مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (27) العدد (1) 2005
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (27) No (1) 2005

تحديد مميزات الإقلاع التي تحد من الحمولات الديناميكية في النظم الكهروميكانيكية ذات المحركات العديدة

الدكتور شفيق باصيل *
الدكتور عزت حسن**
أسامة مشيش ***

(قبل للنشر في 2005/1/12)

□ الملخّص □

قمنا في هذه الدراسة بتحديد طريقة لحساب المميزات الميكانيكية لنظم القيادة الكهروميكانيكية العديدة المحركات التي تؤمن خفض الاهتزاز في الحالات العابرة بالإضافة إلى خفض الحمولات الديناميكية (عزوم المرونة) إلى الحدود المسموح بها في العناصر الميكانيكية الداخلة في تركيب النظام الكهروميكانيكي المدروس أثناء اختيار الخلوص الميكانيكي (عندما يتحقق الاتصال التام بين المحرك والآلية) .

* أستاذ مساعد في قسم الطاقة كلية الهندسة الكهربائية و الميكانيكية – جامعة البعث– حمص– سوريا.
** أستاذ مساعد في قسم الطاقة كلية الهندسة الكهربائية و الميكانيكية – جامعة تشرين– اللاذقية– سوريا.
*** طالب دراسات عليا قسم الطاقة كلية الهندسة الكهربائية و الميكانيكية –جامعة تشرين–اللاذقية– سوريا.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (27) العدد (1) 2005
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (27) No (1) 2005

Definition of Starting Characteristics Which Terminate Dynamic Loads in the Polymotors Electromechanical Systems

Dr. Shafeeq Baseel*
Dr. Ezzat Hasan **
Osama Machich***

(Accepted 12/1/2005)

□ ABSTRACT □

In this research we have definited a way to calculate the mechanical characteristics of the polymotors electromechanical systems to achieve reducing in transient pulsation in addition to reduction dynamic loads (flexibility torques) down to allowed limits in the mechanical elements. Those are involved in the construction of electromechanical system to be analyzed during defining of the mechanical clearance (at achievement of complete connection between the machine and the instrument).

***Associate Professor, Department Of Energy Faculty Of Mech & Elec Engineering-Al-Baath Un .Homs .Syria.**
****Associate Professor , Department Of Energy Faculty Of Mech & Elec Engineering-Tishreen Un .Lattakia .Syria**
****Postgraduate Student , Department Of Energy Faculty Of Mech & Elec Engineering-Tishreen Un .Lattakia .Syria**

مقدمة:

إن المشاكل العلمية والتقنية لديناميكا الآلات الحديثة المتطورة تحتل كل عام مكاناً أكبر فأكبر وخاصة أن معظم هذه المشاكل يظهر عند التصميم والاستثمار للآليات الإنتاجية الكبيرة المستخدمة في شتى مجالات الصناعة والتي تتميز بأنها تمتلك كتل وعزوم عطالة كبيرة في الأجزاء المتحركة الموجودة تحت تأثير الحمولات المختلفة وبالتحديد آليات الرفع والنقل (روافع– مصاعد– حفارات– الخ).

من وجهة النظر هذه نجد أن الإنتاج الصناعي الحديث يعطي أهمية خاصة لتطوير أنظمة الأتمتة والتحكم الخاصة بهذه الآليات بهدف الحصول على تحكم بالعمليات التقنية للوصول إلى الحالة الأمثل سواءً عند التصميم أم عند الاستثمار.

لذلك فإن الاستمرار في دراسة هذه المسائل وبخاصة العمليات الديناميكية مع استنباط طرق حسابها عند الأخذ بالحسبان الحمولات الديناميكية تحتل مكاناً خاصاً وهاماً في الصناعة الحديثة من أجل زيادة سرعة الاستجابة على التنفيذ، الأمر الذي يساعد بدوره في الحصول على الإنتاجية العظمى لهذه الآليات من خلال دراستها كعناصر منفصلة ودراسة تأثير كل عنصر منها على الآخر ومن ثم دراستها كوحدة واحدة متكاملة.

هدف البحث:

نقدم في هذا البحث:

أ– تحليلاً للحمولات الديناميكية (moment of elasticity) في آليات الرفع المنتشرة في المنشآت الصناعية السورية التي تأخذ حركتها من عدة محركات بآن واحد(و منها على سبيل المثال مرفأ اللاذقية).

ب– إعطاء المقترحات والتوصيات عند تحليل نظم القيادة لهذه الآليات والتي تحقق الحد الأدنى من الحمولات الديناميكية حتى القيم المسموح بها بالواقع العملي.

