

## FORGÓDUGATTYÚS BELSŐÉGÉSŰ MOTOR

### INTERNAL COMBUSTION ENGINE ROTARY PISTON

Papp István<sup>1</sup>, Máté Márton<sup>2</sup>, Popa-Müller Izolda<sup>3</sup>, Kakucs András<sup>4</sup>, Tolvaly-Roșca Ferenc<sup>5</sup>, Forgó Zoltán<sup>6</sup>, Lőrincz András<sup>7</sup>

<sup>1...7</sup> Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, Koronka, Segesvári út, 1/C

<sup>1</sup>pappistvan1944@yahoo.com, <sup>2</sup>mmate@ms.sapientia.ro, <sup>3</sup>ipmuller@ms.sapientia.ro, <sup>4</sup>kakucs@ms.sapientia.ro, <sup>5</sup>feri@ms.sapientia.ro, <sup>6</sup>zforgo@ms.sapientia.ro

#### Abstract

The paper discusses the construction principle and the operating mode of a special internal combustion engine having pentangular rotary pistons. Due to the specific form of the piston and the housing, a high number of ignition occurs during a complete rotation. Thus the engine can be imagined as a gas turbine engine having a controlled number of ignitions. As a consequence the speed of the piston can be low, which leads to a longer service life of the engine and an improved ignition. Because of the high number of explosions in a cycle, the load is almost constant and the friction is barely even there. There is no deadlock. During 20% of the working cycle two rotary pistons are in ignition phase that generates a torque on the crankshaft instead a simple moment.

**Keywords:** engine, rotary piston, construction, operating mode

#### Összefoglalás

Jelen tanulmány egy ötoldalú forgódugattyús motor felépítését és működési elvét ismerteti. A felépítés sajátosságaiából következik, hogy a teljes fordulat alatt keletkező robbanások száma sokkal nagyobb, mint a hagyományos robbanómotoroké. Emiatt a bemutatott megoldás úgy is elképzelhető, mint egy ellenőrzött robbanásszámmal rendelkező turbóhajtómű. A magas robbanásszám lehetővé teszi, hogy a dugattyú alacsony fordulatszámon működjön, ami a motor élettartamának növekedéséhez és hatékonyabb égéshez vezet. A teljes fordulat alatt bekövetkező robbanások gyakorisága majdnem állandó nyomatókat eredményez, a sűrűlási erők negatív hatása pedig minimális. A motornak nincs holtpontja. A ciklus 20 százaléka alatt egyszerre két dugattyúban történik robbanás, így a keletkező erők elméletileg erópárt alkotnak, ami a főtengelyen tiszta csavaró nyomatékot hoz létre.

**Kulcsszavak:** motor, forgódugattyú

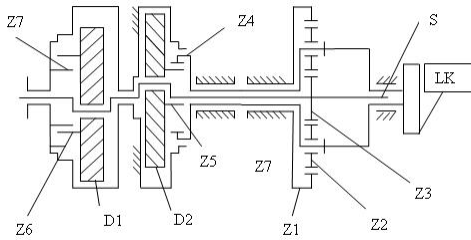
#### 1. A motor általános leírása

A tanulmány tárgyát képező forgódugattyús motor kétlépcsős felépítésű, ahogyan az **1. ábrán** szemléltetett kinematikai vázlatból kitűnik. Az első lépcsőt egy, a forgódugattyúval szinkronban működő, szintén forgódugattyús kompresszor egészíti ki. A motor működése a beépített boly-

gómű hatása miatt kinematikai szempontból lényegesen eltér a Wankel-féle motor működési elvétől.

A motor működését a bolygómozgást végző  $D_2$  forgódugattyú különböző helyzeteinek megfelelő, az általa létrehozott pillanatnyi égésterekben létrejövő robbanások biztosítják. A  $D_2$  dugattyú az  $R_x$  mértékű körhagyással rendelkező S főtengely ex-

centrikus szakaszára és a hozzá rögzített külső fogazású  $Z_5$  fogaskeréken keresztül a  $Z_4$  belső fogazású központi kerékre támaszkodik.



