

МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА АВТОМОБИЛНА ДЮЗА ЗА ВПРЪСКВАНЕ НА БЕНЗИН

Славчо Божков
stbozhkov@vtu.bg

*Катедра “Транспортна техника”
Висше транспортно училище “Тодор Каблешков” – София
ул. “Гео Милев” №158, 1574 София
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: автомобил, дюза, параметри, впръскване на бензин

Резюме: Основният елемент в автомобилните горивни уредби за впръскване на бензин са електромагнитните горивни дюзи. Чрез тях се извършва впръскването на горивото и според продължителността на тяхното отворено състояние се определя цикловото количество гориво [1]. Електромагнитните дюзи се задействуват от електромагнит и впръскват горивото в пълнителния тръбопровод при системно налягане [2]. Те осигуряват прецизно дозиране на горивото в зависимост от работния режим на двигателя. Дюзите се управляват от крайни стъпала (драйвери) в електронния блок за управление (ЕБУ) въз основа на сигнал с параметри, определени от системата за управление на двигателя. От особено важно значение е синхронизирането и бързодействието на дюзите с цел увеличаване на мощността и икономичността и снижаването на вредните емисии на автомобилните двигатели. Синхронизирането е свързано от една страна с впръскване във функция от реда на работа на двигателя и от друга – с еднаква продължителност и количество на впръскването гориво. Същевременно дюзите работят при условия, при които се налага постоянна компенсация и адаптация от ЕБУ. Това пък е свързано с тяхното бързодействие, измервано с показатели, от които по-важни са минималната стойност на електромагнитната задействуваща сила и минималното време за отваряне и затваряне.

Статията разглежда методика за определяне на електромагнитните параметри на автомобилни електромагнитни дюзи за впръскване на бензин в пълнителния тръбопровод на двигателя.

Теоретична постановка

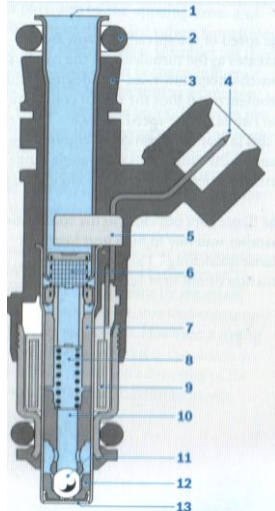
Автомобилните електромагнитни дюзи (фиг.1) като правило се състоят от следните елементи [2]:

- 1) Корпус 3 с електрически клеми 4 и вход за гориво 1;
- 2) Намотка на електромагнита 9;
- 3) Водач 10, запресован към игла 11;

- 4) Уплътняващо седло 12 с плочка с разпръскващи отвори 13;
- 5) Клапанна пружина 8.

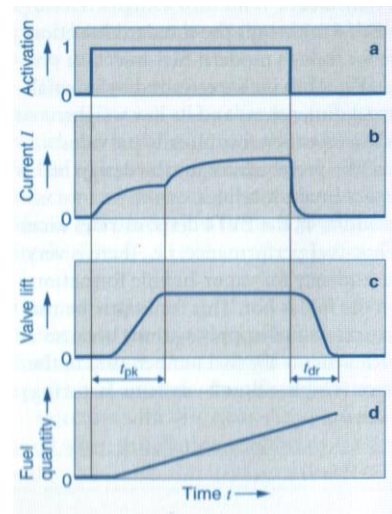
За да се осигури стабилна работа на дюзата за изработване на металните елементи, които влизат в контакт с горивото (т.е. бензина) се използва неръждаема стомана. Вътрешността на дюзата се предпазва от замърсяване чрез филтърна цедка б в началото на горивния вход.

Драйверът в ЕБУ (най-често система Motronic) задействува дюзата с управляващ сигнал (фиг.2а). Токът в намотката на електромагнита нараства (схема б) и това води до повдигане на иглата (схема с). Максималното повдигане (пълния ход) на иглата се постига след време t_{pk} (pickup time, време за пълно отваряне). Горивото започва да се впръсква веднага щом като иглата започне да се повдига от уплътняващото седло. Общото количество на впръснатото гориво за едно впръскване се изменя по характеристиката, показана на схема d.



