигналы на входе и выходе фильтра первой и третьей гармоник

Полученные результаты подтверждают наличие фазового сдвига, но не дают информации о поведении гармоник в процессе работы прибора, получающего информацию от ФомП и указывают на необходимость непрерывного их анализа. Для количественной оценки быстродействия гармоник построим зависимость огибающей амплитуды во времени для всех анализируемых осциллограмм (рис. 7) на выходе детектирующего фильтра при измерении первой и третьей гармоник для 20, 40, 60, 70 grad.

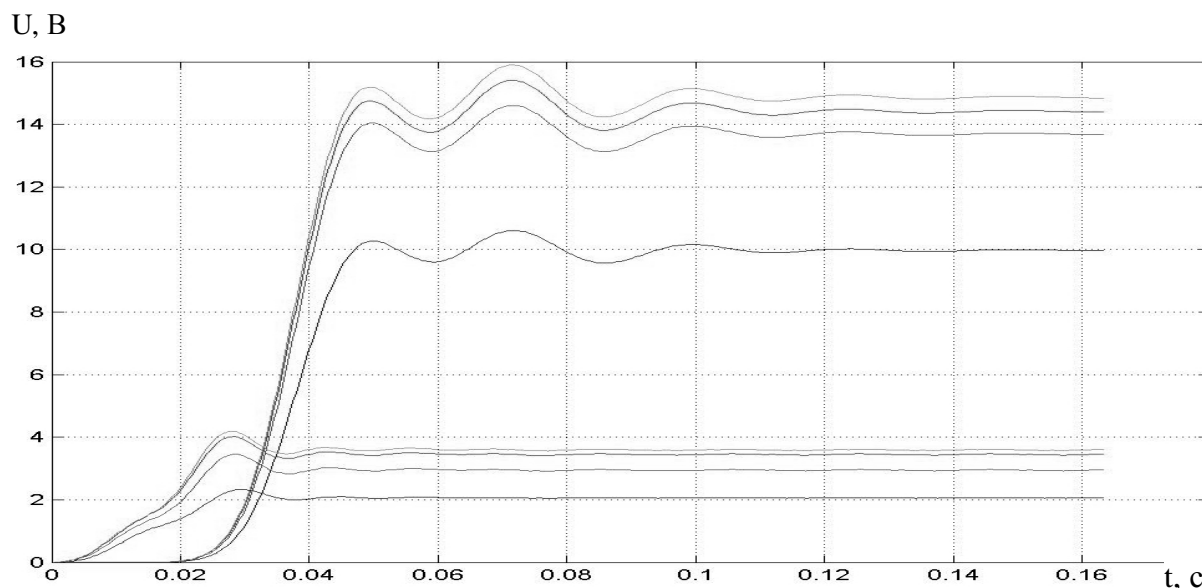


Рисунок 7.- Зависимость огибающей амплитуды во времени для анализируемых осциллограмм

Полученная зависимость дает возможность количественно оценить, что третья гармоника реагирует на изменение сигнала через 0.06с, в то время как первая гармоника запаздывает до 0.14 с. Это говорит о том, что для быстропеременных сигналов лучше использовать в качестве информативной третью гармонику, подбирая соответствующие фильтры. Несмотря на то, что будет происходить подавление первой гармоники, ущерб динамическому диапазону преобразователя нанесен не будет, поскольку всегда необходимо сигнал ФомП масштабировать в сторону уменьшения при цифровой обработке. Для установления закона изменения выходного сигнала от амплитуд гармоник построим характеристики вида $P=f(U_{\text{вых}})$, представленные на рис. 8.

