

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА КЛАПАНА ФОРСУНКИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЯ

©2016 А.А. Кудрявцев, А.Г. Кузнецов, С.В. Харитонов, Д.С. Ворнычев

ООО «ТрансСенсор», г. Москва

### INVESTIGATION ON ELECTROMAGNETIC VALVE ACTUATOR OF FUEL INJECTOR FOR DIESEL FUEL EQUIPMENT SYSTEM

Kudryavtsev A.A., Kuznetsov A.G., Kharitonov S.V., Vornychyev D.S.  
(LLC TransSensor, Moscow, Russian Federation)

*The method of controllable electromagnetic valve design for diesel fuel equipment system is proposed considering the need to ensure dimensions of fuel injector inner chamber. Method is based on theoretical analysis, static and transient calculations of electromagnetic actuator.*

Объектом исследования является электромагнитный привод клапана форсунки аккумуляторных систем подачи топлива в дизель (рис. 1). Привод состоит из магнитопровода 1, в котором расположена пружина 2, обмотки магнита 3, корпуса 4, якоря 5 с клапаном топливоподачи 6.

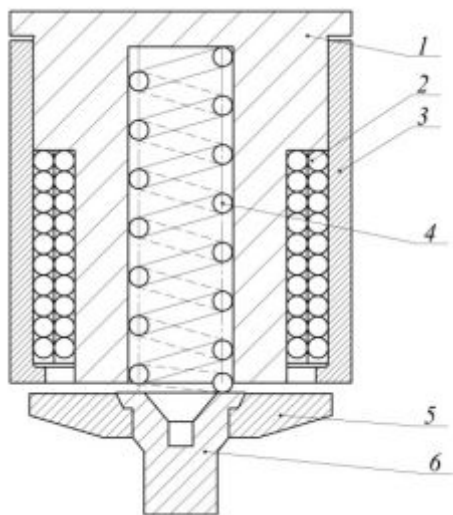


Рис. 1. Схема привода

При теоретическом анализе параметры привода определялись с использованием уравнений перемещения якоря и изменения тока в обмотке магнита.

Перемещение якоря с клапаном  $x$  во времени  $t$  описывается вторым законом Ньютона

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = F_э - F_{np} - F_c,$$

где  $m$  – масса якоря с клапаном;  $\frac{d^2x}{dt^2}$  – ускорение клапана;  $F_э$  – сила электромагнитного привода;  $F_{np}$  – сила пружины;  $F_c$  – сила сопротивления движению (на данном этапе ис-

следования не учитывалась сила давления топлива в клапанной полости форсунки).

Изменение тока  $i$  описывалось с помощью баланса электродвижущих сил и напряжений в электрической цепи обмотки магнита (второй закон Кирхгофа)

$$L \frac{di}{dt} + i = \frac{U}{R'}$$

где  $L$  – индуктивность электромагнита;  $U$  – напряжение управляющего импульса, подаваемого на катушку магнита от блока управления;  $R'$  – активное сопротивление катушки.

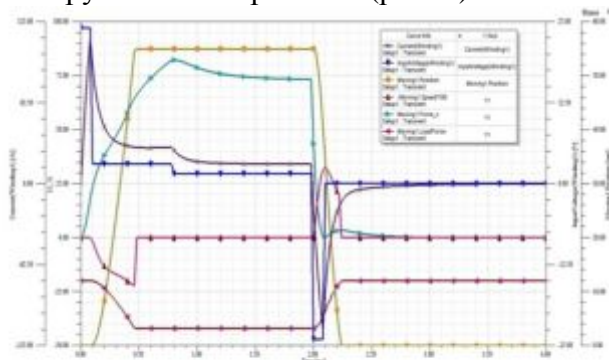
Теоретический анализ электромагнитного привода с использованием базовых физических уравнений позволил выявить основные особенности его работы и наметить конструктивные варианты для дальнейшего исследования, которое включало статический и динамический расчёты привода. Существенное влияние на характеристики привода оказывает конфигурация катушки электромагнита: диаметр провода, число слоёв обмотки, количество витков в слое. Далее в качестве примера приведены результаты расчётного исследования для базовой конструкции привода, изображённой на рис. 1 (вариант 1), и конструкций, отличающейся количеством слоёв обмотки магнита: четыре слоя в варианте 2 и один слой в варианте 3.

