

DETERMINAREA ASPECTELOR GRUPEI ASSURICE DE CLASA A 4-A (TETRADA)

*Sevasti Mitsi, prof. dr. ing., Departamentul
de Inginerie Mecanică, Universitatea
Aristotel din Thessaloniki, Grecia*

*Iulian Popescu, prof. dr. ing., Facultatea de
Mecanică, Universitatea din Craiova,
Romania*

*Liliana Luca, prof. dr. eng., Facultatea de
Inginerie, Universitatea "Constantin
Brancusi" din Targu-Jiu, Romania*

Rezumat: În această lucrare se studiază analiza structurală a grupei Assur de clasa a 4-a ordinul 2 (tetradă). Pornindu-se de la tetradă cu cuple de rotație și înlocuindu-se succesiv cuplele de rotație prin cuple prismatice, se generează 64 aspecte ale tetraedei. Analiza structurală a acestor aspecte conduce la 24 modele cinematice. Unele din modele degenerază în mecanisme de familia a 4-a sau în mecanisme cu familie aparentă.

Cuvinte cheie: assurice, tetradă, modele cinematice

1. INTRODUCERE

În mod frecvent tetraedele cu cuple de rotație și prismatice se folosesc la diferite mecanisme plane de familia a 3-a. Analiza pozițională sub formă polinomială a grupei Assur de clasa a 4-a, ordinul 2, cu cuple de rotație este prezentată în [2], unde se obțin șase configurații complexe. În [3] se face analiza pozițională a grupei Assur de clasa a 4-a ordinul 2, cu o cuplă prismatică interioară și alta exterioară, obținându-se șase configurații într-un domeniu complex.

Această lucrare prezintă analiza structurală a grupei Assur de clasa a 4-a ordinul 2 cu patru elemente și șase cuple de rotație sau prismatice (tetradă).

2. ASPECTELE TETRADEI

Conexiunea dintre grupele Assurice și restul elementelor mecanismului se face prin

DETERMINATION OF THE CLASS-FOUR ASSUR GROUP (TETRAD) KINDS

*Sevasti Mitsi, prof. dr. ing., Departamentul
de Inginerie Mecanică, Universitatea
Aristotel din Thessaloniki, Grecia*

*Iulian Popescu, prof. dr. ing., Facultatea de
Mecanică, Universitatea din Craiova,
Romania*

*Liliana Luca, prof. dr. eng., Facultatea de
Inginerie, Universitatea "Constantin
Brancusi" din Targu-Jiu, Romania*

Abstract: In the present paper the structural analysis of the Assur group of class 4 and order 2 (tetrad) is investigated. Beginning from the tetrad with revolute joints and replacing successively the revolute joint by prismatic joint, 64 kinds of tetrad are generated. The structural analysis of these kinds leads to 24 kinematic models. From these are removed the models that degenerate in four family mechanisms or mechanism with apparent family.

Keywords: assurice, tetrad, kinematic models

1. INTRODUCTION

Frequently tetrads with revolute and prismatic pairs are used in different family-three planar mechanisms. The position analysis in polynomial form of the Assur group of class 4, order 2, with revolute joints only is presented in Refs [2], where six assembly configurations in the complex field are obtained. In Ref. [3], the analytical-form position analysis of the Assur group of class 4, order 2, with one internal or one external joint leads to six assembly configurations in the complex domain.

This paper presents the structural analysis of the Assur group of class 4 and order 2 with four links and six revolute/prismatic joints (tetrad).

2. TETRAD KINDS

The connection of the Assur group with the links of the mechanism to which it

intermediul cuplelor extreme. În fig. 1 tetrada cu cuple de rotație este conectată cu un element conducător. În acest mod s-a obținut un mecanism cu gradul de mobilitate egal cu 1.

