УКРАЇНА

(19) UA (11) 43252 (13) A

(51) 7 F02M51/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

видається під відповідальність власника патенту

(54) ФОРСУНКА

(21) 2001052972
(22) 03.05.2001
(24) 15.11.2001
(33) UA
(46) 15.11.2001, Бюл. № 10, 2001 р.
(72) Семенов Володимир Григорович, Ломов Сергій Георгійович
(73) Семенов Володимир Григорович, UA, Ломов Сергій Георгійович, UA
(57) Форсунка для двигуна внутрішнього згоряння, що містить корпус з розташованою в ньому електричною котушкою, обмежник ходу запірної голки, встановленої в обоймі, з'єднаної з корпусом і встановленої по осі котушки, у зазорі між останньою й обоймою встановлений якір, яка **відрізняється** тим, що форсунка оснащена відбивачем з немагнітного матеріалу з високою питомою електричною провідністю, що розміщений в обоймі, а якір встановлений у зазорі між відбивачем і електричною котушкою, при цьому відстань між обмежником ходу запірної голки і її верхньою торцевою поверхнею не менша максимального ходу голки.

Винахід відноситься до двигунобудування, стосовно до паливовпорскувуючої апаратури з електричним керуванням.

Відомі електромагнітні форсунки, призначені для дозування і розподілу палива по циліндрах двигуна.

До таких форсунок можна віднести форсунку системи НВО ЦНІПА (Покровский Г.П. Электроника в системах подачи топлива автомобильных двигателей. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. - С. 114, рис. 89).

Недоліки даної конструкції:

- наявність електромагніта у виді електричної котушки з великою індуктивністю, що не дозволяє забезпечити інтенсивний рух запірного органа форсунки /клапана/ і приводить до "млявого" протікання початкової і кінцевої стадій характеристик впорскування палива;
- якір /клапан/ є елементом магнітної системи і повинний мати феромагнітну масу, при цьому величина електромагнітного зусилля пропорційна феромагнітній масі, а прискорення руху якоря, навпроти, зворотно пропорційне цій масі. Перераховані вище недоліки знижують техніко-економічні показники двигуна.

Відома електромагнітна система форсунки фірми Брико (див. попереднє посилання, с. 117, рис. 97).

Недолік - нестабільність циклових подач палива через зміну від циклу до циклу некерованих тимчасових параметрів руху запірного органа форсунки з електромагнітною системою, що приводить до погіршення техніко-економічних показників двигуна.

За прототип за конструктивною ознакою узята форсунка (див. Патент України, 11204 C1 F02M51/00. Форсунка для двигуна внутрішнього згоряння. Опубл. 25.12.1996. Бюл. № 4).

Форсунка для двигуна внутрішнього згоряння, що містить порожній корпус з каналом підведення палива, закріпленому на корпусі розпилювач із сідлом і розпилювальним отвором, розміщені в порожнині корпусу електромагнітну котушку, якір, виконаний у виді диска з немагнітного матеріалу з високою питомою електричною провідністю, запірну голку з запірною і направляючою частинами, і блок керування, який має електричний зв'язок з електромагнітною котушкою, причому запірна голка прецизійно сполучена направляючою частиною з корпусом форсунки і роз'єднує порожнину корпусу на підголкову і надголкову камери, запірна частина голки взаємодіє із сідлом розпилювача, а канал підведення палива з'єднається з підголковою камерою, друга електромагнітна котушка має електричний зв'язок з блоком керування і розміщена в порожнині корпусу форсунки з зазором щодо першої котушки, а якір виконаний пружним, жорстко зв'язаний із запірною голкою і встановлений у зазорі між електромагнітними котушками з попереднім натягом, що забезпечує закрите положення запірної голки при відсутності керуючого сигналу на електромагнітних котушках.

Форсунка працює в такий спосіб.

При подачі від блока керування імпульсу струму на одну з котушок голка форсунки піднімається, паливо надходить у циліндр. Подача імпульсу струму через деякий проміжок часу на іншу котушку приводить до запирання розпилювального отвору голкою і припиненню подачі палива.

