

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИС-
СЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Физический факультет

Кафедра общей физики

Бурков Андрей Евгеньевич

КУРСОВАЯ РАБОТА

**Измерение времени открытия быстрого электромагнитного газового
клапана**

Электромагнитный практикум, 2 курс, группа №18310

Научный руководитель:

к. ф.-м. н. И. А. Иванов

Оценка научного руководителя

«_____» _____ 20__ г.

Преподаватель практикума

Оценка преподавателя практикума

«_____» _____ 20__ г.

Куратор практикума:

В. Т. Астрелин

Итоговая оценка

«_____» _____ 20__ г.

Измерение времени открытия быстрого электромагнитного газового клапана

Бурков Андрей Евгеньевич

Физический факультет. Электромагнитный практикум. Курсовая работа.

Группа № 18310, 3 семестр, 2019 год.

Научный руководитель:

Иванов Иван Анатольевич

Аннотация

В данной работе было измерено время открытия быстрого газового клапана с использованием компенсационного метода. Измерения проводились с помощью собранного измерительного моста и конденсатора заряженного до определённого значения напряжения.

Были приведены рассуждения по поводу природы и измерения процесса, численно было получена зависимость переменной индуктивности от времени, в момент открытия клапана.

Была проделана некоторая балансировка для определённых допущений.

Немного об устройстве клапана.

Ключевые слова: переменная индуктивность, компенсационный метод, численные вычисления, быстрый газовый клапан.

Оглавление

1. Введение.....	4
2. Быстрый газовый клапан.....	5
3. Теория процесса.....	7
4. Численное вычисление изменения индуктивности.....	9
5. Вывод.....	10

Введение

Измерять время открытия клапана можно несколькими способами, например, фиксировать прохождение через клапан газа датчиком. Среди минусов данного способа замечается погрешность измерения датчиком, и то, что мы измеряем таким образом сумму времён открытия клапана и прохождение газа через наш клапан.

Мы же будем использовать два похожих клапана, один из которых будет иметь переменную индуктивность и компенсационным методом будем численно измерять как заменяется зависимость от соленоида

Из этой зависимости и считая, что добавочная индуктивность от сердечника пропорционально пройденному им в клапане расстояния.

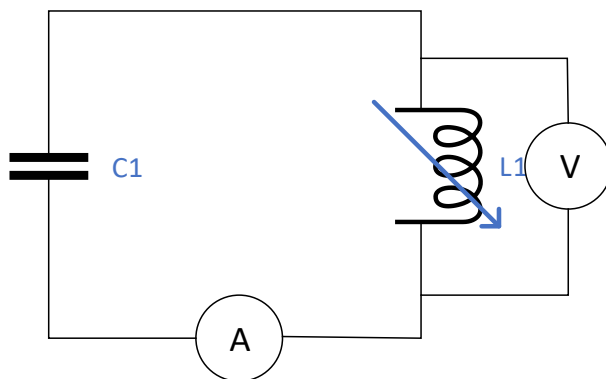
Из последней зависимости вполне очевидным образом измеряем время открытия быстрого газового клапана.

План работы:

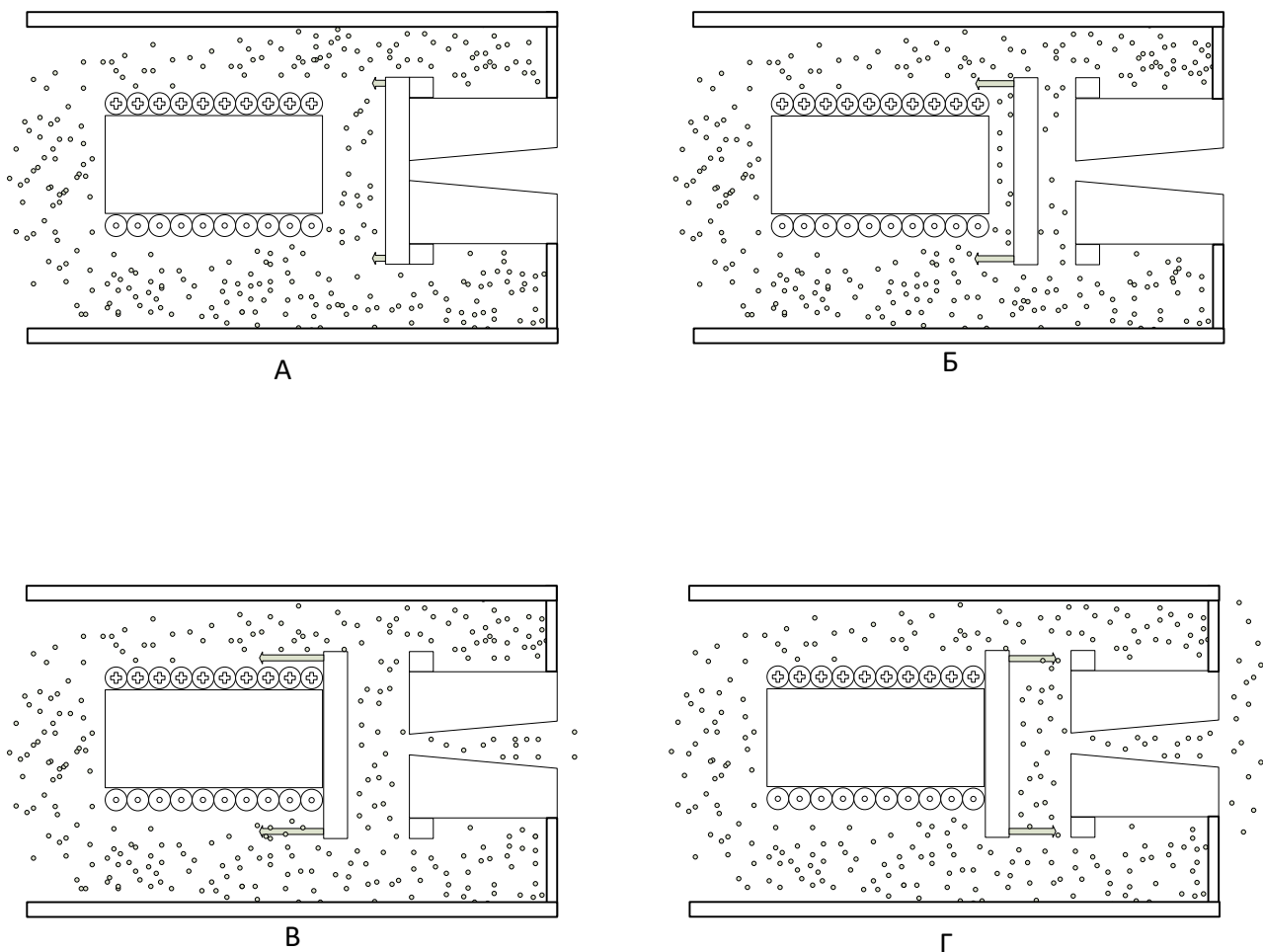
1. Построить теоретическую модель процесса
2. Собрать измерительную схему.
3. Повести измерения
4. По полученным данным при помощи программирования обработать данные получить зависимость в численном виде.
5. По виду зависимости определить время открытия клапана.

Быстрый газовый клапан

Наш клапан — это некоторая система из соленоида и сердечника роль которого играет заглушка клапана, и в зависимости от положения этой самой заглушки вблизи соленоида меняется индуктивность. Также индуктивность меняется из-за магнитной проницаемости, которая в свою очередь зависит от тока, проходящего через катушку. И если просто попробовать вычленить из соотношения тока и напряжения проходящих через катушку на простой схеме состоящей из конденсатора, катушки с переменной индуктивности, зависящей минимум от 2 разных факторов, амперметра и вольтметра (Рис.1), то у нас ничего не получится из-за того что мы не сможем вычленить чистую зависимость от положения сердечника.



(Рис.1)



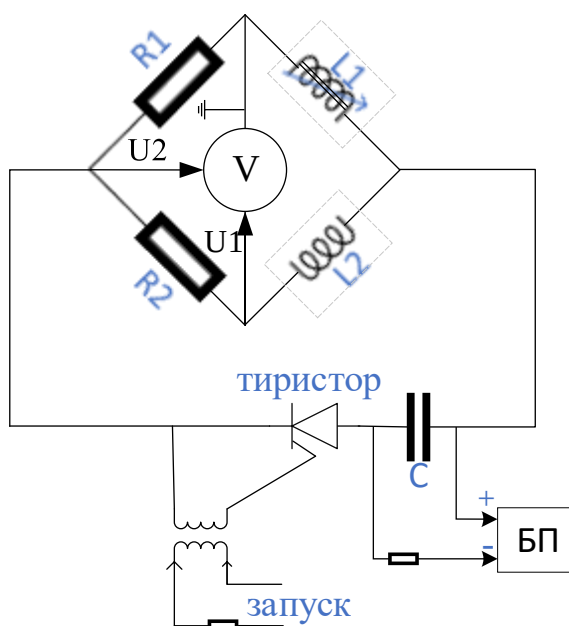
(Рис.2)

На (Рис.2) продемонстрировано как открывается клапан:

- А) Ток через соленоид только начал течь, затвор клапана закрыт, но на него уже начинает действовать сила, под действием которой он начнёт движение.
- Б) На соленоиде всё ещё увеличивается ток и индуктивность. Сердечник стремительно набирает скорость.
- В) Через миг произойдёт удар сердечника, он набрал максимальную скорость, и переменная интересующая нас индуктивность достигла максимума.
- Г) Сердечник отскочил, потеряв немного энергии, ушедшей в тепло, интересующая нас переменная индуктивность начала уменьшаться.

