

## TŰ- ÉS CÉRNARÁNGATÓ MECHANIZMUS POZÍCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA KÉNYSZEREGYENLETEK SEGÍTSÉGÉVEL

### NEEDLE AND THREAD PULLING MECHANISM'S POSITION EXAMINATION WITH CONSTRAINT EQUATIONS

Popa-Müller Izolda<sup>1</sup>, Papp István<sup>2</sup>, Kakucs András<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SAPIENTIA-Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, Koronka, Segesvári út,1/C, Fax: 0265-206211, ipmuller@ms.sapientia.ro

<sup>2</sup> SAPIENTIA-Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, pappistvan1944@yahoo.com

<sup>3</sup> SAPIENTIA-Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humán Tudományok Kar, Gépészmérnöki Tanszék, kakucs@ms.sapientia.ro

#### Abstract

With the constraint equations can be defined the position of the members or parts of a mechanism lying in any space or plan. The kinematic pairs of the equation systems are composed of general validity constraint equations, by which the focal points positions and directions of the main axes of inertia of each members of a lever mechanism can be determined. The needle and threadmover mechanism is made up of frame, main axes, crank, needle, and threadmover. The parts of the mechanism are moving in a parallel plane with an elected XOY plane which turn around the  $O_i^*Z_i^*$  axis perpendicular to the plane XOY.

**Keywords:** kinematic pairs, constraints equations, the main axes of inertia

#### Összefoglalás

A kényszer egyenletek segítségével meghatározható bármely térben vagy síkban fekvő mechanizmus tagjainak pozíciója. A kinematikai párokra felírt egyenletrendszer olyan általános érvényű kényszer egyenletekből tevődik össze, amelyekkel bármely karos mechanizmust alkotó tagok súlypontjainak helyzeteti és tehetetlenségi főtengelekeinek irányai meghatározhatók. A tű- és cérnarángató mechanizmus egy géptörzsből, főtengelekből, hajtókarból, tűrúdból, cérnarángatóból és egy lengőkarból tevődik össze.

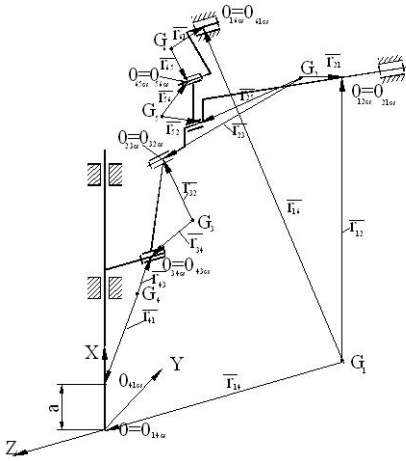
A mechanizmus tagjai egy választott XOY síkkal párhuzamos síkokban mozognak amelynek síkmozgást végző tagjai az XOY síkra merőleges  $O_i^*Z_i^*$  tengelyek körül fordulnak el.

**Kulcsszavak:** kinematikai párok, kötöttségek, kényszer egyenletek, tehetetlenségi főtengelek

#### 1. Tű- és cérnarángató mechanizmus pozíciójának meghatározása

A pozíciók meghatározására a gép törzséhez rögzített segédkoordináta-rendszert

használunk [1]. Az egymáshoz kapcsolódó tagok sorrendjét a géptörzstől számoztuk, miszerint a géptörzs (1), a főtengele (2), a hajtókar (3), a tűrúd (4), a cérnarángató (5) és a lengőkar (6) számozást kapott.



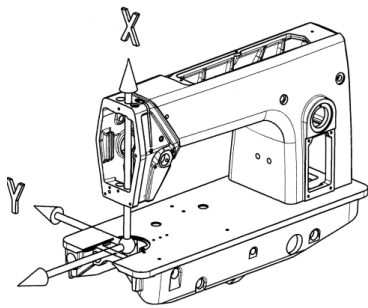
1. ábra. A tűrúd és cérnarángató mechanizmusa

1.1. Az állandók meghatározása: a segédrendszer helyzeteinek meghatározása a központi tehetelenségi főtengelekhez képest

1.1.1. Géptörzs-1

A géptörzsön választott segédrendszer origója a tűrúd szimmetriatengelyének a varrógép asztalával való találkozási pontjában van (2. ábra).

