

تأثير معامل التغذية العكسية التصحيحي على جودة النظام الكهروميكانيكي ثنائي الكتل

الدكتور شفيق باصيل*

(قبل للنشر في 2005/10/4)

□ الملخص □

إن القسم الأعظم من الآليات الإنتاجية الصناعية (المساعد وآليات النقل) هي أنظمة كهروميكانيكية تتألف من قسمين أساسيين:

- 1- قسم كهربائي: يبدأ من شبكة التغذية ومع ثابت المحرك ويشمل دارات التحكم.
 - 2- قسم ميكانيكي: يبدأ من دوار المحرك ويتضمن أجزاء ميكانيكية عديدة متحركة محتوية على حلقات مرنة ومخففات سرعة مع ثغرات هوائية فيما بينها.
- فإن شرط العمل الطبيعي لهذه الأنظمة يتمثل بتأديتها لحالات العابرة المحققة للشروط الآتية:
- أ- الحد الأدنى من الاهتزازات.
 - ب- الحمولات الديناميكية (عزوم المرونة) المحددة مسبقاً التي يمكن دراستها بسهولة باستخدام النظام ثنائي الكتل المؤلف من محرك - آلية.

- قمت في هذا البحث بإجراء وصف مختصر لأهم ميزات النظم الكهروميكانيكية الحديثة وشروط عملها، كما تم تمثيل المخطط الصندوقي المكافئ للنظام من خلال حلقتين إحداهما ذات عطالة والأخرى اهتزازية والتي ترتبط كل منها بشكل أساسي بعامل التخامد.
 - إضافة لذلك يبين البحث باستخدام طرق التحكم الكهربية المتمثلة بدراسة معامل التغذية العكسية التصحيحي الأمثل الذي يحقق الحد من الاهتزازات الأدنى الكهروميكانيكية عند إهمال الثابت الزمني الكهرومغناطيسي ومع اعتبار المنظم الثابستوري من دون عطالة.
 - بناءً على الدراسة المقترحة وضعت بعض المنحنيات التي تسهم في تحسين أداء النظم الكهروميكانيكية المذكورة مستخدمين في ذلك الحاسوب باستخدام لغات برمجة Quick Basic - C++ - ثم النمذجة في بيئة Matlab.
 - أثبتت نتائج التجارب وجود العلاقة الوثيقة بين استقرار النظام الكهروميكانيكي وبين ثوابت قسمه الكهربائي والميكانيكي.
 - تعتبر الطريقة المقترحة إحدى الحلول الهندسية لزيادة موثوقية عمل النظام الكهروميكانيكي من دون الانخفاض الملحوظ في إنتاجية الآلية.
- الكلمات المفتاحية: معامل التغذية الكلية التصحيحي - الحمولات الديناميكية - زاوية ميلان السهم - قساوة الوصلات الميكانيكية - عزوم المرونة - النظام الكهروميكانيكي ثنائي الكتل.

*أستاذ مساعد في قسم الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة البعث - حمص - سوريا.

Influence Of Correction Factor Infeed Back Loop For Quality Of Two Mass Electromechanical System

Dr. Shafik Bassil *

(Accepted 4/10/2005)

□ ABSTRACT □

The greater part of industrial mechanisms (lifting and transport machines), is Electromechanical system (EMS); each of them consists of two parts:

1- Electrical part: Supplying for motors stator, and includes electric drive with speed feed back in automatic control system.

2- Mechanical part: Motors rotor for working unit of mechanism, and consists of multmass with its elastic shafts, ropes and air gaps between them.

The condition of natural action of this system is represented in kind and manner its passing states, which are determined by two things:

a- Minimum of oscilation in the system.

b- The maximum propration of dynamic capacity to its medium value, which is easy to study and analyse by using double (two) mass system (motors rotor and working Unit).

This research aims at showing the characteristics of electromechanical system and present influence of regulator factor in feed back loop (electrical methods of control) for reducing these dynamic loads (when we are setting down the electromechanical coefficient and thyristor regulator don't have Interia) by using the optimal value of the factor, Without reduction of quick of opration.

Analytical results have been verified experimentally by using queck Basic, C++ and MaTLAB.

The Excellent agreement between analysis and experiment has been shown.

Key wards:

Tow mass of electromechanical system.

Correction factor in feed back loop dynamical loads, angle perecos of bridge, Rigidness factor of mechanical connections (shaft, rope, beam).

Oscilation The flexible (elasticity)moment.

*Associate Professor- Departement Of Power – Electrical And Mechanical Faculty – Albaath University – Homa – Syria.

مقدمة:

إن شرط العمل الطبيعي لأية جملة كهروميكانيكية (EMS) Electromechanical system يتمثل بتأديتها الحالات العابرة المقبولة تقنياً والمحققة لشروط عمل مثلى محددة مسبقاً .
وبالنسبة للنظم (EMS) العديدة الكتل – كما هو الحال في آليات الرفع والنقل بأن الشروط الضرورية والهامة المطلوب تحقيقها هو الحد الأدنى من الاهتزازية مع القيم المسموح بها للثابت الديناميكي (الذي يمثل نسبة القيمة العظمى لعزم المرونة إلى قيمتها الوسطى)، [1,3].
في هذه الحالة من المهم جداً ، الحد من الحمولات الديناميكية في القسم الميكانيكي مع إخماد الاهتزازات باعتبار أن هاتين القيمتين تؤثران بشكل مباشر على إنتاجية الآلية من جهة، وعلى عمرها في الخدمة من جهة أخرى ، [2,4] .

لذلك فإن أهمية التوظيف والاستثمار في هذا المجال من وجهة نظرنا ، تتساوى بدرجة أهميتها مع إنتاج المواد الاستهلاكية الأساسية باعتبار أن نظام عمل آليات الرفع والنقل يعتبر الأكثر تعقيداً للدراسة وتحديدات أثناء التصميم والبحث وذلك لكونها تتميز بالخصائص الآتية :
- شروط عمل قاسية جداً .
- نظام العمل الدوري المتكرر والقصير الزمن .
- العدد الكبير من دورات العمل والتي قد تصل حتى (500 دورة/دقيقة) وأكثر مع العلم أن كل دورة تتضمن إقلاع – فرملة – عكس اتجاه دوران .

