

تطوير الأداء الديناميكي لأنظمة قيادة المحركات التحريضية ذات اقصى السنجابي التي تعمل وفق مبدأ التحكم السلمي (volts/hertz = constant).

د. بسام عبد الله عطية

(قسم الميكاترونكس ، جامعة المنارة

البريد الإلكتروني: basa955@gmail.com)

الملخص

ينحصر مضمون الورقة في تقييم كفاءة ومردود نظام تحكم سلمي لقيادة محرك تحريضي ثلاثي الطور ذي دائر مقصور (Squirrel Cage Induction Motor)، يعمل في الأرباع الأربعة (four-quadrant operation) عن طريق تنظيم الانزلاق باستخدام مبدأ تعديل عرض النبضة (pulse width modulation PWM)، لقالبية جهد بترانزستورات من نوع IGBT، تعمل على تنظيم كل من التردد والجهد وفق النسبة $V/F=const$ ، والتي تتم عادة باستخدام المعالجات والمتحكمات الميكروية. بناءً على الدراسة والتقييم للنموذج موضوع البحث، تم تحديد سلبيات نظام التحكم السابق و قمنا باقتراح إضافة حلقة تحكم بتيار دخل القالبية بهدف الحصول على خواص أداء أفضل عن طريق تخفيض الاجهادات الكهروميكانيكية الديناميكية العالية في الحالات العابرة (إقلاع - فرملة).

كلمات مفتاحية - أنظمة ضبط السرعة، تعديل عرض النبضة، قالبية جهد، ترانزستورات IGBT، عامل التشوه الكلي THD.

1. مقدمة:

تدخل منظومات القيادة والتحكم في كافة القطاعات الخدمية والإنتاجية بلا استثناء، كالمنزل والسيارة ومختلف المعامل والورش الصغيرة والكبير. تتلخص أهمية منظومات القيادة الحديثة في تأمين العمليات الحركية، عن طريق تحويل القدرة الكهربائية إلى قدرة ميكانيكية للحصول على مسارات حركية محددة: حركة دورانية، حركة خطية، حركة ترددية بما يتناسب ومتطلبات آلية التشغيل لقد ازدادت أهمية أنظمة القيادة الحديثة بعد التقدم الكبير في تكنولوجيا تصنيع العناصر الالكترونية والدارات التكاملية والمتحكمات الصغيرة والمعالجات الميكروية في انجاز خوارزميات معقدة في الزمن الحقيقي، تؤمن تشغيل ديناميكي ممتاز للمحركات التحريضية، حيث امتازت هذه الأنظمة بالميزات الرئيسة التالية:

1. تحقيق أداء (إنتاجية ومردود) عالي وتقديم حلول فعالة في مجال حفظ الطاقة.
2. سهولة البرمجة وانخفاض تكاليف الاستثمار.
3. الحصول على أنظمة مدمجة لتحقيق المرونة في إضافة ميزات جديدة.
4. استخدام نفس المتحكمات ذات التردد المتغير VFD ولطيف واسع من المحركات.

II. أهمية البحث وأهدافه:

تتطلب بعض التطبيقات مثل الروافع والمصاعد والسيور المتحركة والروبوتات حالات فصل ووصل سريعة ومتكررة مع عكس جهة الدوران للمحرك، لذلك تتطلب هذه الأنظمة التحكم بعزم المحرك من اجل ضبط تسارع الحمل وتقادي حالات التشغيل الخطرة، مثل تنزيل الحمل تحت تأثير الجاذبية. تصمم مثل هذه الأنظمة لتحقيق المتطلبات الرئيسية التالية:

4. إضافة حلقة تحكم بتيار دخل القالبة للحصول على خواص مميزة، وتخفيض الاجهادات الكهروميكانيكية العالية في الحالات العابرة لعمل النظام.

III. طرق البحث ومواده:

يتحدد نظام عمل المحرك التحريضي في نظام القيادة وفق المعادلة العامة للعزم على محور المحرك:

$$T_d = T_M - T_L = J_T \frac{d\omega_M}{dt} = \frac{J_T}{N} \frac{d\omega_L}{dt} \quad (1)$$

حيث:

$T_d; T_M; T_L$: العزم الديناميكي، عزم المحرك، عزم الحمل الميكانيكي على الترتيب.

$\omega_M; \omega_L$: السرعة الزاوية للدائر (Rotor angular velocity)، السرعة الزاوية للحمل الميكانيكي على الترتيب.

J_T : عزم العطالة الكلي (total mass moment of inertia) للأجزاء الدوارة منسوبة لمحور المحرك.

$N = \frac{\omega_L}{\omega_M}$: نسبة تحويل ناقل الحركة، تساوي الواحد عند الربط المباشر للحمل على محور المحرك.

يتحدد تسارع الحمل الميكانيكي بالمعادلة التالية:

$$\frac{d\omega_L}{dt} = \frac{N \cdot T_d}{J_T} \quad (2)$$

بناء على ما سبق، تم اقتراح نظام قيادة لمصعد أو رافعة بطريقة التحكم السلمي. تتميز هذه الأنظمة بالعمل على عزم حمل $T_L = \text{const}$. يمكن الحصول على خواص ميكانيكية $T_M = f(s)$ (خواص عزم-انزلاق) مشابهة لمحركات التيار المستمر بتنظيم سرعة الدوران عن طريق تغيير تردد التغذية، مع الحفاظ على قيمة العزم الاعظمي $T_{M,max}$ والنسبة $V/F = \text{const}$. يتم بهذه الطريقة ضبط عزم المحرك عن طريق التحكم بالانزلاق.

سوف نستعرض فيما يلي شروط التشغيل المطلوبة لنظام القيادة المقترح خلال مرحلتي الصعود والهبوط (العمل بالأرباع الأربعة) بعزم حمولة $T_L = \text{const}$:

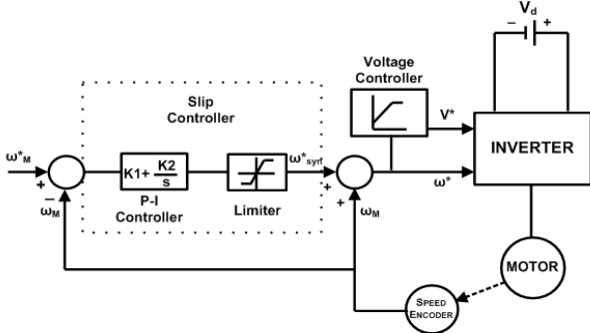
(a) شروط التشغيل المطلوبة لمرحلة الصعود:

1. تحقيق إقلاع سلس بتسارع منتظم، وذلك ضمن المجال الزمني $0 > t > t_1$.