A tehetelenségi nyomatékok értékei és a főtengelek iránytényezőit tartalmazó  $A_1$  mátrix a géptörzs súlypontjába helyezett segédrendszerben van meghatározva.



2. ábra. A géptörzsön választott segédrendszer

Adataink és egyenleteink a [2] és [3]-as kutatási eredményeinkre alapoznak:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 0.999277 & -0.037452 & 0.006551 \\ 0.037575 & 0.999097 & -0.019832 \\ -0.005802 & 0.020064 & 0.999782 \end{pmatrix} \quad (1)$$

A géptörzs súlypontja ehhez a koordináta-rendszerhez viszonyítva van meghatározva.

$$G_1 = \begin{pmatrix} 67.133 \\ 1.651 \\ -212.14 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} (m) \quad (2)$$

A géptörzsön választott  $O_{12}^*$  pont egybeesik a főtengeley furatának tengelyvonalával, a koordinátái pedig a géptörzshöz rögzített segédrendszerben vannak megadva.

$$O_{12}^* = \begin{pmatrix} 170 \\ 0 \\ -212.14 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} (m) \quad (3)$$

Az  $r_{12}$  helyzetvektor a géptörzs súlypontjához viszonyított  $O_{12}^*$  pont koordinátáit fejezi ki a géptörzs súlypontjába helyezett segédrendszerben.

$$r_{12} = O_{12}^* - G_1 \quad (4)$$

Az  $r_{12}I$  helyzetvektor az  $O_{12}^*$  pont koordinátáit fejezi ki a géptörzs súlypontjába helyezett központi tehetelenségi főtengelek koordináta-rendszeréhez viszonyítva.

$$r_{12}I = A_1^T \cdot r_{12} \quad (5)$$

$$A_1^T = T_{11}^* = \begin{pmatrix} \cos \alpha_{11}^0 & \cos \beta_{11}^0 & \cos \gamma_{11}^0 \\ \cos \alpha_{21}^0 & \cos \beta_{21}^0 & \cos \gamma_{21}^0 \\ \cos \alpha_{31}^0 & \cos \beta_{31}^0 & \cos \gamma_{31}^0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

ahol  $T_{ii^*}$  az  $O_i^* X_i^* Y_i^* Z_i^*$  segédrendszer iránytényezői a  $G_i X_i Y_i Z_i$  központi tehetetlenségi főtengely koordináta-rendszeréhez viszonyítva.

Az  $r_{14}$  helyzetvektor az  $O_{14}^*$  pont koordinátáit fejezi ki a géptörzs súlypontjába helyezett segédrendszerben.

$$r_{14} = O_{14}^* - G_1 \quad (7)$$

A géptörzsen választott  $O_{14}^*$  pont egybeesik a géptörzs segédrendszerének origójával, és rajta van a tőrúd szimmetria tengelyén is.

$$O_{14}^* = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (8)$$

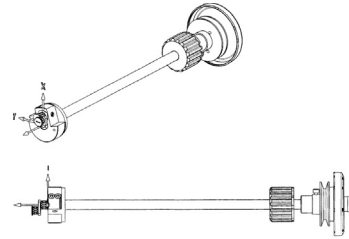
A géptörzsen választott  $O_{16}^*$  pont a lengőkaron felvett segédrendszer origójának koordinátáit fejezi ki a géptörzs segédrendszerében.

$$O_{16}^* = \begin{pmatrix} 196.27 \\ 18.9 \\ -9.5 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} \quad (9)$$

Az  $r_{16}$  helyzetvektor az  $O_{16}^*$  pont koordinátáit fejezi ki a géptörzs súlypontjába helyezett segédrendszerben.

$$r_{16} = O_{16}^* - G_1 \quad (10)$$

### 1.1.2. Főtengely-2



3. ábra. Főtengely

$$O_{21}^* = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -184.64 \end{pmatrix} (mm) \quad (11)$$

A mechanizmus főtengelelyén választott  $O_{21}^*$  pontjára felírható a  $G_2$  súlypontba helyezett segédrendszerhez viszonyított helyzetvektor.

