

النمذجة الحاسوبية لأنظمة القيادة الكهربائية في معامل درفلة الحديد

الدكتور غسان حايك*

(تاريخ الإيداع 24 / 3 / 2013. قُبل للنشر في 5 / 6 / 2013)

▽ ملخص ▽

يعرض هذا البحث طرق النمذجة الحاسوبية عند تركيب المعدات في معامل درفلة الحديد من أجل قياسات أبعاد الآلات، التي أصبحت أكثر أهمية شيئاً فشيئاً في السنوات القليلة المنصرمة. ويحدد الشروط المسبقة المثالية لمحاكاة نظام القيادة الخاص بالأنظمة الفرعية الميكانيكية والكهربائية. حيث تتكون أنظمة القيادة الكهربائية من عناصر متعددة لها تقنية خاصة بها مع مقاييس زمنية، وآلات كهربائية، وأنصاف نواقل، ودارات تحكم بدءاً من وحدات تشكيل وتوليد نبضات القدرح إلى سلسلة من المنظمات لتحسين الأداء. وهذا يتطلب محاكاة كل من المكونات الميكانيكية والكهربائية في نموذج واحد. يعرض برنامج المحاكاة المنتظمة إمكانية دمج النمذجة الميكانيكية مع المتطلبات الكهربائية. حيث سيتم في هذا البحث توصيف التصميم بمساعدة المحاكاة وعلاقته مع الاهتزازات الناجمة عن عزم الفتل وذلك باستخدام أنظمة القيادة.

الكلمات المفتاحية: النمذجة والمحاكاة - التحكم الشعاعي - الاهتزازات الميكانيكية - المبدلات المزدوجة - مكونات نظام القيادة الكهربائية.

* أستاذ مساعد - قسم الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Computer Modeling of Electrical Drive systems in iron Rolling mill Plants

Dr. Ghassan Hayek*

(Received 24 / 3 / 2013. Accepted 5 / 6 / 2013)

▽ ABSTRACT ▽

This paper deals with computer simulation methods when constructing the equipment in iron rolling mill plants for dimensioning machines, which have become more important in the recent years. And it determines the ideal prerequisites to simulate driving system for electrical and mechanical subsystems. The drive systems is built around several components which have their own technology and multiple time-scales: electrical machines, power semiconductor, control circuits from the firing sequences to the different regulators. This requires the simulation of both the electrical and mechanical components in one model. The use of a uniform simulation program offers the possibility to combine in mechanical modeling with the electrical necessities. This research will be in the description of the simulation-aided design and its relationship with vibration caused by the twisting torque using the drive systems.

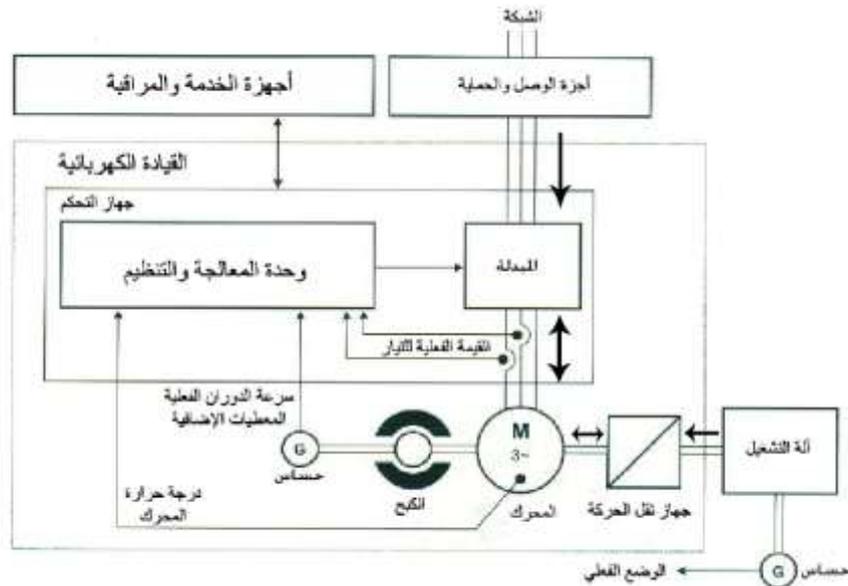
Keywords: Modeling and Simulation- Vector Control- Mechanical Vibrations- Cyclo-Converters- Electrical drive components.

* Associate professor, electrical power department, Faculty of mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

في مرحلة التصميم، يسعى كل مصمم إلى حل المشكلات التي تعترضه والتي لا تلبى المواصفات المتفق عليها مع الحفاظ على الكلفة المعتمدة في المشروع، كما أن المصمم لا يستطيع تقديم تصميمه إلى المالك دون حل لتلك المشاكل وإنجاز ما يطلبه المالك في التصميم، لا سيما من حيث الأداء والفعالية. من هنا يكتسب التصميم بمساعدة المحاكاة أهميته حيث يتيح إجراء تحليل السلوك الديناميكي للمنشأة في المراحل الأولية للتصميم وفقاً لقياسات تحديد الإجهادات الناجمة عن العمليات الديناميكية في سلسلة القيادة، وكذلك تقييم سلوك المنشأة في الحالات الاستثنائية. إن التحقيق الشامل حول أجزاء النظام الكهروميكانيكي أمر مطلوب لإيجاد الحل الأمثل للقيادة الكهربائية، حيث إن محاكاة كل جزء على حدة يوفر نتائج ناقصة إن لم تتم الدراسة بشكل تفاعلي نظراً للتكامل بين أجزاء النظام ككل. يعرض الشكل (1) مراجعة شاملة لتרכيبة ومكونات نظام القيادة الكهربائية مع آلة التشغيل (درفلة الحديد). يوضح الشكل الأجزاء الأساسية للنظام وواجهات الربط فيما بينها، والذي يقسم إلى قسمين أساسيين [1]:

قسم كهربائي: ويتضمن عناصر إعطاء السرعة مع عناصر عمليات الإقلاع، والكبح، ومنظمات السرعة والعزم، وبالتالي يتكون بشكل عام من: محرك كهربائي، مبدلة تيار إلكترونية، دارة تحكم مغلقة (مرتبطة بالمحرك).