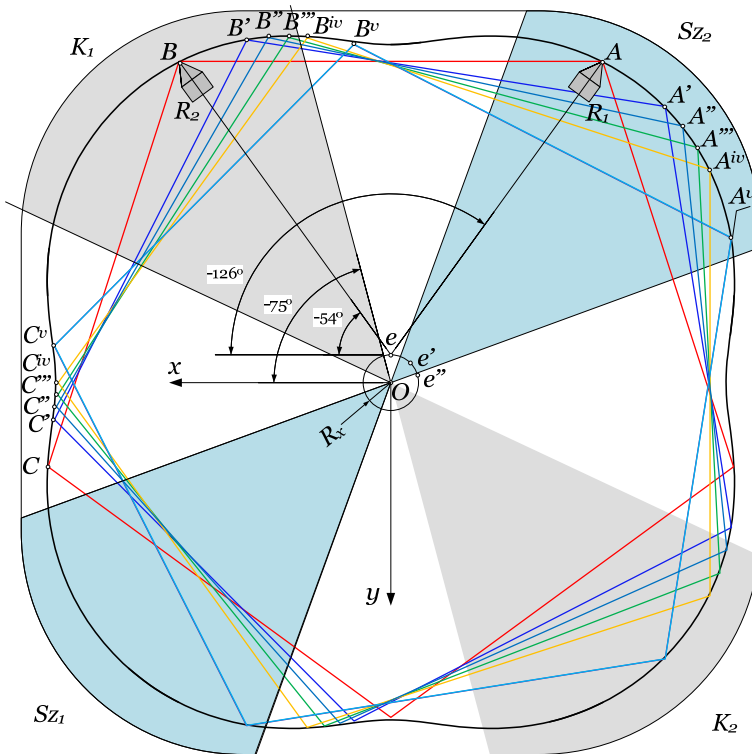
1. ábra. A motor kinematikai vázlata

Az excentrikus főtengeley a forgódugattyú keringését, míg a  $Z_5/Z_4$  belső kapcsoló-

dású fogaskerékpár a saját tengelye körüli elfordulását biztosítja.

A  $Z_4$  központi kerékhez rögzített és vele egytengelyű tartótengely-rendszerre vannak illetve a  $Z_2$  bolygókerékek. Ezek a  $Z_1$  – állványhoz rögzített – napkeréken gördülnek le, miközben meghajtják az S főtengeleyhez rögzített  $Z_3$  külső fogazású keréket és ezzel együtt a főtengeleyt. Így valósul meg a  $D_2$  dugattyú jól meghatározott bolygómozgása. A dugattyú által hajtott  $Z_4$  központi kerék a motor kimenő tengelyére van rögzítve, akár az LK lendkerék.

A kompresszor  $D_1$  dugattyújának bolygómozgását az S főtengeley és a dugattyúhoz rögzített belső fogazású  $Z_6$  fogaskeréknek a  $Z_7$  rögzített külső fogazású fogaskeréken való legördülése biztosítja.



2. ábra. A motordugattyú helyzetei

## 2. A motor működése

A motor működését a **2. ábrán** szemléltettük. A kinematikai és dinamikai számításokat az [1–3] alapján végeztük el. Mind a forgódugattyú, mind az S főtengely az óramutató járásával megegyező irányba, azaz negatív szögvel fordul el, úgy, hogy a főtengely szögsebessége a dugattyú szögsebességénél 5-ször nagyobb. A motornak két, szimmetrikusan elhelyezett beömlő- és ezeknek megfelelő két kiömlőnyílása van.