$$r_{21} = O_{21}^* - G_2 \quad (12)$$

A tehetetlenségi főtengelyek iránytényezői a (2) főtengelelyén felvett segédrendszerhez viszonyítva az  $A_2$  mátrixban van összefoglalva.

$$A_2 = \begin{pmatrix} 0.9779914 & -0.20863185 & -2.35850203 \cdot 10^{-3} \\ 0.20863484 & 0.97799299 & 1.09900472 \cdot 10^{-3} \\ 2.07731107 \cdot 10^{-3} & -1.56688287 \cdot 10^{-3} & 0.99999661 \end{pmatrix} \quad (13)$$

A tengely súlypontja a főtengelelyén felvett segédrendszerhez viszonyítva.

$$G_2 = \begin{pmatrix} -0.471 \\ 0.248 \\ -210.49 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} (m) \quad (14)$$

A főtengelelyt a (3) hajtókarral egy forgócsukló kapcsolja össze. Az  $O_{23}^*$  pont koordinátáit a (2) főtengelely súlypontjába helye-

zett segédrendszerben az  $r_{23}$  helyzetvektor adja meg.

$$r_{23} = O_{23}^* - G_2 \quad (15)$$

A forgócsukló tengelyvonalán választott  $O_{25}^*$  pont a mechanizmus működése közben egybeesik a cérnarángató alsó furatán választott  $O_{52}^*$  ponttal, amely a cérnarángatón felvett segédrendszer origójában van.

$$O_{25}^* = \begin{pmatrix} 13.85 \\ 0 \\ 10 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} \quad (16)$$

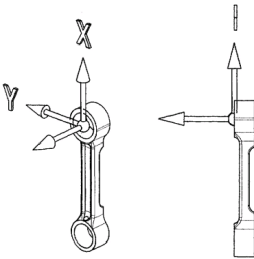
Az  $O_{25}^*$  pont koordinátáit a (2) főtengely súlypontjába helyezett segédrendszerben az  $r_{25}$  helyzetvektor adja meg.

$$r_{25} = O_{25}^* - G_2 \quad (17)$$

### 1.1.3. Hajtókar-3

A főtengelyhez kapcsolódó hajtókar felső furatának tengelyvonalán felvett segédrendszerhez viszonyított súlypont koordinátái.

$$G_3 = \begin{pmatrix} -22.719 \\ 0 \\ -4.294 \end{pmatrix} (mm) \quad (18)$$



3. ábra. Hajtókar

A segédrendszer origójával egybeeső  $O_{32}^*$  pont koordinátája a hajtókar súlypontjába helyezett segédrendszerhez viszonyítva ( $G_3$ ), amelynek értékei az  $r_{32}$  helyzetvektor koordinátái, azaz:

$$O_{32}^* = r_{32} = \begin{pmatrix} 22.719 \\ 0 \\ 4.294 \end{pmatrix} \quad (19)$$

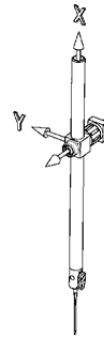
A hajtókar alsó furatának tengelyvonalán felvett  $O_{34}^*$  pont koordinátái a hajtókar segédrendszeréhez viszonyítva. A pont egybeesik a tőrúd csapján felvett  $O_{43}^*$  ponttal.

$$O_{34}^* = \begin{pmatrix} -48 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} \quad (20)$$

Az  $r_{34}$  helyzetvektor, a hajtókar súlypontjához viszonyított  $O_{34}^*$  koordinátáit fejezi ki a hajtókar súlypontjába helyezett segédrendszerben.

$$r_{34} = O_{34}^* - G_3 \quad (21)$$

### 1.1.4. Tőrúd-4



4. ábra. Tőrúd

A tűrúd csapjának tengelyvonalán felvett  $O_{43}^*$  pont koordinátái működés közben egybeesik a hajtókaron felvett  $O_{34}^*$  ponttal.

$$O_{43}^* = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -6 \end{pmatrix} (mm) \quad (22)$$