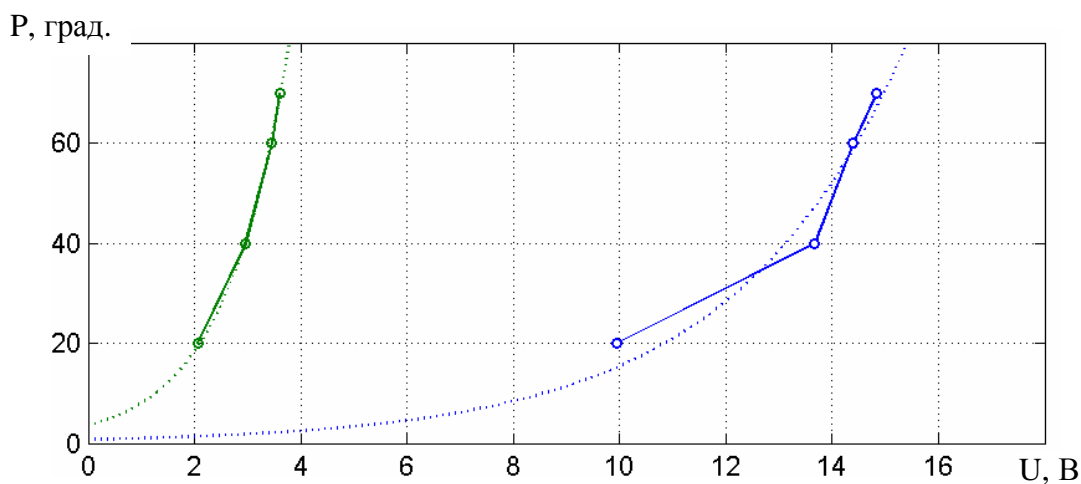


Рисунок 8. - Зависимости выходного сигнала от амплитуд первой и третьей гармоник

Значения зависимости выходного сигнала (в градусах) от амплитуды гармоник, исходя из рис. 8, могут подчиняться экспоненциальному закону. С помощью программного пакета MathLAB можно определить параметры экспоненциального закона для первой и третьей гармоники. С точностью 95% они будут иметь следующий вид:

$$P=k \cdot \text{grad} = k \left(0.73237 \cdot e^{0.30459 \cdot A_1} \right)$$

$$P=k \cdot \text{grad} = k \left(3.5065 \cdot e^{0.82644 \cdot A_3} \right)$$

где A_1, A_3 – амплитуды первой и третьей гармоник. k – коэффициент пересчета показаний манометра, выраженных в градусах в килограммы для конкретного пресса.

Таким образом, в качестве наиболее информативной с точки зрения быстродействия предпочтительнее выбирать третью гармонику. На третью гармонику меньше влияет время переходного процесса в фильтрах, вследствие чего ферромагнитный первичный преобразователь будет наиболее пригоден для измерения быстропеременных процессов. Все результаты исследований, должны быть занесены в базу данных. Информация, получаемая при наличии дополнительной обмотки ФоМП, используемой в процессе работы преобразователя в режиме осциллографа, позволяют обосновать выбор гармоники в качестве информативной, в автоматизированном режиме знать уровень амплитуды и смещение фазы и корректировать характеристики фильтра с целью линеаризации характеристики преобразования и повышения точности прибора. Также очевидна возможность увеличения быстродействия преобразователя и его количественной оценки.

Выводы.

1. Установлено быстродействие составляющих выходного сигнала при изменении нагрузки, благодаря чему для быстропеременных сигналов рекомендуется в качестве информативной использовать третью гармонику ферромагнитного преобразователя.
2. Определены параметры экспоненциального закона для первой и третьей гармоники выходного сигнала ФоМП, благодаря чему они могут быть использованы в качестве математического аппарата при построении приборов измерения массы.