الشكل (1) المخطط الصندوقي لنظام القيادة الكهربائية الآلية

قسم ميكانيكي: ويشمل عناصر الدارة الحركية مع أجهزة نقل الحركة بأنواعها، إضافة إلى دوار المحرك في كل قنال، وينتهي بالحمل أو ما يسمى آلة التشغيل (قسم الدرفلة). ويتألف نظام التحكم ذو الدارة المغلقة من نظام التحكم بالسرعة والتحكم بالتيار الكهربائي.

قد تؤثر الطاقة الكهربائية وحالات الضعف في الشبكة على أداء وسلوك النظام برمته. تمت دراسة الدرفلة على شكل منحني مبين عليه عزم الحمل على الأسطوانات (القسم الخاضع للقيادة). يقدم هذا البحث نتائج المحاكاة على هذا التطبيق المعقد فضلاً عن تمثيل التركيب الفني لأنموذج المحاكاة في أنظمة القيادة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تقديم طريقة حديثة بمساعدة الحاسوب لتصميم وتنفيذ الحسابات المثلى للحصول إلى نظام قيادة كهربية فائق الأداء، والتنبؤ السريع لأية ظاهرة ديناميكية يتعرض لها. ومن هنا يكتسب التصميم بموازرة المحاكاة أهميته حيث يتيح إجراء تحليل السلوك الديناميكي للمنشأة في المراحل الأولية للتصميم وفقاً لقياسات تحديد الإجهادات الناجمة عن العمليات الديناميكية في سلسلة القيادة، وكذلك تقييم سلوك المنشأة في الحالات الاستثنائية، ولاسيما الاهتزازات الناجمة عن عزم الفتل.

طرائق البحث ومواده:

يعرض هذا البحث المخططات الصندوقية بشكل عام للنظم الكهروميكانيكية وظيفياً ودور كل عنصر من عناصر النظام الكهروميكانيكي على النظام ككل، والذي يسهم في تحديد آليات الحد من الحمولات الديناميكية. إضافة إلى ذلك، يقدم البحث نماذج وأمثلة عن المجموعة الوظيفية كل على حدة ضمن أنموذج مناسب ومحدد الوظيفة. وتم توضيح آلية التحكم الشعاعي الأنموذجية الناضجة للتفاعل بين العزم والفيض المغناطيسي للمحرك مع آلة التشغيل، ومن ثم مناقشة نتائج النمذجة.

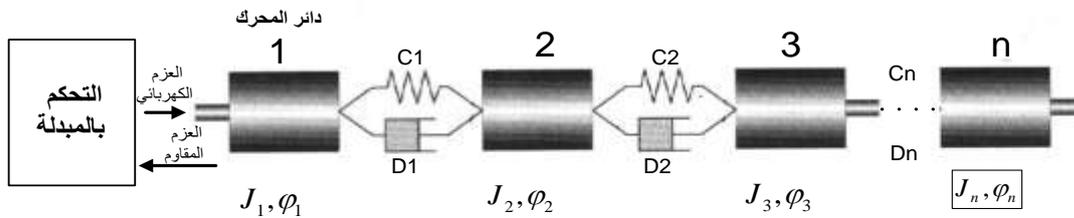
توصيف النظام الكهروميكانيكي:

1- نمذجة الأنظمة الفرعية:

تتألف المكونات الميكانيكية من عناصر نقل منفصلة لا سيما عناصر التوصيل الكتلي وغير الكتلي، كما أن تلك العناصر قد تكون لا خطية بين الكتل الصلبة (كالمسننات والقارنات وعمود التوصيل العام). ومقارنةً بذلك، فإن نماذج محاكاة المكونات الكهربية هي الأكثر تعقيداً، وهذا يستدعي تبسيط البنية المعقدة الكهربية إلى عناصر فرعية لتسهيل دراستها. يستطيع المستخدم نقل مشاريعه إلى نظام المحاكاة من خلال الدمج بين النماذج الأساسية والبارامترات "المتغيرات" ضمن الآلة الكهربية أو المبدلة أو في تركيبية التحكم. عندها ينصب الهدف على خلق بيئة محاكاة شاملة للنظام الكهروميكانيكي مع تمثيل مكافئ لعناصر هذا النظام والإجابة على الأسئلة المتعلقة بدقة هذا النظام وحساباته الرقمية مع حل لكافة المعادلات التفاضلية ذات الصلة. يتطلب كل ذلك وجود إجراءات تكاملية لحساب معادلات النظام وطرق القطع والتوصيل التي تؤثر على نتائج المحاكاة.