A  $O_{41}^*$  pont koordinátáit a tűrúd súlypontjába helyezett segédrendszerben az  $r_{41}$  vektor határozza meg.

$$r_{41} = O_{41}^* - G_4 \quad (23)$$

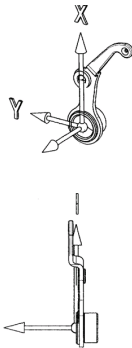
Alkotóit a központi tehetetlenségi fő-tengelyek koordináta-rendszerében az  $r_{41}I$  adja meg.

$$r_{41}I = A_4^T \cdot r_{41} \quad (24)$$

A tehetetlenségi fő-tengelyek iránytényezői a tűrúdon felvett segédrendszerhez viszonyítva:

$$A_4 = \begin{pmatrix} 0.99922637 & -2.46699033 & 0.03924455 \\ 2.51876669 \cdot 10^{-3} & 0.9999996 & -1.26893468 \cdot 10^{-3} \\ -0.03924055 & 1.36652692 \cdot 10^{-3} & 0.99922837 \end{pmatrix} \quad (25)$$

### 1.1.5. Cérnarágató-5



5. ábra. Cérnarágató

A fő-tengelyhez kapcsolódó cérnarágató alsó furatának tengelyvonalán felvett segédrendszerhez viszonyított súlypont koordinátái a következők:

$$G_5 = \begin{pmatrix} 14.918 \\ -3.935 \\ -2.28 \end{pmatrix} \cdot (mm) \quad (26)$$

Az  $r_{52}I$  helyzetvektor az  $O_{52}^*$  pont értékeit fejezi ki a cérnarágató központi tehetetlenségi fő-tengelyeinek koordináta-rendszerében.

$$r_{52}I = A_5^T \cdot r_{52} \quad (27)$$

A cérnarágató felső furatának tengelyvonalán felvett  $O_{56}^*$  pont koordinátái a cérnarágató segédrendszeréhez viszonyítva:

$$O_{56}^* = \begin{pmatrix} 25.06 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} \quad (28)$$

Az  $r_{56}$  helyzetvektor a cérnarágató súlypontjához viszonyított  $O_{56}^*$  pont koordinátáit fejezi ki a cérnarágató segédrendszerében.

$$r_{56} = O_{56}^* - G_5 \quad (29)$$

A központi tehetetlenségi fő-tengelyek iránytényezői a cérnarágató felvett segédrendszerhez viszonyítva:

$$A_5 = \begin{pmatrix} 0.927239 & 0.35986 & -0.10358 \\ -0.35276 & 0.932215 & 0.080943 \\ 0.125651 & -0.038422 & 0.99133 \end{pmatrix} \quad (30)$$

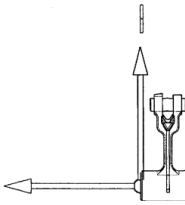
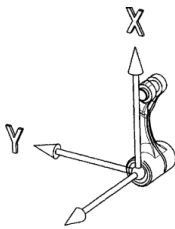
Az  $r_{56}$  helyzetvektor alkotóit a központi tehetetlenségi koordináta-rendszerben:

$$r_{56}^* I = A_5^T \cdot r_{56} \quad (31)$$

### 1.1.6. Lengőkar-6

A központi tehetetlenségi főtengelei-nek irányítványozói a lengőkaron felvett segédrendszerben:

$$A_6 = \begin{pmatrix} 0.998187 & -0.020493 & 0.056597 \\ 0.025574 & 0.995562 & -0.090562 \\ -0.05449 & 0.091846 & 0.994281 \end{pmatrix} \quad (32)$$



6. ábra. Lengőkar

A lengőkar tengelyvonalán felvett  $O_{65}^*$  pont koordinátái a segédrendszeréhez viszonyítva, amely egybeesik a cérnarángatón felvett  $O_{56}^*$  ponttal.

$$O_{65}^* = \begin{pmatrix} 29.32 \\ 0 \\ -8 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} \text{ (mm)} \quad (33)$$

A lengőkar súlypontja, a lengőkaron felvett segédrendszerhez viszonyítva:

$$G_6 = \begin{pmatrix} 11.222 \\ 1.093 \\ -9.288 \end{pmatrix} \cdot 10^{-3} \text{ (m)} \quad (34)$$

