مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (6) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (6) 2012

تحليل بنية التركيبة الآلية الكامية باستخدام معيار تقييد الحركة

الدكتور جهاد بدور*
الدكتور نزيه يوسف**

(تاريخ الإيداع 5 / 4 / 2012. قُبِل للنشر في 6/ 12 / 2012)

□ ملخّص □

يتضمن البحث دراسة تفصيلية حول استخدام معيار تقييد الحركة في إجراء تحليل بنية التركيبة الآلية،و بالأخص الكامية، وتم وضع أسس لإجراء هذا التحليل، وبُين في هذا البحث أن تحليل بنية الآليات يهدف إلى تحديد الارتباطات الزائدة بهدف تحديد الازدواجات التي تحتاج إلى تصنيع دقيق لتأمين تصميم ميكانيزمات تُؤدي المهمة المطلوبة منها؛ وتمنع هذه الازدواجات من حدوث التشوهات في حدود الآليات نتيجة الأحمال الإضافية المفاجئة، كذلك تم تأكيد وجود الارتباطات الزائدة في التركيبات والآليات المستوية فقط. وفي ختام البحث تم تطبيق نتائج الدراسة على آليات تُستخدم في صيانة الخطوط الحديدية.

الكلمات المفتاحية : تحليل بنية الآليات، معيار تقييد الحركة.

* أستاذ مساعد – قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
** مدرس – قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة البعث– حمص– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (6) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (6) 2012

Analysis Structure of Cam Mechanism by Using Limit Movement Criteria

Dr. Jihad Baddour*
Dr. Nazih Yousef**

(Received 5 / 4 / 2012. Accepted 6 / 12 / 2012)

□ ABSTRACT □

This paper includes a wide study about using limit movement criteria in analyzing mechanism structure, particularly the cam. The fundamentals have been arranged to do this analysis; it is proved that the analysis of machine structure aims at defining the extra connections for defining the fits which need precise manufacturing to arrange the design of mechanisms that achieves the required task, and these fits prevent machine distortions due to sudden extra loads; also, it has been ensured that the extra connection exists only in surface compounds and machines. At the end of this paperm the study results have been applied on the machines used in the maintenance of railways.

Keywords: Analysis of equipment structure , limit movement criteria.

*Associate Professor of Mechanical Power Engineering -Faculty of Mechanical and Electrical- Faculty Engineering- Tishreen University-Lattakia-Syria.
** Assistant Professor of Mechanical Power Engineering -Faculty of Mechanical and Electrical Engineering-AlBaath university-Homs- Syria.

مقدمة:

تستخدم تركيبة آلية الكامة بشكل واسع في بناء الآليات والتجهيزات، خاصة في حالة الإزاحات الصغيرة للتوابع أو الوصلات التي تتطلب تغير السرعة والتسارع، وفي مقدمتها أجهزة القياس والتحكم، وتعمل هذه الآلية في أغلب الحالات على تحويل الحركة الدائرية(R) إلى حركة انسحابية (P) بواسطة التماس بين السطح الجانبي (الغلاف الخارجي) للكامة وسطح التابع؛ فمن المتعارف عليه أن تركيبة آلية الكامة قد تكون دُرست بشكل مفصل، وبطرائق مختلفة خاصة أنه تم تفحصها بشكل واسع انطلاقاً من حساب درجة الطلاقة، أما تحليل بنية هذه الآلية باستخدام معيار تقييد الحركة فلم تعالج بشكل دقيق، إضافة إلى عدم وجود أمثلة تطبيقية تعتمد معيار تقييد الحركة لتحليل بنيتها بشكل موسع ودقيق.

إن بنية أية منظومة ميكانيكية تحددها وظائف الارتباطات لمجموعة عناصرها، والعلاقة فيما بينها، ولتحليل بنية التركيبة الآلية نتعرف مجموع حدودها، والعلاقة فيما بينها، وهذا ينطبق أيضاً على الحدود، ومجموعات الآليات المتحركة الموصلة أو أصنافها، وأبعاد مكونات الآلية، وهي توصف بشكل تام، وتعطي شكل الأبعاد للعناصر وتوضعاتها، وتبين شكل العلاقة بينها [1,2,3,4,5,6].

إن مسألة تحليل بنية التركيبات الآلية أصبحت مسألة تحديد أبعاد بنية الآلية المدروسة؛ وذلك من خلال معرفة عدد الحدود، ومجموعة البناء، وعدد الازدواجات وشكلها ، وعدد المتحركات، وعدد الحلقات المغلقة، والارتباطات الزائدة[1] بحيث أصبحت مسألة تحليل بنية الآليات الحديثة تقوم على تحديد المواصفات الآتية [7,8,9,10,11,12]:

عدد المتحركات، وعدم توافر الأماكن للمتحركات، والارتباطات الزائدة، والحد الأدنى لعدد الازدواجات محدودة الشكل (مثلاً فقط دورانية)، وأبعاد الآليات.

لقد تم تحليل بنية تركيبة آليات الكامات من قبل عدد من الباحثين [3,4,5]، وتم الحصول على نتائج في حينها؛و ذلك بالانطلاق من علاقة درجة الطلاقة. وبما أن معيار تقييد الحركة يمكننا من الفحص السريع للآليات، فقد تم اعتماد هذا المبدأ لإعطاء صورة أكثر وضوحاً عن تركيبة آلية الكامة بحيث يُمكن المصممون من إعادة تطوير هذه الآليات بما يخدم عملية استخدامها في أجهزة القياس والآليات المختلفة، وإجراء الصيانة لهذه الميكانيزمات بسهولة؛ لذلك تعد مسألة بناء تركيبة آلية الكامة من أهم الأمور التصميمية في الآليات، والأجهزة المختلفة، وبشكل خاص أجهزة القياس ومن أصعب الأمور أيضاً؛ لذلك يتطلب إجراء تحليل دقيق، وإعطاء معلومات واضحة عن هذا البناء حتى نصل في النهاية إلى الدخول في عملية تصميم الآلة [13,14,15,16].

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى وضع أسس إجراء تحليل لبنية تركيبة آلية الكامة باستخدام معيار تقييد الحركة؛ وذلك من خلال الدراسة التحليلية لأسلوب تحليل (تصميم) تركيبة آلية الكامة مع تنفيذ دوران الكامة، والحركة الانسحابية للتابع،

[1]- الارتباطات الزائدة: هي الفرق بين العد العام لمعادلات الارتباطات غير التابعة وعدد المعادلات التي ترتبط وبهذا فإن الآليات التي يكون العدد العام فيها لمعادلات الارتباط أكبر من عدد معادلات الارتباط غير التابعة يطلق عليها آليات بارتباطات زائدة، ويعبر عن معادلات الارتباط غير التابعة بالعلاقة الآتية: $\sum_{i=1}^{j} f_i - b_k$.

وإجراء دراسة تطبيقية لآلية الكامة، وتطبيق ذلك على آليات تثبيت بعض آليات صيانة الخطوط الحديدية من أجل وضع منهجية لإعادة تطويرها، وتأمين الدقة في عملها باستخدام معيار تقييد الحركة لتحديد عدد الارتباطات الزائدة.