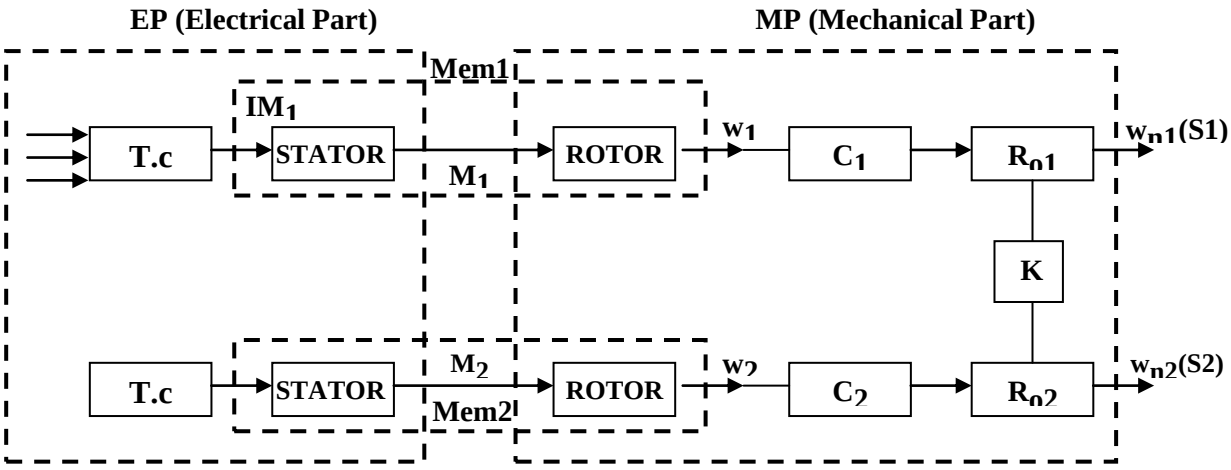
الدراسة التحليلية:

المخطط الصندوقي العام للروافع:

تتميز روافع نقل وتفريغ الشحنات مثل روافع المرافئ بأنها تعمل في نظام العمل المتكرر وقصير الزمن الذي يتميز بمرات عديدة من الإقلاع والتوقف خلال فترة زمنية محددة لذلك فإن الشروط الأساسية لاختيار المحرك تحددها الحالات الديناميكية ويجب الانتباه بشكل جدي إلى الحمولات الديناميكية وإلى كيفية التقليل من أثرها من خلال العمل على تقليل زمن الحالة العابرة مع تأمين الإنتاجية الأعظمية في نفس الوقت.

وفقاً لذلك فليس من المهم تنظيم سرعة الدوران بقدر ما هو مهم تنظيم عزم المحرك المحدد لتسارع الآلية، والإنتاجية ككل، أضف إلى ذلك تتطلب هذه الآليات في بعض الأحيان حالات عابرة قوية و**لكن** ناعمة (تسلسل تدرجي) وبهذا الشكل تصبح الحمولات الديناميكية الأساس الضروري لاختيار استطاعة المحرك كون أن الحمولات الستاتيكية غير كبيرة مقارنة مع الحمولات الديناميكية بالإضافة إلى كل ما ذكر نجد أن الكثير من آليات الروافع تمتلك محركات عديدة وهذا بدوره يسبب في ظهور مشكلة هامة جداً وهي ضرورة تأمين الحركة المتزامنة، لأن أي خلل في العمل المتزامن لها يتسبب أيضاً بظهور حمولات ديناميكية إضافية تضاف إلى الحمولات المذكورة سابقاً.

بناءً على كل ما تقدم يمكن وضع الدارة المكافئة أو المخطط الصندوقي للروافع الحديثة [3-2] كما في الشكل رقم /1/:



الشكل /1/ المخطط الصندوقي للجملة الكهروميكانيكية في آليات الروافع

EP : Electrical Part (القسم الكهربائي)

MP: Mechanical Part (القسم الميكانيكي)

TC: Thyristor Converter(المبدلة الثايرستورية)

IM: Induction Motor (المحرك التحريضي)