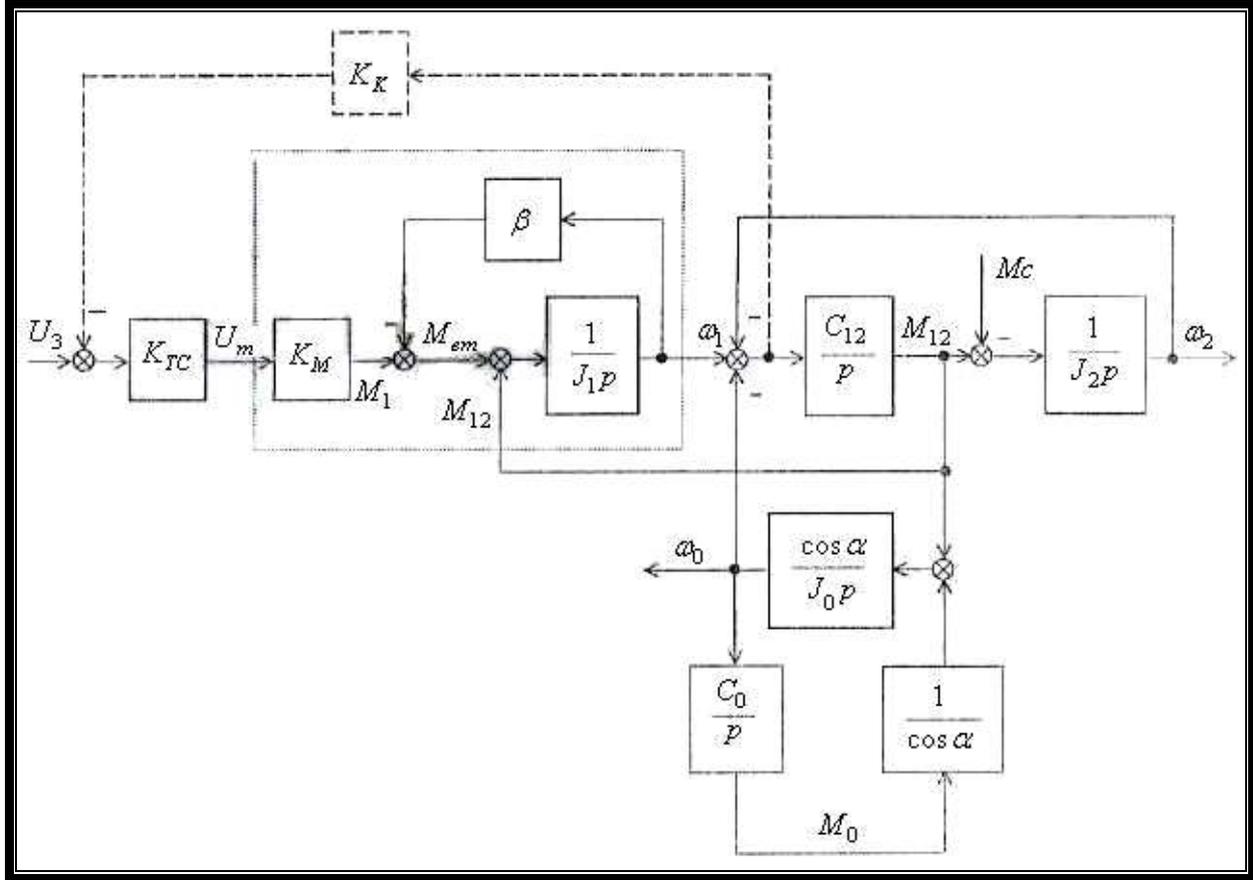
هدف الدراسة:

يهدف البحث إلى إنشاء أنظمة تحكم بالجملة الكهروميكانيكية لآليات الرفع والنقل تؤمن الحد الأدنى من الاهتزاز مع نوعية جيدة للحالة العابرة للحد من الهدر بالقدرة الضائعة المصروفة على الإقلاع والكبح أثناء العمل .

الدراسة التحليلية:

من خلال الدراسات السابقة والعديدة [3,4] ، وبالإضافة إلى التي أجريتها ضمن هذا المجال [1,2] ، استنتجت أن إحدى الطرق الفعالة والمساعدة في الحصول على الحد الأدنى من الاهتزازات تتمثل بإدخال تغذية عكسية مرنة بعزم المرونة أو بإدخال تغذية عكسية قاسية بفرق السرعتين للنظام ثنائي الكتل ذات عزوم العطالة $J_1(W_1)$, $J_2(W_2)$ بغض النظر عن النسبة $\gamma = \frac{J_1 + J_2}{J_1}$ ، وفي مجال نظرية التحكم يطلق على هذه الطريقة عملية التعويض أو التصحيح بنسبة ثابتة ومحددة .

وفقاً لما ذكر يظهر على الشكل (1) المخطط الصندوقي العام لنظام كهروميكانيكي مؤلف من ثلاث كتل (مثال على ذلك رافعة مؤلفة من محرك وحمولة ثم جسر الرافعة) وسندرس منه حالياً فقط الكتلتين الأولى والثانية باستخدام النظام ثنائي الكتل : (Two mass of electronechanical system)
المؤلف من محرك وحمولة ذات عزوم العطالة J_1 و J_2 على التوالي مع الأخذ بالاعتبار معامل التغذية العكسية التصحيحي K_K حيث تمثل الرموز المبينة على الشكل (1) العناصر والقيم الآتية :



الشكل (1) المخطط الصندوقي العام في الرافعة الجسرية (أو السهمية)

أ- العزوم (N . m) :

- $M_{12} = M_Y$ - عزم المرونة (The flexible moment) في قناة الرفع للنظام ثنائي الكتل المؤلف من المحرك والحمولة . إن هذا العزم ناتج بسبب اختلاف المسارات الزاوية للكتلتين .
- $-M_0$ - العزم عزم المرونة الناتج عن السهم .
- $-M_{em}$ - عزم المحرك .
- $-M_c$ - عزم المقاومة الستاتيكي (static resistance momet) الناتج عن الحمل .