Az  $r_{65}$  helyzetvektor az  $O_{65}^*$  pont koordinátáit határozza meg a lengőkar súlypont-jába helyezett segédrendszerben.

$$r_{65} = O_{65}^* - G_6 \quad (35)$$

A  $O_{61}^*$  pont egybeesik a lengőkar segédrendszerének origójával. A  $O_{61}^*$  pont koordinátái a lengőkar súlypontjába helyezett segédrendszerben:

$$r_{61} = O_{61}^* - G_6 \quad (36)$$

## 2. A függvények és a kezdeti értékek meghatározása

A függvények a tagok tehetlenségi főtengeleinek irányítványozói a géptörzshöz rögzített segédrendszerhez viszonyítva, azaz az Euler-szögekkel kifejezett forgatómátrixok változó tagjai. A kezdeti értékeket hozzávetőlegesen ránézésre határozzuk meg. Az egy szabadságfokú mechanizmus vezető paramétere a  $\psi_2^*$ , amely a főtengeley segédrendszerének a rögzített rendszerhez viszonyított  $OZ$  tengely körüli elfordulását jelenti.

## 3. A kényszer egyenletek rendszerbe foglalása

A tagokat összekötő csuklók mind ötöd- osztályúnak tekinthetők, amelyek térmechanizmus esetén egyenként öt kényszer egyenlettel vannak meghatározva.

Térmechanizmusként tárgyalt síkban fekvő hajtómű kényszer egyenletei:

$$\left( \begin{array}{l} XG1+x12\cdot\alpha110+y12\cdot\alpha210+z12\cdot\alpha310- \\ XG2-x21\cdot\alpha12(\psi_2, \theta_2, \phi_2) \dots -y21\cdot\beta12(\psi_2, \theta_2, \phi_2) \\ -z21\cdot\gamma12(\psi_2, \theta_2) \end{array} \right) = 0 \quad (37)$$

$$\left( \begin{array}{l} \alpha12(\psi_2, \theta_2, \phi_2)\cdot\gamma120+\beta12(\psi_2, \theta_2, \phi_2)\cdot\gamma220+ \\ +\gamma12(\psi_2, \theta_2)\cdot\gamma320\dots +(-\alpha13(\psi_3, \theta_3, \phi_3)\cdot\gamma130+ \\ +\beta13(\psi_3, \theta_3, \phi_3)\cdot\gamma230+\gamma13(\psi_3, \theta_3)\cdot\gamma330) \end{array} \right) = 0 \quad (44)$$

$$\left( \begin{array}{l} YG1+x12\cdot\beta110+y12\cdot\beta210+z12\cdot\beta310- \\ YG2-x21\cdot\alpha22(\psi_2, \theta_2, \phi_2) \dots -y21\cdot\beta22(\psi_2, \theta_2, \phi_2) \\ -z21\cdot\gamma22(\psi_2, \theta_2) \end{array} \right) = 0 \quad (38)$$

$$\left( \begin{array}{l} \alpha22(\psi_2, \theta_2, \phi_2)\cdot\gamma120+\beta22(\psi_2, \theta_2, \phi_2)\cdot\gamma220+ \\ +\gamma22(\psi_2, \theta_2)\cdot\gamma320\dots +(-\alpha23(\psi_3, \theta_3, \phi_3)\cdot\gamma130+ \\ +\beta23(\psi_3, \theta_3, \phi_3)\cdot\gamma230+\gamma23(\psi_3, \theta_3)\cdot\gamma330) \end{array} \right) = 0 \quad (45)$$

$$\left( \begin{array}{l} ZG1+x12\cdot\gamma110+y12\cdot\gamma210+z12\cdot\gamma310- \\ ZG2-x21\cdot\alpha32(\theta_2, \phi_2) \dots -y21\cdot\beta32(\theta_2, \phi_2) \\ -z21\cdot\gamma32(\theta_2) \end{array} \right) = 0 \quad (39)$$