طرائق البحث ومواده:

أنجز هذا البحث بالاعتماد على دراسات ومراجع حديثة نشرت في هذا المجال في مجلات علمية عالمية.

التحليل الرياضي:

1-المبدأ العام لتشكيل تركيبة آلية الكامة

تتألف تركيبة آلية الكامة من وصلة بشكل كامة وتابع أو عتلة تتصل فيما بينها بواسطة ازدواجات، تقوم بتحقيق الاتصال بين عناصر الآلية، ويمكن أن تكون هذه الآليات مستويةً أو فراغية، وبهذا تصنف إلى فئات(أسر) كما هو موضح في العلاقة (1) لحساب معيار تقييد الحركة [1,6].

$$M = N(n - j - 1) + \sum_{i=1}^{j} f_i \qquad (1)$$

حيث إن :

M-معيار تقييد الحركة.

N-فئة(أسرة) الآلية، وقد تأخذ قيماً مختلفة.

n-عدد حدود الآلية.

$\sum_{i=1}^{j} f_i$-مجموع درجات الطلاقة للازدواجات بدون الوصل بين الحدود، وتعطى وفقاً لما يلي:

$$\sum_{i=1}^{j} f_i = 5j_5 + 4j_4 + 3j_3 + 2j_2 + 1j_1 \qquad (2)$$

حيث إن:

j_5 -عدد الازدواجات التي تملك خمس درجات طلاقة.

j_4 - عدد الازدواجات التي تملك أربع درجات طلاقة.

j_3 - عدد الازدواجات التي تملك ثلاث درجات طلاقة.

j_2 - عدد الازدواجات التي تملك درجتي طلاقة.

j_1 - عدد الازدواجات التي تملك درجة طلاقة واحدة.

و بإعطاء قيم مختلفة لـ Nنحصل على العلاقات الآتية:

$$N = 3 \Rightarrow M = 3(n - j - 1) + \sum_{i=1}^{j} f_i \qquad (3)$$

$$N = 4 \Rightarrow M = 4(n - j - 1) + \sum_{i=1}^{j} f_i \qquad (4)$$

$$N = 5 \Rightarrow M = 5(n - j - 1) + \sum_{i=1}^{j} f_i \qquad (5)$$

$$N = 6 \Rightarrow M = 6(n - j - 1) + \sum_{i=1}^{j} f_i \qquad (6)$$

من خلال العلاقات الواردة أعلاه نجد أن أكثر أشكال تركيبة آلية الكامة بساطة هي تلك التركيبات ذات الازدواجات التي تملك درجة طلاقة واحدة، أو درجتي طلاقة.

2- المواصفات الأساسية لتركيبة آلية الكامة (Parameters combination cam mechanism):

أ- تحدد زاوية دوران الكامة وضعية التابع، ويُحدد وضع التابع من دوران الكامة بمقدار 360°، وتقسم حركة التابع إلى أربع مراحل تقابل أربع زوايا لدوران الكامة على الأكثر وهي كما يلي [1,6]:

1- زاوية الصعود β_r.

2- زاوية السكون الأولى β_{D1}.

3- زاوية الهبوط β_f.

4- زاوية السكون الثانية β_{D2}.

وبالانطلاق من ذلك تكون زاوية العمل لتركيبة آلية الكامة هي دورة كاملة 360°:

$$\beta_W = \beta_r + \beta_{D1} + \beta_f + \beta_{D2} = 360^\circ$$

ب- المعلومات التي يجب معرفتها لتنفيذ العمل:

1- معادلة تغير السرعة للتابع (V).

2- معادلة تغير التسارع(a).

3- معادلة تغير الإزاحة (S) للتابع بوصفه تابعاً لزاوية دوران الكامة، ومقدار الإزاحة الأعظمية.

4- زمن شوط الصعود t_r، أو زاوية الصعود β_r.

5- زمن الاستراحة الأولى t_{D1}، أو زاوية السكون الأولى β_{D1}.

6- زمن شوط الهبوط t_f، أو زاوية الهبوط β_f.

7- زمن الاستراحة الثانية t_{D2}، أو زاوية السكون الثانية β_{D2}.

8- زاوية الضغط الأعظمية[2] α_m للكامة.

3-أشكال حركة الكامة:

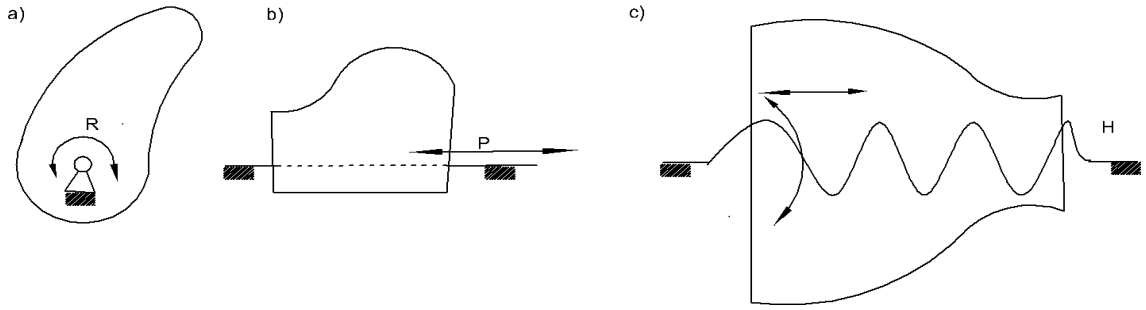
كما تم الإشارة إليه أعلاه، فإن آلية الكامة تنفذ غالباً الحركات الآتية المبينة في الشكل الآتي (1)، وهي:

أ- الحركة الدورانية للكامة.

ب- الحركة الانسحابية.

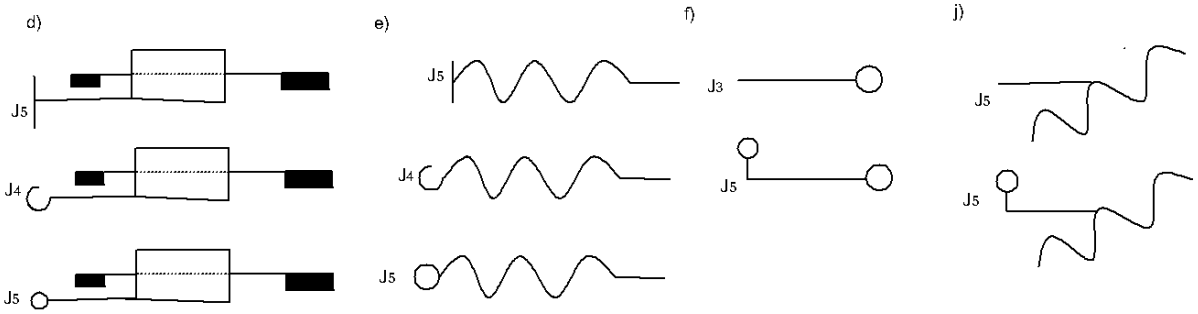
ت- الحركة اللولبية التي تتضمن حركة دورانية بسرعة زاوية ثابتة وانتقال محدود، وتؤمن الحركة اللولبية إزاحة وصلة الدخل وسرعة متغيرة.