ب- السرعات (Rad /sec) :

- $-W_1$ - سرعة المحرك .
- $-W_0$ - سرعة سهم أو جسر الرافعة .
- $-W_2$ - سرعة الحمل .

ج- عزوم العطالة ($kg.m^2$) :

- $-J_1$ - عزم عطالة المحرك .
- $-J_0$ - عزم عطالة السهم أو جسر الرافعة .
- $-J_2$ - عزم عطالة الحمل .

د- قساوة الوصلات الميكانيكية : [N.m/rad] C_{12}

هـ- الثوابت :

- K_{TC} - ثابت تضخيم المبدل الثايرستوري .
 - K_M - ثابت نقل يربط بين توتر المحرك U_m وبين العزم الكهرومغناطيسي المتولد فيه M_{em} في الحالة الساكنة حيث : $(W_{w1}=0; M=M_{max})$.
 - β - قساوة الممييزة الميكانيكية .
 - α - زاوية ميلان السهم (Angle perekos of bridge crane) .
 - K_k - معامل التغذية العكسية بفرق السرعتين (معامل دارة التعويض) .
- نؤكد على أن كل القيم المبينة على الشكل (1) منقولة إلى محور المحرك بالإضافة إلى أن المخطط الصندوقي المذكور صحيح تماماً لنظم القيادة الكهربائية ذات التيار المستمر وذات التيار المتناوب بالوقت نفسه .
- عدا ذلك في كلتي الحالتين نهمل الثابت الزمني الكهرومغناطيسي كما نعتبر المبدل الثايرستوري من دون عطالة ، وأن الممييزة الميكانيكية للمحرك التحريضي تم تقريبها إلى الشكل الخطي ومقدار القساوة $(\beta = const)$.
- كما نوهت قبل قليل لدى إهمال الكتلة الثالثة حصلنا على معادلة تفاضلية من المرتبة الثالثة [1] والتي تربط بين عزم المرونة من جهة مع كل من قيمة التوتر والعزم الستاتيكي من جهة ثانية اعتماداً على تابع النقل (Transfer function) للنظام ثنائي الكتل على النحو الآتي :

$$[T_M T_{12}^2 P^3 + T_2^2 (1 + \frac{K_0 K_K}{\beta}) P^2 + T_M P + 1] M_Y \quad (1)$$

$$J_2 K_0 P U_Z + (T_M P + 1) M_C$$

ومنه نحصل على المعادلة الممييزة الآتية :

$$T_M T_{12}^2 P^3 + T_2^2 (1 + \frac{K_0 K_K}{\beta}) P^2 + T_M P + 1 = 0 \quad (2)$$

حيث :

$$K = K_{TC} \cdot K_M$$

T_M - الثابت الزمني الكهروميكانيكي للنظام ثنائي الكتل ذات القساوة المطلقة $(C_{12} = \infty)$.

Ω_{12} - تردد الاهتزازات الذاتية للنظام ثنائي الكتل .

$$\Omega_{12} = \frac{1}{T_{12}} = \sqrt{\frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{J_1 \cdot J_2}} \quad (3)$$

Ω_2 - تردد الاهتزازات الذاتية للنظام أحادي الكتل .

$$\Omega_2 = \frac{1}{T_2} = \sqrt{\frac{C_{12}}{J_2}} \quad (4)$$

إن جذور المعادلة الممييزة (2) مؤلفة من جذر حقيقي واحد S_1 وجذرين عقديين مترافقين $\sigma \pm d\Omega_0$ وهذه الجذور تبين أن الحالة المدروسة دائماً حالة اهتزازية حيث تمثل σ معامل التخامد ، أما Ω_0 فيعبر عن تردد الاهتزاز للحلقة (frequency of Qscilation) .

إن أمثال الجذور هي :

$$S_1 = (A+B) - \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{T_M} \left(1 + \frac{K_0 K_K}{\beta}\right) \quad (5)$$

$$\sigma = -\left(\frac{A+B}{2}\right) - \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{T_M} \left(1 + \frac{K_0 K_K}{\beta}\right) \quad (6)$$

$$\Omega_0 = \frac{A-B}{2} \sqrt{3} \quad (7)$$

A , B - ثوابت مرتبطة بعوامل الدارة الكهروميكانيكية.

بالعودة إلى المعادلة المميزة (2) نجد أن بالإمكان وضعها على شكل موافق لوصل عنصرين على التسلسل ، الأول ذو عطالة والثاني اهتزازي [3] . ووفقاً لذلك تصبح هذه المعادلة على الشكل الآتي :

$$\left(\frac{K}{\Omega} P + 1\right) \left(\frac{1}{\Omega^2} P^2 + \frac{2\zeta}{\Omega} P + 1\right) = 0 \quad (8)$$

حيث :

Ω & ζ - تردد ومعامل التخماد للاهتزازات على التوالي .

k- ثابت التناسب بين الثوابت الزمنية للمركبات ذات العطالة والاهتزازية .

إن جذور المعادلة (8) من أجل قيمة $1 < \zeta$ هي :

$$\left. \begin{aligned} P_1 = S_1 = -\frac{\Omega}{K} \\ P_{2,3} = \Omega \left(-\zeta \pm j\sqrt{1-\zeta^2}\right) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

إن العلاقة (9) تسمح بربط معاملات الحلقتين النموذجيتين (K, Ω, ζ) بدلالة جذور المعادلة (S_1, σ, Ω_0) الموضحة بالعلاقات أعلاه .