Indítsuk a vizsgálatot attól a pillanattól kezdve, mikor a motor forgódugattyújának  $AB$  oldala – amelyet 1-es elemi dugattyúnak is nevezhetünk – az  $Ox$  tengellyel párhuzamosan (alatta) helyezkedik el. Ebben a helyzetben a főtengely  $Oe$  excenterének az  $Ox$  tengellyel bezárt szöge  $\varphi = -90^\circ$ . A forgódugattyú ötszögének minden csúcsában egy-egy radiális tömítőgyűrű biztosítja az elemi robbanókamrák nyomástűrését. A kezdő helyzetben az  $AB$  elemi dugattyú  $R_1$  radiális gyűrűje  $-126$  fokra, míg az  $R_2$   $-54$  fokra helyezkedik el az  $Ox$  tengely pozitív irányításához mérve. Ebben a helyzetben a dugattyú és a hüvely közé zárt, a dugattyú forgása alatt állandóan változó alakú és kiterjedésű tér eléri a minimumértékét, és kommunikál a  $(-25^\circ, -75^\circ)$  szögintervallumra kiterjedő kiömlőnyílással.

Feltételezzük, hogy a dugattyú  $-9$  fokkal fordul el, így az 1-es dugattyú az  $A'B'$ , a 2-es pedig a  $B'C'$  helyzetet foglalja el. Ez alatt az elfordulás alatt a dugattyú vákuumot képez, mivel az 1-es kamra szívónyílása zárva van. Ebben a helyzetben a  $B'C'$  elemi dugattyú a robbanás utáni kiterjedési fázisát végzi, és szimmetria vonala  $-27$  fokos szöget zár be az  $Ox$  tengely pozitív irányával. A dugattyú elfordulásának, az áttételeknek megfelelően, a főtengely  $-45$  fokos elfordulása felel meg. Ezáltal a dugattyú középpontja  $R_x \sin(-135^\circ)$  értéknek megfelelő pozícióba, azaz az  $Ox$  tengely alá kerül.

Fordítsuk el a dugattyút további 3 fokkal, aminek következtében a dugattyúk az  $A''B''$ , illetve  $B''C''$  helyzetbe kerülnek. Ez azt jelenti, hogy az  $Ox$  tengelyhez viszonyított kezdeti helyzetéhez képest  $-12$  fokkal vannak elfordulva. Az 1-es dugattyú  $B$  csúcsába illesztett  $R_2$  gyűrű  $-66$  fokot zár be az  $Ox$  tengellyel. Ebben a helyzetben nyit a szívónyílás, ugyanakkor a kipufogónyílás is nyitva van.

A dugattyú  $-15$  fokos elfordulása után ( $A'''B'''$ ,  $B'''C'''$  helyzet) a főtengely  $-75$  fokot fordul el, a dugattyú középpontja pedig  $R_x \sin(-165^\circ)$  értékkel fennebb kerül. Az 1-es dugattyú hátsó gyűrűje  $-69$  fokot zár be az  $Ox$  tengellyel, vagyis a dugattyú  $-75$  fokra elhelyezett kiömlőnyílása zárul.

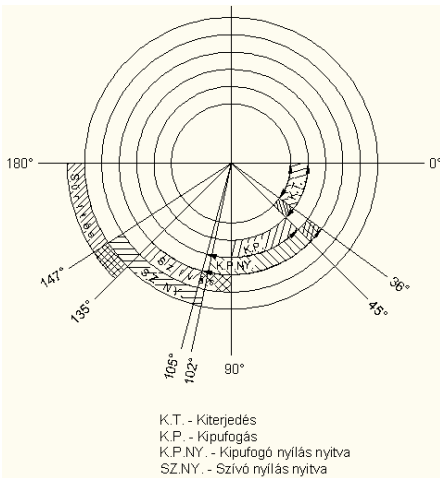
Legyen a dugattyú pillanatnyi elfordulási szöge  $-18$  fok ( $A^{iv}B^{iv}$ ,  $B^{iv}C^{iv}$  helyzet). A főtengely  $-90$  fokot fordul el. A dugattyú visszahúzódik, ezáltal megnyílik teljesen az 1-es dugattyú beömlőnyílása. Az 1-es henger feltöltődik. A 2-es hengerben folytatódik a kiterjedés fázisa, amely fázisszöge már csak 9 fokkal tér el az alsó holtpontnak megfelelő helyzettől és 4 fokkal a kipufogónyílás szimmetriatengelyétől.