(19) UA (11) 43252 (13) A

До недоліків прототипу відноситься:

- наявність у блоці керування двох блоків формування імпульсів струму ускладнює електричну схему керування, що знижує надійність роботи приводу форсунки;
- наявність у приводі форсунки двох електричних котушок ускладнює конструкцію форсунки і приводить до збільшення енергоємності приводу, що негативно позначається на паливній економічності і надійності роботи пристрою.

Метою пропонованого винаходу є поліпшення паливної економічності двигуна шляхом зменшення енергоємності приводу форсунок і підвищення надійності його роботи.

Поставлена мета здійснюється такими ознаками.

Ознаки загальні з прототипом:

- корпус форсунки, з розташованою в ньому електричною котушкою, запірна голка, обмежник ходу голки в обоймі, з'єднаної з корпусом і встановленої в неї котушці, у зазорі між останньою й обоймою встановлений якір.

Ознаки нові в порівнянні з прототипом:

- відбивач, виконаний з немагнітного матеріалу з високою питомою електропровідністю, розміщений в обоймі, з'єднаної з корпусом і встановленої по осі електричної котушки;
- якір встановлений у зазорі між відбивачем і електричною котушкою;
- відстань між обмежником ходу запірної голки і її верхньою торцевою поверхнею не менша максимального ходу голки.

Істотні відмінності:

- авторам не відомі конструкції форсунок, споряджені відбивачем з немагнітного матеріалу з високою питомою електропровідністю, і з якорем, розміщеним у зазорі між відбивачем і електричною котушкою.

Сукупність вищевказаних ознак дозволяє забрати одну електричну котушку і блок формування імпульсів струму з блока керування, що приводить до зниження енергоємності приводу форсунки, спрощенню її конструкції, підвищенню надійності роботи пристрою і, в остаточному підсумку, до поліпшення паливної економічності двигуна.

У форсунці, що пропонується, використаний ефект протитиску на якір з боку відбивача, викликаного електродинамічною силою, що утворюється при взаємодії вдруге наведених вихрових струмів з магнітним полем первинно наведених вихрових струмів у якорі (см. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. Белый И.В., Фертик С.М., Хименко Л.Т., Харков, изд. объединение "Вища школа", 1977. С. 2). Це протитиск на якір сприяє динамічному руху запірної голки при її посадці.

Для забезпечення заданого протитиску на якір з боку відбивача необхідно домагатися еквідистантного положення поверхні якоря і поверхні відбивача при відкритому положенні голки, а також визначеної товщини якоря і величини його питомої електропровідності.

У кожній конкретній конструкції форсунки ця задача вирішується шляхом підбора радіусу сферичної поверхні відбивача радіусу прогину якоря при заданих матеріалі якоря і його товщині.

На фіг. 1 показаний загальний вид форсунки в момент, коли імпульс струму в котушці відсутній, голка форсунки знаходиться в закритому положенні.

На фіг. 2 представлені схеми електричні принципові блока керування /БК/, що складає з блока підвищення напруги /БН/, модуля формування імпульсів струму /МФІ/, електронного пристрою зсуву імпульсів струму /ПЗІ/ і задатчика керуючих сигналів /ЗС/.

На фіг. 3 представлені графіки струму *i*, що протікає через обмотку електричної котушки електродинамічної сили Fд, що діє на якір для випадку, коли відсутній протитиск на нього з боку відбивача.

На фіг. 4а схематично представлені струми, що протікають в обмотці котушки, у якорі й у відбивачі, і зв'язані з ними магнітні потоки.

На фіг. 4б представлені графіки електродинамічних сил, що діють на якір як з боку котушки, так і з боку відбивача.