إن تمثيل الربط (Coupling) بين أجزاء الأنموذج الكهربي والميكانيكي هو غاية في الأهمية وهو موضح في

الشكل (2). حيث يعطى العزم الكهربي M_e أو ما يسمى العزم الكهرومغناطيسي بالعلاقة: $M_e \sim i_s \cdot \psi_s$



J - عزم العطالة C - ثابت القساوة (spring constant) D - عامل التخماد (damping factor)

i_s - التيار الشعاعي لملف الثابت، ψ_s - الفيض الشعاعي لملف الثابت، φ المسار الزاوي للمحرك وآلة التشغيل

الشكل (2) الربط بين النظام الكهربي والميكانيكي

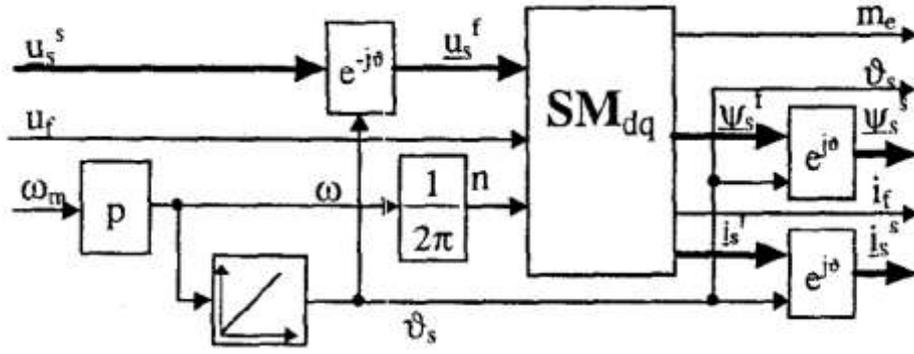
يعمل العزم المتولد بوساطة الآلة الكهربائية على قيادة سلسلة القطع الميكانيكية على شكل حث خارجي على كتلة العضو الدوار. ويتم تأمين التغذية العكسية للحركة في سلسلة القيادة الميكانيكية بوساطة سرعة المحرك. يمثل الشكل (1) التحكم بالتيار وبالسرعة في الآلة الكهربائية ويعبر ذلك عن آلية التحكم وفق الدارة المغلقة. يوفر هذا التمثيل إمكانية تحليل حث الاهتزازات في المعدات الميكانيكية بوساطة أنظمة قيادة ثلاثية الطور متغيرة السرعة ودارات التحكم المغلقة الرئيسية.

في نظام المحاكاة الداخلي (Modelica-Modell) يمكن تلبية شروط المحاكاة المشتركة بعدما تم تطويره لهذا الغرض [2,3]. لقد تم وضع علب النقل في توصيف مبين بمخططات كتلية وفقاً لـ DIN19226 من أجل تشكيل التركيبة المستخدمة. يوفر هذا جملة منتظمة من المعادلات التفاضلية خاصة بالنظام الكهروميكانيكي والتي يقوم محاكي واحد فقط بحلها.

2.1 نماذج عناصر النظام الكهربائي:

عند تشكيل هذا النموذج، تمت مراعاة خواص معينة لثلاث مجموعات من الوظائف في النظام الكهربائي الفرعي وتحديدًا المحرك الكهربائي، المبدلة وتركيبية التحكم، بغية دراسة تأثيرات العناصر الكهربائية على النظام الميكانيكي خلال التشغيل الطبيعي وخلال حالات القصور الوظيفي. ويسمح هذا كله بالتحقق من المصادر المهمة للزعوم النبضية في الثغرة الهوائية بوساطة مراعاة عمليتي القطع والوصل الدورية واللادورية في نظام التحكم وفي المبدلة. إن دراسة أي تأثيرات في حوادث عدم الانتظام بين سلسلة القيادة أو في دارات القيادة لعناصر القطع والوصل له أهمية خاصة فيما يتعلق بمحاكاة المبدلة. النقطة المركزية في هذه الدراسة هي استنباط نماذج عامة صالحة لإظهار العمليات الكهربائية بحد أدنى من الدقة. إن التمثيل المفصل والمعقد يقود إلى سلسلة مطولة من الحسابات للزمن وتحديد المتغيرات. من وجهة نظر المحاكاة، تحتوي منشآت الدرفلة على عناصر أسطوانية ذات ثوابت زمنية صغيرة جداً (أجزاء من الثانية) بالمقارنة مع المعدات الميكانيكية الأخرى، وتتصف أيضاً بعمليات قطع ووصل متعاقبة (على سبيل المثال تعديل التردد النبضي الخاص بالقالبات). تحتوي تلك المنشآت أيضاً على عناصر مختلطة لأنظمة مستمرة ومنقطعة (مثل على ذلك التحكم الرقمي).

يهدف القسم التالي إلى تقديم مثال عن كل مجموعة وظيفية على حدة ضمن أنموذج مناسب ومحدد المهمة. يوضح الشكل (3) أنموذج عن الآلة المتوافقة (Synchronous Machine SM) كبديل عن كافة الأنماط الثلاثة للآلات المستخدمة في الدرفلة من حيث أنظمة قيادتها، وتحديدًا الآلات المتوافقة، والآلات ذات التيار المستمر DC، والآلات التحريضية. بالنسبة لآلة متوافقة بملف تهيج وملف تخامد، يمكن استخدام جملة من المعادلات التفاضلية على أساس نظرية التحكم الشعاعي، في جملة إحداثيات دوارة بزواوية يميني (الجملة d-q) للآلة المتوافقة على جملة ملف التهيج (العضو الدوار). ومن خلال المركبتين للتيار الشعاعي لملف ثابت i_s في نظام الاحداثيات الشعاعي (d-q) نستطيع وصف عزم الدوران للمحرك التحريضي [1,4]. يتم تمثيل تأثيرات ملف التخامد بوساطة نواقل التشغيل الفعالة للآلة التوافقية. في الحالة المستقرة، يتم افتراض قيمة المفاعلات التوافقية من قبل نواقل التشغيل، بينما يكون المجال الديناميكي حاوياً على أجزاء عابرة وشبه عابرة. تعكس الأجزاء العابرة التفاعل بين ملفات التهيج وملفات الثابت (العضو الساكن)، بينما تعكس الأجزاء شبه العابرة الربط بين المخمد المغناطيسي ودارات العضو الساكن. يبين الشكل (4) نتائج النمذجة لعملية الإقلاع والحمولة لآلة متوافقة.