Stator: ثابت المحرك

Rotor: دائر المحرك

Mem: العزم الكهرومغناطيسي

ω: السرعة على خرج المحرك التحريضي

C: جهاز نقل الحركة

R_O: عنصر التشغيل

ω_n: السرعة الخطية

S: المسار الخطي

K: الهيكل المعدني للرافعة

على الشكل الموضح أعلاه تظهر الجملة الكهروميكانيكية في رافعة ثنائية المحركات تعمل كل منها بنظام (محرك تحريضي– مبدل ثايرستوري)كما هو الحال في آلية الانتقال في الروافع الجسرية أو آلية المسير لروافع الرصيف المرفئية بالإضافة إلى عناصر التشغيل R_{01},R_{02} (التي يمكن أن تكون دواليب العربة عند الحركة على سكة حديدية) مع أجهزة نقل الحركة (C_1,C_2) وأخيراً غالباً ما يكون عنصرا التشغيل متصلان فيما بينهما معدنياً (هيكل الرافعة المعدني K) وبشكل عام يمكن اعتبار أن عناصر الهيكل المعدني (K) هي عبارة عن دارة متعددة الكتل متصلة فيما بينها بوصلات مرنة، أما إحداثيات الخرج في الدارة السابقة فهي عبارة عن السرعة الخطية (بعد النقل إلى محور (ω_{n1}, ω_{n2}) أو المسار الخطي (S_1,S_2).

<u>تمثيل الجمل الكهروميكانيكية للروافع:</u>

من الشكل رقم /1/ نجد أن المخطط الصندوقي ينقسم إلى قسمين أساسين:

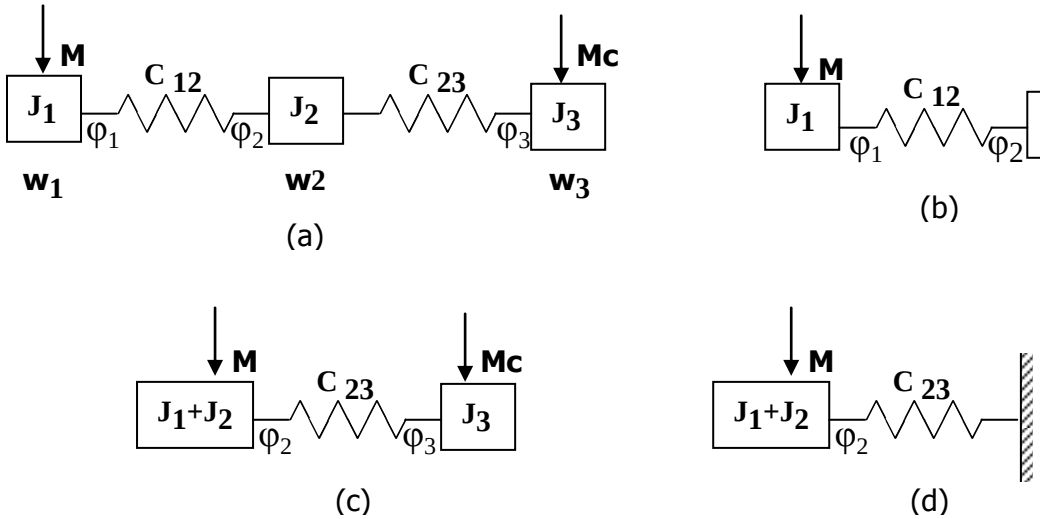
أ- قسم كهربائي EP: يتضمن عناصر إعطاء السرعة مع عناصر عمليات الإقلاع والكبح ومنظمات السرعة والعزم بالإضافة إلى أجهزة التحكم ودارات التغذية العكسية وأخيراً القسم الكهربائي من المحرك الذي يمثل خرجه العزم الكهرومغناطيسي Mem1,Mem2.

ب- القسم الميكانيكي MP: ويشمل عناصر الدارة الحركية ومخفضات السرعة والقارنات مع دوار المحركات وفي بعض الحالات أمراس أسطوانة التعليق مع مجموعة البكرات ثم الحمل ذاته (عند عمل الرافعة تحت الحمل).

على ضوء ذلك يمكننا استنتاج ما يلي:

إن المجموعات الميكانيكية المتعددة الكتل ذات الاتصالات المرنة لا تحدد فقط صفات الحالات العابرة وإنما أيضاً صفات مميزات الأنظمة المستقرة باعتبار أن وجود هذا الاتصالات المرنة يزيد من ميل الآليات إلى الاهتزازات الذاتية والتي بدورها تسبب في الحد من مجال تنظيم السرعة وانخفاض دقة العمليات الإنتاجية بالإضافة لزيادة الحمولات الديناميكية الناتجة عن هذه الاهتزازات هذا كله يسبب في زيادة اهتراء الآليات وانخفاض مدة استثمارها ولمعرفة التأثير الإفرادي ثم الإجمالي الناتج عن هذه الاهتزازات تم اللجوء إلى تمثيل القسم الميكانيكي على شكل سلسلة من الكتل المنفردة- المستقلة والمتصلة مع بعضها البعض عبر وصلات مرنة واستخدام مبدأ التراكم في الحساب.