Теория процесса

Что бы решить проблему с тем что мы не можем явно определить переменную индуктивность будем пользоваться некоторыми допущениями и компенсационным методом, в котором задействуем ещё аналогичный соленоид с постоянным положением соленоида (зафиксируем физически), пары резисторов и осциллографом с которого будем измерять напряжение в момент открытия клапана с двух точек, показанных на рисунке (рис.3).



(рис.3)

За счёт того, что первый соленоид отличен от второго только тем, что у него есть сердечник, который меняет индуктивность явным образом, а у второго сердечник зафиксирован и его малые колебание сравнительно малы то, этим можно воспользоваться:

$$\begin{cases} L_1 = L_0(I) + \delta L \\ L_2 = L_0(I) + o \end{cases} \quad (1)$$

В данной цепи представленной на (рис.2) можно записать следующие уравнения в дифференциальном виде:

$$\begin{cases} U(t) = L_1 \dot{I}_1 + \dot{L}_1 I_1 + I_1 R_1 \\ U(t) = L_2 \dot{I}_2 + \dot{L}_2 I_2 + I_2 R_2 \end{cases} \quad (2)$$

Где $U(t)$ зависимость напряжения на конденсаторе от времени. Приравняв данные уравнения получаем:

$$L_1 \dot{I}_1 + \dot{L}_1 I_1 + I_1 R_1 = L_2 \dot{I}_2 + \dot{L}_2 I_2 + I_2 R_2 \quad (3)$$

Подставив наше представление о индуктивности получим следующее уравнение:

$$L_0 \dot{I}_1 + \delta L \dot{I}_1 + \dot{L}_0 I_1 + \delta \dot{L} I_1 + I_1 R_1 = L_0 \dot{I}_2 + \dot{L}_0 I_2 + I_2 R_2 \quad (4)$$

Наши снятые показания будут соответствовать следующим величинам:

$$\begin{cases} U_2 = R_1 I_1 \\ U_2 + U_1 = R_2 I_2 \end{cases} \quad (5)$$

Где $U_1 \ll U_2$. Тогда с учётом что R_1 и R_2 подобраны что бы сократить разницу между токами ещё больше то:

$$I_1 = I_2 \quad (6)$$

И в нашем уравнении сокращаются следующие величины $L_0 \dot{I}_1$ и $L_0 \dot{I}_2$; $\dot{L}_0 I_1$ и $\dot{L}_0 I_2$:

$$\delta L \dot{I}_1 + \delta \dot{L} I_1 + I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (7)$$

Преобразуем с учётом (5):