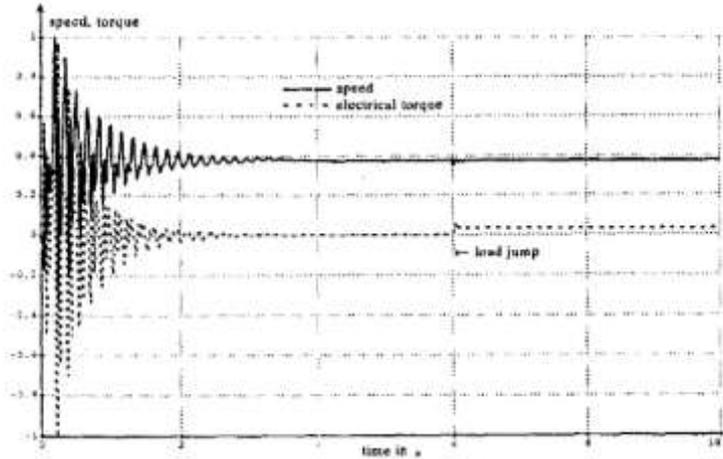
u_s - الجهد الشعاعي لملف الثابت - p - عدد أزواج الأقطاب - u_f - جهد التهيج

ω_m - السرعة الزاوية الميكانيكية - m_e - العزم الكهربائي - i_f - تيار التهيج

n - سرعة الدوران - ϑ_s - زاوية الطور لملف الثابت - i_s - التيار الشعاعي لملف الثابت

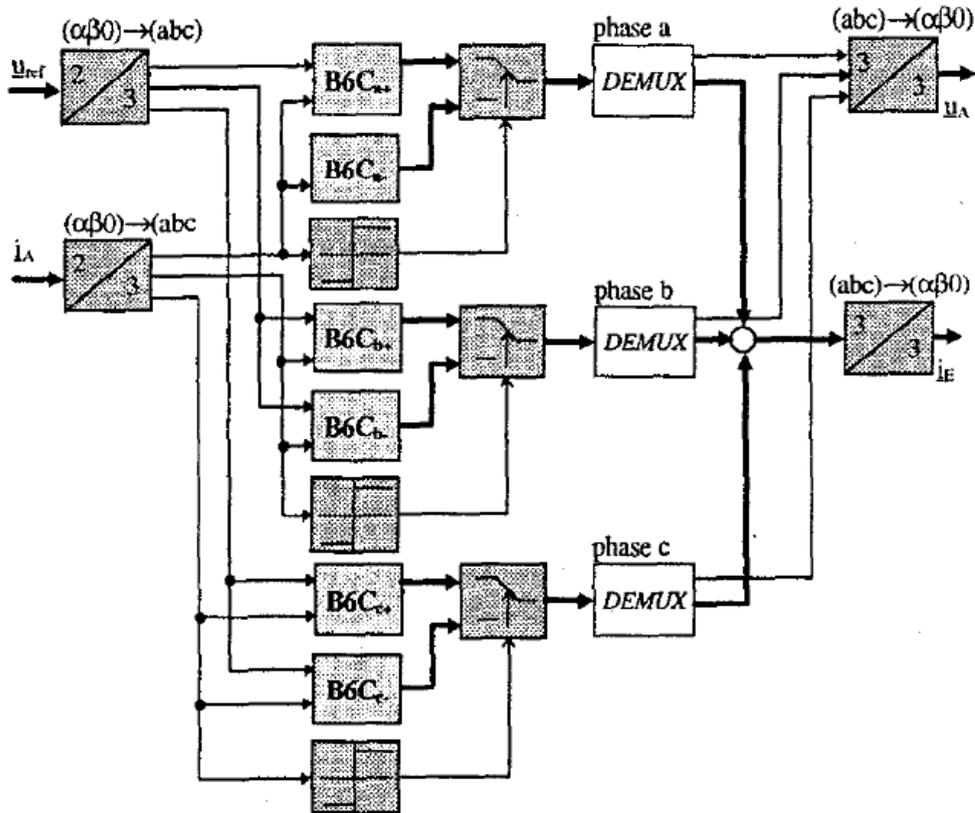
ψ_s - الفيض الشعاعي لملف الثابت - $e^{j\theta}$ - الشعاع الدوار - SM_{dq} - الآلة المتوقفة في نظام الإحداثيات $(d - q)$