$$\left( \begin{array}{l} XG3+x34\alpha13(\psi_3, \theta_3, \phi_3)+y34\beta13(\psi_3, \theta_3, \phi_3)+ \\ +z34\gamma13(\psi_3, \theta_3) \dots -(XG4+x43\alpha14(\psi_4, \theta_4, \phi_4)+ \\ +y43\beta14(\psi_4, \theta_4, \phi_4)+z43\gamma13(\psi_4, \theta_4)) \end{array} \right) = 0 \quad (46)$$

$$b131 - (\alpha12(\psi_2, \theta_2, \phi_2) \cdot \gamma120 + \beta12(\psi_2, \theta_2, \phi_2) \cdot \gamma220 + \\ + \gamma12(\psi_2, \theta_2) \cdot \gamma320) = 0 \quad (40)$$

$$\left( \begin{array}{l} YG3+x34\alpha23(\psi_3, \theta_3, \phi_3)+y34\beta23(\psi_3, \theta_3, \phi_3)+ \\ +z34\gamma23(\psi_3, \theta_3) \dots -(YG4+x43\alpha24(\psi_4, \theta_4, \phi_4)+ \\ +y43\beta24(\psi_4, \theta_4, \phi_4)+z43\gamma23(\psi_4, \theta_4)) \end{array} \right) = 0 \quad (47)$$

$$b231 - (\alpha22(\psi_2, \theta_2, \phi_2) \cdot \gamma120 + \beta22(\psi_2, \theta_2, \phi_2) \cdot \gamma220 + \\ + \gamma22(\psi_2, \theta_2) \cdot \gamma320) = 0 \quad (41)$$

$$\left( \begin{array}{l} ZG3+x34\alpha33(\theta_3, \phi_3)+y34\beta33(\theta_3, \phi_3)+ \\ +z34\gamma33(\theta_3) \dots -(ZG4+x43\alpha34(\theta_4, \phi_4)+ \\ +y43\beta34(\theta_4, \phi_4)+z43\gamma34(\theta_4)) \end{array} \right) = 0 \quad (48)$$

$$\left( \begin{array}{l} XG2+x23\cdot\alpha12(\psi_2, \theta_2, \phi_2)+y23\cdot\beta12(\psi_2, \theta_2, \phi_2)+ \\ +z23\cdot\gamma12(\psi_2, \theta_2)-XG3\dots -(x32\cdot\alpha13(\psi_3, \theta_3, \phi_3)+ \\ +y32\cdot\beta13(\psi_3, \theta_3, \phi_3)+z32\cdot\gamma13(\psi_3, \theta_3)) \end{array} \right) = 0 \quad (42)$$

$$\left( \begin{array}{l} ZG3+x34\alpha33(\theta_3, \phi_3)+y34\beta33(\theta_3, \phi_3)+ \\ +z34\gamma33(\theta_3) \dots -(ZG4+x43\alpha34(\theta_4, \phi_4)+ \\ +y43\beta34(\theta_4, \phi_4)+z43\gamma34(\theta_4)) \end{array} \right) = 0 \quad (49)$$

$$\left( \begin{array}{l} YG2+x23\cdot\alpha22(\psi_2, \theta_2, \phi_2)+y23\cdot\beta22(\psi_2, \theta_2, \phi_2)+ \\ +z23\cdot\gamma22(\psi_2, \theta_2)-YG3\dots -(x32\cdot\alpha23(\psi_3, \theta_3, \phi_3)+ \\ +y32\cdot\beta23(\psi_3, \theta_3, \phi_3)+z32\cdot\gamma23(\psi_3, \theta_3)) \end{array} \right) = 0 \quad (43)$$

$$\left( \begin{array}{l} \alpha13(\psi_3, \theta_3, \phi_3)\cdot\gamma130+\beta13(\psi_3, \theta_3, \phi_3)\cdot\gamma230+ \\ +\gamma13(\psi_3, \theta_3)\cdot\gamma330\dots -(\alpha14(\psi_4, \theta_4, \phi_4)\cdot\gamma140+ \\ +\beta14(\psi_4, \theta_4, \phi_4)\cdot\gamma240+\gamma14(\psi_4, \theta_4)\cdot\gamma340) \end{array} \right) = 0 \quad (50)$$

