

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТУАТОР ФОРСУНКИ

А.А. Стрелец, аспирант, НАКУ “ХАИ”

Аннотация. В статье рассмотрена проблема контроля величины перемещения пьезопривода форсунки. При помощи экспериментальных исследований определена целесообразность использования в пьезопроводе пьезоэлементов выполненных по схеме ДД-ТР. Также определены вид переходной характеристики и амплитуда выходного сигнала.

Ключевые слова: пьезоэлектрический актуатор, форсунка, пьезопровод, пьезоэлемент.

П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ АКТУАТОР ФОРСУНКИ

О.О. Стрелець, аспірант, НАКУ “ХАІ”

Анотація. У статті розглянута проблема контролю величини переміщення п'єзо приводу форсунки. За допомогою експериментальних досліджень визначена доцільність використання в п'єзо приводі п'єзо елементів виконаних за схемою ДД-ТР. Також визначені вид перехідної характеристики та амплітуда вихідного сигналу.

Ключові слова: п'єзоелектричний актуатор, форсунка, п'єзо привод, п'єзо елемент.

PIEZO ELECTRIC ACTUATOR OF INJECTOR

O. Strilets, post graduate student, NAKU “KhAI”

Abstract. The problem of determination of expedience of the use of piezoelectric sensors in piezo actuators, connected with the scheme of TR-TR, is considered. The transitional characteristics and amplitude of output signal also is determinate.

Key words: piezo electric actuator, injector, piezo drive, piezo electric sensor.

Введение

Для осуществления возможности контролировать перемещение клапана пьезофорсунки в процессе эксплуатации предлагается в качестве пьезопривода форсунки использовать пьезопровод, работающий как на обратном, так и на прямом пьезоэффекте [1]. Управление процессом впрыска топлива осуществляется при помощи электрического сигнала амплитудой $U_{вх}=110$ вольт, подаваемого на входные электроды пьезопривода форсунки (рис.1). При подаче электрического напряжения происходит изменение размеров пьезопривода форсунки и перемещение запорного штока. После снятия напряжения пьезопровод форсунки возвращает свои размеры к

начальным. Контроль перемещения пьезопривода форсунки осуществляется по сигналу, снимаемому с выходных электродов пьезопривода (рис.1). Исходя из явления обратного пьезоэффекта, формирование сигнала происходит при перемещении пьезопривода форсунки, и на выходных электродах возникает заряд, величина которого пропорциональна величине перемещения ΔX пьезопривода форсунки [2].

Таким образом, контроль перемещения ΔX пьезопривода форсунки осуществляется по амплитуде сигнала снимаемого с выходных клемм пьезопривода. На рис.1 схематически отобразён один пьезоэлемент пьезопривода.

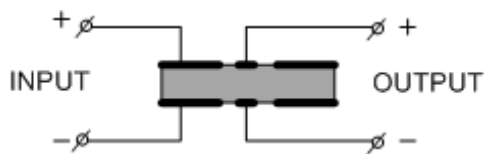


Рис. 1. Пьезоэлемент пьезопривода

Анализ публикаций и материалов

Наиболее похожим аналогом пьезоэлемента пьезопривода является пьезоэлектрический трансформатор [3]. Пьезоэлектрический трансформатор – это пьезоэлемент с двумя системами электродов – входной и выходной, к одной из которых подключен источник электрических колебаний (например, генератор), а ко второй нагрузка (например, измерительный прибор).

По конструкции и взаимному расположению электродов пьезоэлемент пьезопривода аналогичен дисковому пьезоэлектрическому трансформатору. Основным параметром пьезоэлектрических трансформаторов является коэффициент трансформации K [4]. При использовании пьезоэлементов в пьезоприводе данный коэффициент также является наиболее важным, поскольку влияет на точность определения величины перемещения пьезопривода ΔX . Чем меньше коэффициент трансформации K , тем точнее можно определить величину перемещения пьезоэлемента ΔX . Коэффициент трансформации определяется по формуле

$$K = U_{\text{вх}} \setminus U_{\text{вых}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{вх}}$ - амплитуда электрического сигнала подаваемого на входные электроды, $U_{\text{вых}}$ - амплитуда электрического сигнала снимаемого с выходных электродов.

При возбуждении пьезоэлектрического трансформатора на радиальной моде колебаний поток энергии через цилиндрическую поверхность остаётся неизменным для любого радиуса и, следовательно, в центре диска происходит концентрация энергии. Если генераторную секцию трансформатора расположить в центре диска, происходит повышение коэффициента трансформации за счёт концентрации энергии. Уменьшение толщины пьезоэлектрического трансформатора приводит к увеличению коэффициента трансформации. Взаимное расположение и размер электродов также влияет на величину

коэффициента трансформации, причем, чем больше соотношение площадей входных, выходных электродов $S_{\text{вх}}/S_{\text{вых}}$, тем меньше коэффициент трансформации и больше перемещение пьезоэлемента.

Таким образом, для получения максимального перемещения и осуществления возможности контроля перемещения конструкция пьезопривода должна предусматривать наличие входных, выходных электродов, причём площадь входных электродов должна быть как можно больше, а выходных как можно меньше. Пьезоэлемент, отображённый на рис. 1, по способу расположения электродов на поверхности и подключению является аналогом традиционного пьезотрансформатора (Тр). Традиционными называются пьезотрансформаторы у которых угол α между вектором входного и выходного вектора электрического поля и вектором поляризации равен нулю. Пьезотрансформаторы у которых угол $0 < \alpha \leq 90^\circ$ являются доменно-диссипативными (ДД-ДД) (рис.2) [5].