Фиг.1. Принципна схема на автомобилна дюза за впръскване на бензин:

1-входен щуцер; 2-О-пръстен; 3-горен корпус; 4-електрически клемми; 5-електрическа връзка; 6-филтър; 7-котва; 8-пружина; 9-намотка; 10-долен корпус; 11-игла; 12-седло; 13-разпръскващи отвори



Фиг.2. Характеристики на задействуване:

а-задействуващ сигнал
 б-ток през намотката
 с-ход на иглата
 д-количество впръснато гориво

Токът през намотката намалява до нула, когато се прекрати управляващия сигнал. Инерцията на подвижните части (водач, игла, пружина) довежда до затваряне на дюзата, но с известно забавяне. Дюзата се затваря напълно след време t_{dr} (dropout time, време за пълно затваряне). Когато дюзата е напълно отворена, количеството впръсквано гориво е пропорционално на времето. Нелинейната част от характеристиката при отваряне и затваряне на дюзата (времената t_{pk} и t_{dr}) трябва да бъде компенсирани през целия период на задействуване на дюзата (продължителност на впръскване t_{id} , injection duration). Скоростта, с която се повдига иглата също зависи и от напрежението на акумулаторната батерия.

Методика

Силата P , с която електромагнитът привлича водача и свързана с него игла, се определя по формулата [3]:

$$(1) \quad P = \frac{4(IW)^2 S}{\delta^2} 10^{-5},$$

където: P е електромагнитната сила, g;
 IW е броят на ампернавивките, бр.;
 S – сечението на сърцевината, mm^2 ;

δ – разстоянието между водача и сърцевината (ход на котвата), mm.

При зададена сила P , формула (1) обикновено се преобразува, за да се определи необходимия брой ампернавивки:

$$(2) \quad IW = 50\delta \sqrt{10 \frac{P}{S}}.$$

Сечението S при автомобилните дюзи се приема сечението на корпуса на дюзата, който затваря магнитната верига. Оптималната стойност на S може да се определи приблизително от израза:

$$(3) \quad S = \frac{P}{10},$$

където S е сечението на дюзата, mm².

От (3) се вижда, че оптимално е онова сечение S , при което на всеки квадратен милиметър се пада по 10 g сила на притегляне.

След определяне на ампернавивките IW , за получаване на силата P , при зададени работен ток i и напрежение U може да се изчислят броят на навивките на намотката и нейното съпротивление R :

$$(4) \quad n = \frac{(IW)}{i},$$

$$(5) \quad R = \frac{U}{i}, \Omega.$$

Съгласно законите на теоретичната електротехника [4], токът през намотката се изменя по формулата:

$$(6) \quad i = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right), \text{ A},$$

където L е индуктивността на намотката, H;
 t – времето, s.

Индуктивността L е свързана с броят навивки на намотката по формулата:

$$(7) \quad n = K\sqrt{L},$$

където K е коефициент, зависещ от материала на сърцевината.

Коефициентът K се взема от таблици или номограми [3]. Индуктивността може да се определи и емпирично по методика в специалната литература.

За да се получи силата в нютони, формула (1) се преобразува, съгласно втори закон на Нютон:

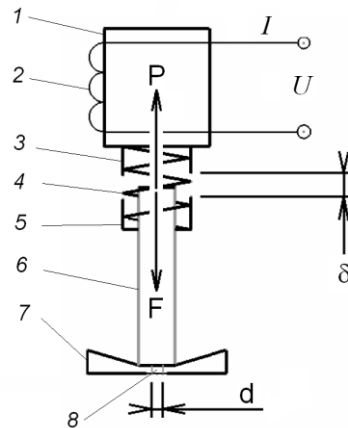
$$(8) \quad P = \frac{4(IW)^2 S}{\delta^2} 10^{-2} g, \text{ N},$$

където g е земното ускорение, m/s².

Резултати

Като изходен модел на изчисленията е използвана автомобилна електромагнитна дюза, чиято схема е показана на фиг.3. Електромагнитните параметри на дюзата са представени в табл.1 заедно с основните механични и хидравлични параметри.

Съгласно гореприведените зависимости са извършени изчисления за определяне на електромагнитните параметри с отчитане на влиянието на напрежението на акумулаторната батерия при старт на двигателя. Минималните, номиналните и максималните стойности на напрежението (U_{\min} , U_n , U_{\max}), тока (I_{\min} , I_n , I_{\max}) и електромагнитната сила (P_{\min} , P_n , P_{\max}) са приведени в табл.1. Изменението на тези параметри са показани на фиг.4 до фиг.6.



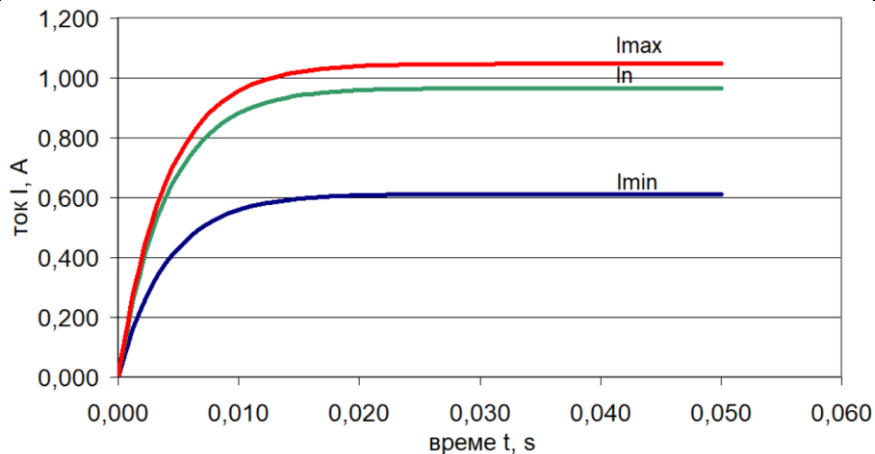
Фиг.3. Изчислителна схема:

1-електромагнит; 2-намотка; 3-котва; 4-пружина; 5-водач; 6-игла; 7-корпус; 8-впръскващ отвор; d -диаметър на впръскващия отвор; δ -ход на иглата

Таблица 1

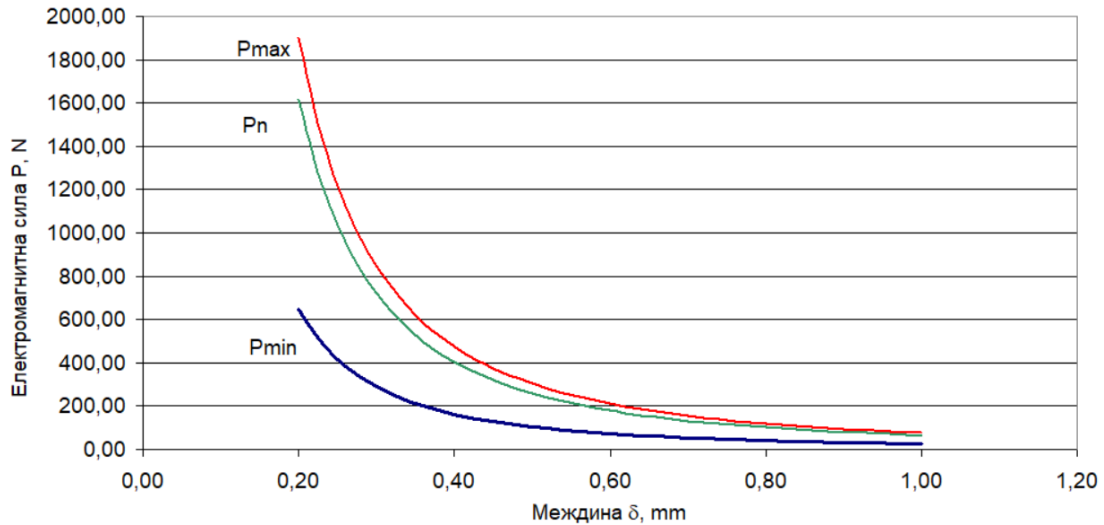
Изчислителни параметри

Параметър	Означение	Мярка	Стойност		
Електромагнитни параметри					
Работно напрежение	U	V	U_{min}	U_n	U_{max}
			9,00	14,20	15,40
Работен ток	I	A	I_{min}	I_n	I_{max}
			0,612	0,966	1,048
Съпротивление	R	Ω	14,7		
Индуктивност	L	H	0,060		
Брой навивки	n		1000		
Ход на иглата	δ	mm	1,00		
Електромагнитна сила	P	N	P_{min}	P_n	P_{max}
			25,97	64,70	76,15
Механични параметри					
Маса на иглата	$m_{игла}$	g	0,7191		
Маса на водача	$m_{водач}$	g	1,000		
Маса на пружината	$m_{пружина}$	g	0,2151		
Диаметър на впръскващия отвор	d	mm	0,15		
Брой на впръскващите отвори	m		2		
Пружинна сила	F	N	10		
Хидравлични параметри					
Вид на горивото			течен бензин		
Работно налягане на горивото	$p_{гориво}$	bar	1,5 – 4,5		
Плътност на горивото (25 ⁰ C)	$\rho_{гориво}$	g/cm ³	0,719		