إن الدارات المكافئة الحسابية متنوعة ومتعددة [1] وهي إما أن تكون أحادية أو ثنائية أو متعددة الكتل(ذات N كتلة كما سندرسها في بحثنا) تبعاً لنوع نظام العمل المدروس كما هو موضح في الشكل رقم /2/:



الشكل رقم/2/ يبين الدارات المكافئة للنظم الكهروميكانيكية

a-ثلاثي الكتل b,c-ثنائي الكتل d- أحادية الكتل

<u>الموديل الرياضي المكافئ:</u>

لتسهيل التحليل في الجملة الكهروميكانيكية نعمد إلى استخدام الافتراضات الآتية أثناء كتابة المعادلات التفاضلية الواصفة لعملها، والتي لا تؤثر سلباً على شكل ونوعية الحالة العابرة وهي:

1- الجزء الميكانيكي يمكن تمثيله على شكل سلسلة من الكتل المنفصلة والجامدة والمتصلة مع بعضها البعض بحلقات مرنة مهملة الوزن.

ً2–القوى والعزوم متوضعة في مراكز ثقل الكتل.

ً3–احتكاك العناصر المرنة خطي.

ً4–كل الأنظمة محافظة، بمعنى عدم الأخذ بعين الاعتبار الضياع الناتج عن الاحتكاك.

الآن وبأخذ هذه الافتراضات بعين الاعتبار نستطيع كتابة جملة معادلات التفاضلية الواصفة للنظام العديد الكتل بالاعتماد على الشكل (2-a) كما يلي:

$$\left.\begin{aligned} M &= J_1 \frac{d2\varphi_1}{dt_2} + C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) \\ C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) &= J_2 \frac{d2\varphi_2}{dt_2} + C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) \\ C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) &= J_3 \frac{d2\varphi_3}{dt_2} + MC \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

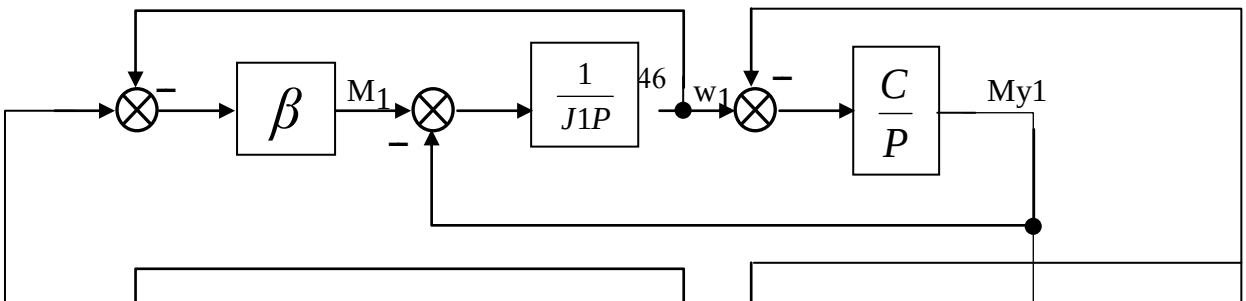
من العلاقة /1/ نستنتج أن عزم المحرك يصرف على تسارع الكتلة الأولى التي يتوضع عندها المحرك وعلى احتكاك الوصلات المرنة، مع العلم أن الحمولة في العنصر الاحتكاكي ذات القساوة (C_{12}) وذات القساوة (C_{23}) هي على التوالي:

$$\left.\begin{aligned} M_{y1} &= C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) \\ M_{y2} &= C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

C_{12}– خاصية المرونة أو القساوة الميكانيكية للمحور φ_2 φ_1 زوايا فتل المحور من طرفيه باتجاهين متعاكسين.

في الواقع إن معظم الدراسات السابقة المتواجدة في المراجع والدوريات [1-4] تعتمد النظام ثنائي الكتل المبين على الشكل (b,C-2) المؤلف من المحرك وآلية التشغيل، مع العلم أن استخدام هذا التمثيل ممكن فقط عند قيم محددة جداً لمعاملاتها[4]، أما في الحالات الأخرى فمن الضروري استخدام دارات حسابية أكثر عمقاً وجزئيةً في التحليل بحيث تحقق إمكانية استخدام الدارات المكافئة المتواجدة بداخلها ضمناً وتحتوي بشكل عام العديد من المحركات، كما هو الحال في آليات الروافع ذات الانتقال الأفقي على سكة حديدية.