$$\left( \begin{array}{l} ZG2+x23\cdot\alpha32(\theta_2, \phi_2)+y23\cdot\beta32(\theta_2, \phi_2)+ \\ +z23\cdot\gamma32(\theta_2)-ZG3\dots -(x32\cdot\alpha33(\theta_3, \phi_3)+ \\ +y32\cdot\beta33(\theta_3, \phi_3)+z32\cdot\gamma33(\theta_3)) \end{array} \right) = 0$$

$$\left( \begin{array}{l} \alpha 23(\nu_3, \theta_3, \phi_3) \cdot \gamma 130 + \beta 23(\nu_3, \theta_3, \phi_3) \cdot \gamma 230 + \\ + \gamma 23(\nu_3, \theta_3) \cdot \gamma 330 \dots - (\alpha 24(\nu_4, \theta_4, \phi_4) \cdot \gamma 140 + \\ + \beta 24(\nu_4, \theta_4, \phi_4) \cdot \gamma 240 + \gamma 24(\nu_4, \theta_4) \cdot \gamma 340) \end{array} \right) = 0 \quad (51)$$

$$\left( \begin{array}{l} XG4 + x41 \cdot \alpha 14(\nu_4, \theta_4, \phi_4) + y41 \cdot \beta 14(\nu_4, \theta_4, \phi_4) + \\ + z41 \cdot \gamma 14(\nu_4, \theta_4) \dots + a \cdot b 114(\nu_4, \theta_4, \phi_4) - (XG1 + \\ + x14 \cdot \alpha 110 + y14 \cdot \alpha 210 + z14 \cdot \alpha 310) \end{array} \right) = 0 \quad (52)$$

$$\left( \begin{array}{l} YG4 + x41 \cdot \alpha 24(\nu_4, \theta_4, \phi_4) + y41 \cdot \beta 24(\nu_4, \theta_4, \phi_4) + \\ + z41 \cdot \gamma 24(\nu_4, \theta_4) \dots - (YG1 + x14 \cdot \beta 110 + \\ + y14 \cdot \beta 210 + z14 \cdot \beta 310) \end{array} \right) = 0 \quad (53)$$

$$\left( \begin{array}{l} ZG4 + x41 \cdot \alpha 34(\theta_4, \phi_4) + y41 \cdot \beta 34(\theta_4, \phi_4) + \\ + z41 \cdot \gamma 34(\theta_4) \dots - (ZG1 + x14 \cdot \gamma 110 + \\ + y14 \cdot \gamma 210 + z14 \cdot \gamma 310) \end{array} \right) = 0 \quad (54)$$

$$\alpha 14(\nu_4, \theta_4, \phi_4) \cdot \alpha 140 + \beta 14(\nu_4, \theta_4, \phi_4) \cdot \alpha 240 + \\ + \gamma 14(\nu_4, \theta_4) \cdot \alpha 340 - b 111 = 0 \quad (55)$$

$$\alpha 24(\nu_4, \theta_4, \phi_4) \cdot \alpha 140 + \beta 24(\nu_4, \theta_4, \phi_4) \cdot \alpha 240 + \\ + \gamma 24(\nu_4, \theta_4) \cdot \alpha 340 - b 211 = 0 \quad (56)$$

#### 4. Következtetések

A dolgozat célja az alapelv részletes leírása és gyakorlati alkalmazásainak széleskörű ismertetése. Az eddig ismert módszerek közül a dolgozatban leírt kényszer-egyenletek módszerével lehet a legkönnyebben, leggyorsabban és legpontosabban meghatározni a térmechanizmusok pozícióját..

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Maros, D.: *Calcule numerice la mecanisme-le plane*. Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1987.
- [2] Papp I., Popa-Müller I.: *Karos mechanizmus kinematikai elemzése kényszer-egyenletekkel*. 1298 számú Kutatási szerződés a Sapientia Alapítvány Kutatási Programok Intézetével, 2005.
- [3] Papp I., Popa-Müller I.: *Pozíció meghatározása kényszer-egyenletek segítségével, általános transzformálás esetén*. Kutatási szerződés a Sapientia Alapítvány Kutatási Programok Intézetével, 2008.