حيث :

$$\zeta = \frac{|\sigma|}{\sqrt{\Omega_0^2 + \sigma^2}}; \Omega = \sqrt{\Omega_0^2 + \sigma^2}; K = \sqrt{\frac{\Omega_0^2 + \sigma^2}{S_1}}$$

بالإضافة إلى ذلك من أجل إيجاد العلاقة التي تربط معامل دارة التعويض K_K مع معامل التخماد ζ نلجأ إلى جعل الطرف الأيسر من العلاقة (8) بشكل كثير حدود من الدرجة الثالثة على النحو الآتي :

$$\frac{K}{\Omega^3} P^3 + \left(\frac{2K\zeta + 1}{\Omega^2}\right) P^2 + \left(\frac{K + 2\zeta}{\Omega}\right) P + 1 = 0 \quad (10)$$

في هذه الحالة لدى مقارنة حدود المعادلتين (2) و (10) سنحصل على ثلاث معادلات بثلاثة مجاهيل هي

على التوالي :

$$\frac{K}{\Omega^3} = T_M T_{12}^2 \quad (11.1)$$

$$\frac{2K\zeta}{\Omega^2} = T_2^2 \left(1 + \frac{K_0 K_K}{\beta}\right) \quad (11.2)$$

$$\frac{K + 2\zeta}{\Omega} = T_M \quad (11.3)$$

بالحل المشترك للمعادلتين (11.1) و (11.3) نحصل على ما يلي :

$$\zeta = 0.5(K)^{1/3} \left[\left(\frac{T_M}{T_{12}}\right)^{2/3} - (K)^{2/3} \right] \quad (12)$$

لتحديد قيمة K المثلى (K_{OPT}) التي توافق القيمة العظمى لمعامل التخماد ζ_{max} نشق العلاقة (12) بالنسبة لـ K وتساوي المشتق للصفر، عندئذ سنحصل على العلاقة الآتية :

$$K_{OPT} = \frac{1}{3\sqrt{3}} \frac{T_M}{T_{12}} \quad (13)$$

وبإيجاد الحل المشترك من جديد للعلاقتين (11.1) و (11.2) نحصل على :

$$\zeta = 0.5T_M \Omega (1 - T_{12}^2 \Omega^2) \quad (14)$$

$$\zeta = \frac{\gamma}{2t_{M02}} \left(\frac{K_0 K_K}{\beta} \right) - \frac{1}{2T_M T^2 12 \Omega^3}$$

أيضاً يأخذ الاشتقاق $\frac{d\zeta}{d\Omega}$ ومن ثم مساواته للصفر سنحصل على القيمة المثلى للتردد التي توافق أيضاً القيمة العظمى لمعامل التخماد ζ_{max} وفق الآتي :

$$\Omega_{OPT} = \frac{1}{\sqrt{3}T_{12}} \quad (15)$$

الآن إذا وضعنا القيم المثلى K_{OPT} و Ω_{OPT} من العلاقتين (13) و (15) على التوالي في المعادلتين (12) و (14) فسوف نحصل على تلك القيمة العظمى لثابت التخماد ζ_{max} المساوية :

$$\zeta_{max} \cong \frac{1}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{T_M}{T_{12}} \quad (16)$$

بمقارنة العلاقتين (13) و (16) نستنتج أن القيم التي تحدد K_{OPT} هي توافق لقيمة ζ_{max} نفسها [1].
إذا استبدلنا T_M و T_{12} بالعلاقة (16) سنحصل على العلاقة المبسطة الآتية والتي تربط بين مختلف الثوابت الميكانيكية للنظام ثنائي الكتل المدروس :

$$\zeta_{max} = \frac{1}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{J_1 + J_2}{\beta} \sqrt{C_{12} \frac{(J_1 + J_2)}{J_1 J_2}} \quad (17)$$

عندئذ فإن القيمة المهمة في البحث المتمثلة بالثابت $(K_K)_{OPT}$ يمكن الحصول عليها بتعويض قيم K_0 و Ω_{OPT} و ζ_{OPT} في العلاقة (12) ومنه :

$$(K_K)_{OPT} = \frac{\beta}{K_0} \left[\frac{3}{\gamma} \left(\frac{2}{27} \cdot \frac{T_M^2}{T_{12}^2} + 1 \right) - 1 \right] \quad (18)$$

من العلاقة الأخيرة نستنتج أن قابلية النظام الكهروميكانيكي (EMS) على التخماد يتعلق بما يلي :

- أ- معاملات وثوابت جزئها الميكانيكي .
- ب- قساوت الممييزة الميكانيكية للمحرك β .
- ج- قيمة ثابت التغذية العكسية K_0 .

الدراسة التجريبية:

لقد جاء هذا البحث كمحاولة لدراسة المشاكل التقنية للأسباب الآتية :

أ- لعدم كفاية الدراسات السابقة من جهة ، ولأهمية المتابعة في دراسة الحالات العابرة (الديناميكية) التي تظهر تأثيراً كبيراً على وظيفة كل جزء من أجزاء الآلة .

ب- بما أن الباحثين اعتقدوا دائماً أن الطرق الحسابية هي أفضل الوسائل المستخدمة في الدراسة الدقيقة لتلك الحالات ، فإن ذلك أصبح ممكناً باستخدام تقنيات الحاسوب الحديثة بالإضافة للطرق الرياضية المتطورة التي تتيح إمكانية نمذجة الحالة مع دراسة كل التأثيرات عليها ، وهذا ما قمت به في هذا البحث عبر استخدام لغات البرمجة الآتية : quick Basic C++ , MATLAB

ج- كما هو معروف تنشأ الحالات الديناميكية أثناء العمل الطبيعي (عند الانتقال من وضعية استقرار أولي إلى وضعية استقرار أخرى) ، وأثناء الأعطال . ومن المنطقي ألا تكون دراستها هدفاً قائماً بحد ذاته، ولكن لا بد منها قبل كل شيء من أجل المعرفة الواضحة لأسباب نشوئها وجوهرها الفيزيائي ، وكذلك الأمر لإعداد التوجيهات العملية وطرق التقييم الكمي لها ، وهذا العمل يساعد في التنبؤ بالنتائج الخطيرة لمثل هذه الحالات العابرة (الديناميكية) ، وتلافي حدوثها . إن دراسة فعالية عناصر أي آلية تتم بإحدى الطرق الرئيسة الآتية :

- التجربة الطبيعية .

