Improving the Efficiency of Fuzzy Logic Controller Using Genetic Algorithms in order to Control (DC-DC) Converters

Ahed Mohammad Zina *

(Received 10 / 4 / 2023. Accepted 5 / 6 / 2023)

\square ABSTRACT \square

DC-DC converter circuits effectively convert the DC input voltage into a regulated output voltage more efficiently than linear regulators or magnetic transformers. The electronic switches of these converters are controlled to obtain the desired regulated output voltage value. In recent years, the concept of using Artificial Intelligence systems to control electrical circuits and their practical applications has expanded, as Fuzzy Logic Controller (FLC) is one of the most famous types of these systems because it uses inferential logic to simulate the work of the human brain by formulating the fuzzy rule and following the membership of the system's input and output and converting the output into a numerical value that controls it's in turn the duty cycle of the converter.

The research proposes the use of Genetic Algorithms (GA) that simulate the principle of natural inheritance (the survival of the fittest principle) to improve the accuracy of the fuzzy controller and thus the efficiency of the step-down converter (Buck) by finding the ideal values for its coefficients in order to obtain the closest value for the reference voltage by improving the parameters of the gain constants and changing the shape of membership. The results of the research using MATLAB show the improvement provided by the Genetic-Fuzzy controller (GA-FLC) compared to the fuzzy logic controller in terms of the response parameters and output curves of the Buck converter.

Keywords: (DC-DC) Converters control-Buck Converter -Artificial intelligence systems - Fuzzy logic controllers - Genetic algorithms - Genetic-Fuzzy controllers.

Copyright :Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

-

^{*}Master - Department of Industrial Automation - Faculty of Technical Engineering - Tartous University- Tartous-Syria. ahedzina@gmail.com

تحسين كفاءة المتحكم المنطقي الضبابي بإستخدام الخوارزميات الجينية للتحكم بمبدلات التيار المستمر (DC-DC)

عهد محمد زينه *

(تاريخ الإيداع 10 / 4 / 2023. قُبل للنشر في 5/ 6 / 2023)

□ ملخّص □

تعمل دارات مبدلات النيار المستمر (DC-DC) بشكل فعال على تحويل جهد الإدخال المستمر إلى جهد خرج منظم بشكل أكثر كفاة من المنظمات الخطية أو المحولات المغناطيسية، ويتم التحكم بالمفاتيح الإلكترونية لهذه المبدلات للحصول على قيمة جهد الخرج المنظم المرغوبة.

في السنوات الأخيرة توسع مفهوم استخدام أنظمة الذكاء الإصطناعي للتحكم في الدارات الكهربائية وتطبيقاتها العملية، إذ يمثل المتحكم المنطق الإستدلالي لمحاكاة عمل الدماغ البشري عبر صياغة القاعدة الضبابية وتابع العضوية لدخل وخرج النظام وتحويل الخرج إلى قيمة عددية تتحكم بدورها بدورة عمل المبدل.

يقترح البحث استخدام الخوارزميات الجينية التي تحاكي مبدأ الوراثة الطبيعي (مبدأ البقاء للأصلح) لتحسين دقة المتحكم المنطقي الضبابي وبالتالي كفاءة مبدل خافض للجهد (Buck) من خلال إيجاد القيم المثالية لمعاملاته بهدف الحصول على أقرب قيمة للجهد المرجعي وذلك عن طريق تحسيين بارامترات ثوابت الربح و تغيير شكل العضوية. تبين نتائج البحث بإستخدام برمجية MATLAB التحسين الذي قدمه المتحكم الجيني-الضبابي مقارنة بالمتحكم المنطقي الضبابي من حيث بارامترات النمذجة ومنحنيات الخرج للمبدل الخافض للجهد.

الكلمات المفتاحية: التحكم بمبدلات التيار المستمر (المبدلات DC-DC) -المبدل الخافض للجهد-أنظمة الذكاء الإصطناعي-المتحكم المنطقي الضبابي- الخوارزميات الجينية- المتحكم الجيني الضبابي.

حقوق النشر المولفون بحقوق النشر بموجب الترخيص : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

^{*} ماجستير - قسم هندسة الأتمتة الصناعية- كلية الهندسة التقنية- جامعة طرطوس- طرطوس- سورية. ahedzina@gmail.com *

مقدمة:

تعتمد المبدلات (ON-OF) كما أنها تستخدم عناصر تخزين الطاقة كالمكثفات والملفات لتعمل على تخزين الطاقة العمل بوضع (ON-OFF) كما أنها تستخدم عناصر تخزين الطاقة كالمكثفات والملفات لتعمل على تخزين الطاقة بالاضافة لعملها كمرشحات تمرير منخفض. للمبدلات عدة أنواع أشهرها المبدل الخافص للجهد(Buck Converter) وأشكال أخرى مشتقة من هذين النوعين[1]، كما أن لها العديد من الإستخدامات في التطبيقات التي تتغذى من البطاريات بشكل عام (كالحواسيب المحمولة والسيارات الكهربائية) [2] أو أنظمة ملاحقة نقطة الإستطاعة الأعظمية للطاقة الشمسية[3].