افترضنا في الوصف الرياضي لهذه الدارات أن معاملات جميع المحركات هي واحدة وأن وسائط نقل الحركة هي أيضاً واحدة، عندئذ تحقق الجمل المدروسة مميزات ميكانيكية ذات قساوة β مع العلم أنه قد تم اختيار m من الخلوصات و(n+1) من الكتل المنفردة و n من العناصر المرنة ولكي يكون توصيفنا صحيحاً يجب أن تتحقق المتراجحة $1 \le m < n$ في هذه الحالة يمكن التعبير عن الجملة الكهروميكانيكية العديدة المحركات استناداً إلى المعادلات (2) بالمخطط الصندوقي المبين على الشكل (3)



الشكل (3) المخطط الصندوقي للجملة الكهروميكانيكية العديدة المحركات

و بالاستناد إلى الشكل (3) مع بعض الاختزالات الرياضية وطبقاً لجملة المعادلات (1)و(2) نتوصل إلى التابع الأهم وهو تابع النقل للحالة المدروسة

$$H(P)=\frac{M_{yi}(P)}{\omega_0(P)}=\left.\frac{JP}{\frac{J_1J}{\beta.C}p_3+\frac{J}{C}P_2+\frac{J+J_1}{\beta}P+1}\right\} \qquad (3)$$

حيث J_1- عزم عطالة كل محرك من المحركات.

JM- عزم عطالة الآلية.

$$J=\frac{J_M}{m}$$

C – ثابت القساوة الميكانيكية عند نقل الحركة.

M_{yi} – عزم المرونة في وسائط نقل الحركة.

ω_0- سرعة العمل على فراغ.

ω_n- السرعة الاسمية للآلية.

m- عدد المحركات.

من العلاقة (3) نستنتج أن تابع النقل للجملة الكهروميكانيكية العديدة المحركات مشابهة تماماً لتابع النقل للجملة الكهروميكانيكية ثنائية الكتل من أجل $J_2=\frac{J_M}{m}$

إن القيمة العظمى للعزم المرن في النظام الثنائي الكتل في حالة قساوة المميزة الميكانيكية ($\beta=0$) من أجل M_{st} =Const يمكن حسابها بالاعتماد على العلاقة الآتية:

$$M_{y\max} = Mst\frac{\gamma-1}{\gamma}\left[1+\sqrt{1+\frac{C}{Mst\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)2\delta}}\right]\Bigg\} \qquad (4)$$

حيث أن عزم المقاومة الستاتيكي $M_C=0$ وأن $\gamma=\frac{J_1+J}{J_1}$

بالطبع إن قيمة γ في حالتنا المدروسة متعلقة بعدد الخلوصات المختارة.

إن تحليل العلاقة (4) يظهر أن M_{ymax} يبلغ أكبر قيمة له في حالة m=1

من هذا المنطلق يمكن استخدام العلاقة (4) في تشكيل المميزات الإقلاعية اللينة في الآليات ذات المحركات الأحادية أو ذات المحركات المتعددة عند الانتقال الأفقي(الحركة على السكة الحديدية).

الآن باعتبار m=1 مع إعطاء القيم العظمى الممكنة للقساوة C وللخلوص δ مع قيمة M_{ymax} يمكن الحصول على قيمة عزم الإقلاع M_{st} كما يلي:

$$Mst=\frac{\gamma}{\gamma-1}\cdot\frac{M_{y\max}^2}{2\left(\delta C+M_{y\max}\right)}\Bigg\} \qquad (5)$$

حيث $\gamma=\frac{J_1+J_M}{J_1}$

من العلاقة (5) واضح جداً أن القيمة الحسابية M_{st} مرتبطة بشكل رئيسي بقيمة الخلوص δ وعند عدم إمكانية التحديد الدقيق لقيمة الخلوص في وسائط نقل الحركة يجب اعتبار $\delta=\delta_{max}$ ومن ثم اختيار القيمة الصغرى للعزم M_{st} ومن الضروري استخدام هذه القيمة عند تشكيل المميزات الإقلاعية في حال التحكم عن طريق استخدام المقاومات.