- استخدام النماذج الفيزيائية .

- استخدام النماذج الرياضية .

تعد التجارب الطبيعية على الآلات من الإجراءات المعقدة والباهظة التكاليف والخطرة ، إضافة إلى أنها لا تسمح بإجراء الاختبارات متعددة الجوانب بسبب الصعوبات المتعددة ، وأحياناً لا يمكن إظهار وإنتاج جميع أنظمة العمل اللازمة بشكل عملي .

أما بالنسبة لاستخدام النماذج الفيزيائية صغيرة الحجم ، فهو لا يسمح بإظهار جميع خصائص العمليات التي تحدث ، كما أن استخدام النماذج كبيرة الحجم ذات الاستطاعة الكبيرة فغالباً ما تكون غالية الثمن ، وعلى أساسها من الصعب ، بل وغير الممكن ، تحقيق أنظمة عمل متعددة ومتنوعة .

على ضوء ذلك يصبح من المهم جداً بحث مسائل إعداد النماذج الرياضية لعناصر الآلات باستخدام الحاسوب كونها تسمح بإنتاج أنظمة الأعطال وما بعد الأعطال بموثوقية عالية آخذين بالاعتبار جميع العوامل التي تبدي تأثيراً واضحاً على وظائف عمل هذه الآلة .

اعتماداً على ذلك قسمت الدراسة إلى المراحل الآتية :

أولاً- الطرق الحسابية :

أُعتمد في هذه المرحلة على حل المعادلة التفاضلية (1) عند وجود معامل التغذية العكسية التصحيحي وعند غيابه . وبالبدائية نذكر بالمواصفات المميزة للنظام ثنائي الكتل الداخلة بالدراسة :

- نموذج المحرك : 6 - 512 - MTH ، وهو يمثل الكتلة الأولى ذي السرعة ω_1 ، وله المواصفات الآتية :
 $P_{2n} = 55 [kW]$ ، $n_n = 960 [r.p.m]$ ، $U_{2ph} = 340 [Volt]$
 $\cos \varphi = 0,79$ ، $\eta = 88 \%$ ، $M_{max} = 1630 [N.m]$ ، $J_1 = 0,5 [kg.m^2]$

- القساوة الميكانيكية بين الكتلتين : $C_{12} = 3677,4 [N.m/rad]$
 - وزن الرافعة التي تمثل الكتلة الثانية : $m = 76,5 \cdot 10^3 [kg]$

وبعد إدخال العوامل الأساسية في النظام الحركي للرافعة وهي نسبة التخفيض بالسرعة (24,9) ، ونصف قطر الدوران ($D = 0,71 m$) ،

ثانياً- باستخدام النمذجة على الحاسوب :

وقد تمت بعدة طرق منها استخدام لغة Q . Basic ، ثم C^{++} ، والتمثيل في بيئة ماتلاب (MATLAB) ، حيث تم الحصول على مجموعة متعددة من المنحنيات التي تظهر ارتباط الحالة العابرة بمعاملات (EMS) والتأثير الشديد الثابت التغذية العكسية التصحيحي K_K على شكل الحالة العابرة وعلى مؤشرات الجودة المطلوب تحقيقها .

لقد تمت الدراسة وفق مراحل عدة نذكر منها :

أ- على الشكل (2) تظهر مجموعة من المنحنيات التي تحدد زيادة التنظيم σ_w على السرعة σ_m وعلى العزم σ_m بالإضافة إلى أزمنة نهاية الحالة العابرة على السرعة t_w وعلى العزم t_M عند إقلاع المحرك مع التوضع المتتالي للحمولة، وذلك بدلالة قيم المعامل K_K . وقد تم الحصول على هذه المنحنيات من خلال نمذجة النظام ثنائي الكتل في لغة ماتلاب لحالات عديدة ، حيث في كل مرة حددنا فيها زمن الإقلاع ومنه زيادة التنظيم ، وبعد ذلك رسمنا المنحنيات المبينة على الشكل (2) .

من هذه المنحنيات نستنتج أن زمن التنظيم (Time of Regulation) ثم قيمة زيادة التنظيم بالنسبة للسرعة لها قيم صغرى عند قيم ثابت التعويض K_K الأقل من قيمته المثلى المحسوبة بالعلاقة (18) .

ب- يبين الشكل (3) نمذجة العلاقة $\xi = f(k_k)$ من أجل قيم مختلفة للقساوة β (قساوة المميزة الميكانيكية للتشغيل) وقد حسبت هذه المنحنيات من أجل المعطيات الآتية :