- التحكم بالسرعة والدقة في التوقف وعكس اتجاه الدوران من أجل زيادة إنتاجية منظومة القيادة.
 - تشغيل مضبوط لحالات الكبح في المحركات مع إمكانية إعادة القدرة إلى الشبكة من أجل الحصول على أنظمة بكفاءات عالية.
 - تحقيق إمكانية تنظيم استطاعة الدخل للأحمال التي يتناسب فيها العزم طردا مع مربع السرعة.
 - تحقيق عامل تشوه منخفض لإشارات تيارات المحرك من أجل تخفيف آثار العزم النبضية المتشكلة على محاور المحركات، والتي قد تؤدي لالتواء المحاور وتخفيض عمر الكراسي الحاملة.
 - تحقيق حالات الإقلاع السلسلة (بتسارع ثابت) من أجل تأمين راحة المسافرين وجودة المنتج.
 - تحقيق حالات تشغيل بعامل استطاعة عالي من خلال تخفيض نسب تيارات المغنطة.
 - تحقيق حماية كافية للنظام من أجل تفادي حدوث قفزات عالية في إشارات الجهد والتيار.
- يهدف البحث إلى تحقيق النقاط الرئيسية التالية:

1. وضع نموذج لنظام تحكم سلمي (Scalar Control) عبر تنظيم الانزلاق لمحرك تحريضي يعمل في الأرباع الأربعة، ويمثل رافعة أو مصعد.
2. تحليل نتائج النموذج في مختلف حالات أنظمة العمل من خلال:
 - دراسة حالات العمل الديناميكية (إقلاع - تسارع - تباطؤ - إيقاف).
 - دراسة متغيرات النظام (السرعة - التردد - التيار - الجهد - العزم) خلال فترات التشغيل الساكنة والديناميكية وتحديد دقة وكفاءة ومردود النظام.
 - دراسة آثار التوافقيات العليا في إشارات الجهد والتيار والعزم.
3. تحديد إيجابيات وسلبيات النظام.

يبين الشكل (3) مكونات نظام تحكم سلمي $V/F=const$ بتنظيم الانزلاق. عمل مختلفة. تستخدم مميزة المتحكم الصغري (microcontroller) لتعمل بتعديل عرض النبضة (PWM)، حيث يتم التحكم بمطال الجهد والتردد وفق المراحل التالية:



الشكل (3): نظام تحكم سلمي بتنظيم الانزلاق.

1. مقارنة سرعة المحرك (ω_M) مع السرعة المطلوبة (ω_M^*) للحصول على تردد التغذية المطلوب (ω^*) باستخدام متحكم انزلاق تناسبى تكاملي (PI controller) مع محدد (Limiter).

2. يقوم متحكم الجهد (voltage controller) بحساب مطال إشارات الجهود المرجعية u_a^* ; u_b^* ; u_c^* (References Voltages) و مطالات جهود أطوار المحرك (V^*) وفق مبدأ التحكم السلمي، مع الأخذ بعين الاعتبار تعويض هبوط الجهد على مقاومة الثابت عند العمل بسرعات منخفضة.

3. يتم تشكيل إشارات القيادة لمفاتيح القالبية (Switching logic) على اذرع القالبية وفق مبدأ التعديل النبضي العرضاني الجيبى (Sinusoidal PWM) باعتماد إشارات الجهود المرجعية u_a^* ; u_b^* ; u_c^* وإشارة حاملة (Triangular Carrier signal) مثلثية بتردد تعديل محدد (الشكل 4).

2. الحفاظ على سرعة دوران $N_1 = const$ ، ضمن المجال الزمني $t_1 > t > t_2$.

3. تحقيق كبح سلس بتسارع منتظم، ضمن المجال الزمني $t_2 > t > t_3 sec$.

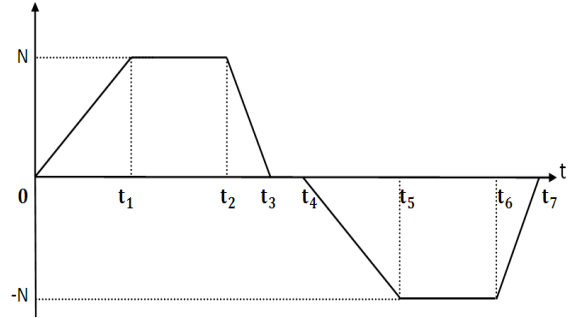
(b) شروط التشغيل المطلوبة لمرحلة الهبوط:

1. تحقيق إقلاع سلس بتسارع منتظم، ضمن المجال الزمني $t_4 > t > t_5$.

2. الحفاظ على سرعة دوران $N_2 = const$ ، ضمن المجال الزمني $t_5 > t > t_6$.

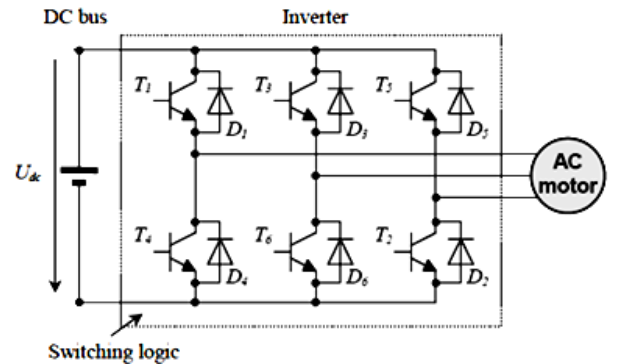
3. تحقيق كبح بتسارع منتظم، ضمن المجال الزمني $t_6 > t > t_7$.

يبين الشكل (1) شروط سرعة الدوران لنظام القيادة المقترح (مصعد - رافعة- روبوت) عند العمل بعزم حاملة ثابت $T_L = const$.