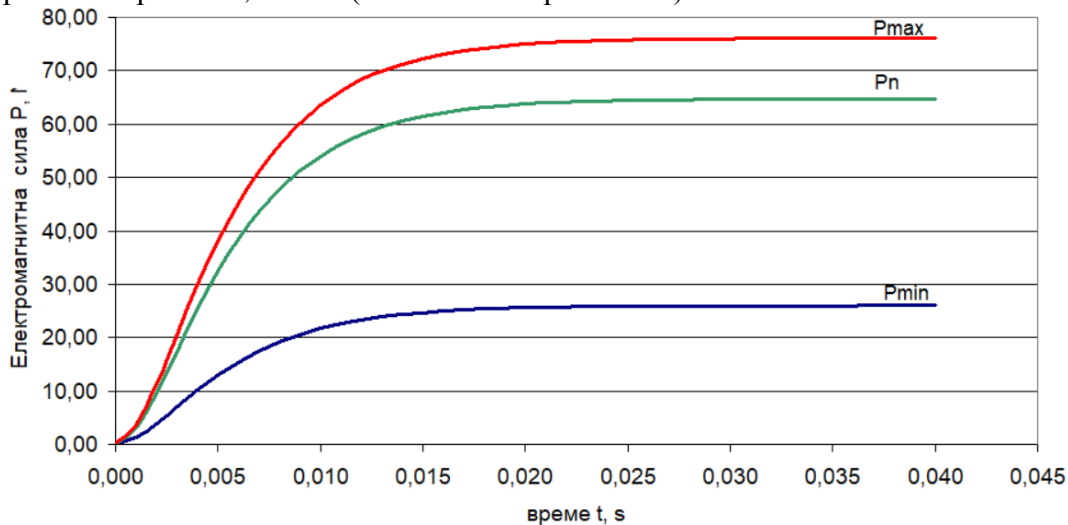
Фиг.4. Характеристика на работния ток

Максималната стойност на тока в зависимост от напрежението се достига за около 0,015 s, което е в сила и за трите характеристики.



Фиг.5. Характеристика на електромагнитната сила в зависимост от междината (хода на иглата)

Стойността на електромагнитната сила за трите стойности на напрежението е изчислена при напълно затворена игла или за максималния ход на иглата, т.е. при $\delta = 1,00$ mm. Това се прави с цел определяне на запас от сила за задвижване на иглата. При започването на отварянето на иглата и намаляването на междината δ , електромагнитната сила нараства по експоненциален закон и теоретично клони към безкрайност при $\delta = 0,00$ mm (напълно отворена игла).



Фиг.6. Характеристика на електромагнитната сила в зависимост от времето при фиксирана междина

Времето за достигане на максималната стойност на електромагнитната сила е представено на фиг.6. Максималната стойност на електромагнитната сила се достига за време еднакво с това на работния ток, и има еднакъв характер на нарастване. По този начин може да се определи конкретната стойност на електромагнитната сила P за конкретна междина и период от време, както и да се определи времето t_{min} за достигане на изискваната минимална стойност на електромагнитната сила P_{min} за отварянето на иглата, което да се съгласува с честотния режим на двигателя и оттам да бъде записано в управляващия алгоритъм на системата за управление.

Заклучение

Представена е методика за изчисляване на електромагнитните параметри на автомобилни дюзи за впръскване на бензин в пълнителния тръбопровод на двигателя.

Предложени са критериите t_{min} и P_{min} за оценка на електромагнитните параметри на дюзи за впръскване на бензин в пълнителния тръбопровод на двигателя.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Denton T. Automobile Electrical and Electronic Systems, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, 2004.
- [2] Konrad R. Gasoline Engine Management. ISBN 978-3-658-03963-9, Springer Vieweg, 2015
- [3] Рачев Д. Справочник на радиолюбителя, Техника, София, 1990
- [4] Генов Л. Теоретични основи на електротехниката, Техника, София, 1991

METHOD OF DEFINING THE AUTOMOTIVE GASOLINE INJECTOR ELECTROMAGNETIC PARAMETERS

Slavcho Bozhkov
stbozhkov@vtu.bg

*Department of Transport Equipment,
Todor Kableshkov University of Transport
Geo Milev str. 158, 1574 Sofia
BULGARIA*

Key words: *automotive, injector, parameters, injection*

Abstract: *The automotive gasoline injection systems main elements are the electromagnetic fuel injectors. The injectors perform the gasoline injection and its open condition duration determines the fuel quantity per working cycle [1]. The injectors are activated by solenoid and inject the gasoline in the engine manifold at the system pressure [2]. The gasoline injectors are ensuring precise fuel metering according to engine work mode. The injectors are controlled by power stages (drivers) in the electronic control unit (ECU) with the control signals, whose parameters are defined by the engine management system. The injectors synchronizing and speed activating has a special significance and influence the increasing of the power and efficiency and the decreasing the harmful emissions of the automotive engines. The synchronization of the electromagnetic gasoline injectors is connected by one hand of the injection according engine work order and by the other – with equal fuel injection duration injection quantity. Meanwhile the injectors work at such conditions, which imposed constant compensation and adaptation activities by the ECU. This circumstance is connected with requirements of speed activating, which is measured by indicators, such as minimal electromagnetic activating force and minimal opening and closing time.*

This paper is considered the method of defining the electromagnetic parameters of the automotive electromagnetic gasoline injectors for manifold gasoline injection.