مما سبق نستنتج أن استعمال الجمل الكهروميكانيكية ذات التنظيم الناعم للعزم وللسرعة تتيح لنا إمكانية تحقيق عملية الانتقاء الأمثل لنوعية الحالات العابرة وفقاً لسرعة الاستجابة محددين بذلك الحمولات الديناميكية عند المستوى المطلوب من أجل أية قيمة للخلوص δ ولتحقيق ذلك عمدنا إلى وضع مقام تابع النقل المعطى بالعلاقة (3) بالشكل النموذجي الآتي الذي يمثل الوصل التسلسلي لعنصر مهتز مع عنصر ذي عطالة.

$$Q(P)=\left(\frac{K}{\Omega}P\right)\left(\frac{1}{\Omega}P2+\frac{2\zeta}{\Omega}P+1\right)\Bigg\} \qquad (6)$$

عندئذ سنحصل على مجموعة من العلاقات التي تربط بين المعاملات الأساسية للجملة الكهروميكانيكية وهي (J_1, J, β, C) فيما بينها بتابعيتها لتردد الاهتزازات Ω ولثابت التخامد ξ وللثابت K المساوي نسبة تردد اهتزازات العنصر المهتز إلى تردد تقارب العنصر ذي العطالة على النحو الآتي:

$$\left.\begin{aligned} K_{1,2} &= -\zeta + \frac{1}{4\zeta \cdot J_1} \pm \sqrt{\left(\zeta - \frac{J}{4\zeta \cdot J_1}\right)^2 - 1} \\ \beta &= \sqrt{\frac{(1+2K\zeta)C}{J}} \cdot \frac{J + J_1}{K + 2\zeta} \\ \Omega &= 3\sqrt{\frac{K\beta C}{J \cdot J_1}} \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

إن مجموعة العلاقات (7) تبرهن على وجود قيمة محددة لقساوة المميزة الميكانيكية β يكون عندها ثابت التخامد ξ أعظمياً، وهذه القيمة تم استنتاجها بعد سلسلة من الاختصارات الرياضية على الشكل الآتي:

$$\left.\beta_0 = J_1\sqrt{\frac{C}{J}}\gamma\,\frac{3}{4}\right\} \qquad (8)$$

مناقشة العلاقة رقم (8) :

أ- من أجل قساوة المميزة الميكانيكية β_0 = β: إذا استطاع النظام الكهروميكانيكي تحقيق القساوة المعطاة بالعلاقة (8) على مميزة الإقلاع عندئذ فإن عملية اختيار الخلوص تتحقق بأقل ما يمكن من الاهتزازات، وفي حالة γ≥9 (الموافقة لآليات الرفع والنقل) ستصبح العملية المذكورة غير اهتزازية (غير دورية).

ب— β > (0.05-0.1) β_0 في هذه الحالة تكون نسبة العزم الأعظمي للمرونة إلى عزم الإقلاع **عن** المميزة الميكانيكية المحددة بهذه القساوة ($Ky = \frac{M_{y\max}}{Mst}$)غير متعلقة بالقيم المطلقة لكل من (J_1, J, C) وتتحدد فقط بنسبة عزم العطالة γ وبالقيمة النسبية للقساوة المميزة الميكانيكية $\beta^* = \frac{\beta}{\beta_0}$ لذلك فإن استخدام قيمة β_0 كقيمة مرجعية مهم جداً عند تقييم الحمولات الديناميكية، وهذا يسمح بحساب مجموعة منحنيات، والتي نستطيع بالاستفادة منها تشكيل النظم الكهروميكانيكية في الروافع ذات الحد الأدنى من الحمولات الديناميكية وبالتالي ذات الحد الأعظمي من الإنتاجية والدقة في التصنيع.

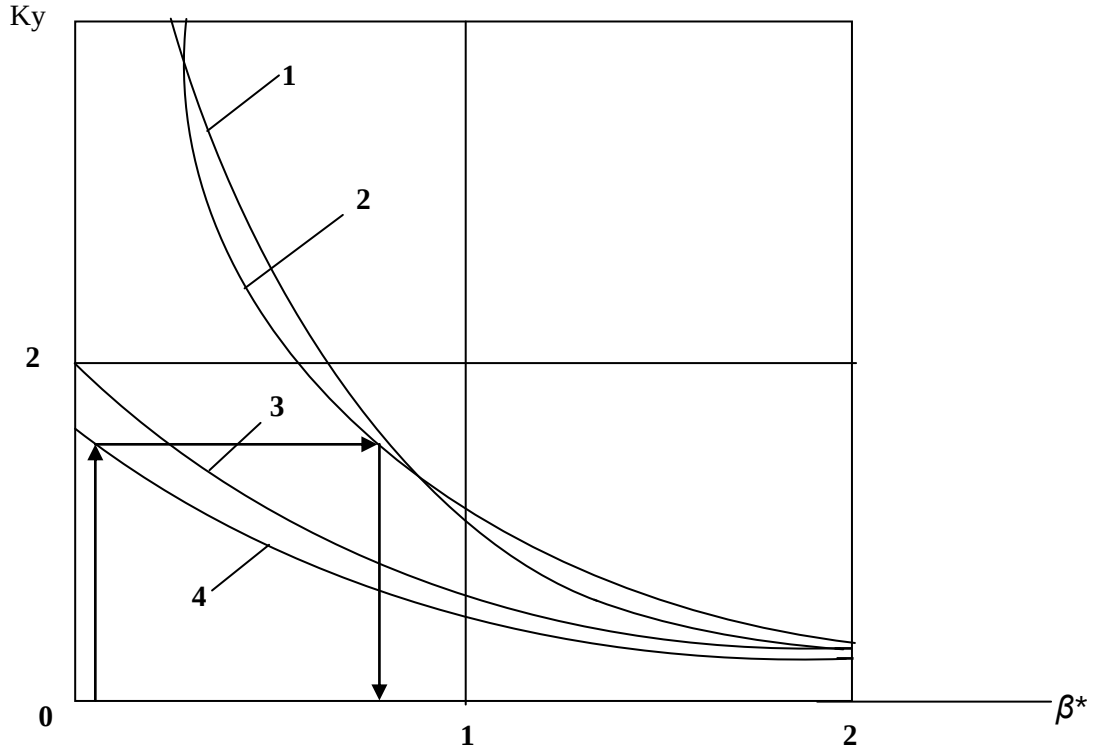
الدراسة التطبيقية:

عند تحديد المميزات الميكانيكية السابقة درسنا نوعين من الشروط الابتدائية:

أ- الشرط الابتدائي الأول: الإقلاع بمميزات ذات قساوة β* متغيرة في المجال (2-0.05) وبفرق ابتدائي لسرعات الكتل الدوارة J & J_1 مساوٍ لسرعة العمل على فراغ $\Delta\omega = \omega 0$ إن هذه العملية تتوافق مع قيمة الخلوص التي من أجلها يستطيع المحرك التسارع ثم الوصول للقيمة ω_0 (شرطياً نسمي هذا الخلوص بالحدي δ_{Cr}).

ب- الشرط الابتدائي الثاني: الإقلاع بمميزات ذات قساوة *β متغيرة في المجال (2-0) عند الشروط الابتدائية الصغرية الموافقة لغياب الخلوص.

إن حساب الحالات العابرة وفق الشرطين المذكورين أتاح لنا إمكانية تحديد قيمة K_y عند قيم مختلفة لكل من (γ وβ) من أجل نوعين من الروافع الأول يمثل آلية الانتقال الأفقي على سكة حديدية في رافعة جسرية γ= 9 والثاني يمثل آلية الدوران في رافعة المرافئ γ= 15 والحصول على مجموعتين من المنحنيات المبينة على الشكل /4/ ذات الاستخدامات المختلفة كما يلي:



الشكل رقم /4/ تغير الثابت الديناميكي K_y بدلالة القساوة النسبية *β

1- المميزتان (1و2) رسمتا من أجل $\delta = \delta_{Cr}$ عند قيم مختلفة لـ γ وهاتين المميزتين يمكن استخدامهما عند تشكيل مميزة الإقلاع للنظام الكهروميكانيكي.

2- المميزتان (3و4) رسمتا من أجل $\delta = 0$ عند قيم مختلفة لـ γ وهاتين المميزتين يمكن استخدامهما لتحليل الحمولات الديناميكية في وسائط نقل الحركة المرنة عند الانتقال من سرعة إلى أخرى عند إتمام اختيار الخلوص.

ملاحظة: المميزتان (1و4) حددتا عند قيمة γ= 9 بينما المميزتان (2و3) فمن أجل γ= 15.

ج- مناقشة المنحنيات:

عند التدقيق بالمنحنيات المبينة على الشكل /4/ يمكن الاستنتاج بأن الحالة العابرة لإقلاع النظام الكهروميكانيكي تتم وفق مرحلتين أساسيتين هما:

المرحلة الأولى: يتحقق الإقلاع خلال هذه المرحلة حتى السرعة المرحلية ω_1 وفق مميزة ميكانيكية ذات قساوة β_1 وفي خلال هذا الزمن يجب الانتهاء من عملية اختيار الخلوص.

المرحلة الثانية: يتحقق الإقلاع والوصول إلى السرعة ω_2 وفقا للمتطلبات التقنية على مميزة ميكانيكية أخرى ذات قساوة β_2 حيث يكون عزم الإقلاع الأعظمي M_{st2} على هذه المميزة وكذلك قساوتها معروفين مسبقاً لأنهما يتحددان بالمتطلبات التقنية للآلية.