Статический и динамический расчёты привода проводились с использованием специализированной компьютерной программы ANSYS Maxwell 16.0.

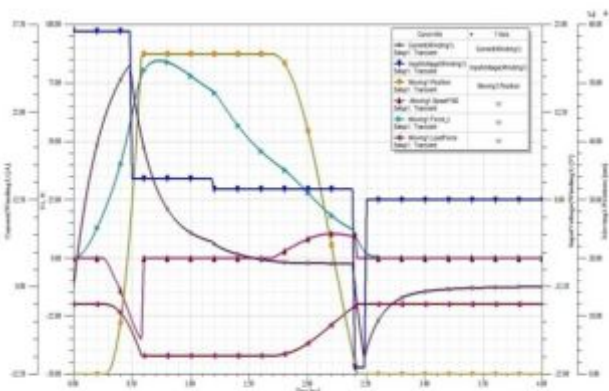
При статическом расчёте получены зависимости электромагнитной силы от тока и поля распределения магнитной индукции в материале магнитопровода, которые предос-

тавляют информацию об участии различных частей магнитопровода в усилении магнитного поля, и показывают возможные варианты изменения формы магнитопровода.

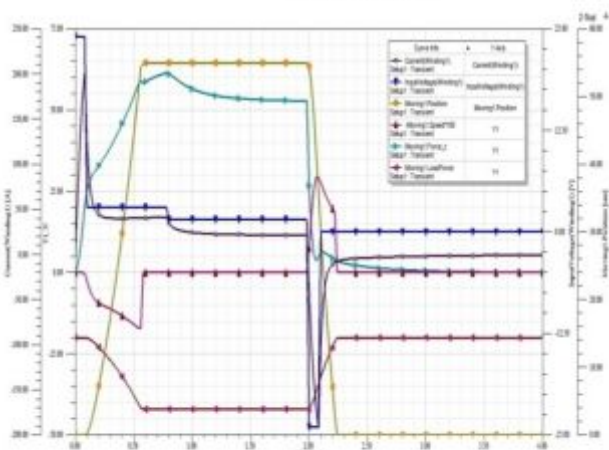
В результате динамического расчёта привода получены зависимости от времени его основных параметров для рассмотренных конструктивных вариантов (рис. 2).



Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3

Рис. 2. Переходные процессы

Переходные процессы изменения электрических параметров, действующих в приводе сил, и перемещения якоря характеризуют быстродействие и особенности работы рассмотренных конструктивных вариантов привода.

На основе результатов проведённого исследования, в соответствии с требованиями к конкретной аккумуляторной системе подачи топлива в дизель, принимается решение о выборе конструкции электромагнитного привода управляющего клапана.

При расчётном исследовании рассматривались конструктивные варианты привода, отличающиеся относительными размерами магнитопровода, размерами и количеством слоёв обмотки магнита.

При статическом расчёте привода проводилось варьирование конструктивными параметрами электромагнита, и для исследуемых вариантов определялась зависимость электромагнитной силы привода от тока при постоянной величине первоначального зазора между якорем и корпусом магнита (рис. 1).

Кроме зависимостей электромагнитной силы от тока среди результатов статического расчёта представляют интерес поля распределения магнитной индукции в материале магнитопровода. Эти поля дают информацию о том, насколько рационально используется материал магнитопровода для усиления, создаваемого в приводе магнитного поля, и показывают возможные варианты изменения конструкции привода.

В данной работе представлены результаты, полученные при выполнении прикладных научных исследований по теме «Разработка систем управления, адаптация датчиков и исполнительных механизмов топливной аппаратуры с перспективными техническими показателями» (уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57915X0095 при финансовой поддержке Минобрнауки России в виде субсидии из федерального бюджета).