În fig. 2 este prezentată tetrada tip RRR-RRR. Simbolizarea tetradei este definită astfel: BCG-EDF, unde BCG și EDF sunt elemente ternare, primul simbol corespunzând cuplei extreme, iar al doilea și al treilea corespunzând cuplelor interne respective, R reprezintă o cuplă de rotație iar P o cuplă prismatică. Aspectele tetradei se obțin considerând inițial toate cuplele de rotație și înlocuind succesiv cuplele de rotație prin cuple prismatice. Se generează astfel 64 aspecte ale tetradei (Tabelul 1).

Analiza structurală a acestor aspecte conduce la 24 modele cinematice care au soluții la analiza pozițională a grupei de clasa a 4-a ordinul 2. În tabelul 2 se dau aspectele tetradei, sub formă simbolică, corespunzând modelelor cinematice ale tetradei.

belongs is made with the aid of its external joints. In Fig. 1 a tetrad with revolute pairs only connected with one input link is presented. In this way, closed-chain mechanism with one degree of freedom is created.

In Fig. 2 a RRR-RRR tetrad is illustrated. The symbolic form of the triad is defined as: BCG-EDF, where BCG and EDF are the ternary links, first symbol corresponds to external joint and second and third symbol of the ternary link correspond to internal joints respectively, R denotes a revolute pair and P a prismatic pair. The tetrad kinds are obtained, beginning from the tetrad with revolute joints and replacing successively the revolute joint by prismatic joint. So 64 kinds of tetrad are generated (Tabelul 1).

The structural analysis of these kinds leads to 24 kinematic models which can be used for the solution of the position analysis of all kinds of the Assur group of class 4 and order 2. In Table 2 the tetrad kinds, given in symbolic form, corresponding to kinematic models of the tetrad are inserted.

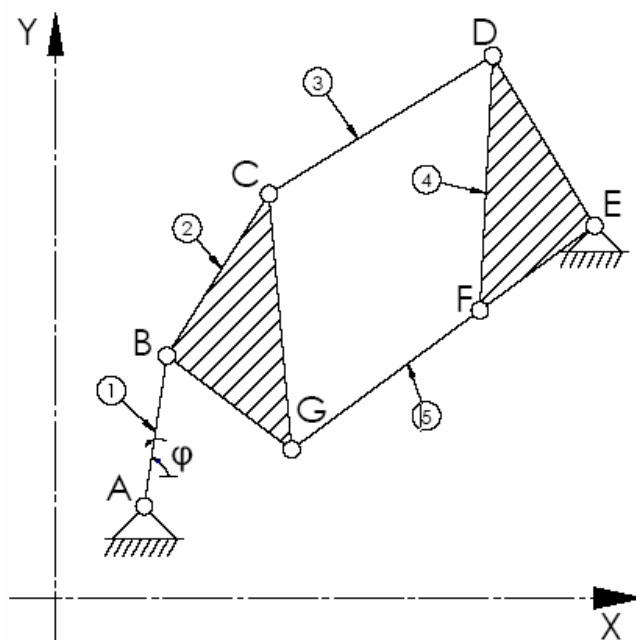


Figura 1. Mecanism cu gradul de mobilitate 1, incluzând o tetradă
Single degree of freedom mechanism including a tetrad