من هنا نستنتج أن عملية التشكيل المدروسة تقع على عاتق المرحلة الأولى من الحالة العابرة أي على درجة الاختيار الصحيح لـ β_1 ولعزم الإقلاع M_{st1} والتي يتحقق عند الفترة الزمنية الدنيا لهذه المرحلة بينما الحمولات الديناميكية ستكون محددة بالقيمة M_{ymax} بغض النظر عن قيمة الخلوصات.

خوارزمية الحساب:

إن عملية النمذجة للمنحنيات السابقة قد تمت حسب الخطوات الآتية بعد تحديد القيم المميزة للمرحلة ω_2, M_{st2}, β_2 وفقاً للشروط التقنية:

1) في النظام الكهروميكانيكي العديد المحركات نحدد قيم J_1, J_M, C وحسب الإمكانية المتاحة نختار أصغر قيمة لـ J_1 وأكبر قيم لـ C وJ_M حسب العلاقة(8).

2) نحسب قيم النسبتين γ_1 ،γ_2 :

$$\left.\begin{aligned}\gamma_1 &= \frac{(J_1 + J_M)}{J_1} \\ \gamma_2 &= \frac{\left(J_1 + \frac{J_M}{n}\right)}{J_1}\end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

اللتين توافقان القساوتين β_{01}, β_{02} (في حالة الآلية أحادية المحرك تكون $\gamma_1 = \gamma_2$ & $\beta_{01} = \beta_{02}$).

3) نحدد القساوة النسبية $\beta_2^* = \frac{\beta_2}{\beta_{02}}$ ووفقاً لعلاقة K_y مع β^* في حالة $\gamma = \gamma_2$ &$\delta=0$ المبينة على الشكل (4) نحدد قيمة $M_{ymax} = K_y M_{st}$ فإذا كانت قيمةM_{ymax} أكبر من المقدار المسموح به يجب تخفيضها طبعاً.

4) نحدد القيم المطلقة $\beta = \beta_1^* . \beta_{01}$ ثم $w_1 = \frac{M_{st1}}{\beta_1}$ شرطياً. طريقة الاختيار محددة بالأسهم على الشكل /4/.

5) عند العمل على المرحلة الأولى من الإقلاع لا يفضل الوصول إلى القيمة الصغرى من الحمولات الديناميكية ولتحقيق ذلك نلجأ إلى الشكل (4) لتحديد قيمة القساوة β_1^* من أجل قيمة $\gamma 2 = \gamma 1$ & $\delta Cr = \delta$ عند ثبات قيمة Ky (بافتراض أن $M_{st} = Const$ على كل المميزات δCr.

النتائج والمقترحات:

1- إذا لم يكن متاحاً تقنياً تحقيق قيمة β_1 يتم اللجوء إلى تحديد قيمة أقل منها β_1 وبنفس الشكل رقم (4) نحدد القيمة K_y من أجل $\beta^{*\prime} = \frac{\beta 1'}{\beta 01}$ ، $Mst1' = \frac{Mst \cdot Ky}{Ky'}$ ولكن في هذه الحالة يؤدي تخفيض قساوة المميزة الميكانيكية إلى زيادة الاهتزاز في الحالة العابرة، لذلك من المفضل السعي لتأمين القساوة β_1 الملائمة والتي هي أقل اختلافاً عن β_0 قدر الإمكان.

2- وفقاً للطريقة المقترحة لا تتحقق فقط إمكانية التخامد الفعال للاهتزازات ولكن بنفس الوقت نستطيع اختصار زمن اختيار الخلوص(زمن المرحلة الأولى) بمقدار (2-1.5) مرة مقارنة مع الحالات التقليدية لهذا الزمن.

3- تحقق الطريقة المقترحة الحد من الحمولات الديناميكية في وسائط نقل الحركة عند اختيار الخلوص بشكل مستقل عن قيم هذه الخلوصات.

4- بما أنه مع انخفاض قساوة المميزة الميكانيكية تزداد اهتزازية النظام ككل أثناء الحالة العابرة لذا فمن المفضل السعي إلى تأمين قيمة للقساوة β_1 أقل من β_0 قدر الإمكان.

المراجع:

.....

1- Gerasimiak R.P. Dynamic of electromechanicall system for mechanism of lifting and cranes. Journal of electromechanical drives.no.58 Odessa-2002 page(23-26).

2- Werner Leonhard:Control of electrical drives1997 Sprimger-Verlag Berlin Heidelberg-420 page.

3- Feed back control systems,1996,Simon and Schuster Company, Newjersy 683 page.

4- مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية سلسلة العلوم الهندسية 1999 عنوان البحث : النظام الكهروميكانيكي ثنائي الكتل.