أدرك باحثو الذكاء الاصطناعي أهمية المنطق في أداء العديد من التطبيقات، وكانت النقلة الأكثر أهمية للتفاعل بين الذكاء الاصطناعي والمنطق الضبابي (Fuzzy Logic) تحديداً بسسبب قدرته على التحكم في العديد من تطبيقات الذكاء الاصطناعي بشكل يحاكي المنطق البشري حيث أنه يفترض أن الحقائق قد لا تكون قطعية وقد تكون محققة بين قيمتي الـ0 و 1، وقد صاغ عالم الرياضيات لطفي زاده المنطق الضبابي في الستينيات كجزء من بحثه حول فهم اللغة بواسطة أجهزة الكمبيوتر حيث اقترح تصميم نموذج يعمل بمنطق أقرب إلى عمل الدماغ البشري حيث يميل إلى جمع الحقائق الجزئية للوصول إلى قرار منطقي [4,5].

للمنطق الضبابي الكثير من المزايا التي جعلته ينتشر منذ ستينات القرن الماضي وحتى تاريخه بشكل واسع في مجال الأنظمة الخبيرة والتشخيص الطبي والأرصاد الجوية وأنظمة التحكم واسترجاع المعلومات والأنظمة الروبوتية وأنظمة إتخاذ القرار وغيرها [6]، ولعل أبرز هذه المزايا هي القدرة على التعامل مع دخل ضبابي و عدم الحاجة لنموذج رياضي دقيق والقدرة على التعامل مع حالات عدم الخطية والإقتراب من القيمة المعيارية بأقل تذبذب ممكن بالمقارنة مع أنظمة التعليدية كالـ(PID) [7].

الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms) هي خوارزميات بحث ذكية تستخدم العمليات الموجودة في علم الوراثة الطبيعية لتوجيه الرحلة عبر مساحة البحث، للخوارزميات الجينية العديد من التطبيقات أشهرها التنبوء بالأنظمة الديناميكية غير الخطية وتحليل البيانات وتخطيط مسار الروبوت [8] ولعل من أبرز مزاياها هي إمكانية دمجها مع أنظمة تحكم أخرى كالمتحكمات الضبابية للحصول على مخرجات أكثر دقة.

يقدم البحث تحليل عمل نظام مبدل خافض للجهد (Buck Converter) يتم التحكم بدورة عمله (α) باستخدام متحكم ضبابي (FLC) ومتحكم جيني- ضبابي (GA-FLC) ، ويبين البحث خطوات نمذجة عمل النظام بإستخدام بيئة SIMULINK/MATLAB ،وفي النتيجة تظهر بارامترات النمذجة أهمية تطبيق الخوارزميات الجينية لرفع وثوقية عمل المتحكم الضبابي وبالتالي الحصول على أفضل كفاءة للمبدل (Buck).

أهمية البحث وأهدافه:

- يقدم البحث نموذجاً لتطوير التطبيقات العملية لأنظمة التحكم في الدارت الكهربائية عبر ربطها بأدوات الذكاء
 الإصطناعي وتأمين تكامل عمل هذه الأدوات للحصول على نتائج أكثر دقة مقارنة بأنظمة التحكم التقليدية.
 - يهدف البحث إلى تطوير عمل مبدلات التيار المستمر وتحسين كفاءتها للعمل في الأنظمة غير الخطية.
 - تظهر نتائج البحث قدرة المتحكم المنطقي الضبابي على الإستجابة للتغيرات المفاجئة بكفاءة وديناميكية مرضية.

- يظهر البحث أهمية تطبيق الخوارزميات الجينية (GA) لما توفره من إمكانيات بحث قوية وسريعة للحصول على نتائج أكثر دقة وبالتالي نظام أكثر كفاءة.
- الهدف الأساسي للبحث هو اختبار استجابة المتحكم الجيني-الضبابي (GA-FLC) وقد أظهرت بارامترات النمذجة نتائج أكثر دقةً واستقراراً مقارنة بكفاءة المتحكم المنطقي (FLC).

طرائق البحث ومواده:

المنهج التحليلي:

- يقدم البحث دراسة تفصلية وتحليل لعمل المبدل الخافض للجهد (DC-DC Buck Converter).
 - تحليل عمل المتحكم المنطقي الضبابي (FLC).
 - تحليل عمل الخوارزميات الجينية (GA).

المنهج التجريبي:

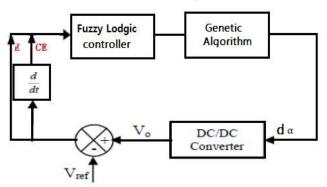
اعتمدنا في النمذجة على مكتبات MATLAB على عدة مستويات: (ملفات برمجية أساسية M-files، ملفات توابع برمجية Function M-file).