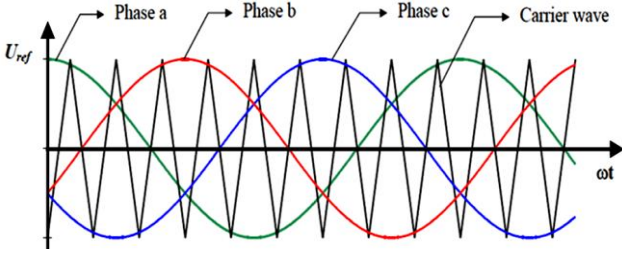


شكل (1) شروط سرعة الدوران لنظام القيادة المقترح عند العمل بعزم حاملة ثابت $T_L = const$

تتم تغذية المحرك عن طريق قالبية جهد voltage source inverter (VSI) تعمل وفق نظام قيادة سلمية ($V/F=const$) عبر تنظيم الانزلاق (الشكل 2).



الشكل(2): ربط المحرك التحريضي مع دائرة قالبية جهد ثلاثية الأطوار.

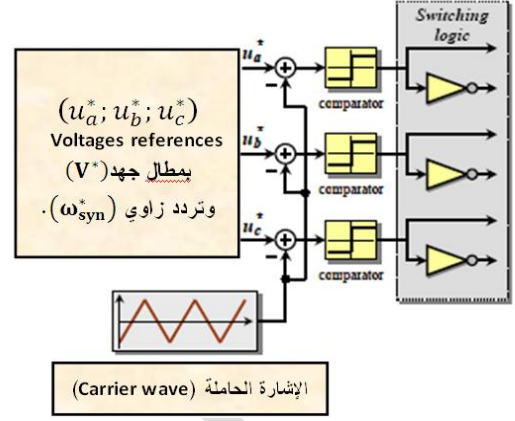


الشكل (6): عينة من الإشارات المرجعية للأطوار الثلاثة والإشارة الحاملة المثلثية.

✓ معطيات المحرك التحريضي:

- مقاومة ملفات الثابت والدائر (Stator & Rotor)
 $R_1 = 0.87; R_2 = 0.84 \Omega$ (Resistance)
- المحارضة التسريبيه لملفات الثابت والدائر والمحارضة التبادلية على الترتيب:
 $L_{s1} = 2.45mH; L_{s2} = 4.33mH;$
 $L_m = 61mH$
- عدد أزواج الأقطاب $P = 2$
- عزم عطالة الأجزاء الدوارة $J = 0.075kg \cdot m^2$
- ✓ معطيات تشغيل الحمل الميكانيكي:
 الجدول (1): شروط تشغيل الحمل الميكانيكي خلال مرحلتي الصعود والهبوط.

$T_L = 5 Nm; t_1 = 0.5 sec;$ $t_2 = 1 sec$		خلال مرحلة الصعود
$N = 2000 \cdot t$ $N = 1000 rpm$ $N = -2000(t - t_{x1})$ $N = 0 rpm$	$0 > t > t_1$ $t_1 > t > t_2$ $t_2 > t > t_3$ $t = t_3$	
$T_L = 5 Nm; t_4 = 4 sec;$ $t_5 = 4.5 sec; t_6 = 5.5 sec$		خلال مرحلة الهبوط
$N = -2000 \cdot (t - t_4) rpm$ $N = -1000 rpm$ $N = 2000 \cdot (t - t_7) rpm$ $N = 0 rpm$	$t_4 > t > t_5$ $t_5 > t > t_6$ $t_6 > t > t_7$ $t = t_7$	



الشكل (4): دارة تشكيل إشارات القيادة لمفاتيح القالبية وفق مبدأ Sinusoidal PWM.

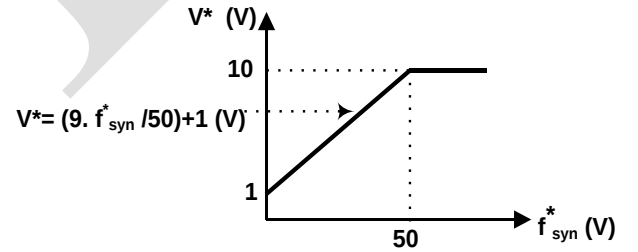
تمت دراسة نظام القيادة وفق المعطيات التالية:

✓ معطيات المحدد (Limiter):

- الحد الأعلى لإشارة الخرج = 50 (Upper Limit of Output Signal)
- الحد الأدنى لإشارة الخرج = -50 (Lower Limit of Output Signal)

✓ معطيات متحكم الجهد (voltage controller):

تم تحديد النسبة V/F وفق الخواص المبينة على الشكل (5):



الشكل (5): خوارزمية متحكم الجهد (voltage controller).

✓ معطيات إشارة التعديل (الإشارة الحاملة المثلثية) (Carrier):

(Triangular signal).

- تردد التعديل (Frequency modulation) = 2000 Hz
- المطال (Amplitude) = 10 (v)
- يبين الشكل (6) عينة من الإشارات المرجعية للأطوار الثلاثة والإشارة الحاملة المثلثية.

IV. النتائج والمناقشة:

لتسهيل تحليل النتائج، تم تقسيم نتائج الدراسة إلى مرحلتين:

1. نتائج مرحلة الصعود $t_3 > t > 0$:

يبين الشكل (7) تغيرات بارامترات النظام خلال مرحلة الصعود. نلاحظ من إشارات تيار المحرك والعزم، أن هناك حالات تحميل زائدة خلال الفترة $t_2 > t > t_3$ والتي تمثل حالة الفرملة (تباطؤ النظام) خلال مرحلة الصعود.

يبين الشكل (8) تغيرات إشارات السرعة والعزم و تيارات المحرك خلال فترة الفرملة لمرحلة الصعود $t_2 > t > t_3$.