Форсунка для двигуна внутрішнього згоряння містить корпус 1 з розташованим у ньому жиклерами 2 і 3, каналом 4 підведення і каналом 5 відводу палива, закріплений на корпусі 1 розпилювач 6 з розпилювальним отвором 7, електричну котушку 8, якір 9, виконаний у вигляді диска з немагнітного матеріалу з високою питомою електричною провідністю, запірну голку 10 із запірною і направляючою частинами і блок керування 11, який має електричний зв'язок з котушкою 8, причому запірна голка 10 прецизійно сполучена з направляючою частиною в корпусі 1 форсунки і роз'єднує порожнину корпусу 1 на підголкову і надголкову камери, запірна частина голки 10 взаємодіє з розпилювачем 6, а канал 4 підведення палива через жиклер 2 з'єднаний з підголковою камерою, відбивач 12, виконаний з немагнітного матеріалу з високою питомою електричною провідністю, розміщений в обоймі 13, з'єднаної з корпусом 1 і встановлений із зазором щодо котушки 8, в обоймі 13 розміщений обмежник 14 ходу запірної голки 10, якір 9 жорстко зв'язаний із запірною голкою 10 і встановлений у зазорі між котушкою 8 і відбивачем 12 з попереднім натягом, що забезпечує закрите положення запірної голки 10 при відсутності керуючого сигналу на електричній котушці 8, якір 9 своєю периферійною частиною взаємодіє з кільцевим упором 15, виконаним на обоймі 13, блок керування 11 має електричний зв'язок з датчиком ВМТ 16, що взаємодіє з відмітником ВМТ 17, установленим на колінчастому валу 18.

Підбором сполучення жиклерів 2 і 3 можна регулювати рівномірність подачі палива по окремих циліндрах при регулюванні на стенді.

Форсунка працює в такий спосіб. При подачі від блока керування 11 імпульсу струму через обмотку котушки 8 в області котушка 8 - якір 9 - відбивач 12 виникає імпульс магнітного потоку Фк /див. фіг. 4а/. Цей потік Фк перетинає якір 9, наводячи в ньому вихровий струм $i_{ВТЯ}=f(Фк)$ і проникає частково у відбивач 12, наводячи в ньому вихровий струм $i_{ВТ1}=f(Фк)$. При взаємодії вихрових струмів $i_{ВТЯ}$ й $i_{ВТ1}$ з магнітним полем котушки Фк відповідно виникають імпульси електродинамічних сил $F_{Д1К}$ и $F_{Д2К}$, що діють на якір 9 /див. фіг. 4б/. Тому що величина магнітного потоку Фк, зчепленого з відбивачем 12 істотно менше, ніж потоку Фк, зчеп-

леного з диском 9, то і величина імпульсу електродинамічної сили $F_{Д2К}$ істотно менше, ніж величина імпульсу електродинамічної сили $F_{Д1К}$. Під дією сумарної електродинамічної сили $F_{ДК}$, коли величина $F_{ДК}$ перевищить величину сили пружності якоря 9, запірна голка 10 починає рух і відкриє розпилювальний отвір 7 у розпилювачі 6. При цьому починається впорскування палива, що надходить через жиклер 2 з каналу 4 підведення палива. При цьому запірна голка 10, пройшовши відстань, що відповідає її підйому, своєю верхньою торцевою частиною упреться в обмежник 14. При підході якоря 9 до відбивача 12 більш помітним стає відштовхуюча дія електродинамічної сили $F_{Д2К}$, тобто відбувається більш "м'яке" зіткнення запірної голки 10 з обмежником 12 без помітного збільшення часу руху запірної голки на відкриття. При підйомі сегментний виступ на запірній голці 8 перекриє жиклер 3 і припиниться перепуск палива через канал 5 відводу палива.

Вихровий струм $i_{ВТЯ}$ в якорі 9 створює свій імпульс магнітного потоку $Ф_Я$, зчеплений з відбивачем 12. Отже, у відбивачі наводиться вихровий струм $i_{ВТ2}=f(Ф_Я)$, протилежний за знаком вихровому струму $i_{ВТ1}$, і зсунутий щодо останнього на інтервал Δt_2. При взаємодії вихрового струму $i_{ВТЯ}$ з магнітним полем якоря $Ф_Я$ виникає імпульс електродинамічної сили $F_{ДО}$, протилежний за знаком імпульсу електродинамічної сили $F_{ДК}$ і зсунутий щодо останнього на інтервал Δt_2. Графіки імпульсів електродинамічних сил показані на фіг. 4б (на фіг. 4б не показані відповідні цим електродинамічним силам вихрові струми $i_{ВТ1}$, $i_{ВТ2}$, $i_{ВТЯ}$). Амплітудні значення імпульсів електродинамічних сил $F_{Дmax}$, - $F_{Дmax}$, тривалість цих імпульсів $\Delta t_{UК}$, $\Delta t_{Uо}$, час зрушення Δt_2 визначаються:

- індуктивністю й активним опором обмотки електричної котушки 8;
- ємністю і напругою заряду конденсатора С1 /див. фіг. 2/;
- товщиною і питомою електропровідністю матеріалу, з якого виготовлений якір 9;
- питомою електропровідністю матеріалу, з якого виготовлений відбивач 12;
- початковим положенням якоря 9 у зазорі між котушкою 8 і відбивачем 12.

Розрахунок електродинамічних зусиль приведений в (см. Электродинамические усилия в токоведущих частях электрических аппаратов и токопроводах. - И.Ф. Кузнецов, Г.Н. Цицикян. - Л.: "Энергоатомиздат", 1989. С. 153-156).

Під дією негативної напівхвилі імпульсу електродинамічного зусилля $F_{ДК}$ запірна голка 10 рухається на закриття. При цьому закривається розпилювальний отвір 7 і припиняється впорскування палива. Відкривається жиклер 3 і відбувається перепуск палива через канал 5 відводу палива. Форсунка залишатиметься в закритому положенні до наступного імпульсу струму через обмотку котушки 8. Тому що тривалість імпульсу струму, а отже й імпульсу електродинамічної сили $F_{ДК}$, є величиною постійної (див. фіг. 3, 4а, 4б) і не залежить від режиму роботи двигуна, то регулювання циклової подачі забезпечується шляхом зміни тиску палива в каналі, що підводить паливо до форсунки і зміною ефективного прохідного перетину дроселя в цьому каналі (Вихерт М.М., Мазинг М.В. Топливная аппаратура автомобильных дизелей: Конструкция и параметры. – М.: Машиностроение, 1978. С. 58-61).

Розглянемо як функціонує блок керування /БК/ (див. фіг. 2).

Структурно блок керування /БК/ складається з блока підвищення напруги /БПН/, модуля формування імпульсів струму /МФІ/, пристрою зсуву імпульсів струму /ПЗІ/ і задатчика керуючих сигналів /ЗС/.

Блок підвищення напруги /БПН/ містить:

Тр1 - силовий підвищувальний трансформатор;

R1 - нерегульований резистор;

Д1 - напівпровідниковий діод.

Модуль формування імпульсів струму /МФІ/ містить:

С1 – імпульсний конденсатор;

Т1 - силовий тиристор.

Електронний пристрій зсуву імпульсів струму /ПЗІ/ містить:

Тр2 - розділовий імпульсний трансформатор;

ОПТ - однопереходний транзистор;

СТ - стабілітрон;

С2 - оксидно-напівпровідниковий /танталовий/ конденсатор;

Д2 - напівпровідниковий діод;

R2÷R6 - нерегульовані резистори;

R7 - регульований резистор.

Задатчик керуючих сигналів /ЗС/, що включає в себе датчик 16 і відмітчик 17 ВМТ, може мати різні принципові і конструктивні виконання. У блоці керування /БК/ показана одна з найпростіших можливих конструкцій ЗС на основі обертового кулачкового механізму, механічно зв'язаного з колінчастим валом двигуна внутрішнього згоряння.

При включенні БПН на перемінну напругу за допомогою трансформатора Тр1 відбувається підвищення напруги до заданої величини. Випрямна за допомогою діода Д1 напруга подається на конденсатор С1 модуля формування імпульсу струму МФІ. Резистор R1 необхідний для обмеження зарядного струму конденсатора С1. При цьому конденсатор С1 заряджається до напруги, рівної амплітудному значенню напруги на вторинній обмотці трансформатора Тр1. Після заряду конденсатора С1 до заданої напруги МФІ готовий до роботи.