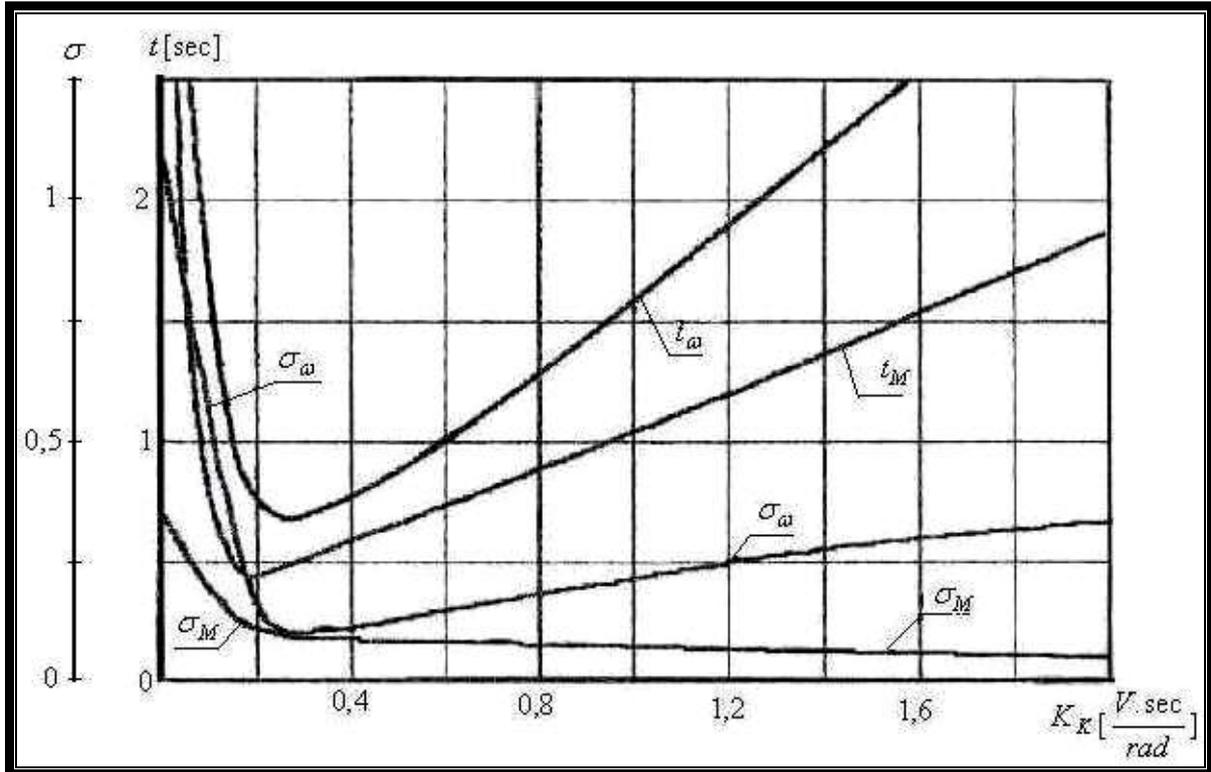
$$\Delta W = 40\% \text{ (هبوط السرعة)}$$

$$\gamma = 1.04 \text{ (نسبة الكتل)}$$

$$C_{12} = 60 \frac{N.m}{Rad} \text{ (قساوة الوصلات المرنة)}$$

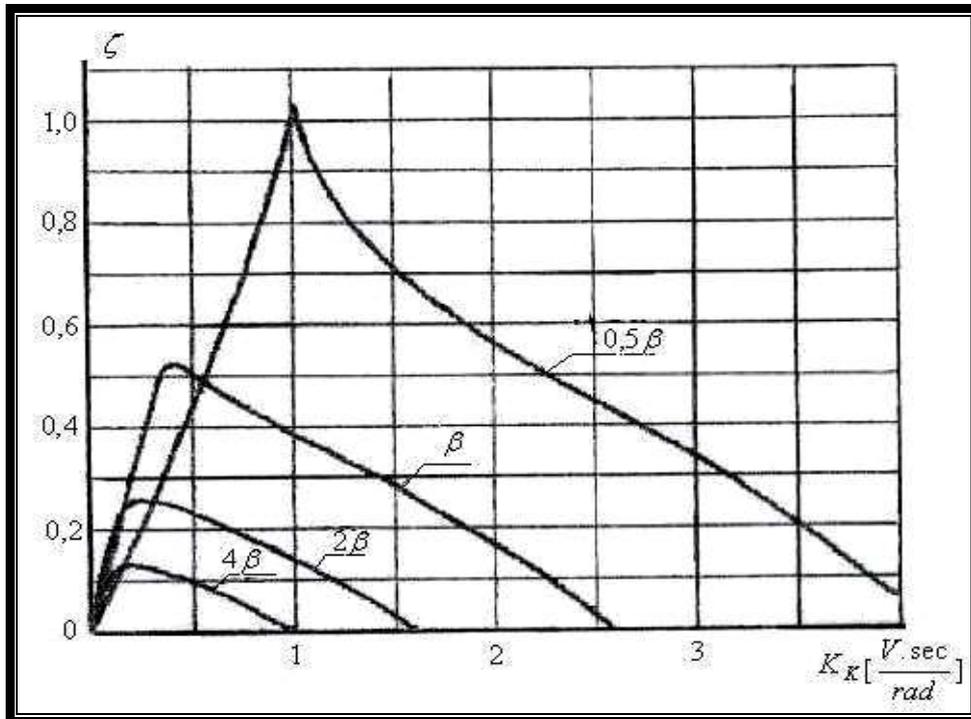
$$\beta = \frac{Mn}{Wo} \text{ (قساوة مرجعية للمميزة الميكانيكية)}$$

لقد أظهرت هذه المنحنيات أن انخفاض القساوة يؤدي إلى زيادة معامل التخامد أو إلى زيادة ثابت التعويض K_K الموافق للتخامد الأعظمي . لكن للأسف زيادة قساوة المميزة يسبب في ارتفاع درجة اهتزازية (EMS) .



الشكل (2) علاقة زيادة التنظيم وزمن الحالة العابرة (زمن التنظيم) بدلالة ثابت زمن التعويض (K_K)

Equation increasing oscillation and time of organization
In addition to the stable of value