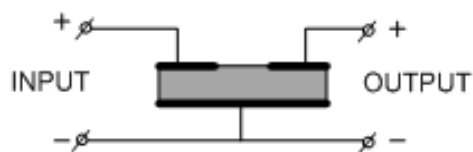


Рис. 2. Пьезоэлемент подключенный по схеме ДД-ДД

Цели и постановка задачи исследования

Два варианта подключения, рассмотренные ранее (рис.1,2), являются основными, и каждая схема обладает как достоинствами, так и недостатками. Для получения пьезопривода, выполняющего требования большого перемещения, наличия функции контроля и линейности характеристики возможно использование значительного количества комбинаций основных вариантов схем, основными требованиями которых является линейность характеристики в широком диапазоне и как можно меньшее значение угла между вектором входного и выходного вектора электрического поля и вектором поляризации. Основной задачей экспериментального исследования является определение переходной характеристики пьезоэлемента выполненного по схеме ДД-ТР (рис.3).

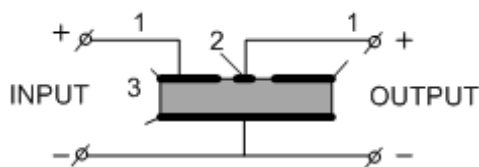


Рис. 3. Пьезоэлемент, подключенный по схеме ДД-ТР

Основной материал

Для проведения экспериментальных исследований пьезоэлемент подключается по схеме, отображённой на рис.4.

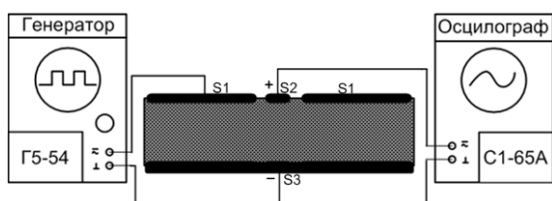


Рис. 4. Схема подключения пьезоэлемента

На входные электроды пьезоэлемента поочередно подаётся электрическое напряжение с амплитудами 20, 30, 40, 50 В. Форма входного сигнала отображена на рис.5. На рис.6 отображена переходная характеристика при входном электрическом напряжении амплитудой 50 В.

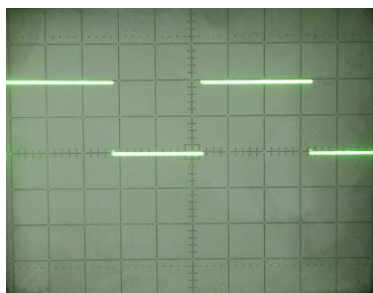


Рис. 5. Форма входного электрического сигнала амплитудой 20 В

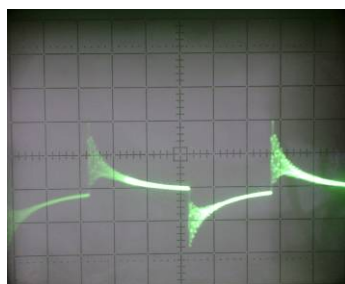


Рис. 6. Переходная характеристика при входном напряжении 50 В

Выводы

Результаты эксперимента представлены в табл.1. Данные о величине выходного напряжения пьезоэлемента, подключенного по схеме ТР-ТР взяты из [1]. По графикам, отображённым на рис.5,6, и результатам измерения, отображённым в табл.1, можно сделать вывод, что использование в пьезоприводе пьезоэлементов, выполненных по комбинированной схеме ДД-ТР, позволяет с меньшими искажениями производить контроль перемещения, без значительного уменьшения амплитуды выходного сигнала.

Таблица 1

Входное напряжение, В	20	30	40	50
Схема ДД-ТР. Выходное напряжение, В	8	14	18	22

Литература

1. Пат. № 54009 України, МКП(2006) F02M 51/00. П'єзопривід / М.Д. Кошовий, О.О. Стрілець. – № u201004629; Заявл. 19.04.10; Опубл. 25.10.10, Бюл. №20.
2. Пат. № 34947 України, МКП(2006) F02D 41/40. Пристрій керування системою вприскування палива / М.Д. Кошовий, О.О. Стрілець (Україна). – №u200804544; Заявл. 09.04.2008; Опубл. 26.08.2008, Бюл. №16.
3. Пьезоэлектрические преобразователи / В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ю.Ю. Бондаренко [и др.] / Под ред. В.М. Шарапова. – Черкассы; ЧГТУ, 2004. – 435 с.
4. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики / Под ред. В.М. Шарапова. – М.: Техносфера, 2006. – 632 с.
5. Стрелец А.А. Определение оптимального расположения электродов пьезопривода форсунки. // Научно-практический журнал "Электротехника и Электромеханика". – 2011. – № 4.
6. Системы впрыска топлива BOSCH / Сост. В.А. Дервянко; Пер. с пол. В. Мицкевич. - М.: Петит, 2000. – 200с.

Рецензент: М.Л. Угрюмов, профессор, д.т.н., НАКУ "ХАИ".

Статья поступила в редакцию 12 сентября 2011 г.