الشكل (3) المخطط الصندوقي للتحكمي للآلة المتوقفة



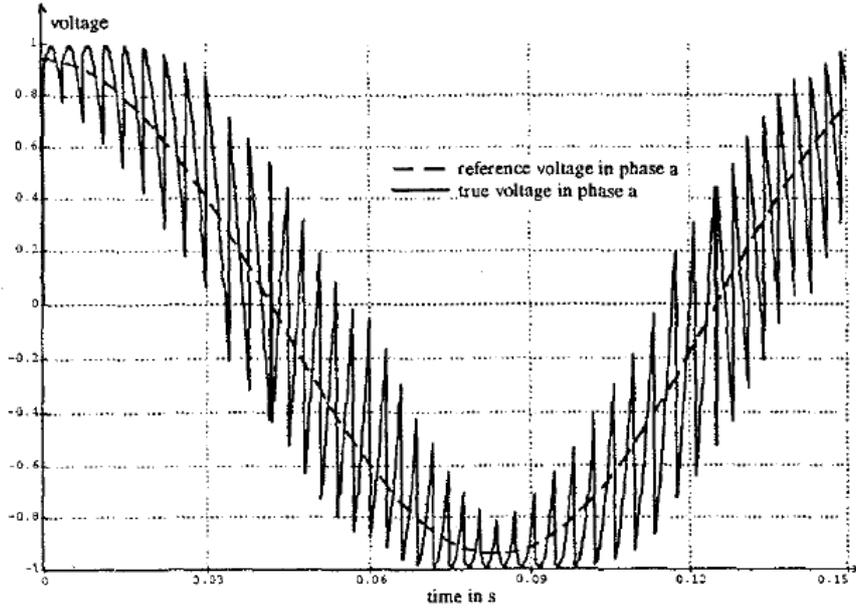
الشكل (4) منحنيات السرعة والعزم بدلالة الزمن للآلة المتوقفة خلال عملية الإقلاع والحمل

لقد تم تقديم مثال عن المبدلة المزدوجة (المبدلة المباشرة) المستخدمة في تغذية وقيادة الآلات المتوقفة بطيئة السرعة بشكل أكثر تفصيلاً في المخطط الصندوقي [5] المبين في الشكل (5). ويتألف كل طور من أطوار المبدلة ثلاثية الطور من مقومين ثايرستورين موصولين على التفرع والتعكس، في وصلة جسرية سداسية النبضة (B6C). لقد تمت برمجة وتحديد النبضات اللازمة في دارة توليد نبضات القدر من أجل التحكم بزوايا التأخير للعناصر الإلكترونية للمبدلة في كل طور.



الشكل (5) المخطط الصندوقي التحكمي للمبدلة المزدوجة

ولقد تم إجراء محاكاة شبكة ثلاثية الطور مع مراعاة إدخال المتغيرات الخاصة بجهد النظام U_n ، وتردد النظام f_n والقيمة الأولية لإزاحة الطور φ_n عن جهد التغذية. يمكن محاكاة نظام التوصيل غير المثالي خلال فترة الإبدال T_K كمتغير للأنموذج في حالة عكس التيار مع إهمال اضطرابات النظام [6,7]. يبين الشكل (5) المخطط الصندوقي التحكمي للمبدلة المزدوجة، ويظهر متغيرات الدخل في نظام الاحداثيات $(\alpha, \beta, 0)$ ، ويتم تحويلها إلى نظام الاحداثيات للشبكة بالمركبات (a, b, c) . يبين هذا الأنموذج آلية توليد نبضات القذح، بناءً على المعلومات التي يتم الحصول عليها بوساطة التحكم الشعاعي، ومن ثم اختيار وتحديد الزمن المناسب لوصل وفصل العناصر الالكترونية للمبدلة تبعاً لذلك. يوضح الشكل (6) مخطط الاهتزازات، حيث يعبر المنحني عن القيمة المرجعية والقيمة الحقيقية لجهد الطور (a) بالنسبة للزمن. ولكن هذا الشكل يبين المحاكاة لطور واحد بوساطة نظام Modelica.



الشكل (6) الاستجابة الزمنية للقيمة المرجعية والحقيقية لجهد الطور (a) للمبدلة المزدوجة

نماذج بنية التحكم:

يعتمد نظام التحكم الرقمي ذو الدارة المغلقة في القيادة ثلاثية الأطوار على مبدأ "التحكم الموجه على الحقل" أو ما يسمى التحكم الشعاعي، وعلى نماذج التحكم الحديثة التي تضمن مستوى عالياً من الاستجابة الديناميكية والاستقرار الجيد.