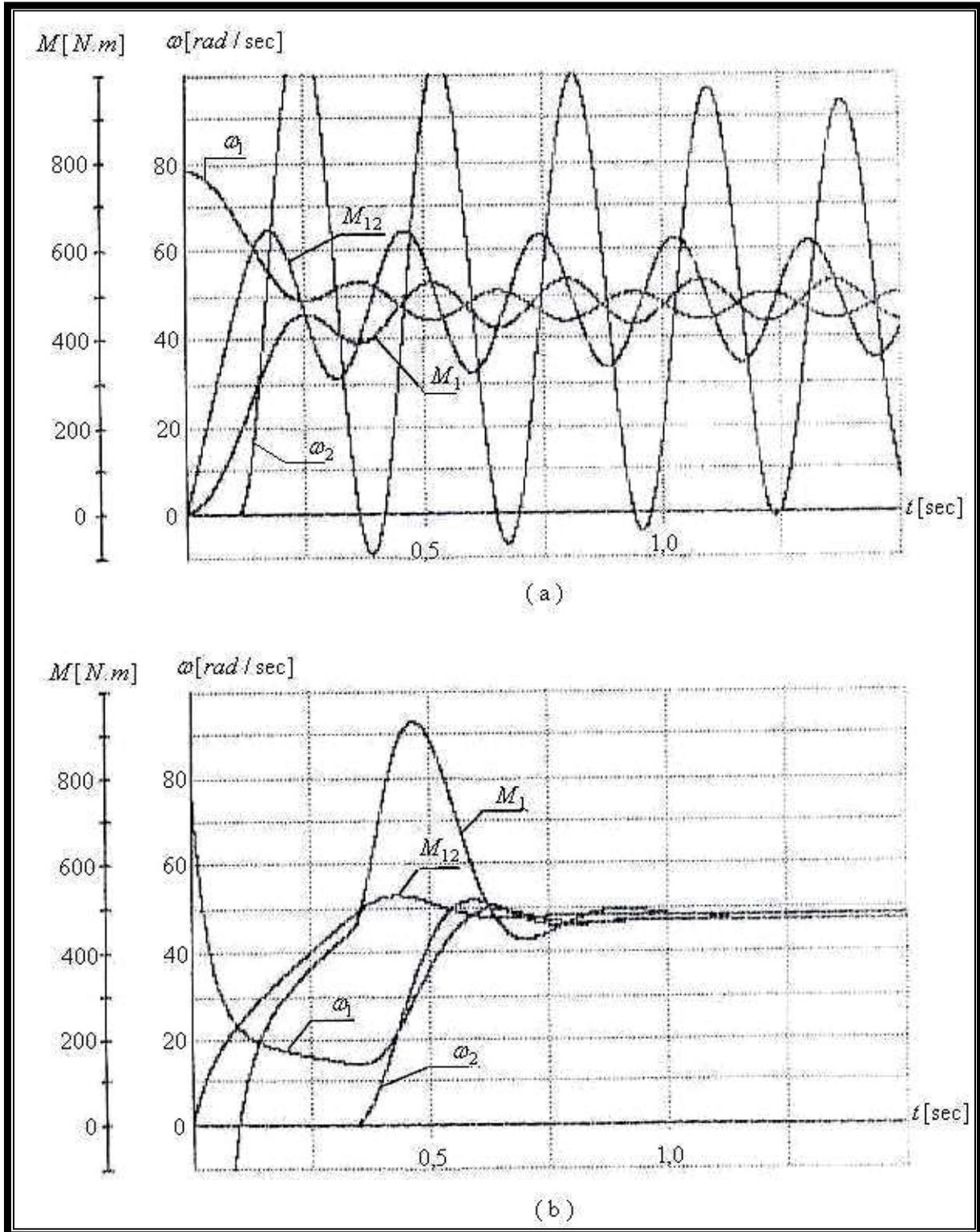


الشكل (3) يبين علاقة $\xi = f(k_k)$ من أجل قيم مختلفة لقيمة القساوة β

Graphic Equation $\xi = f(k_k)$ at a different value β

ج- أما المرحلة ما قبل الأخيرة من الدراسة التجريبية فقد خصصت لدراسة تأثير الثابت K_K على شكل منحنى الحالة العابرة ، ووفقاً لذلك يظهر على الشكل (4) منحنيات متعددة من أجل المعطيات نفسها الواردة في البند الثاني ولكن عند قيم مختلفة لـ K_K .

ولدى مقارنة عملية التخامد في الحالات الثلاث نجد أن الشيء الملفت للنظر هو أن زيادة ζ في حالة $K_K = (K_K)_{OPT}$ مقارنة مع حالته عندما ($K_K = 0$) مرتبطة مباشرة بقيمة القساوة β . مثلاً من أجل $\beta_* = 1.07$ (النسبية) قد ازدادت قيمة ζ بمقدار (100) مرة بينما نجدها من أجل القساوة $\beta = 4$ قد ازدادت فقط بمقدار (12) مرة .



الشكل (4) شكل منحنى الحالة العابرة بالنظام الكهروميكانيكي

والكتل من أجل قيم مختلفة لـ K_K

a) - $K_K = 0$,

b) - $K_K = 0,7 (K_K)_{opt}$

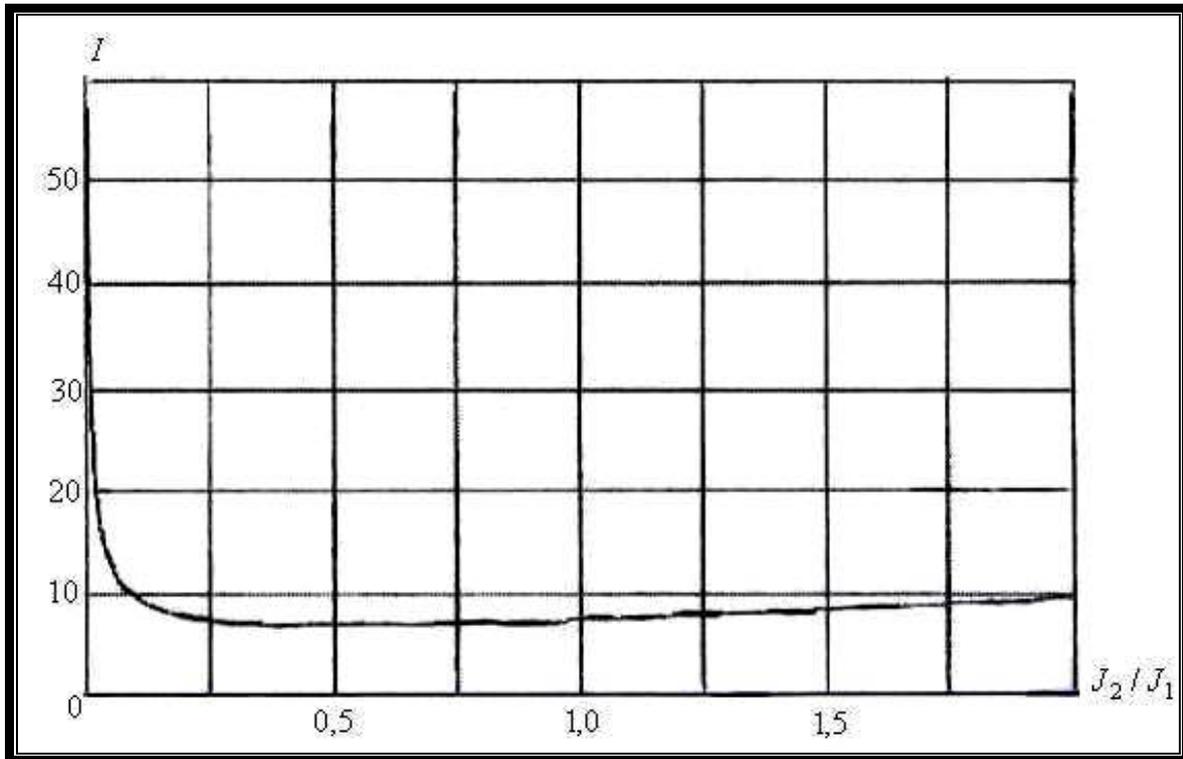
د- أخيراً ، بالعودة إلى العلاقة (17) نجد أنه بالإمكان إعادة كتابتها على الشكل الآتي :