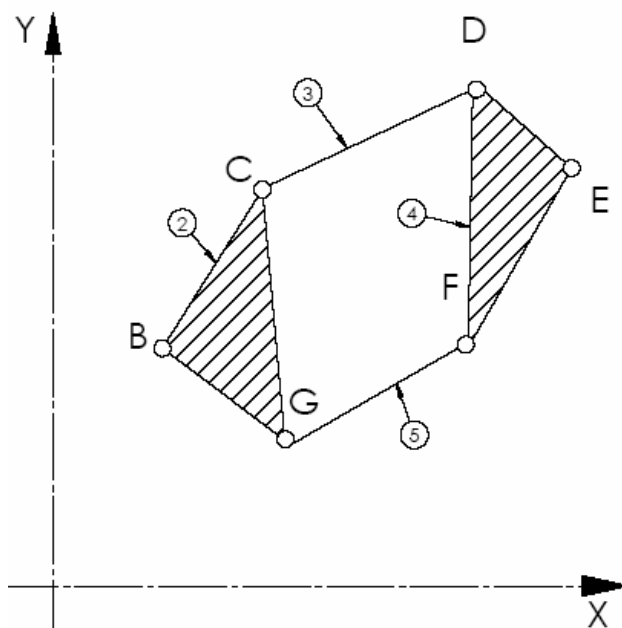


Figura 2. Tetrada cu cuple de rotație (RRR-RRR)
Tetrad with revolute joints (RRR-RRR)

Tabelul 1. Aspectele tetradei
Table1. Tetrad kinds

No	B	C	G	E	D	F
1	R	R	R	R	R	R
2	R	R	R	R	R	P
3	R	R	R	R	P	R
4	R	R	R	R	P	P
5	R	R	R	P	R	R
6	R	R	R	P	R	P
7	R	R	R	P	P	R
8	R	R	R	P	P	P
9	R	R	P	R	R	R
10	R	R	P	R	R	P
11	R	R	P	R	P	R
12	R	R	P	R	P	P
13	R	R	P	P	R	R
14	R	R	P	P	R	P
15	R	R	P	P	P	R
16	R	R	P	P	P	P
17	R	P	R	R	R	R
18	R	P	R	R	R	P
19	R	P	R	R	P	R
20	R	P	R	R	P	P
21	R	P	R	P	R	R
22	R	P	R	P	R	P
23	R	P	R	P	P	R
24	R	P	R	P	P	P
25	R	P	P	R	R	R

26	R	P	P	R	R	P
27	R	P	P	R	P	R
28	R	P	P	R	P	P
29	R	P	P	P	R	R
30	R	P	P	P	R	P
31	R	P	P	P	P	R
32	R	P	P	P	P	P
33	P	R	R	R	R	R
34	P	R	R	R	R	P
35	P	R	R	R	P	R
36	P	R	R	R	P	P
37	P	R	R	P	R	R
38	P	R	R	P	R	P
39	P	R	R	P	P	R
40	P	R	R	P	P	P
41	P	R	P	R	R	R
42	P	R	P	R	R	P
43	P	R	P	R	P	R
44	P	R	P	R	P	P
45	P	R	P	P	R	R
46	P	R	P	P	R	P
47	P	R	P	P	P	R
48	P	R	P	P	P	P
49	P	P	R	R	R	R
50	P	P	R	R	R	P
51	P	P	R	R	P	R
52	P	P	R	R	P	P
53	P	P	R	P	R	R
54	P	P	R	P	R	P
55	P	P	R	P	P	R
56	P	P	R	P	P	P
57	P	P	P	R	R	R
58	P	P	P	R	R	P
59	P	P	P	R	P	R
60	P	P	P	R	P	P
61	P	P	P	P	R	R
62	P	P	P	P	R	P
63	P	P	P	P	P	R
64	P	P	P	P	P	P