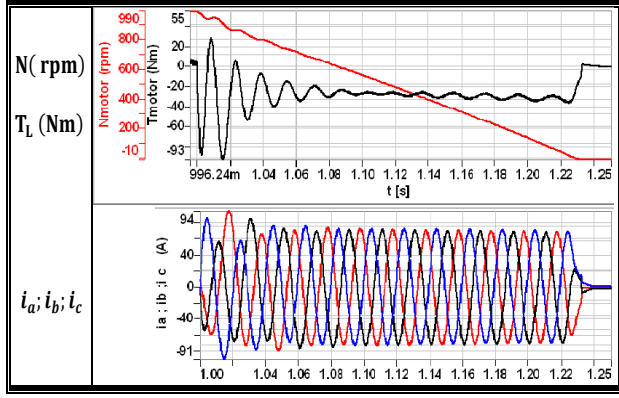
✓ دراسة نتائج مرحلة الصعود ضمن المجال $810 \text{ ms} >$

$t > 840 \text{ ms}$

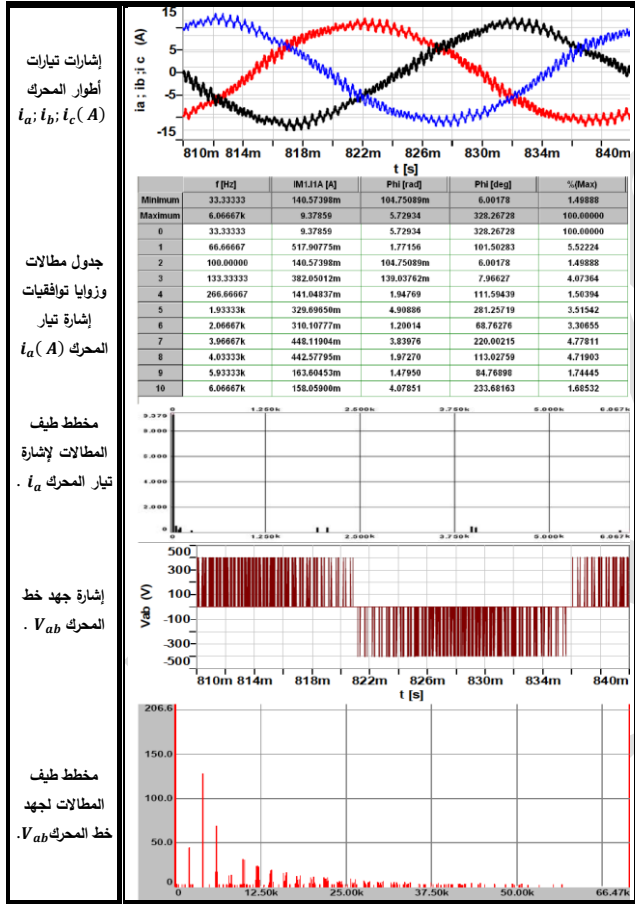
تم تحليل نظام القيادة خلال هذه المرحلة التي تمثل عينة من مرحلة العمل بسرعة وعزم ثابتين نظرا لان التردد كان معادلا 33.333 هرتز خلال هذه المرحلة (الشكل 9).

يبين الشكل (9) تغيرات إشارات تيار المحرك i_a وجهد الخط V_{ab} وجدول مطالات وزوايا التوافقيات ومخطط طيف المطالات لكل منهما لدور واحد ضمن المجال $810 > t > 840 \text{ ms}$.

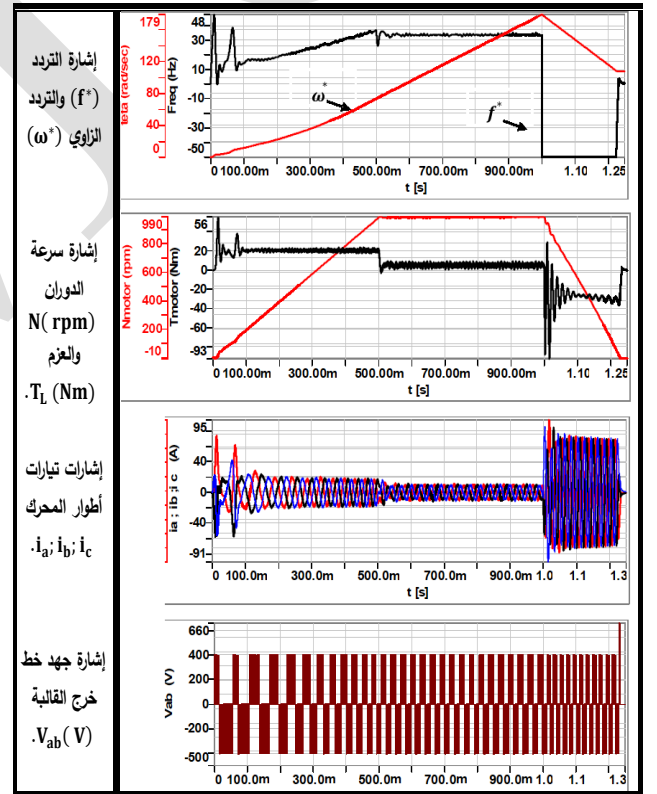
كما تبين الجداول (2و3) نتائج تحليل النظام ضمن المجال $810 \text{ ms} > t > 840 \text{ ms}$.



الشكل (8): نتائج مرحلة الصعود $t_2 > t > t_3$ (الفرملة).

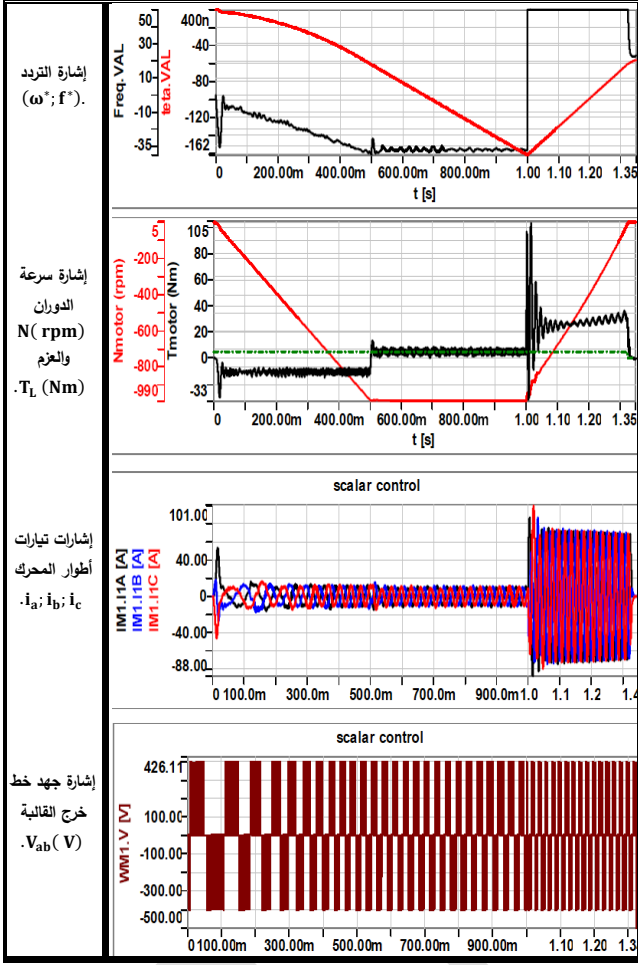


الشكل (9): تغيرات إشارات تيار المحرك i_a - جهد الخط V_{ab} - جدول مطالات وزوايا التوافقيات - مخطط طيف المطالات لكل منهما لدور واحد ضمن المجال $810 > t > 840 \text{ ms}$.