$$\delta L \dot{I}_1 + \delta \dot{L} I_1 = U_1 \quad (8)$$

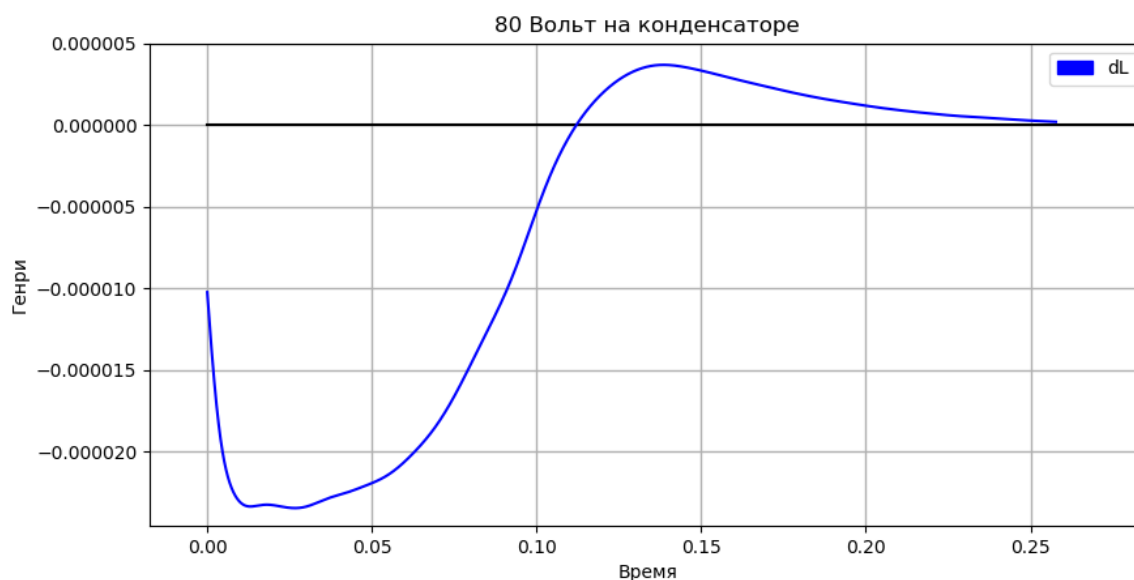
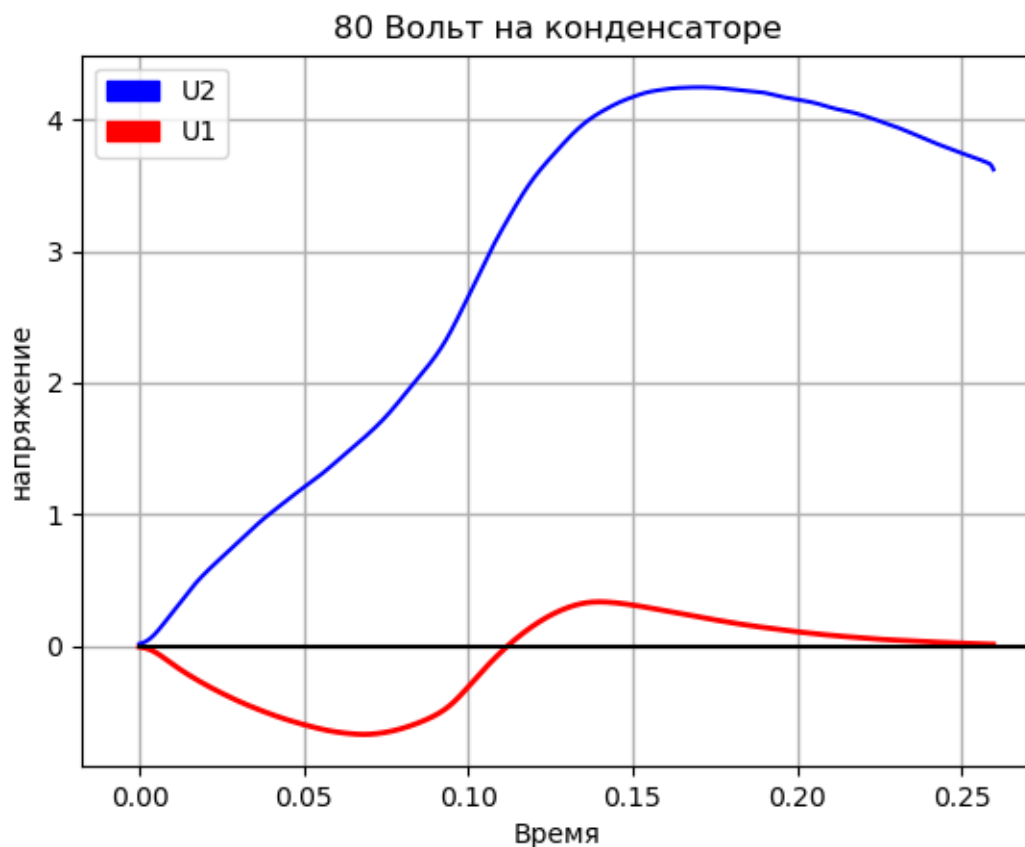
У нас за очень короткое время относительно сильно меняется ток и в сравнении с ним изменение индуктивности мало, то есть $\delta L \dot{I}_1 \gg \delta \dot{L} I_1$. Затем получаем следующее:

$$\delta L = U_1 / \dot{I}_1 \quad (9)$$

В конечном итоге по графику определяем время открытия клапана.

Численное вычисление изменения индуктивности

Сгладим полученные результаты и получим следующие графики:



получено время открытия клапана на конденсаторе заряженного до 80 вольт
время открытия = $0,135 \pm 0,005$ секунд.

Вывод

Измерные времени быстрого клапана это весьма важная по моему мнению задача, т. к. клапан открывается и в некоторых моментах особенно в работе с плазмой доли секунд играют большую роль.