Fordítsunk a dugattyún még 9 fokot ( $A^vB^v$ ,  $B^vC^v$  helyzet). Ebben a helyzetben az 1-es dugattyú elfordulási szöge  $-27$  fok, a 2-es dugattyú szimmetriatengelyének helyzete  $-45$  fok, a főtengelynek pedig az  $Ox$  tengelyhez viszonyított elfordulása  $-135$  fok. A 2-es dugattyú szívónyílása teljesen nyitva van. Ebben a pozícióban kezdődik a 2-es dugattyú sűrítési fázisa. Az 1-es dugattyú folytatja a szívó fázist egészen a  $-135$  fok elfordulási szögig.

Figyelembe véve, hogy a 2-es dugattyú szívónyílása teljesen nyitva van, nem kezdődhetik a sűrítési fázis mindaddig, amíg a dugattyúra helyezett tömítőgyűrű nem zárja el a szívónyílást. A terv szerint a 2-es dugattyú szívónyílása a főtengely  $-180$  fokos elfordulása után záródik, ami a dugattyú szimmetriatengelye 36 fokos helyzetének

felel meg. Ez annyit jelent, hogy a 45 fokos sűrítési szögből csak 36 fok használható. Tehát a sűrítési fázis a főtengely 180 foktól 360 fokig való elmozdulásának, azaz a dugattyú 36 fokos elmozdulásának felel meg. Ugyanez a hatásfokú fázis 18 fokos késéssel ismétlődik az 1-es dugattyú szívóterében. Az 1-es dugattyú szívócsatornája a főtengely 270 fokos elfordulása után elzáródik. Ekkor a 2-es dugattyú szimmetriatengelye 18 fokot zár be az  $Ox$  tengellyel.

A motor 1-es dugattyújára értelmezett fázisdiagramját a **3. ábrán** szemléltettük.



**3. ábra.** A motor fázisdiagramja

### 3. A tápszivattyú működése

A tápszivattyú forgódugattyúja, akár a motoré, az óra járásának irányában, azaz negatív szöggel fordul el. A tápszivattyúnak négy, szimmetrikusan elhelyezett beömlő és ezeknek megfelelő, négy irányító szeleppel ellátott kiömlőnyílással van.

Kezdetben a tápszivattyú dugattyújának 1-es,  $AB$ -vel jelölt oldala, amelyet 1-es dugattyúnak is nevezhetünk, az  $Oy$  tengellyel párhuzamosan, ennek jobb oldalán helyezkedik el (**4. ábra**). Ebben a helyzetben, a főtengelynek a szivattyút működtető  $Oe$  excentere nulla fokot zár be az  $Ox$  tengellyel. Értelemszerűen az 1-es dugattyú első