الشكل (7): نتائج مرحلة الصعود $t_3 > t > 0$.

يبين الشكل (11) تغيرات إشارات كل من تيار المحرك (i_a) وجهد الخط (V_{ab}) ومخطط طيف المطالعات لكل منهما لدور واحد خلال فترة الفرملة ضمن المجال $1.1 \geq t \geq 1.12 \text{ sec}$.



الشكل (10) متغيرات نظام القيادة خلال فترة الفرملة من مرحلة الهبوط $t_7 > t > t_4$

الجدول (2): قيم تيار وجهد الخط للمحرك خلال الفترة $t_2 > t > t_3$ من مرحلة الصعود.

القيمة الفعالة للتوافقية الأساسية (A;V)	القيمة الفعالة للتوافقيات العليا (A;V)	عامل التشوه الكلي %	زاوية التوافقية الأساسية $\phi_1(\text{deg})$	القيمة الفعالة للمحرك
6.67	0.77	11.59	328.27	6.63
224.93	171.07	117.14	67.05	146.05

الجدول (3): استطاعات الدخل P_{in} والخرج P_o والمردود $\eta\%$.

المردود $\eta\%$	الاستطاعة الحقيقية الكلية للدخل $P_{in}(W)$	الاستطاعة الحقيقية الكلية للخرج $P_o(W)$
79,8	643	513

2. نتائج مرحلة الهبوط $t_7 > t > t_4$:

تم دراسة نظام القيادة وفق المعطيات المذكورة لمرحلة الهبوط. لسهولة تحليل النتائج لمرحلة الهبوط تم افتراض $t_4 = 0$. يبين الشكل (10) متغيرات نظام القيادة المقترح خلال مرحلة الهبوط $t_7 > t > t_4$. تبين النتائج الحصول على تسارع ثابت خلال فترتي تسارع وتباطؤ النظام والحصول على سرعة ثابتة خلال المجال $t_6 > t > t_5$.

✓ دراسة نتائج مرحلة الهبوط

$810 \text{ ms} > t > 840 \text{ ms}$

تم دراسة النظام خلال هذه المرحلة نظرا لان التردد كان معادلا 33.333 هرتز، وقد كانت النتائج متوافقة مع مرحلة الصعود. كما تبين النتائج، أن اكبر حالة تحميل للنظام تتم في المجال $t_7 > t > t_6$ ، والتي تمثل حالة تباطؤ النظام في مرحلة الهبوط، لذلك سوف نحل نتائج هذه الفترة لتحديد استطاعة النظام (محرك- ترانزستورات- ..).

✓ دراسة نتائج مرحلة الهبوط خلال فترة الفرملة

$1.1 > t > 1.12 \text{ sec}$

تم دراسة نظام القيادة على عينة من مرحلة الفرملة أثناء الهبوط، ونظرا لان التردد كان معادلاً $f = 50 \text{ Hz}$ ، فقد تم تحليل نظام القيادة ضمن المجال $(1.1 \geq t \geq 1.12 \text{ sec})$.

3. تحديد ايجابيات وسلبيات النظام:

A. الايجابيات:

- (1) نظام قيادة اقتصادي غير معقد.
- (2) تحقيق العمل بالأرباع الأربعة.
- (3) تحقيق تسارع ثابت خلال مراحل التسارع والتباطؤ (الإقلاع والفرملة).
- (4) تحقيق سرعة دوران ثابتة خلال مراحل الصعود والهبوط عند العمل بعزم ثابت.

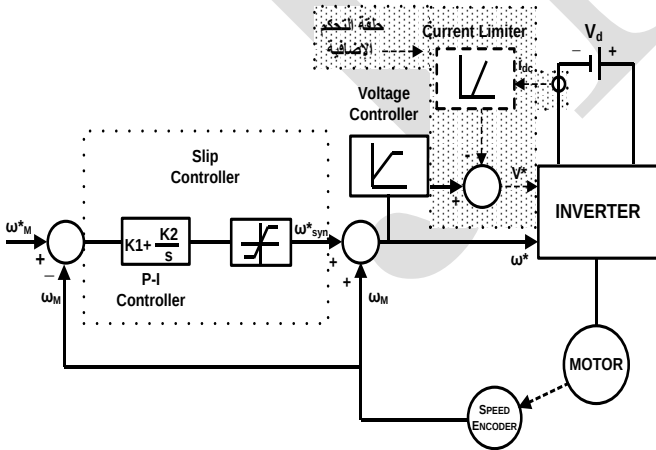
- (5) عامل تشوه منخفض لتيارات المحرك.
- (6) تقادي حدوث قفزات جهد وتيارات عالية.