Tabelul 2. Modelele cinematice ale tetradei
Table 2. Tetrad kinematic models

Modelul cinematic	Aspectul tetradei	Familia
1	RRR-RRR	3

2	RPR-RRR, RRP-RRR, RRR-RPR, RRR-RRP	3
3	RPR-RRP, RRP-RPR	3
4	RPR-RPR, RRP-RRP	3
5	RPP-RRR, RRR-RPP	3
6	RPP-RPR, RPP-RRP, RPR-RPP, RRP-RPP	3
7	RPP-RPP	3
8	PRR-RRR, RRR-PRR	3
9	PRR-RPR, PRR-RRP, RPR-PRR, RRP-PRR	3
10	PRR-RPP, RPP-PRR	3
11	PRR-PRR	3
12	PPR-RRP, RRP-PPR, PRP-RPR, RPR-PRP	3+4
13	PPR-RRR, PRP-RRR, RRR-PPR, RRR-PRP	3
14	PPR-RPP, RPR-PPR, PRP-RRP, RRP-PRP	3
15	PPR-RPR, PRP-RPP, RPP-PPR, RPP-PRP	3+4
16	PPR-PRR, PRP-PRR, PRR-PPR, PRR-PRP	3+4
17	PPR-PRP, PRP-PPR	4
18	PPR-PPR, PRP-PRR	3+4
19	PPP-RRR, RRR-PPP	3
20	PPP-RPR, PPP-RRP, RPR-PPP, RRP-PPP	3+4
21	PPP-RPP, RPP-PPP	4
22	PPP-PRR, PRR-PPP	4
23	PPP-PPR, PPP-PRP, PPR-PPP, PRP-PPP	4
24	PPP-PPP	4

Tetrada are șase cuple de rotație/prismatice ($c=6$) și patru elemente ($n=4$), astfel că numărul contururilor independente este $N=c-n=2$, de exemplu contururile BCDEB și BGFEB.

Gradul de mobilitate efectiv al tetradei se calculează astfel:

$$M=3n-2c=3.4-2.6=0 \quad (1)$$

tetrada conectându-se la elemente conform structurii.

Apar situații speciale când relația (1) nu dă rezultate corecte. Aceste situații au fost identificate în [1, 4, 5]:

a) dacă un element se leagă de două elemente prin cuple de translație, atunci axele acestor cuple nu trebuie să fie paralele;

b) în conturul închis conținând numai cuple prismatice nu există rotații relative între elemente, astfel că acel contur este de familia a 4-a. În acest caz, gradul de mobilitate este:

$$M=2n-c \quad (2)$$

De exemplu, ecuația (2) aplicată tetradei PPP-PPP (fig. 3 și numărul 24 din tabelul 2) oferă $M=2$, ceea ce înseamnă că tetrada PPP-PPP a devenit un mecanism de familia a 4-a cu gradul de mobilitate egal

The tetrad has six revolute/prismatic pairs ($c=6$) and four links ($n=4$), hence the independent closed loops number is $N=c-n=2$, for example the loops BCDEB and BGFEB.

The effective degree of freedom of a tetrad can be expressed as:

$$M=3n-2c=3.4-2.6=0 \quad (1)$$

and the tetrad connected to a link becomes a structure.

Special situations exist where the equation (1) fail to yield correct results. These situations may be identified taking into account the following [1,4,5]:

a) if a link is connected with other links by two prismatic pairs, then the axis of these pairs must be not parallel. In other case the corresponding link has a redundant degree of freedom.

b) in a closed loop with only prismatic pairs, the relative rotation motion between links is not permitted and this loop is a family-four chain. In this situation, the degree of freedom is given by:

$$M=2n-c \quad (2)$$

cu 2.

c) dacă într-un contur închis cu cuple prismatice există și o cuplă de rotație, această cuplă devine o legătură rigidă, deoarece cuplele prismatice blochează mișcările de rotație relative. În aceste cazuri tetradele devin mecanisme de familia a 4-a (numerele 17, 21, 22 și 23 din tabelul 2).

d) dacă un contur închis al tetradei este de familia 3 iar celălalt este de familia a 4-a, atunci gradul de mobilitate se calculează cu relația [1, 4]:

$$M=(6-f_a)n - \Sigma(k-f_a)c_k \quad (3)$$

unde f_a , numită "familie aparentă", este media aritmetică a familiilor celor două contururi, iar k este numărul constrângerilor impuse de cupla c_k . În acest caz tetrada are "familia aparentă" $f_a = 7/2$ și gradul de mobilitate $M=1$. De exemplu, tetrada PPR-PRR (fig. 4) are conturul BCDEB de familia a 4-a și conturul BGFEB de familia a 3-a. În tabelul 2 acest caz apare la numerele: 12, 15, 18 și 20, unde la "Familie" s-a notat 3+4.