[2] - زاوية الضغط: هي الزاوية المحصورة بين خط عمل التابعو الناظم على المماس في نقطة تماس الكامة مع التابع.



الشكل(1) يبين الأشكال المختلفة لدوران الكامة

من المعلوم أن تغير سرعة التابع يُحددها شكل السطح الجانبي(الغلاف الخارجي) للكامة، وتملك الأشكال المختلفة المبينة في الشكل(1) ازدواجاً دورانياً، أو ازدواجاً انزلاقياً (P)، أو ازدواجاً لولبياً (H)، والأكثر تعقيداً في تركيبة آلية الكامة أنها تملك على الأقل ثلاثة حدود وثلاثة ازدواجات، ويمكن تشكيلها باستخدام الأشكال المختلفة للتوابع المبينة في الشكل(2).



الشكل(2) يبين الأشكال المختلفة للتوابع وطريقة إزاحتها[3]

من أهم تركيبة آليات الكامات آلية الكامة الصفرية – الواحدية[4] التي تتضمن عناصر بازدواجات أحادية الحركة دورانية(R)، أو انزلاقية(P)، أو لولبية(H) مع حد ثابت بمساعدة الفئات (الأسر) المختلفة للآلية الصفرية – الواحدية، كما هو مبين في الشكل(1)، وتوافر ثلاثة آليات مختلفة بدائية كما هو مبين في الشكل (1)، أو تعطي(21) خياراً للبناء كما هو مبين في الشكل (3).

حيث تصنف هذه الخيارات إلى الأشكال الآتية :

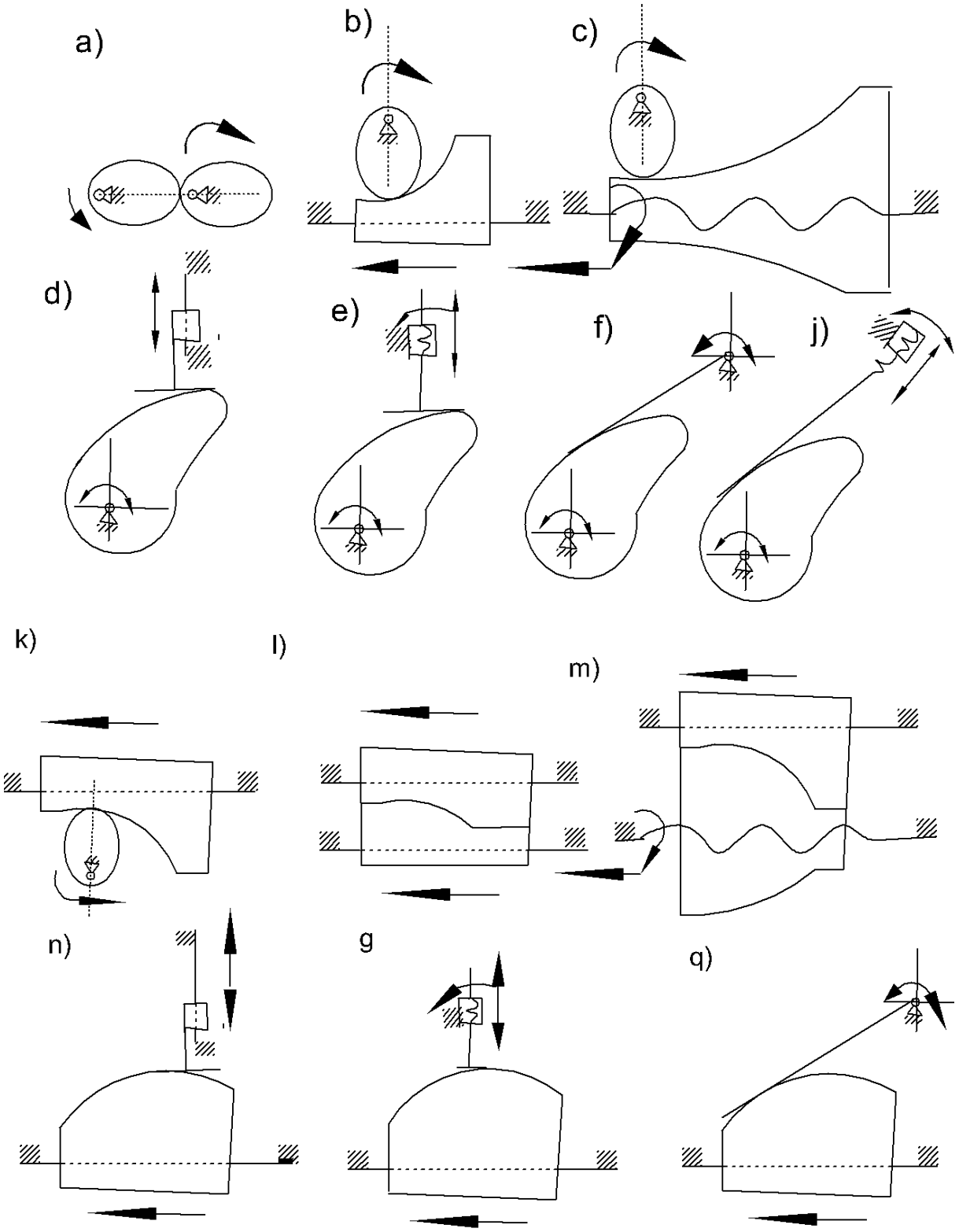
1– كامة دورانية تشمل الاحتمالات a,b,c,d,e,f,j.

2– كامة انسحابية تشمل الاحتمالات k,n,m,l,q,g,z.