B. السلبيات:

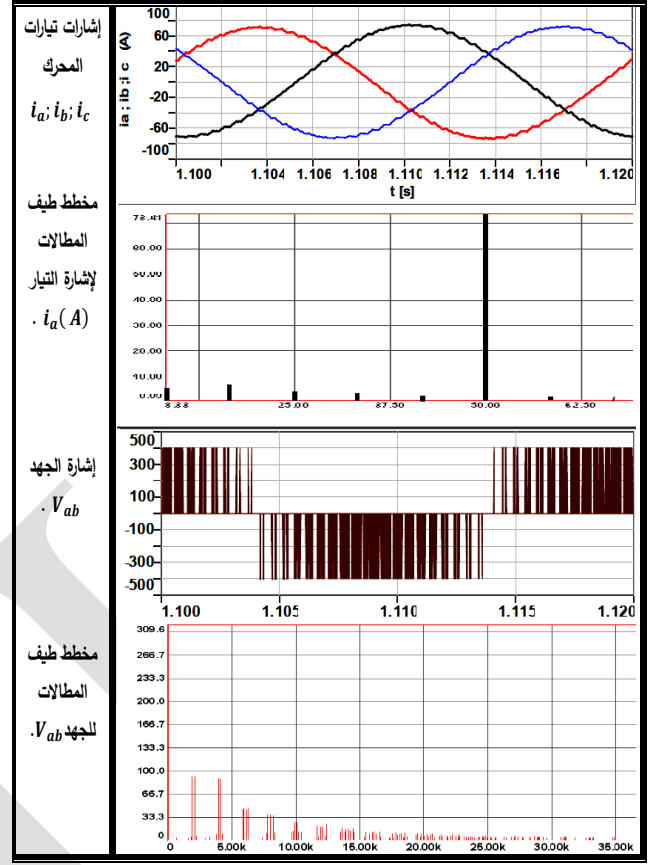
- (1) ظهور حالات ديناميكية عالية تحميل زائد خلال مراحل الفرملة أثناء الهبوط و الصعود.
- (2) عدم صلاحية نظام التحكم للتطبيقات الصناعية التي تتطلب تغيرات غير خطية (تسارع غير ثابت) خلال مراحل العمل.
- (3) عامل قدرة ومردود منخفضين.

4. تطوير نظام التحكم:

لتجاوز سلبيات النظام تم إضافة حلقة تحكم إضافية باستخدام محدد تيار Current Limiter دخله يمثل التيار المستمر (i_{dc}) للتحكم بمطالات وتردد الإشارات المرجعية (u_a^* ; u_b^* ; u_c^*) وتيار وعزم المحرك عن طريق متحكم صغري (الشكل 13).



الشكل (13): نظام تحكم سلمي بتنظيم الانزلاق مع حلقة تحكم إضافية بالتيار المستمر (i_{dc}).



الشكل (11) تغيرات إشارات كل من تيار المحرك (i_a) وجهد الخط (V_{ab}) ومخطط طيف المطالات لكل منهما لدور واحد خلال

فترة الفرملة ضمن المجال

$$1.1 \geq t \geq 1.12 \text{ sec}$$

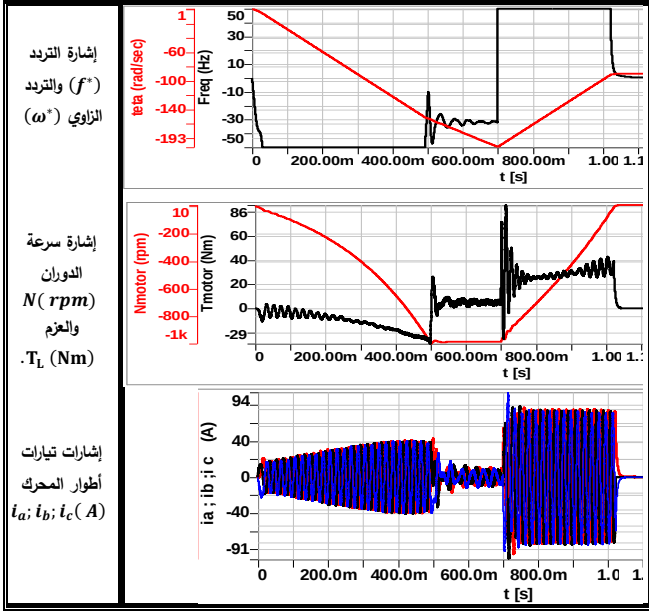
تبين الجداول (4 و 5) نتائج تحليل النظام خلال فترة الفرملة ضمن المجال $1.1 \geq t \geq 1.12 \text{ sec}$

الجدول (4): قيم تيار وجهد الخط للمحرك خلال الفترة $1.1 \geq t \geq 1.12 \text{ s}$ من مرحلة الهبوط.

القيمة الفعالة للتيار ($A; V$)	القيمة الفعالة للجهد ($A; V$)	عامل التشوه الكلي %	زاوية التوافقية الأساسية ϕ_1 (deg)	القيمة الفعالة للتوافقية الأساسية ($A; V$)	
51.92	0.835	1.61	24.05	51.91	تيار المحرك
277.21	170.07	77.68	110.18	218.92	جهد الخط

الجدول (5): استطاعات الدخل P_{in} والخرج P_o والمردود $\eta\%$.

المردود $\eta\%$	الاستطاعة الحقيقية الكلية للخرج $P_o (W)$	الاستطاعة الحقيقية الكلية للدخل $P_{in} (W)$
13.2	1435	10890

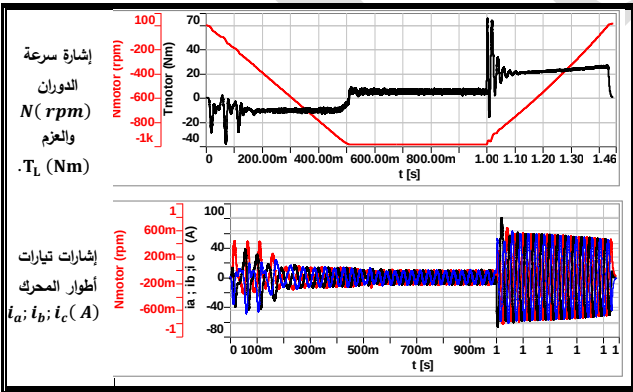


الشكل (15) تغيرات بارامترات النظام المعدل خلال مرحلة الهبوط.

الجدول (6) : نتائج تحليل النظام خلال فترة الفرملة ضمن المجال $0.75 \geq t \geq 0.77 \text{ sec}$

المردود $\eta\%$	الاستطاعة الحقيقية الكلية للخرج $P_o (W)$	الاستطاعة الحقيقية الكلية للدخل $P_{in} (W)$
23.35	934	4000