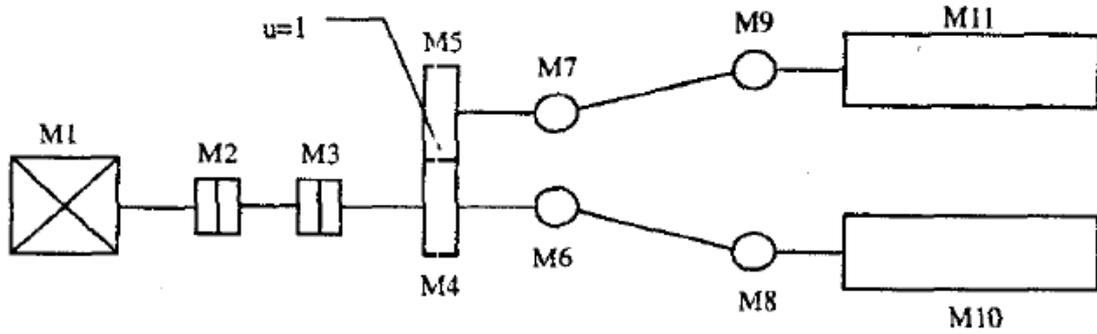
يظهر الشكل (7) المخطط الصندوقي لمكونات التحكم الشعاعي بالآلة المتوافقة [8]. لقد تم استخدام منظم التحكم (Controller) بمركبات التيار $G_{R\omega}$ ، للتحكم غير التفاعلي في تشكيل مركبات العزم والفيض المغناطيسي لتيار ملف الثابت. وكذلك تم استخدام منظم للسرعة $G_{R\omega}$ للتحكم بسرعة الدوران، حيث تم تركيب وحدة شلالية (تعاكسية) الكترونية، تتألف من مقوم ودارة وسيطية وقالبية على نظام التحكم. لقد تم ضبط أنظمة التحكم بالتيار وفقاً لقيمة مطلقة ومثالية خاصة بالمتغيرات المرجعية، مع تحقيق العزل بين التحكم والحمل بواسطة التحكم بالتغذية الأمامية. تم تصميم التحكم بالسرعة وبالفيض المغناطيسي وفقاً لقيم مثالية. وجرى تنفيذ ضعف المجال المغناطيسي بواسطة إدخال قيمة مرجعية منخفضة للفيض Ψ_{ref} في المخطط الصندوقي G_{ψ_s} اعتماداً على السرعة ω (منحني إضعاف المجال $\Psi_{ref} = f(\omega)$). تم الحصول على القيمة الحقيقية للسرعة ω_m وعلى تيار ملف الثابت i_s وتيار المجال أو الحقل i_f من خلال القيمة المتوسطة الخاصة بالصندوق G_{MG} ، مع مراعاة حدود المتغيرات (مثل على ذلك جهد الخرج الأعظمي للمبدلة) في تركيبه التحكم.

إن قبول البارامترات الثابتة يشكل نظاماً خطياً، ويمكن تحقيق النظام اللاخطي بوساطة دمج عناصر النقل مثل وحدة المسننات والقارئة وعمود الإدارة المشترك العام معاً. تتم إعادة حساب وظيفة النقل في بعض الحالات بشكل ثابت خلال عملية المحاكاة (بارامترات الحث).

2- نمذجة ومحاكاة نظام القيادة لعملية الدرفلة:

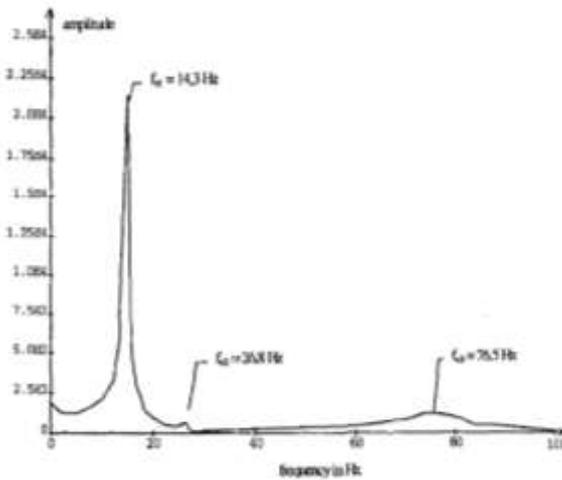
2.1 الأنظمة الميكانيكية الفرعية:

يمكن إجراء هذه المحاكاة بشكل أنموذجي حيث إن نظام القيادة يشكل أحد العناصر الخمسة في سلسلة القيادة. تم تبسيط التركيبات الميكانيكية لتصبح موزعة على /11/ كتلة مع محرك واحد ووحدة مسننات لتوزيع الطاقة [3] كما هو مبين بالشكل (9).



الشكل (9) التركيبية الميكانيكية لقيادة منشأة درفلة باستخدام جهاز نقل الحوكة (الترس)
 M 1 - المحرك M 2, M 3 - الربط الميكانيكي M 4, M 5 - مستوى الترس $u = 1$ ثابت النقل
 M 6 - M 9 عمود الإدارة M 10 - القسم العلوي من اللفة (الرول) M 11 - القسم السفلي من اللفة

يجب تحديد الحمل قبل محاكاة العزم وفقاً للتركيبية الميكانيكية. إن تحديد أبعاد الدرفلة يطرح سؤالاً حول الحمولات الأعظمية المطبقة على عناصر القيادة ومقاومة الاهتزاز لهذه الأخيرة. تنشأ هذه الحمولات الأعظمية عند تعريض الآلة إلى العزم المقدر، ولذلك يجب مقابلة تلك الحمولات الأعظمية بحمولات موازنة لها مع فترة تأخير متناسبة مع فتل عمود الإدارة، إضافةً إلى التأخير في كشف تغير الحمل بوساطة نظام التحكم ذي الدارة المغلقة. يجب تنفيذ تحليل التركيبية الميكانيكية ضمن مجالي التردد والزمن، حيث يمكن التفريق بين السرعة الناتجة عن ترددات الحث والسرعة الناتجة من الترددات الطبيعية المستقلة. يظهر الشكل (10) نتائج المحاكاة وأنموذج الرنين الناتج بالحث لكلا وحدتي المسننات الصغيرة والكبيرة، لا سيما عند الكتلة M11 مع تمييز للتردد الطبيعي عند القيمة 14.3Hz.