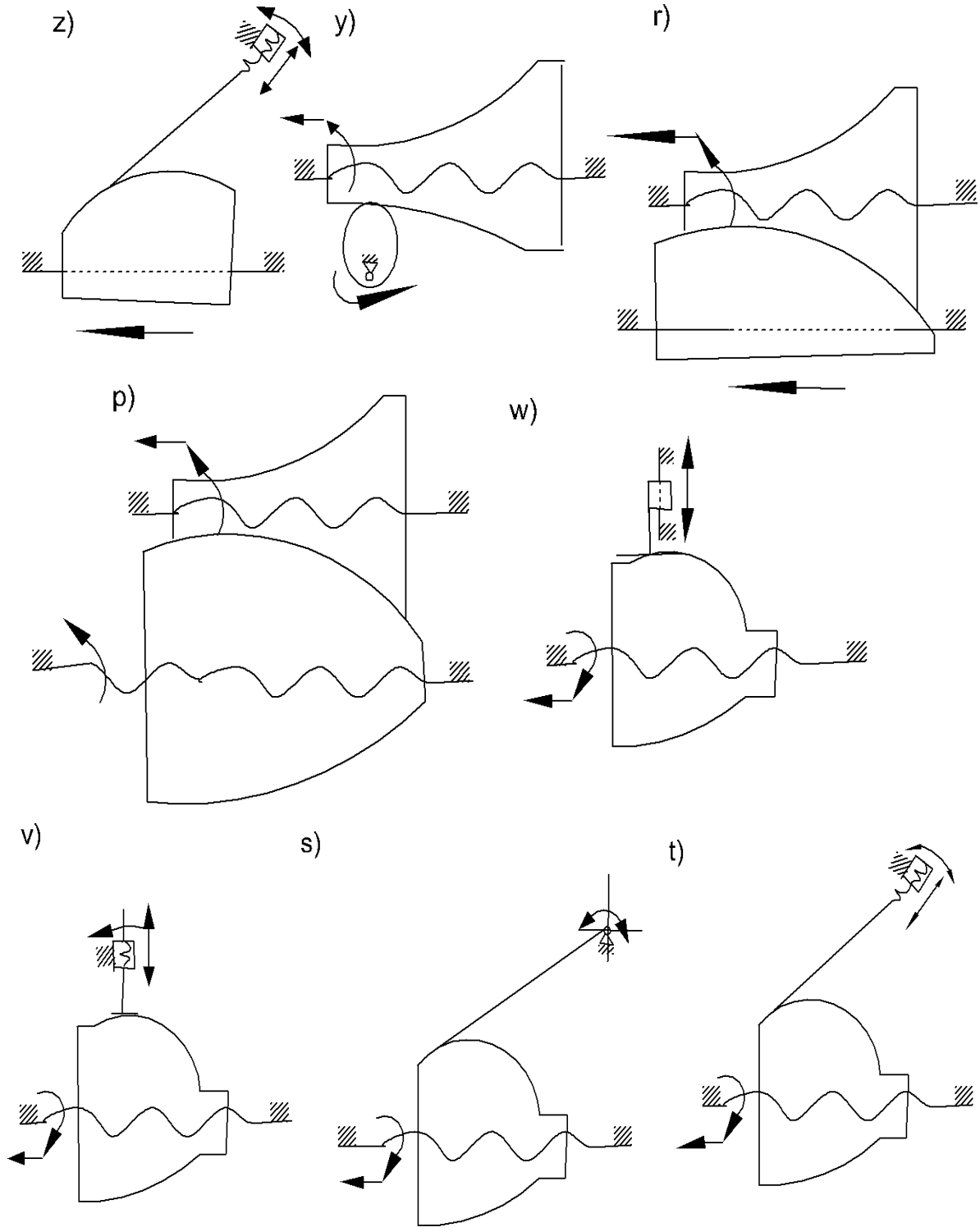
3– كامة لولبية تشمل الاحتمالات y,t,v,s,p,w,r.

[3]- المقصود بطريقة الإزاحة هل هي لولبية أم انزلاقية أم دورانية.

[4] - المقصود بالكامة الصفرية – الواحدية :تعني الصفرية أن معيار تقييد الحركة يساوي الصفر، وتعني الواحدية أن جميع الازدواجات تملك درجة طلاقة مساوية للواحد.

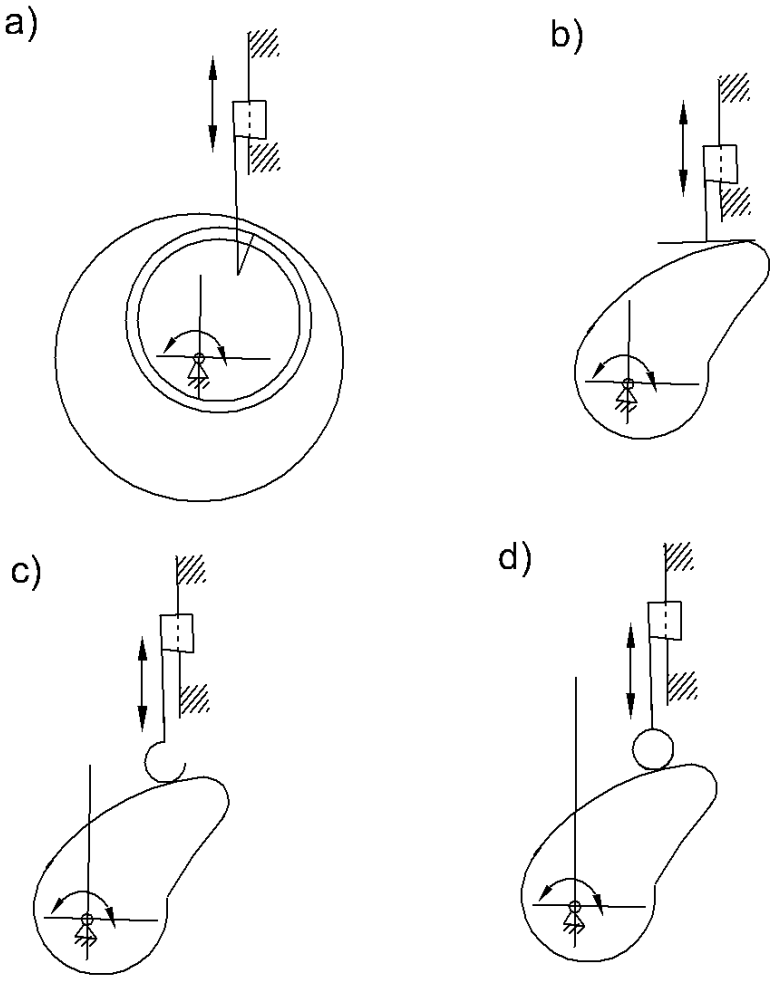


الشكل(3) يبين الخيارات الممكنة للبناء



تابع للشكل(3) يبين الخيارات الممكنة للبناء

يتبع تنفيذ الازدواجات (ثنائية، ثلاثية، رباعية، خماسية متحركة) أسرة (فئات) الكامات ثلاثية الحدود التي ستكون أحياناً ثلاثية، وأحياناً رباعية، وأحياناً خماسية، أو سداسية كما هو مبين في الشكل(4).



الشكل(4)يبين الأشكال المختلفة للازدواجات الممكنة[5]

تم في الشكل(4) تبيان كامة ثلاثية الحدود دورانية مع توابع انسحابية، وتُنسب هذه الآليات إلى الأسرة الثالثة (الفئة الثالثة) وفق الشكل(4–a)؛ حيث الازدواجات ثنائية الحركة وأسطوانية من أجل تحريك نهاية التابع، والتركيبات الآلية بازدواجات ثلاثية الحركة ومستوية مبينة في الشكل(4-b)، وللأسرة الخامسة كما هو مبين في الشكل(4–c) حيث تُنسب إلى الفئة الرابعة بازدواجات رباعية الحركة (أسطوانية على مستو)،و للأسرة السداسية (فئة سداسية) كما هو مبين في الشكل (4–c) حيث ازدواجات الكامة خماسية الحركة (كروية على مستو)، فالكامة بثلاثة حدود(n=3,M=1) مع الازدواجات المبينة تملك الارتباطات الزائدة(b_k) وفق العلاقة الآتية [1,17,18,19]:

$$b_k = M - 6(n - j - 1) - \sum_{i=1}^{j} f_i$$

حسب الشكل(4–a) يكون لدينا:

$$M = 1, n = 3, j = 3, \sum_{i=1}^{3} f_i = 1.2 + 2.1 = 4 \Rightarrow b_k = 1 - 6(3 - 3 - 1) - 4 = 3$$

[5] - يملك الازدواج بين الكامة والتابع في الشكل(c4) أربع درجات طلاقة، بينما يملك هذا الازدواج في الشكل(d4) خمس درجات طلاقة.