Литература

1. Гинзбург В.Б. Магнитоупругие датчики. – М.: Энергия, 1970. – 72с
2. Бауман Э. Измерение сил электрическими методами/ Под ред. И.И.Смыслова. - М.: Мир, 1978. - 430 с
3. Чичикало Н.И. Структурно-алгоритмические принципы построения ИИС напряженно-деформированных объектов. – Донецк: РИА ДонГТУ, 1998. – 178с.
4. Ларин В.Ю. Исследование и предварительное моделирование выходного сигнала ферромагнитного преобразователя // Восточно Европейский журнал передовых технологий № 6/2 (30) г.Харьков, 2007г., – С.23-27
5. Ларин В.Ю., Квасников В.П. Построение математической модели ферромагнитного преобразователя //Радіоелектронні і комп'ютерні ситеми, вип. 4., Харків: «ХАІ», 2007р. – с.66-72

Соответствие показателей манометра пресса значениям силы

индекс	показатель манометра	соответствующая сила, н.
1	12 ⁰	2,110
2	21 ⁰	4,110
3	30 ⁰	6,063
4	39 ⁰	7,978
5	49 ⁰	10,104
6	58 ⁰	11,979
7	68 ⁰	14,062
8	77 ⁰	15,999
9	86 ⁰	17,999
10	95 ⁰	20,000
11	119 ⁰	25,006

2.10. Выводы по разделу 2

1. На основании обобщения характеристик системы приборов, их функциональных признаков, набора модулей, контролируемых параметров и видов объектов контроля, предложена классификационная схема, которая определила проблемы и эволюцию разработки структурированной системы приборов с ФиМП и ФоМП.

2. На основании высокого уровня выполнения физических экспериментальных исследований и исследований с помощью стандартных пакетов прикладных программ и новых информационных технологий разработана динамическая математическая модель преобразователя типа ФоМП. Модель учитывает сложный многофакторный характер устройств, содержащих катушки индуктивности в составе первичных преобразователей.

2.1. Статическая модель сигнала ФоМП, получена путем моделирования с помощью средств EDA. Для получения динамической модели сигнала ФоМП установлена закономерность смещения фазы и отношения амплитуд. Внесение этих закономерностей в модель чувствительного элемента должно использоваться в базе знаний прибора с целью корректировки характеристики преобразования при изменении входной величины и тем самым повышения прецизионности измерений.

2.2. Впервые установлено, что смещение фазы выходного сигнала между первой и третьей гармониками говорит о том, что происходит изменение магнитной проницаемости материала ФоМП под воздействием нагрузки. Таким образом, для каждого идентичных (по материалу сердечника, по конструктивным, электрическим и магнитным параметрам) типоразмеров ФоМП, имея экспериментальные значения формы выходного сигнала, по

предложенной методике может быть получена математическая модель сигнала, выраженная мгновенными значениями напряжений в виде ряда Фурье.

2.3. Сравнение коэффициентов формы и коэффициентов амплитуды известных и определенных количественно подтверждает адекватность полученных результатов.

3. Установлены принципы взаимодействия ФоМП с объектом, даны рекомендации для получения линейной характеристики преобразования.

4. В пакете *labVIEW* доказана адекватность выполненных исследований.

5. Исследования выявили существенную новизну в поведении гармоник выходного сигнала ФоМП при изменении входной величины:

- амплитуда первой гармоники увеличивается больше третьей, но реакция ее на входное воздействие на порядок медленнее третьей;
- для быстропеременных процессов в качестве информативной лучше использовать третью гармонику, для квазистатических – первую.

Таким образом, выбор фильтров обоснован относительно решаемой задачи проектирования прибора.

7. По результатам установления общности свойств и отличий в теории и практике использования катушек индуктивности найдены новые решения в построении приборов с ФиМП с возможностью увеличения контролируемого расстояния в разнонаправленных точках контроля местонахождения объекта одним первичным преобразователем типа "Паук".

8. Впервые предложен прибор ориентированного контроля объекта ПрОК на основе устройства типа "Паук", исполненного в виде замкнутой вогнутой кодированной поверхности с помощью разнонаправленных, удаленных от ФиМП проводников. Внутри этой поверхности перемещается в качестве приводного элемента капля ртути, местоположение которой отличается от первоначального и зависит от изменения ориентированного положения контролируемого объекта и определяется местом контакта. При этом подавался сигнал в устройство идентификации местонахождения капли.