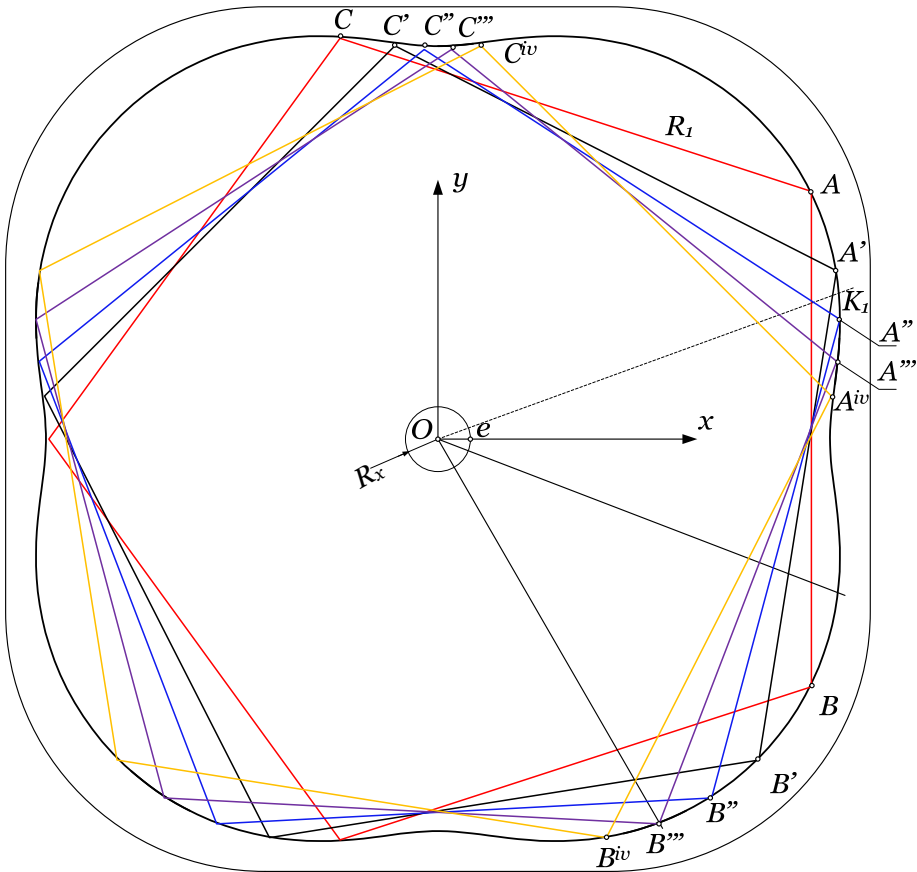
radiális gyűrűje  $-36$  fokra, a második radiális gyűrű pedig  $+36$  fokra illeszkedik be az  $Ox$  tengely pozitív irányítására. A dugattyú és a hüvely között bezárt térfogat minimális, és kommunikál azzal a kiömlőnyílással, amelynek szimmetriatengelye az  $Ox$  tengelytől  $+20$  fokra van elfordítva.

Feltételezzük, hogy a dugattyú  $-9$  fokot fordult el ( $A''B''$  helyzet). Ezalatt a dugattyúnak szívóhatása van, mivel az 1-es kamra szívónyílása zárva van, emiatt vákuum képződik. Ebben a helyzetben a 2-es ( $B''C''$ ) dugattyú szívónyílása nyitva van, a dugattyú pedig a szívóütem közepén tart. A dugattyú  $-9$  fokos elfordulásának megfelelően a főtengely  $-45$  fokot fordul el, ezáltal a dugattyú középpontja  $R_x \sin(-45^\circ)$  távolságra kerül az  $Ox$  tengelytől. Az 1-es dugattyú szívóterében a vákuum  $-9$  foknál megszűnik, mivel az 1-es dugattyú hátsó radiális gyűrűje a  $+20$  fokos kiömlőnyíláshoz ér, amelyen keresztül a 2-es dugattyú szívóhatását növelve feltelik, illetve a két kamrában a vákuum kiegyenlítődik.

A forgódugattyú 15 fokos elfordulása után az elemi dugattyúk az  $A''B''$ , illetve a  $B''C''$  helyzetbe kerülnek, a főtengely elfordulása pedig értelemszerűen  $-75$  fok. Az 1-es dugattyú hátsó gyűrűje elzárja a 2-es dugattyú kiömlőnyílását, ezáltal az 1-es és 2-es hengerekben külön-külön folytatódik a szívó fázis.

Legyen a dugattyú pillanatnyi elfordulási szöge  $-21$  fok ( $A''''B''''$ ,  $B''''C''''$  helyzet). A főtengely  $-105$  fokot fordul el, tehát visszahúzza a dugattyút, ezáltal megnyílik az 1-es dugattyú beömlőnyílása. Az 1-es henger feltöltődik. A 2-es hengerben folytatódik a szívó fázis, amelynek fázisszöge már csak 6 fokkal tér el az alsó holtpontnak megfelelő helyzettől. Fordítsuk a dugattyút még 6 fokot ( $A''''B''''$ ,  $B''''C''''$  helyzet). Ebben a helyzetben az 1-es dugattyú elfordulási szöge  $-27$  fok, a 2-es dugattyú szimmetriatengelyének helyzete 45 fok, a főtengelynek pedig az

$Ox$  tengelyhez viszonyított elfordulása  $-135$  fok.