فشروط الازدواجات الدورانية أن يكون دورانها موازياً لمستوى الحركة، وعمودياً على محور دوران الازدواجات في التركيبات الآلية المستوية وفق الشكل(4-b)، ويكون مقدار الارتباطات الزائدة كما يلي:

$$M=1, n=3, j=3, \sum_{i=1}^{3} f_i = 2.1+1.3=5 \Rightarrow b_k = 1-6(3-3-1)-5=2$$

فشروط الازدواجات الدورانية لحدود مستوية يجب أن تكون حركتها عمودية على محاور دوران الازدواجات كما هو مبين في الشكل(4-c)، ويكون مقدار الارتباطات الزائدة كما يلي:

$$M=1, n=3, j=3, \sum_{i=1}^{3} f_i = 2.1+1.4=6 \Rightarrow b_k = 1-6(3-3-1)-6=1$$

الشروط أن تكون عمودية على محاور الازدواجات الدورانية كما هو مبين في الشكل(4-d)، ويكون مقدار الارتباطات الزائدة كما يلي:

$$M=1, n=3, j=3, \sum_{i=1}^{3} f_i = 2.1+1.5=7 \Rightarrow b_k = 1-6(3-3-1)-7=0$$

يتم إزالة الارتباطات الزائدة بتغيير بعض الازدواجات إلى الكثير من الازدواجات، وهذا ما تؤكده العلاقة (6):

$$1-6(n-j-1)-\sum_{i=1}^{j} f_i = 0 \qquad (6)$$

وباعتبار أن $n=3, j=3$، وبالتعويض في العلاقة (6) نجد:

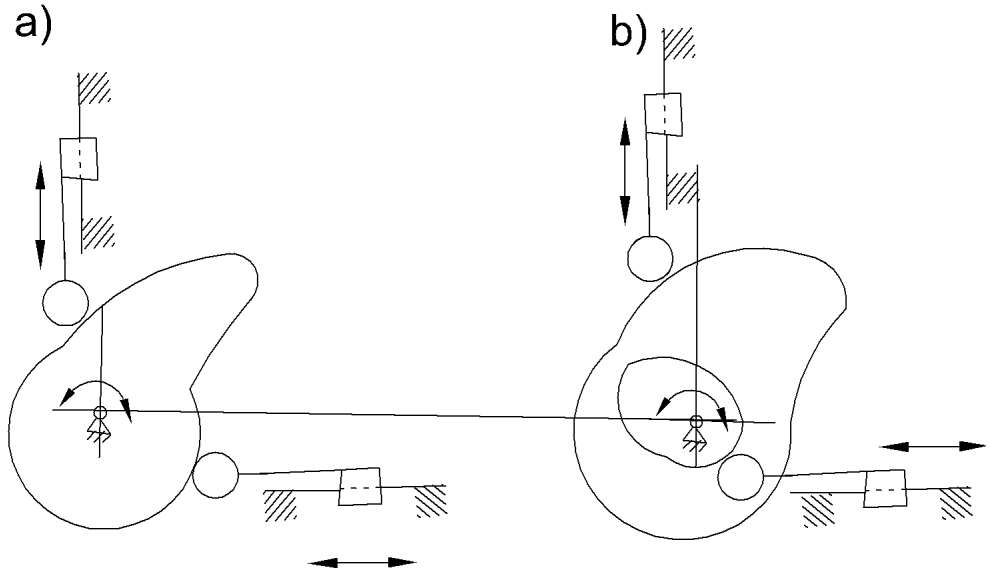
$$1-3(3-3-1)-\sum_{i=1}^{j} f_i = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^{j} f_i = 7$$

باستخدام الأسلوب المقترح من قبل[3] تملك تركيبة آلية الكامة الخيارات الآتية مع $b_k = 0$، التي نحصل عليها بحل المعادلة (6) كما يلي:

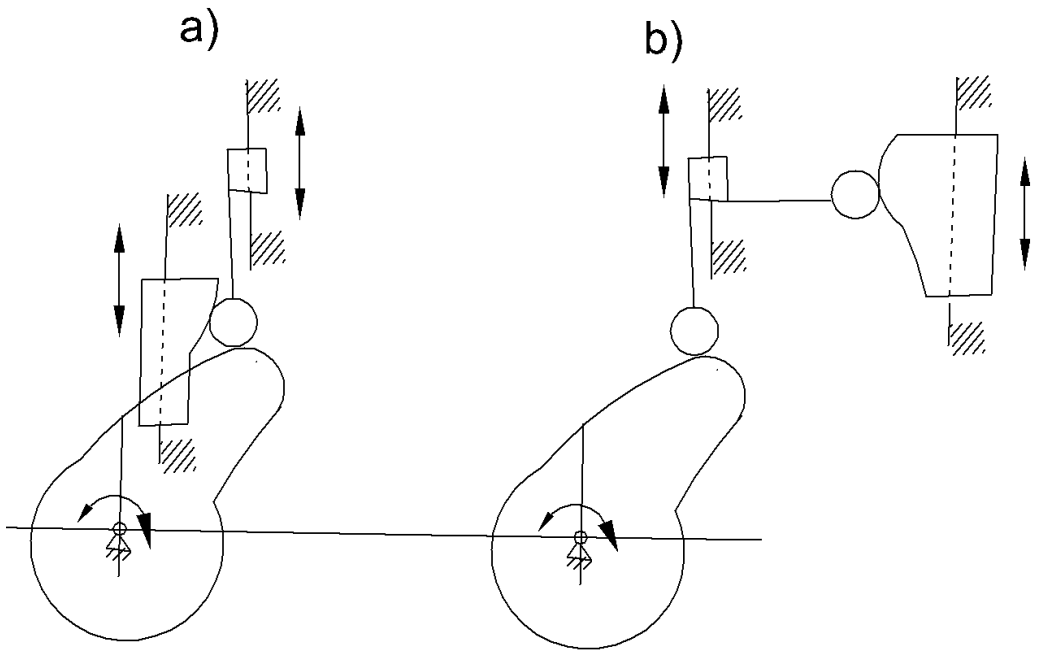
$$J_1J_2J_4, J_1J_4J_2, J_2J_1J_4, J_2J_4J_1, J_4J_1J_2, J_4J_2J_1, J_1J_1J_5, J_5J_1J_1, J_1J_5J_1$$
$$J_2J_2J_3, J_3J_2J_2, J_2J_3J_2, J_3J_3J_1, J_1J_3J_3, J_3J_1J_3,$$