Електронний пристрій зсуву імпульсів струму /ПЗІ/ працює в такий спосіб. При спрацьовуванні задатчика керуючих сигналів /ЗС/ у заданий момент часу постійна напруга подається на ПЗІ і починає заряджатися конденсатор С2. Час заряду конденсатора С2 визначається величинами опору резисторів R5÷R7. Коли напруга на С2 досягне максимальної напруги на емітері транзистора ОПТ останній відмикається і подає керуючий імпульс струму на керуючий електрод тиристора Т2 і відкриває його. Через навантаження (трансформатор Тр2, резистор R2 і керуючий електрод тиристора Т1) починає протікати струм відкриття тиристора Т1. Тиристор Т1 відкривається і через обмотку електричної котушки 8 починає протікати імпульс розрядного струму *і* конденсатора С1 (фіг. 3). Час протікання цього синусоїдального імпульсу струму дорівнює Δt_U і визначається параметрами розрядного контуру (ємністю і напругою заряду конденсатора С1, індуктивністю й омічним опором обмотки електричної котушки 8). Як було

показано, при протіканні імпульсу струму в обмотці електричної котушки 8 на якір 9 діє електродинамічна сила $F_Д$, що має форму, близьку до синусоїди і діє в той же часовий проміжок, що й імпульс струму *i*.

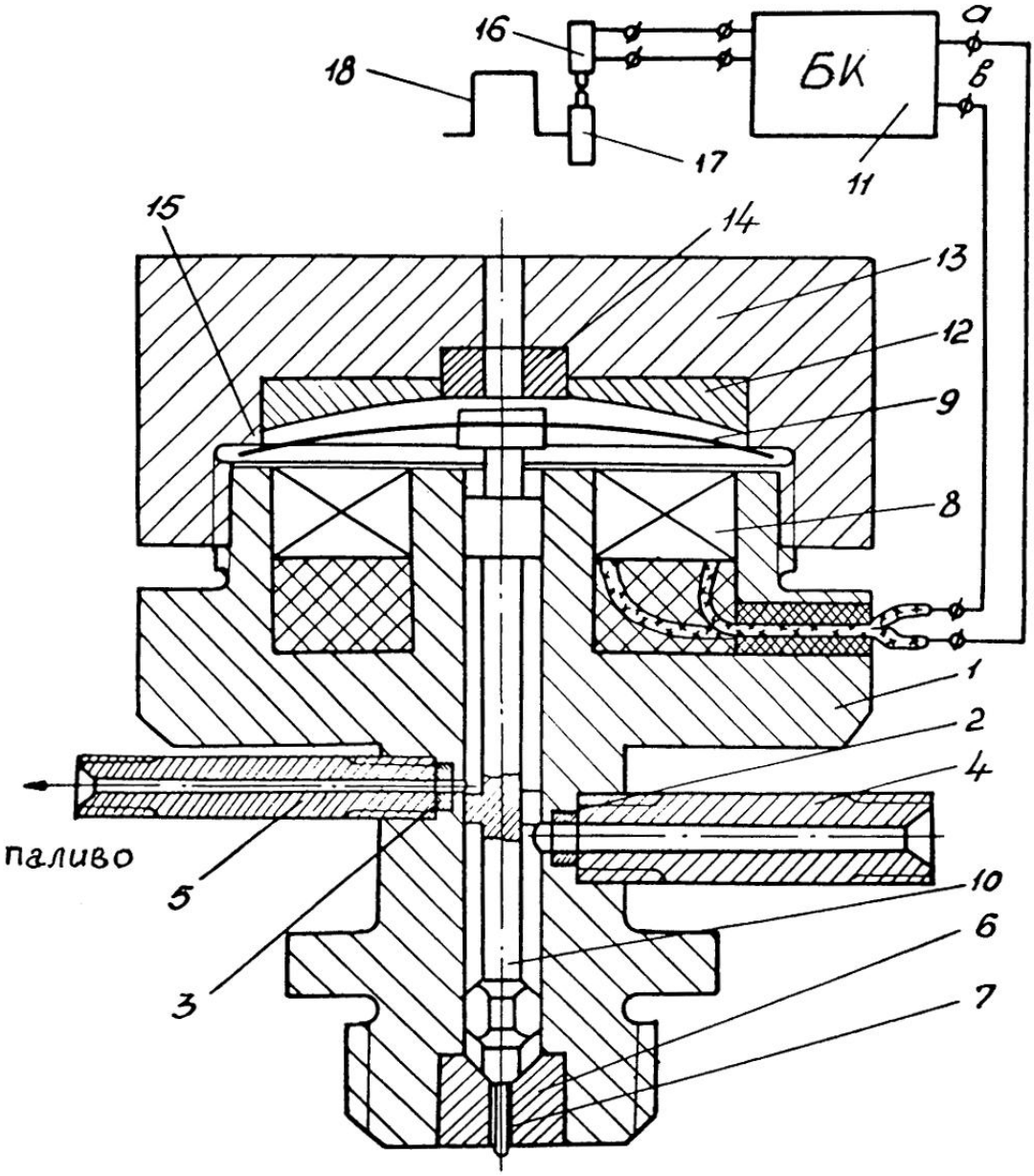
Коли тиристор Т2 відмикається, напруга на ОПТ швидко знижується менш, ніж до 2В. При цьому так само швидко знижується напруга на конденсаторі С2, замикаючи при цьому ОПТ і припиняючи протікання керуючого імпульсу струму через тиристор Т2. Таким чином, вибираючи визначені співвідношення між величинами ємності конденсатора С2 і опору резисторів R5÷R7 можна регулювати витримку часу Δt_1 (фіг. 3) від моменту спрацьовування задатчика керуючих сигналів /ЗС/ до відкриття тиристора Т1, тобто до моменту включення електричної котушки 8.