4. ábra. A tápszivattyú forgódugattyújának helyzetei

A 2-es dugattyú szívónyílása teljesen nyitva van. Innen kezdődik a 2-es dugattyú sűrítési fázisa. Az 1-es dugattyú folytatja a szívó fázisát addig, ameddig elfordulási szöge  $-45$  fokos. Figyelembe véve, hogy a 2-es dugattyú szívónyílása teljesen nyitva van, nem kezdődhet a sűrítési fázis mindaddig, amíg a dugattyúra helyezett tömítőgyűrű nem zárja el a szívónyílást. A terv szerint a 2-es dugattyú szívónyílása a főtengety  $-195$  fokos elfordulása után záródik illetve, a dugattyú szimmetriatengelye  $33$  fokos helyzetének felel meg. Ez annyit jelent, hogy a  $45$  fokos sűrítési szögből csak

$33$  fok használható. Tehát a sűrítési fázis, a főtengety  $195$  foktól  $360$  fokig való elmozdulásának, azaz a dugattyú  $33$  fokos elmozdulásának felel meg. Ugyanez a hatásfokú fázis  $18$  fokos késéssel ismétlődik az 1-es dugattyú szívócsatornája a főtengety  $285$  fokos elfordulása után elzáródik. Ekkor a 2-es dugattyú szimmetriatengelye  $15$  fokot zár be az  $Ox$  tengellyel. Ennek a helyzetnek megfelelően a 2-es dugattyú első radiális gyűrűje az  $Ox$  tengelyhez viszonyítva  $-21$  fokra helyezkedik el. Mivel az 1-es dugattyú szívónyílása nem kommunikálhat a 2-es du-

gattyú kiömlőnyílásával, az 1-es dugattyú szívónyílásának hossza csak –21 foknál kezdődhet, tervek szerint –60 fokig tarthat.

#### 4. A tervezett motor jellegzetes méretei

A dugattyú egyetlen fordulatra a motor tízszer robban, a lendkerék pedig az áttételnek megfelelően 5/3 fordulatot tesz meg.

Az elemi dugattyú térfogatát az ötszög oldala és a kamra közé zárt terület, illetve a forgódugattyú magassága határozza meg. A sűrítési arány ennek megfelelően a legnagyobb terület, és a szívó-, illetve kipufogónyílások együttes zárásakor előálló legkisebb terület aránya. A tervrajz alapján kiszámítottuk, hogy a legnagyobb térfogat  $V_{\max} = 125 \text{ cm}^3$ , a sűrítési arány pedig  $\varepsilon \approx 11$ .

A lökethosszt az excentricitás kétszereseként értelmezzük, így,  $h = 15 \text{ mm}$ .

Ha feltételezzük, hogy a dugattyú fordulatszáma 1500 ford/perc, akkor a lendkerék fordulatszáma 2500 fordulat/perc. Ugyanilyen fordulatszámú négyhengeres benzínmotorban 5000 robbanás történik percenként.

Egy  $1500 \text{ cm}^3$  ürtartalmú motor esetében a percenként elfogyasztott keverék térfogata a következő:

$$V = 5000 \cdot \frac{1500}{4} \cdot \frac{1}{1000} = 1875 \frac{1}{\text{min}}.$$

A tervezett forgódugattyús motor percenkénti keverék-térfogatszükséglete ugyanannyi, mivel:

$$V' = 1500 \cdot 10 \cdot \frac{125}{1000} = 1875 \frac{1}{\text{min}}.$$

A fenti számítások alapján kijelenthetjük, hogy a tervezett forgódugattyús motor hozzávetőlegesen egy  $1500 \text{ cm}^3$  ürtartalmú motorral ekvivalens, mint például az 1495  $\text{cm}^3$ -es Audi 60,  $\phi 80 \times 74,4$  furatméretű motor.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Maros, D.: *Calculé numerice la mecanismele plane*. Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1987.
- [2] Maros, D.: *Mecanisme*. Institutul Politehnic, Cluj-Napoca, 1980.
- [3] Papp, I.: *Mechanizmusok elmélete*. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2010.