الأفضل من الخيارات التي تم إيجادها باستخدام المقترحات المقدمة في [4]، والأكثر صعوبة في تركيبة آلية الكامات رباعية الحدود مع خمسة ازدواجات، وتشكل بأسلوب الوصل إلى أي حد من الحدود الثلاثة كامة صفرية-واحديه، وهكذا من الممكن وجود أسلوبين لتشكيل ازدواجات لتركيبة آلية الكامة، وهذا يتم أحياناً مع استخدام العناصر المتوافرة كما هو مبين في الأشكال (5-a، 6-a)، وأحياناً باستخدام عناصر تركيبة آلية كامة جديدة ضمن الحدود؛ وذلك انطلاقاً من ثلاثية الحدود كما هو مبين في الأشكال (5-b، 6-b)، وفي الشكل (5) تم توضيح احتمال لتركيبة آلية الكامة رباعية الحدود، التي تم الحصول عليها انطلاقاً من ثلاثية الحدود التي تم الإشارة إليها مسبقاً في الشكل (4-d) بمساعدة آلية الكامة الصفرية – الواحدية كما هو مبين في الشكل (2)، هذه العناصر الصفرية –الواحدية بازدواجات انزلاقية تعبر من خلال واحدة الحركة J_1، والموصلة مع الوصلة الثابتة، أما عناصر الازدواجات الكامية الخماسية الحركة فتوصل مع الكامة بالاحتمالات المبينة في الشكل (5)، وباستخدام المتوافر من عناصر الازدواجات الكامية كما هو مبين في الشكل (5-b)، وعناصر الازدواجات الكامية الجديدة (هنا توجد كامتان ترتبطان ببعضهما

وتشكلان حداً واحداً). في الشكل (6) يقترح خياران لكامة رباعية الحدود، تم الحصول عليها من آلة كامية ثلاثية الحدود كما هو مبين في الشكل (4–d) بمساعدة الكامة الصفرية – الواحدية المبينة في الشكل (1–b)، تملك هذه الكامة الصفرية –الواحدية لعناصر الازدواجات الانسحابية درجة طلاقة واحدة J_1 متصلة مع الوصلة الثابتة، أما عناصر الازدواجات الكامية خماسية درجة الطلاقة J_5 فتتصل مع التابع بالخيار المقترح في الشكل (6–a)، وتستخدم أيضا المتوافر للتابع من عناصر الازدواجات الكامية، أما في الخيار (6–b) فالعناصر جديدة تماماً [20,21,22,23,24].



الشكل(5)



الشكل(6)

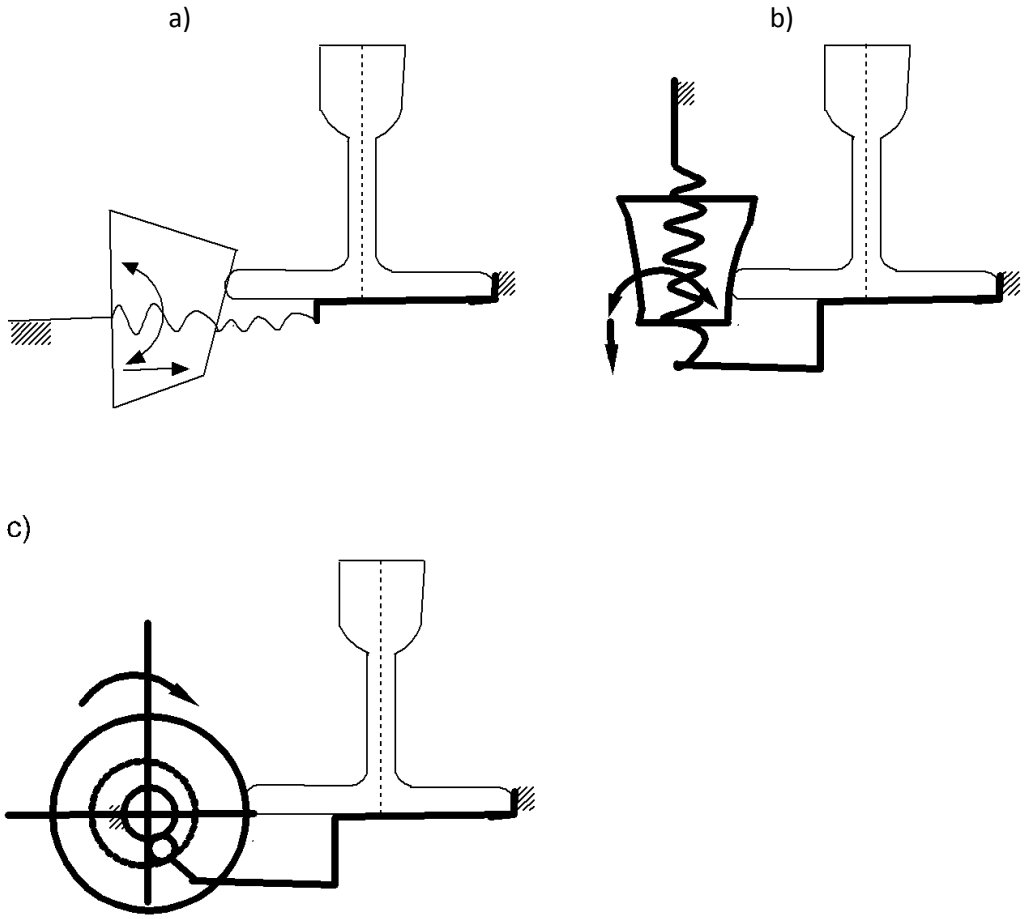
النتائج والمناقشة:

أ- تحليل بنية تركيبة آلية الكامة المثبتة على قضيب الخطوط الحديدية (القابض للقضيب): من المعلوم أن القيام بعملية صيانة قضبان الخطوط الحديدية تتطلب تحقيق دقة في عمل آلات الصيانة، وتصميم قابض التثبيت لهيكل الآلة على هذا القضيب.

المعطيات: الأبعاد الأولية، والحركة دورانية، ومعيار تقييد الحركة $M=1$، والحدود هي كامة بحركة دورانية، وحركة انسحابية للتابع. الدور الذي يقوم به هيكل الآلة المرتبط بالكامة هو تحقيق تلاصق مع القضيب لتحقيق تقدم مخصص معلوم حيث $n=3, j=3$، ومن الممكن الحصول على (6) حلول مع احتساب مختلف الخيارات للازدواجات كما يلي:

$$C_{Rx}C_{fPx}, C_{Ry}C_{fPx}, C_{Rz}C_{fPx}, C_{Hx}C_{Px}, C_{Hy}C_{fPx}, C_{Hz}C_{fPx}$$

الخيار مع كامة لولبية $C_{Hx,y,z}$ يمكننا أن نلاحظه كما ذكرنا سابقاً، وهو يدعم التوافق الذاتي، ويستثني ذاتية حدوث الدوران للكامة، وضعف الرابط من حدوث الاهتزازات، وهذه الخيارات مبينة في الشكل (7).



الشكل(7) خيار كامة لولبية عرضية

1- الخيار الأول مع كامة لولبية أفقية C_{Hx} كما هو مبين في الشكل(7-a).

2- الخيار الثاني مع كامة لولبية شاقولية C_{Hy} كما هو مبين في الشكل(7-b).

3- الخيار الثالث مع كامة لولبية عرضية C_{Hz} كما هو مبين في الشكل(7-c).