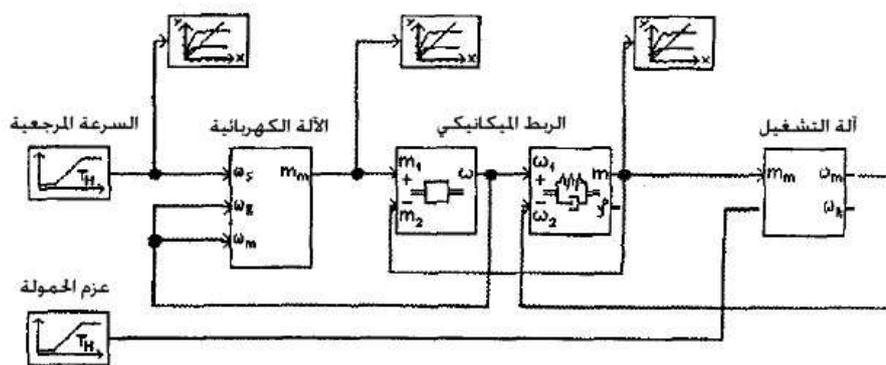


الشكل (10) الاستجابة الترددية للقسم العلوي للفة من النظام ذو 11 كتلة

2.2 الربط الكهروميكانيكي:

تظهر مقارنة بين مختلف أنظمة القيادة الكهربائية أن واجهة الربط بين الجزء الميكانيكي والكهربائي قد يكون لها نفس التركيب في كل حالة ولكل الآلات ذات الصلة. إن البرمجة المعيارية للمخططات الصندوقية في Modelica تسمح باختبار النماذج الجزئية بوساطة ربطها بالواجهات التابعة لها [2]. يتألف النظام وفق الشكل (11) من العناصر التالية (من اليسار إلى اليمين):

- وظيفة مرجعية لنظام القيادة ووظيفة الحمل للمعدات الميكانيكية.
- كتلة كبيرة للقسم الكهربائي مكونة من دائرة تحكم مغلقة ومبدلة وآلة كهربائية.
- كتلة كبيرة للقسم الميكانيكي للقيادة مكونة من محور المحرك وأجهزة نقل الحركة وأسطوانات.
- وأخيراً، بعض كتل الخرج للكشف عن نتائج المحاكاة وتمثيلها بيانياً. لقد تم تقليص سلسلة المحاكاة لتسهيل عملية التشغيل.



الشكل (11) النمذجة لنظام القيادة

النتائج والمناقشة:

يحتوي الشكل (12) على نتائج تشغيل نظام المحاكاة، وذلك وفق الخطوات التالية:

- t_0 إلى t_1 : تسارع حتى القيمة المحددة للسرعة الاسمية ($n_n=90$ r.p.m) بتتابع هرمونية مزدوجة حسب عزم الحمل الاسمي للمحرك.

- t_1 إلى t_2 : الحالة المستقرة عند العمل على فراغ (بدون حمولة).

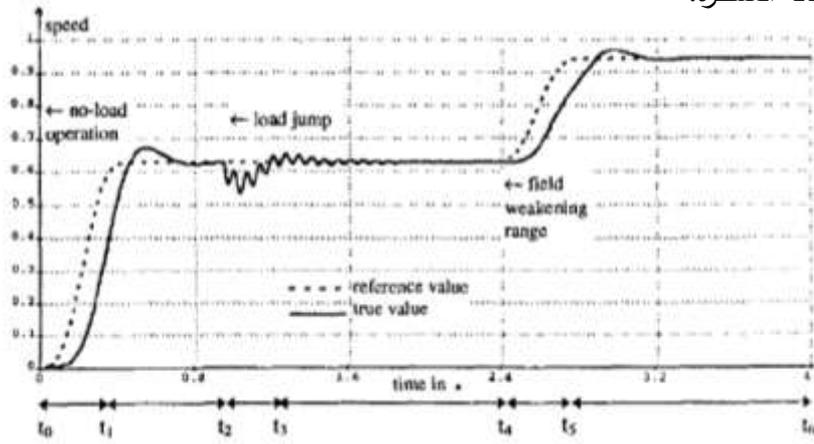
- t_2 إلى t_3 : الحالة المستقرة للآلة الخاضعة للقيادة (الأسطوانة) حسب عزم الحمل الاسمي ويقدر بالقيمة $(M_N = 138$ kN.m).

- t_3 إلى t_4 : الحالة المستقرة تحت شروط الحمل.

- t_4 إلى t_5 : زيادة السرعة إلى قيمة تعادل 1.5 من قيمة السرعة الاسمية أي

(135 r.p.m) يتبعه تابع هرموني مزدوج، والدخول في مرحلة المجال الضعيف.

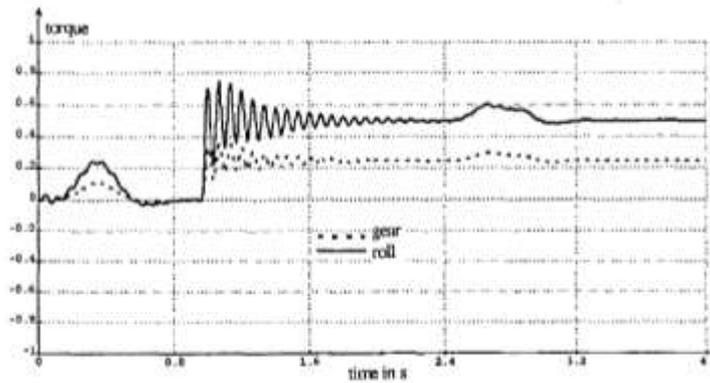
- t_5 إلى t_6 : الحالة المستقرة.