În acest fel, în acord cu considerațiile menționate, familiile modelelor cinematice sunt evaluate în ultima coloană a tabelului 2. Din acesta se observă că cinci modele cinematice degenerază în mecanisme de familia a 4-a, alte cinci degenerază în mecanisme cu familii aparente, iar 14 modele cinematice rămân tetrade. Aceste 14 modele cinematice pot fi utilizate pentru analiza pozițională a 35 aspecte ale tetradei.

For example, equation (2) applied to the PPP-PPP tetrad (Fig. 3 and no 24 in Tabel 2) gives $M=2$, i.e. the PPP-PPP tetrad becomes a family-four mechanism with two degrees of freedom.

c) if in a closed loop with prismatic pairs exist one revolute pair, the revolute pair acts as a rigid connection, because the other prismatic pairs of the loop blocks the relative rotation motion. In this case the tetrad becomes a family-four mechanism with two degrees of freedom (no 17, 21, 22, and 23 in Tabel 2).

d) if one closed loop of the tetrad is a family-three loop and the other is a family-four loop, than the degree of freedom is given by [1, 4]:

$$M=(6-f_a)n - \Sigma(k-f_a)c_k \quad (3)$$

where f_a , named "apparent family", is the arithmetical mean of the loop families and k is the number of the constraints imposed by c_k pair. In this case the tetrad becomes an "apparent family" mechanism with $f_a=7/2$ and one degree of freedom ($M=1$). For example, the PPR-PRR tetrad (Fig. 4) has the family-four loop BCDEB and the family-three loop BGFEB. In Tabel 2 these cases are included in no 12, 15, 16, 18 and 20, where the family is noted as 3+4.

Taking into account the above mentioned considerations, the family of all kinematic models is evaluated and is given in the last column of Tabel 2. It is observed that five kinematic models degenerate in a family-four mechanism, other five degenerate in an apparent family mechanism and only 14 kinematic models remain tetrads. These 14 kinematic models can be used for the position analysis of 35 tetrad kinds.