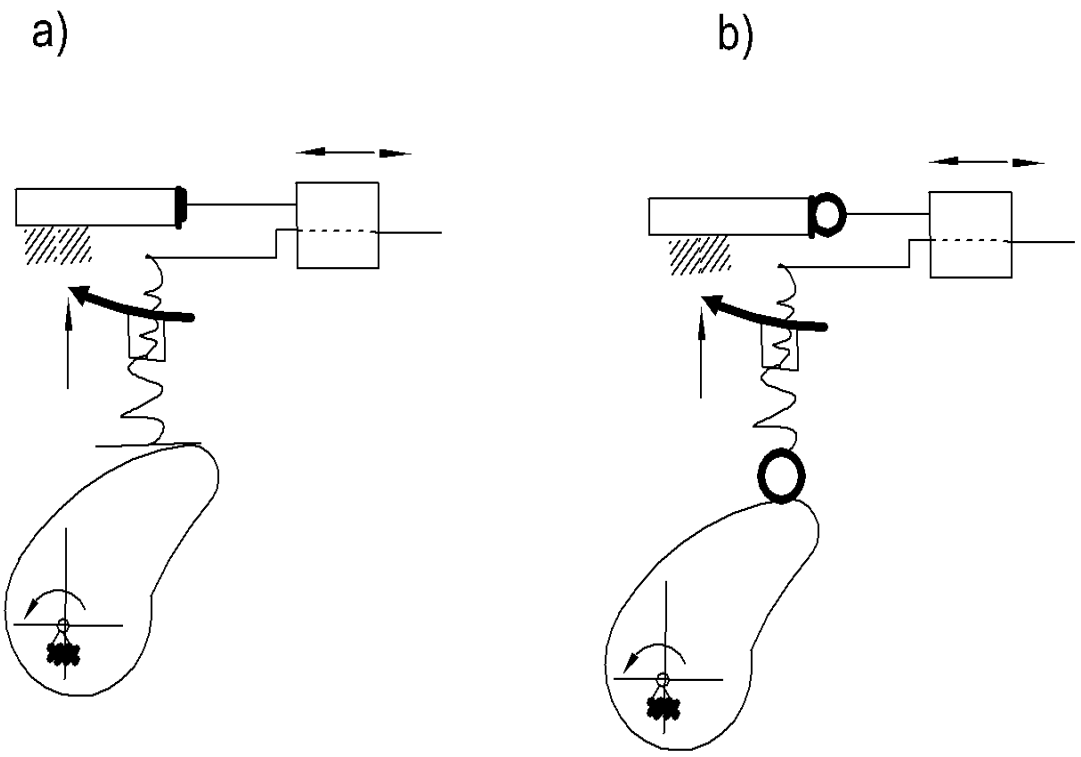
نزيل الارتباطات الزائدة لهذه التركيبات الآلية الكامية بطريقة تنفيذ الازدواجات الكامية في كل الخيارات خماسية الحركة J_5، وخيارات التوافق الذاتي هو $(J_1J_5J_1)$. والارتباطات الزائدة هي:

$$b_k = M - 6(n - j - 1) - \sum_{i=1}^{j} f_i ,$$

$$M = 1, n = 3, j = 3, \sum_{i=1}^{3} f_i = 2.1 + 1.5 = 7 \Rightarrow b_k = 1 - 6(3 - 3 - 1) - 7 = 0$$

ب- تحليل بنية ميكانيزم الكامة لتأمين إزاحة الحد العامل لبعض أجهزة الخطوط الحديدية:

المعطيات: الإحداثيات (البارامترات) الأولية، وحركة الدخل للكامة دورانية، ومعيار تقييد الحركة $M = 1$، وتتكون التركيبة الآلية من كامة وتابع في الأساس، ومن عدد من الحدودو الازدواجات $n = 4, j = 5$، والمطلوب من التركيبة الآلية تأمين إزاحة انسحابية على خرج التابع بالنسبة إلى ثلاثة محاور فتكون الإزاحتان الأوليتان هما Y&Z، وقبل كل شيء يجب الاستخدام الواقعي لكامة ثلاثية الحدود $C_{Rx}C_{fHx}$ كما هو مبين قي الشكل (3-b)، وبالمتابعة باستخدام الكامة الصفرية – الواحدية C_{fPx} ، والتابع كما هو مبين في الشكل (2-d) مع عناصر الكامة، وعناصر الازدواجات الانزلاقية P_x،و الازدواجات الانزلاقية P_y نشكل هذه الواحدية على الأفق بدفع التابع ثلاثي الحدود، والازدواجات الكامية بدخل واحدي لتابع في تماس مع ثلاثي الحدود الثابتة، وينفذ على عناصرها الازدواج الكامي (تثبت معها كامة مضاعفة) كما هو مبين في الشكل (8).



الشكل(8)

تملك هذه التركيبة الآلية ارتباطات زائدة كما يلي:

$$b_k = M - 6(n - j - 1) - \sum_{i=1}^{j} f_i ,$$

$$M = 1, n = 4, j = 5, \sum_{i=1}^{3} f_i = 1.3 + 3.2 = 9 \Rightarrow b_k = 1 - 6(4 - 5 - 1) - 9 = 4$$

في حال كانت الارتباطات الزائدة تساوي الصفر يكون $b_k = 0$ يتم التنفيذ وفق الازدواجات الآتية:

$$3J_1 2J_5, 2J_1 J_2 J_4 J_5, J_1 2J_2 2J_4, J_1 J_2 2J_3 J_4, 2J_2 3J_3$$

الخيار الواقعي هو $3J_1 2J_5$ مع الازدواجات الآتية : $J_1 J_5 J_1 J_5 J_1$ كما هو مبين في الشكل (b8) مع تابعين طرفيين يشكلان مع الكامة ازدواجات خماسية الحركة دقيقة.

الاستنتاجات و التوصيات :

1- يقوم تحليل بنية التركيبات الآلية في المرحلة الأولى على وضع رسم تخطيطي للآلية، وتحديد الحد الثابت، والحدود المتحركة، وشكل الازدواجات، والتأثير المتبادل لتوضعها، ويفضل أن تُعرض تفاصيل الرسم الشروط المفروضة للحدود، والازدواجات كما بين من خلال الأمثلة التطبيقية في سياق البحث.

2- أهم ما يجب الاهتمام به عند تصميم الآليات المستوية، وفي مقدمتها آلية الكامة هو الارتباطات الزائدة لمالها من دور في التنفيذ الدقيق لوظيفة الآلة، ومنع حدوث التشوهات في حدود الآليات، ونقل القوى، والحركة بدقة؛ ولهذا تم التركيز في هذا البحث على استخدام معيار تقييد الحركة في تحديد هذه الارتباطات، وتطبيق ذلك على أكثر من حالة.

3- للحصول على التركيبات الآلية بدون ارتباطات زائدة يجب إجراء تغيير في الازدواجات من خلال إدخال قيود، ودمج ازدواجات مع بعضها حتى نحصل على قيمة لـ b_k مساوية للصفر، وفي الأغلب يتم تحقيق ذلك لتخفيض التكاليف؛ لأن وجود الارتباطات الزائدة يتطلب دقة عالية في تصنيع الازدواجات للحدود.