$$\zeta_{\max} = \frac{1}{3\beta} \sqrt{\frac{C_{12}}{3}} . I \quad ; \quad I = \frac{(J_1 + J_2)^{3/2}}{(J_1 + J_2)^{1/2}} \quad (19)$$

وبسهولة نستطيع تحديد العلاقة بين (J_2, J_1) بحيث يتزايد المتحول I أسياً وقد تبين أن شرط تحقيق ذلك هو تحقق المساواتين الآتيتين :

$$\left. \begin{array}{l} J_1 = 2J_2 \\ \gamma = 1.5 \end{array} \right\} \quad (20)$$

من الشكل (5) نستنتج أن الاقتراب من الشكل الأسّي لنسبة عزوم العطالة γ ينتج عنه انخفاض بقيمة ζ_{\max} وهذا سيؤدي إلى زيادة اهتزازية النظام عند العمل بالقيمة المثلى للثابت K_K المحددة بالعلاقة (18) . نتيجة لزيادة الحملات الديناميكية الناجمة عن الاهتزازات المذكورة .



الشكل (5) تغير المتحول I مع نسبة عزوم العطالة للنظام ثنائي الكتل

النتائج والتوصيات :

- بناءً على ما تقدم من دراسة تحليلية ومن نمذجة على الحاسوب تم التوصل إلى النتائج الآتية :
- أ- بحسب درجة المتطلبات بمؤشرات الجودة لنوعية الحالة العابرة يمكن استخدام قيم مختلفة لتأثير دارة التعويض K_K . وقد بينت الدراسة ما يلي : إذا كانت الأولوية هي تحديد القيمة الصغرى لزمن الحالة العابرة ، عندئذ من الأفضل استخدام ثابت التعويض ذي قيمة مساوية $(K_K)_{OPT} 40\%$. أما إذا كانت الأولوية هي تحقيق الحد الأدنى من زيادة التنظيم (Over shout) فإن قيمة ثابت التعويض المناسب هو $(K_K)_{OPT} 80\%$.
- ب- زيادة قيمة K_K فوق قيمته المثلى $(K_K)_{OPT}$ المحددة بالعلاقة (18) على الرغم من أنها تسهم في التخفيض الأكبر لزيادة التنظيم بالعزم ، إلا أنها تسيء لمؤشرات الجودة الأخرى في شكل الحالة العابرة . في مثل هذه الحالات ، لتحقيق الحل الأمثل بينت الدراسة أنه من الأفضل أن تكون قيمة K_K مترواحة بين $(K_K)_{OPT} 0.6$ حتى 0.9 . $(K_K)_{OPT}$.
- ج- لدى دراسة أثر قيمة K_K على مطال الحمولات الديناميكية نتيجة الاهتزازات المرنة تبين أن زيادة K_K تؤدي إلى إطالة الفترة الأولى لبداية الحالة العابرة (إطالة فترة إقلاع المحرك) .
- د- تزداد القدرة التخامدية للنظم الكهروميكانيكية عند زيادة القساوة C_{12} لهيكل الرفاعة المترافقة مع تخفيض قساوة المميزة الميكانيكية للمحرك .

الخلاصة :

إن الخصائص التخامدية للنظام الكهروميكانيكي يتعلق فقط بمعاملات الجزء الميكانيكي المتمثلة بقساوة المميزة الميكانيكية لنظام القيادة ودرجة التغذية العكسية التصحيحية (دارة التعويض) وغير متعلقة بالخواص الذاتية للمحرك والمبدل، بالإضافة لذلك أن المعادلة التحليلية الناتجة (18) بالإضافة إلى التوصيات المقترحة بالأعلى تمثل مرحلة مهمة جداً عند تصميم نظم التحكم الحقيقية القادرة على تخميد اهتزازات العناصر المرنة المتواجدة في النظم الكهروميكانيكية (EMS) .

المراجع:

- 1- Basil. S. Electric drive in two parts of Electromechanical system. Tishreen University Journal for studies and Scientific research – Engineering science series vol (21) No (8) 1999.
- 2- Basil. S. Synthesis of Electric drive regulator of complicated Electromechanical systems. Syentific Journal – No 4 – 2001-2002 . P. 34 – 40 Al Tahadi University, Libya.
- 3- Klutchave – V.E. Theory of Electrical drive Moscow, Inergoatomizdat 1985- P.560.
- 4- Journal Electronachino Buduvaniata Electro obladnani. No.58 P.22 – 26 - 2002 Ukraine, Isbn966 – 575 – 0009 – 7.