При зміні частоти обертання двигуна відбувається зміна інтервалу часу Δt_1. Це здійснюється механічним зв'язком реохорди або повзуна регульованого резистора R7 з органом керування частотою обертання колінчастого валу двигуна і відповідним підбором величини опору резистора R7.

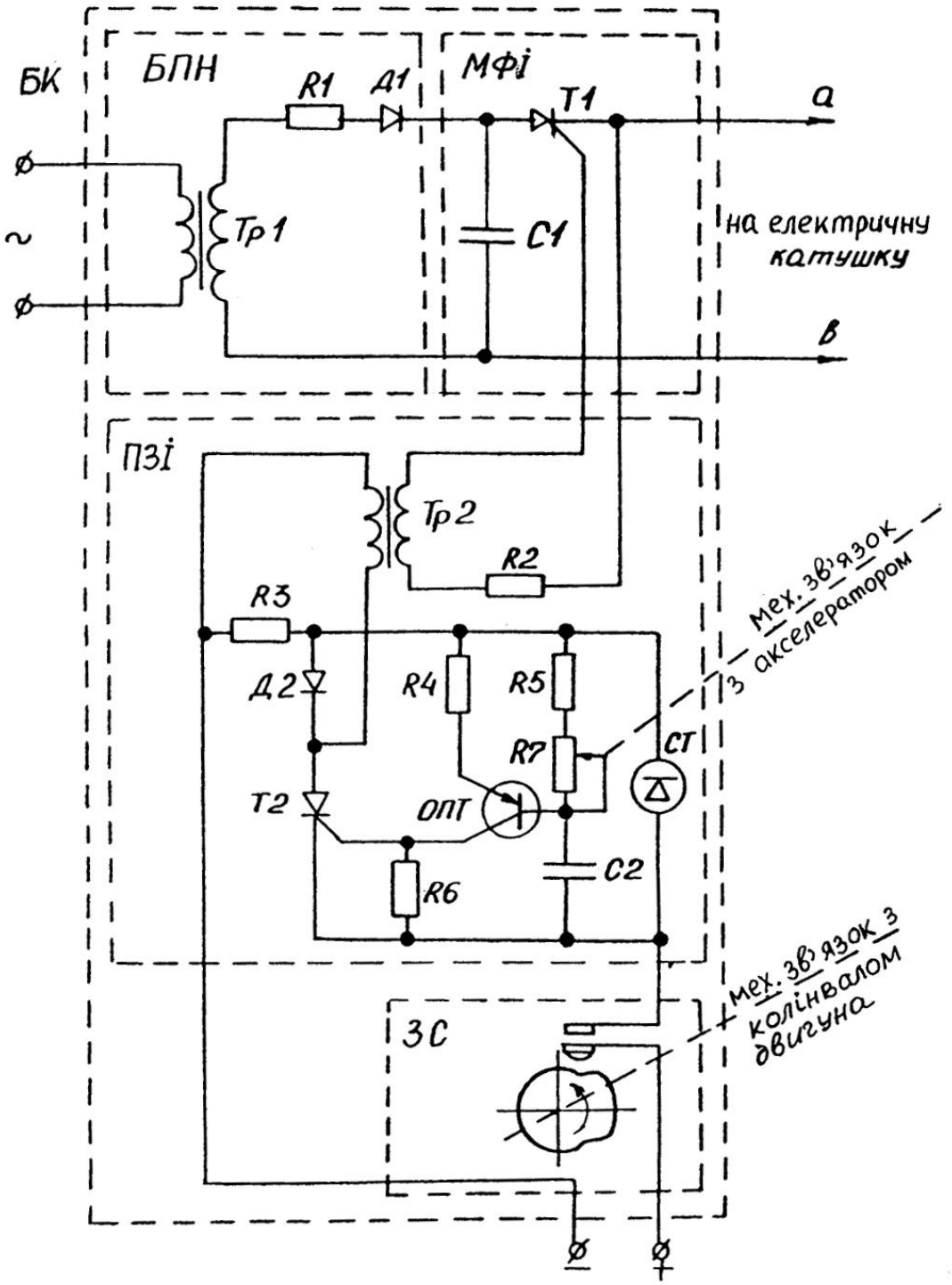
Розрахунок кулачкового механізму задатчика керуючих сигналів /ЗС/ визначається такими основними умовами:

- замикання контактів ЗС відбувається в той момент, починаючи від якого за інтервал часу Δt_1 колінчастий вал двигуна провернеться на заданий кут від моменту ВМТ;
- мінімальний час замкнутого стану контактів ЗС забезпечить надійне спрацьовування тиристора Т2 і, відповідно, тиристора Т1;
- максимальний час замкнутого стану контактів ЗС не більше проміжку часу, при якому ПЗІ надійно знеструмлюється до моменту наступного включення електричної котушки 8 на максимальній частоті обертання режиму роботи двигуна.

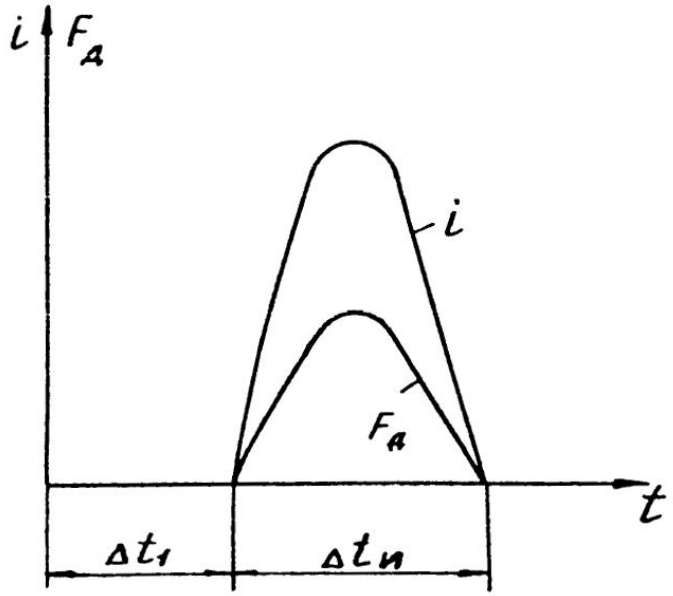
Застосування в БК пристрою зсуву імпульсів /ПЗІ/ дозволяє змінювати, в залежності від режиму роботи двигуна, момент початку впорскування палива.