4- من أهم مايجب أخذه بعين الاعتبار عند تصميم التركيبات الآلية المستوية وجود الارتباطات، ولإزالة هذه الارتباطات ينبغي إجراء تغيير للأجزاء المتحركة إلى هذه التركيبة الآلية أو تلك، وهذا ما يؤمن خيارات متعددة، فمثلاً تركيبة رباعية القضبان تملك ارتباطات زائدة كما يلي:

$$b_k = M - 6(n - j - 1) - \sum_{i=1}^{j} f_i ,$$

$$M = 1, n = 4, j = 4, \sum_{i=1}^{4} f_i = 1.4 = 4 \Rightarrow b_k = 1 - 6(4 - 4 - 1) - 4 = 3$$

إذاً هناك ثلاثة ارتباطات زائدة تطبق في أثناء تصميم تركيبة رباعية القضبان، وتتم إزالتها بتغيير أي ازدواجين، وتجدر الإشارة إلى أن وجود الارتباطات الزائدة لا يعني حالة سلبية، وإنما يتطلب زيادة في درجة دقة تصنيع الازدواجات للعناصر، خاصة في حالة التحميل الإضافي للحدود لمنع حدوث التشوهات.

5- يمكن تحديد عدد الارتباطات الزائدة في الحالة العامة من خلال طريقة تحليل معادلة الارتباطات، وأحياناً يمكن أن نحصل في بعض الحالات البسيطة على قيمة M ليس عن طريق حل المسألة، وإنما من خلال معرفة وضعية حدود التركيبة الآلية.

6- يجب تأكيد أن العلاقات الآتية :

$$M = 6(n - j - 1) - \sum_{i=1}^{j} f_i ,$$

$$M = 3(n - j - 1) - \sum_{i=1}^{j} f_i ,$$

تستخدم بشكل أساسي ليس لتحديد معيار تقييد الحركة، وإنما من أجل تحليل بنية التركيبات الآلية بدون ارتباطات زائدة.

المراجع:

1- د. نزيه يوسف، د. نعيم بشيش، د. عدنان يونس : *نظرية الآلات*، الطبعة الأولى، منشورات جامعة البعث، سورية، 2006، 590.

2- يوسف نزيه، حجي مروان : *استخدام معيار تقييد الحركة لتحليل بنية الآليات المستوية التي تملك درجة طلاقة واحدة وازدواجات من ذات النوع وتطبيق ذلك على آلة مكونة من/14/حداً*، مجلة جامعة البعث، عام2011 المجلد33.

3-Сухих Р.Д. ,Дружинин Ю.А., Алексеев А.А. *синтезе механизмов железнодорожного транспорта часть I*, кафдра теория механизма и работотехническии системы, Линиград, 1980,.22.

4-Сухих Р.Д. ,Дружинин Ю.А., Алексеев А.А. *синтезе механизмов железнодорожного транспорта часть 2*, кафдра теория механизма и работотехническии системы, Линиград, 1980.,25.

5-Сухих Р.Д. ,Дружинин Ю.А., *сборник задач по теории механизмов и машин часть I*, кафдра теория механизма и работотехническии системы, Линиград, 1991, 28с.

6- Kennet H.J, *Kinematics ,dynamics,and design of machine* New York,1999,p.640.

7-ШАхунянц Г.М.*Железнодорожный пуеь транспор*т. Издатнльство машиностроение, Мсква,1987,.479

8-Фролова К. В. *Теория механизмов и машшин*, вышая школа, Москва, 1987, p.496

9- ПОЖБЕЛКО *В.И. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА ПЛОСКИХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ СЛОЖНЫХ ШАРНИРОВ,* Теория Механизмов и Машин**,** С.-Петербургский гос. университет технологии и дизайна, №1. Том 4,2006,pp.27-37.

10-Пейсах Э.Е.,Ностеров В.А. *система проектирования плоских рычажных механизмов*,Машиностроение,Москва,2000,p.904.

11- *СЕМЕНОВА Ю. А., СЕМЕНОВ, Н. С. СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ,* Теория Механизмов и Машин, С.-Петербургский гос. университет технологии и дизайна №2, *2003*.3-15.

12- Пейсах Э.Е. *Оструктрном синтезе рычажных механизмов*,Теория механизмов и машшин,С.-Петербургский гос. университет технологии и дизайна $N\circ(1)Tom5$, ,2005, 77-80.

13- Дворников Л.Т., Гудимова л.Н., *Задача о поиске многообразия восьмизвенных плоских шарнирных групи Ассура*, Теория механизмов и машшин,С.-Петербургский гос. университет технологии и дизайна, $N\circ(1)Tom6$, 2008,pp.15-29.

14- Пейсах Э.Е. *Катлог восьмизвенных плоских групп Ассура* ,Теория механизмов и машшин, С.-Петербургский гос. университет технологии и дизайна, $N\circ(1)Tom5$, 2005, 15-27.

15- Дворников Л.Т., *Квопросу о классификации плоских групи Ассура,* Теория механизмов и машшин,С.-Петербургский гос. университет технологии и дизайна, $N\circ(2)Tom6$, 2008, 18-25.

16- Пейсах Э.Е., *структрный синтезе замкнутых кинематических цепей часть1*,Теория механизмов и машшин,С.-Петербургский гос. университет технологии и дизайна, $N\circ(1)Tom6$, 2008, 4-14.

17- Дворников Л.Т. *опыт структрного синтеза механизмов*, Теория механизмов и машшин, С. -Петербургский гос. Университет технологии и дизайна $N◦2\ Tom2$,2004,
3-17.
18-Ализаде Р.И., Моэн Рао (A.V. Mohan Rao), Сандор (G.N. Sandor) *Оптимальный синтез четырёхзвенных и кривошипно-шатунных плоских и пространственных механизмов с использованием метода функций при ограничениях в форме неравенств и равенств*,Конструирование и технология машиностроения,ссср. №3, 1975, 17-23.
19-Лебедев П.А., Гарбарук В.В., Денисенко А.И**.** *Синтез пространственного передаточного шарнирного четырёхзвенного механизма по равномерному приближению,* кн.: Механика машин, Наука , М, вып. 50. 1976, 22-30.
20-Иванов К.С**.** *Синтез механизмов методом приближения функций на основе превращения заданной функции в выражение отклонения*, В кн.: Механика машин, Наука, М., вып. 59, 1982, 30-38.
21-Осман (M.O.M. Osman), Дуккипати (R.V. Dukkipati). *Синтез пространственных механизмов, воспроизводящих заданную функцию с оптимальной структурной ошибкой*, Конструирование и технология машиностроения,ссср..№1, 1977, 100-107.
22-Пейсах Э.Е. Синтез рычажных механизмов на основе методов нелинейного программирования, В кн.: Механика машин, СССР. М.: Наука, вып. 44. 1974, 69-77.
23-Левитский Н.И., Шахбазян К.Х. *Синтез пространственных четырёхзвенных механизмов с низшими парами*, Труды семинара по теории машин и механизмов, СССР. М.: Изд. АН т. XIV, вып. 54. 1953, 5-24.
24-Jing –Shan Zhao, Zhi-Jing Feng, Jing-Xin *Dong Computation of the configuration degree of freedom of a spatial parallel mechanism by using reciprocal screw theory, Mechanism and Machine Theory* ,Tom41, *2006*, 1486-1504.