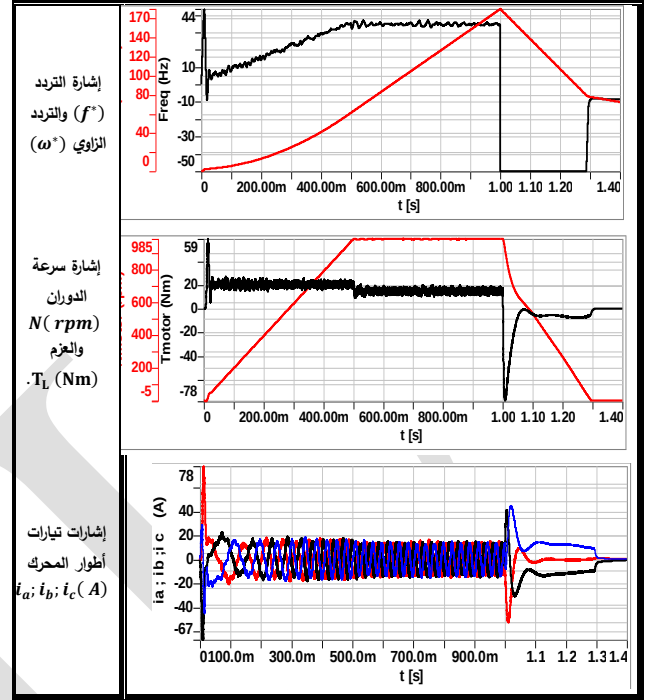
نلاحظ ارتفاع المردود لهذه المرحلة، حيث كان معادلاً 13.2% (راجع الجدول 4).
بتغيير محددات حلقة التحكم بالتيار المستمر، يمكننا الحصول على خواص ميكانيكية مميزة لنظام القيادة.
يبين الشكل (16) تغيرات بارامترات النظام خلال مرحلة الهبوط، والحصول على تسارع ثابت خلال الإقلاع والفرملة لمرحلة الهبوط مع انخفاض الحالات العابرة الكهروديناميكية.



الشكل (16) الحصول على تسارع ثابت خلال الإقلاع والفرملة لمرحلة الهبوط مع انخفاض الحالات العابرة الكهروديناميكية.

✓ تصحيح حالة الصعود:

يبين الشكل (14) تغيرات بارامترات النظام المعدل خلال مرحلة الصعود.



الشكل (14) تغيرات بارامترات النظام المعدل خلال مرحلة الصعود.

بمقارنة إشارات كل من العزم والتيارات المحرك لنظام التحكم المعدل مع نظام التحكم السابق (الشكل 7)، نلاحظ انخفاض الحالات العابرة الكهروديناميكية لنظام التحكم مع حلقة تحكم إضافية بالتيار المستمر خلال فترات الإقلاع والفرملة لمرحلة الصعود، مع الحفاظ على تسارع ثابت.

✓ تصحيح حالة الهبوط:

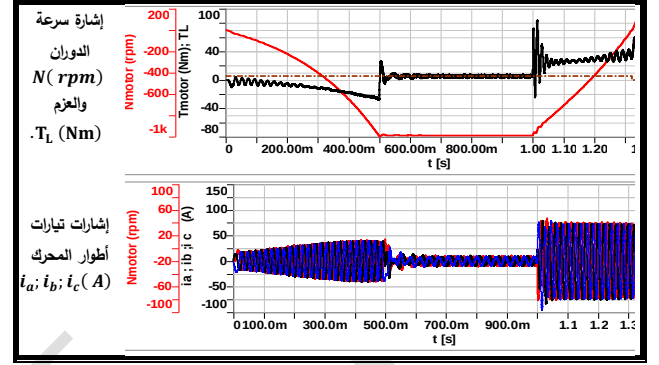
يبين الشكل (15) تغيرات بارامترات النظام المعدل خلال مرحلة الهبوط.

بمقارنة إشارات كل من العزم والتيارات المحرك لنظام التحكم المعدل مع نظام التحكم السابق (الشكل 10)، نلاحظ انخفاض الحالات العابرة الكهروديناميكية لنظام التحكم مع حلقة تحكم إضافية بالتيار المستمر خلال الإقلاع لمرحلة الهبوط، مع الحصول على تسارع خطي خلال الإقلاع والفرملة.

محاور المحركات، وتحقيق حماية كافية للنظام من اجل تقادي حدوث قفزات عالية في إشارات الجهد والتيار.

كما يبين الشكل (17) تغيرات بارامترات النظام خلال مرحلة الهبوط، والحصول على تسارع خطي خلال الإقلاع والفرملة لمرحلة الهبوط مع انخفاض الحالات العابرة الكهروديناميكية.

المراجع



الشكل (17) الحصول على تسارع خطي خلال الإقلاع والفرملة لمرحلة الهبوط مع انخفاض الحالات العابرة الكهروديناميكية.

V. الاستنتاجات والتوصيات:

1. وضع نموذج لنظام تحكم سلمي (Scalar Control) عبر تنظيم الانزلاق لمحرك تحريضي يعمل في الأرباع الأربعة، يمثل نظام قيادة لرافعة أو مصعد.

2. تحليل نتائج النمذجة في حالات العمل الساكنة والديناميكية (إقلاع - تسارع - تباطؤ - إيقاف).

- تحديد دقة وكفاءة ومردود النظام.
- تحديد آثار التوافقيات العليا في إشارات الجهد والتيار والعزم.
- تحديد مواصفات ترانزستورات القالبية.

3. تطوير نظام تحكم سلمي ($V/F=const.$) عبر تنظيم الانزلاق لمحرك تحريضي يعمل في الأرباع الأربعة بإضافة حلقة تحكم بتيار دخل القالبية للحصول على خواص مميزة، وتخفيض الاجهادات الميكانيكية والكهربائية العالية في الحالات العابرة لعمل النظام.

يحقق النموذج المعدل، التحكم بالسرعة والدقة في التوقف وعكس اتجاه الدوران و تشغيل مضبوط لحالات الكبح والإقلاع عن طريق ضبط التسارع، مع تحقيق عامل تشوه منخفض لإشارات تيارات المحرك من اجل تخفيف آثار العزوم النبضية المتشكلة على