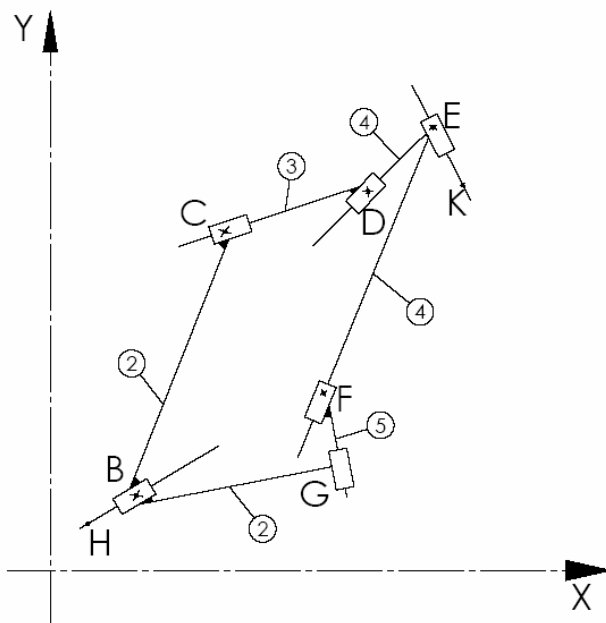


Figura 3. Tetrada PPP-PPP
PPP-PPP tetrad

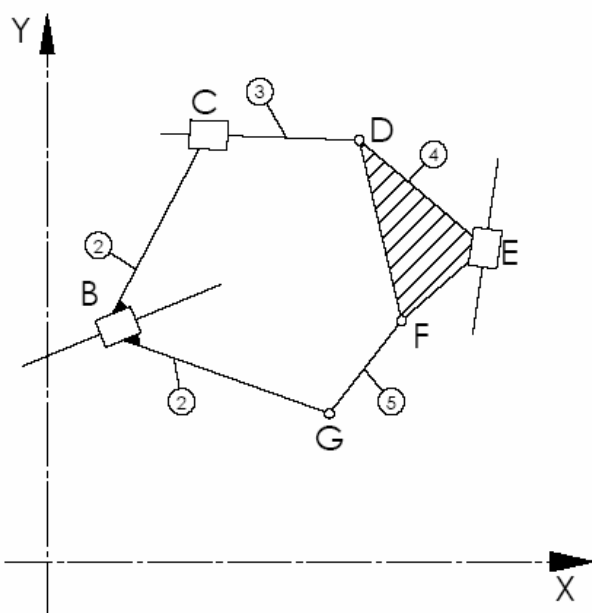


Figura 4. Tetrada PPR-PRR
PPR-PRR tetrad

3.CONCLUZII

Analiza structurală a grupeii Assur de clasa a 4-a (tetrada) este descrisă în această lucrare. Analiza arată că cele 64 aspecte posibile teoretic, corespund la 24 modele cinematice. Dintre aceste modele cinematice, 14 rămân tetrade, cinci devin mecanisme de

3 CONCLUSIONS

The structural analysis of the class-four Assur group (tetrad) is described in this paper. This analysis leads to 64 kinds of the tetrad and to 24 corresponding kinematic models. From these kinematic models only 14 remain tetrads, five become family-four

familia a 4-a iar cinci degenerază în mecanisme cu familie aparentă.

Modelele cinematice rezultate pot fi utilizate la analiza pozițiilor mecanismelor plane ce conțin tetrade.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Antonescu, P., *Extinderea formulei structurale Dobrovolski la mecanismele complexe de familie aparentă*, SYROM'73, vol. B, pg. 1-10, 1973.
- [2]. Mitsi, S., *Position analysis in polynomial form of planar mechanisms with a closed chain of the Assur group of class 4*, Mechanism and Machine Theory, vol. 34, pp. 1195–1209, 1999.
- [3]. Mitsi, S., Bouzakis K.-D., Mansour G., *Position analysis in polynomial form of planar mechanism with an Assur group of class 4 including one prismatic joint*, Mechanism and Machine Theory, vol. 39, pp. 237-245, 2004.
- [4]. Pelecudi, Chr., *Bazele analizei mecanismelor*, Editura Academiei, 1967.
- [5]. Popescu, I., *Mecanismele cu două contururi de familie 3+4 (I, II)*, Studii și cercetări de mecanică aplicată și electromecanică, vol. I, Mecanică aplicată, Partea I, Universitatea din Pitești, pg. 63–72, 1997.

mechanism and other five degenerate in apparent family mechanism.

The resulted kinematic models can be used for the position analysis of planar mechanisms including tetrads.

REFERENCES

- [1]. Antonescu, P., *Extinderea formulei structurale Dobrovolski la mecanismele complexe de familie aparentă*, SYROM'73, vol. B, pg. 1-10, 1973.
- [2]. Mitsi, S., *Position analysis in polynomial form of planar mechanisms with a closed chain of the Assur group of class 4*, Mechanism and Machine Theory, vol. 34, pp. 1195–1209, 1999.
- [3]. Mitsi, S., Bouzakis K.-D., Mansour G., *Position analysis in polynomial form of planar mechanism with an Assur group of class 4 including one prismatic joint*, Mechanism and Machine Theory, vol. 39, pp. 237-245, 2004.
- [4]. Pelecudi, Chr., *Bazele analizei mecanismelor*, Editura Academiei, 1967.
- [5]. Popescu, I., *Mecanismele cu două contururi de familie 3+4 (I, II)*, Studii și cercetări de mecanică aplicată și electromecanică, vol. I, Mecanică aplicată, Partea I, Universitatea din Pitești, pg. 63–72, 1997.