الشكل (12) نتائج النمذجة للقيمة المرجعية والحقيقية للسرعة

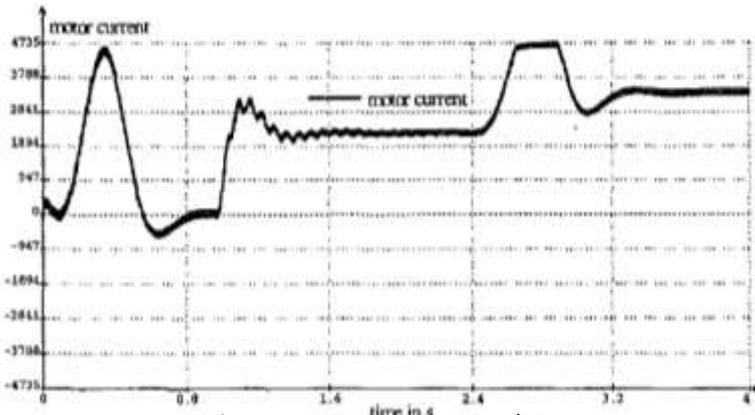
هذا لا يعني إدخال كافة العناصر في الدراسة، بل يعتبر هذا بمنزلة توصيف للسلوك الطبيعي للنظام مع تسجيل احتمالات التحكم عند الإقلاع والموازنة لتعشيق الحمل، وكذلك الطور الانتقالي تحت الحمل حتى مرحلة المجال الضعيف.

وتوضح الأشكال من (12) إلى (14) نتائج المحاكاة. لقد تم اختيار التابع الهرموني المزدوج كقيمة دخل مرجعية للسرعة لتحديد عملية الإقلاع بشكل سلس وناعم، لكي نتجنب إحداث أي اهتزازات في الجملة الميكانيكية غير المرغوب بها، وبنفس الوقت لا يدخل تيار المحرك في مجال المحددات. حيث إن زمن التسارع الطويل يعني حدوث النقل بشكل حر وخالٍ من الاهتزازات حتى مرحلة إضعاف المجال (الشكل 13).



الشكل (13) نتائج النمذجة للوزم عند جهاز نقل الحركة والاسطوانات

إن إدخال دارة المقوم في الأنموذج يزيد من تيار المحرك بما يتناسب مع مستوى التوافقيات كما هو واضح في الشكل (14). إن سلوك الحمل ليس مثالياً في الشكل (12). ولم ينجح نظام التحكم ذو الدارة المغلقة في تخميد وتقليل الاهتزازات. وهذا ناجم عن العلاقة بين الترددات الطبيعية للقسم الميكانيكي من النظام والترددات الخاصة بالقسم الكهربائي. وهذا يتطلب إعادة ضبط التحكم بطرق مختلفة من أجل تحسين سلوك الحمل.



الشكل (14) نتائج النمذجة لتيار المحرك ذو التيار المستمر في نظام القيادة

الاستنتاجات والتوصيات:

من الدراسة النظرية والعملية، يمكن استخلاص النتائج والتوصيات التالية:
لقد توصل البحث إلى برنامج محاكاة منتظمة وإلى تطوير حزمة برمجية مع مجموعة واسعة من النماذج المعتمدة في محاكاة الاهتزازات الناجمة عن عزم الفتل في أنظمة القيادة الكهروميكانيكية. كما تم توسيع وتقديم البرمجة المعدلة بواسطة البرنامج Modelica. يفتح هذا النظام الآفاق نحو تجارب جديدة من عمليات التصميم بمساعدة المحاكاة في سبيل الوصول إلى فهم شامل لنظام القيادة كما دلت دراسات المقارنة على ذلك.
إن نظام التحكم ذو الدارة المغلقة (التغذية العكسية) لم ينجح في تخميد وتقليل الاهتزازات المطلوبة بشكل كامل، وهذا يتطلب مواصلة البحث بإيجاد طرق تحكم أخرى لتحسين سلوك الحمل. إضافة إلى ذلك فإن أهمية دراسة هذه

النظم تتبع من أن تحسين أداء عمل النظام الكهروميكانيكي، مع المحافظة على المؤشرات الاقتصادية لها يعد عملاً هندسياً وعلمياً بحد ذاته له دلائله التقنية والتطبيقية في الصناعة، لذلك يفضل العمل على تشكيل ووضع طرق تنفيذها بمساعدة نظرية القيادة الكهربية.

المراجع:

- [1]- WEIDAUER, JENS: "*Elektrische Antriebstechnik*", Germany, Siemens, 2008, pp. 17 and 101-103.
- [2]- SCHROEDER, D.: "*Elektrische Antriebsregelung von Antriebssystemen*", Berlin, 2001, pp. 895-900.
- [3]- LASCHET, A.: "*Simulation von Antriebssystemen: Modelbildung der Schwingungssystemen und Beispiele aus der Antriebstechnik* ", Berlin, Heidelberg, New York:Springer-Verlag,1988.
- [4]- CAPOLINO, G.A: "*CAD and simulation of electrical machines drives using general purpose programs*", Conference on Elect. Mach. And Pow. Elect. Turkey may, 1992,vol.1/2, pp.262-276.
- [5]-: PETER, F. BROSCHE: "*Moderne Stromrichter-antriebe*", vogel-buchverlage, Germany, 2008, pp. 247-255.
- [6]- CHEE-MUN ONG: "*Dynamic Simulation of Electric Machinery*", New Jersey , 1998, pp. 323-335.
- [7]- MOHAN, N.: "*converters, Application and design*", John Wiley @ Sons, NY, 1989.
- [8]-: PETER-KLAUS, BUDIG: "*Stromrichtergespeiste Drehstromantriebe*", VDE Verlag, Berlin, 2001.