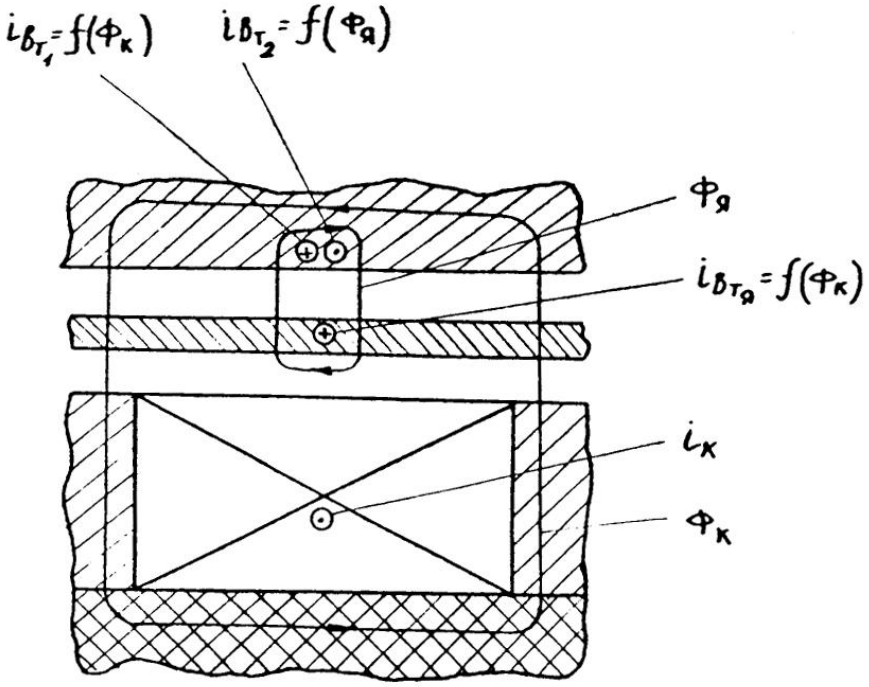
Фіг. 1


БК
БПН
R1
Д1
МФІ
Т1
а
Тр1
С1
на електричну котушку
в
ПЗІ
Тр2
R2
R3
Д2
R4
R5
R7
СТ
Т2
ОПТ
С2
R6
мех. зв'язок з акселератором
ЗС
мех. зв'язок з колінвалом двигуна

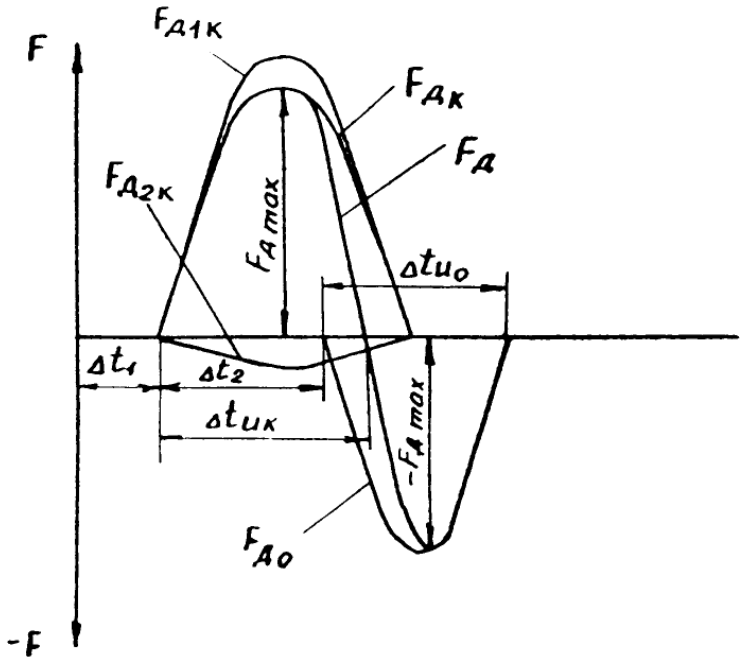
Фіг. 2


i
$F_д$
i
$F_д$
t
Δt_1
$\Delta t_п$

Фіг. 3


$i_{ВТ_1} = f(\Phi_к)$
$i_{ВТ_2} = f(\Phi_д)$
$\Phi_д$
$i_{ВТ_д} = f(\Phi_к)$
$i_к$
$\Phi_к$

Фіг. 4а



Фіг. 4б

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам._____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22