- [1]. M. Bounadja, A. Mellakhi, B. Belmadani: A High Performance PWM Inverter Voltagefed Induction Machines Drive with an Alternative Strategy for Speed Control, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 4, No. 1, June 2007, pp.35 – 49.
- [2]. K. Rathnakannan, V. Ranjan: The Modeling and the Analysis of Control Logic for a Digital PWM Controller based on a Nano Electronic Single Electronic Transistor, Serbian Journal of Electrical Engineering Vol. 5, No. 2, Nov. 2008, 285 – 304.
- [3]. O. Muravlev, et al, “Energetic parameters of induction Motors as the basis of energy saving in a variable speed drive,” Electrical Power Quality and Utilization, Vol. IX, No. 2, 2005.
- [4]. I. Kioskesidis, N. Margaritis, “Loss minimization in scalar controlled induction motor drives with search controller,” IEEE Trans. Power Electronics, Vol. 11, No. 2, 1996, pp. 213-220.
- [5]. C. Thanga Raj, “Improving energy efficiency in partial loaded induction motor-using power electronic controllers,” J. Engineering and Technology, Vol. 1, No. 2, 2006, pp. 13-17.
- [6]. S. N. Vulosavic, E. Levi, “A method for transient torque response improvement in optimum efficiency induction motor drives,” IEEE Trans. Energy Conv., vol. 18, no. 4, 2003, pp. 484-493.
- [7]. G. S. Kim, et al., “Control of induction motors for both high dynamic performance and high power efficiency,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 39, 1992, pp. 323-333.
- [8]. S. N. Vulosavic, E. Levi, “Robust DSP-Based efficiency optimization of a variable speed induction motor drive,” IEEE Trans. Ind. Elect., vol. 50, no. 3, 2003, pp. 560-570.
- [9]. S. Ghoszi, K. Jelassi, X. Roboam, “Energy optimization of induction motor drives,” in Proc. IEEE Conf. Industrial Technology (ICIT), 2004, pp. 602-610.
- [10]. Gan Dong, O. Ojo, “Efficiency optimizing control of induction motor using natural variables,” IEEE Trans. Ind. Elect. Vol. 53, No. 6, 2006, pp.1791-1798.
- [11]. M. Cacciato, A. consoli, G. Scarcella, G. Seelba, A. Testa, “Efficiency optimization technique via constant optimal slip control of induction motor drives,” Proc. IEEE Power Electronics, Electric Drives, automation, and Motion, 2006, pp. 32-42.
- [12]. P. Gnacinski, “Energy saving work of frequency controlled induction cage machine,” Energy Conversion and Management, Vol. 48, 2007, pp. 919-926.
- [13]. G. Zenginobuz, et al., “Performance optimization of induction motors during voltage – controlled soft

- Logic Control System . *International Journal of Energy Optimization and Engineering (IJE OE)* ,8 (2).
- [12]. Hliwa, H., Atieh, B. Sensorless position and speed control of differential drive mobile robot . *Majlesi Journal of Mechatronic Systems*, 7 (2), 47-53.
- [13]. Atieh, B. Optimize the performance and efficiency of industrial electrical networks using the improved STATCOM according to modulation technique SVPWM . *Albaath University Journal*.
- [14]. Atieh, B. Development electrical drive Vector control system for three phase induction motor Crane Wire, according to the principle indirect rotor field orientation. *Tishreen University Journal*, 8.
- [15]. Atieh, B. Robot path planning using V-rep. (2016). *Tishreen University Journal*.
- [16]. Atieh, B. The thermal analysis of radiant heating by the final elements method to choose suitable control for central heating systems in host buildings .*Tishreen University Journal*.
- [17]. Atieh, B. (2014). Speed Sensorless Vector Control of Three phase Induction Motor Drive with field-programmable gate array (FPGA). *Tishreen University Journal*.
- [18]. Atieh, B. (2014). Power factor correction and harmonic filtering in industrial electrical plants. *Tishreen University Journal*.
- starting, ” IEEE Trans. Energy Conv., vol. 19, No. 2, 2004, pp. 278-288.
- [14]. Nalin Kant Mohanty, Ranganath Muthu , “Microcontroller Based PWM Controlled Four Switch Three Phase Inverter Fed Induction Motor Drive, ” Serbian Journal of Electrical Engineering Vol. 7, No. 2, November 2010, 195-204.

منشورات المؤلف:

- [1]. Nadweh, S., Hayek, G., Atieh, B., Alhelou , Hh. Using Four-Quadrant Chopper with Variable Speed Drive System Dc-Link to Improve the Quality of Supplied Power for Industrial Facilities . *Majlesi Journal of Electrical Engineering*, 13 (1), 85-93.
- [2]. Nadweh, S., Khaddam, O., Hayek, G., Atieh, B., Alhelou, Hh. Optimization of P& PI controller parameters for variable speed drive systems using a flower pollination algorithm. *Heliyon* 6 (8), e04648
- [3]. Nadweh, S., Khaddam, O., Hayek, G., Atieh, B., Alhelou, Hh. Steady state analysis of modern industrial variable speed drive systems using controllers adjusted via grey wolf algorithm & particle swarm optimization. *Heliyon* 6 (11), e05438
- [4]. Hliwa, H., Atieh, B. (2020). *Multi Objective Path Planning in Static Environment using Region of Sight*. International Youth Conference on Radio Electronics.
- [5]. Nadweh, S., Hayek, G., Atieh, B. Power Quality Improvement in Variable Speed Drive Systems VSDS with 12-Pulse Rectifier Topology for Industrial Applications . *Majlesi Journal of Mechatronic Systems*, 8 (2), 1-6
- [6]. Hliwa, H., Daoud, M., Abdulrahman, N., Atieh, B. Optimal Path Planning of Mobile Robot Using Hybrid Tabu Search-Firefly Algorithm . *International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCTST)*, 6 (6), 7.
- [7]. Nadweh, S., Khaddam, O., Hayek, G., Atieh, B., Alhelou, Hh. Time response enhancement for variable speed drive systems by using five-level cascade four quadrant chopper in dc-link . *Heliyon* 6 (8), e04739.
- [8]. Nadweh, S., Hayek, G., Atieh, B. A New Central Control Scheme for Future Micro-Grid Systems Considering Variable Speed Drive Systems and Fuzzy Logic Control System . *International Journal of Energy Optimization and Engineering (IJE OE)*, 8 (2).
- [9]. Nadweh, S., Hauek, G., Atieh, B. Improving Dynamic Response for Variable-Speed Drive System Using Four-Quadrant Chopper in Dc-Link . *Majlesi Journal of Mechatronic Systems*, 7 (2), 11-17
- [10]. Atieh, B., Al-sammak, MF. Maintaining a Constant Charging Duration Independent of Battery Capacity for Battery Pack by Designing a Fast DC Charger. *International Journal of Energy Optimization and Engineering (IJE OE)*, 8 (3).
- [11]. Nadweh, SM., Hayek, G., Atieh , B. A New Central Control Scheme for Future Micro-Grid Systems Considering Variable Speed Drive Systems and Fuzzy