النتائج والمناقشة:

1- تحليل مكونات نظام التحكم بالمبدل الخافض للجهد:

يبين الشكل (1) مكونات نظام التحكم الذي يتناوله البحث ويتكون من ثلاث أقسام رئيسية:

(المبدل الخافض للجهد (Buck Converter)، المتحكم الضبابي (FLC)، الخوارزمية الجينية (GA)) سيتم تحليل عمل مكونات النظام بالإضافة إلى ربط المتحكم الضبابي بالخوارزمية الجينية ضمن متحكم جيني-ضبابي (GA-FLC).



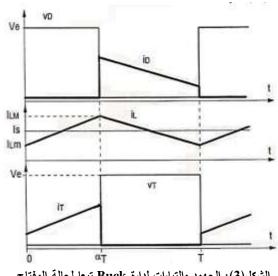
الشكل (1): مكونات نظام التحكم بالمبدل الخافض للجهد.

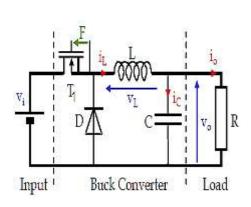
1-1- المبدل الخافض للجهد (DC-DC Buck Converter):

يظهر الشكل(2) المبدل (Buck Converter) النموذجي الذي يتألف من منبع جهد الدخل $\mathbf{V_i}$ ، مفتاح التحكم وهو ترانزستور (T_1) وملف (D_1) ومكثف (D_1) وحمل (T_1) ومكثف (D_1) وحمل (D_1) وحمل (D_1) ومكثف (D_1) ومكثف (D_1) وحمل (D_1) وحمل (D_1) ومكثف (D_1) ومكثف (D_1) وحمل (D_1) وحمل (D_1) ومكثف (D_1) ومكثف (D_1) ومكثف (D_1) وحمل (D_1) ومكثف (D_1)

يكون الجهد المتوسط على الحمل في مثل هذه المبدلات أقل من جهد الدخل على اعتبارها مبدلات خفض.

يبين الشكل (2) الدارة المكافئة للمبدل، كما يبين الشكل (3)الجهود والتيارات تبعاً لحالة المفتاح في المبدل Buck [9].





الشكل: (2) مبدل Buck النموذجي.

ذجي. الشكل(3): الجهود والتيارات لدارة Buck تبعا لحالة المفتاح.

• تحليل عمل المبدل الخافض للجهد:

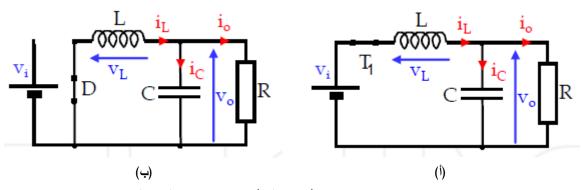
كما هو مبين في الشكل (4) يمكن تلخيص عمل المبدل الخافض للجهد بالإعتماد على دورات توصيل وفصل الترانزستور T_1 بمرحلتين:

المرحلة الأولى $(0 < t < \alpha T)$:

تبدأ المرحلة الأولى عند توصيل الترانزستور T_1 في اللحظة t=0 حيث يبدأ تيار الدخل i_T بالتدفق عبر الترانزستور T_1 و المرشح t=0 والحمل t=0 وتخرن الطاقة داخل الملف t=0 ويكون الديود t=0 في حالة عدم تمرير.

$$-$$
 المرحلة الثانية $(\alpha T < t < T)$:

تبدأ المرحلة الثانية عند لحظة فصل الترانزستور T_1 في اللحظة αT حيث يقوم الديود الحر D بتأمين الحلقة المغلقة لتيار الحمل عن طريق المرشخ L-C والحمل R. يتناقص تيار المحارضة I_L حتى يصل إلى القيمة الإبتدائية لتيار الدخل عند اللحظة t=T.



الشكل(4): مرحلتي عمل المبدل (أ) المرحلة الأولى ، (ب) المرحلة الثانية.

كما يمكن أن يعمل المبدل الرافع للجهد بأحد النظامين:

النظام المستمر (Continuous Conduction Mode, CCM) أو النظام المتقطع (Continuous Conduction Mode, CCM) وذلك بالإعتماد على قيم العناصر و دورة العمل المحددة من قبل المستخدم. يتطرق البحث لحالة النظام المتسمر (CCM) حيث يتم التحكم بعرض النبضة المطبقة على مفتاح المبدل عن طريق التعديل النبضي العرضاني (PWM) عبر قطار نبضات متحكم بها من قبل المتحكم الضبابي FLC يتحدد الجهد على طرفى المرشح التحريضي بالعلاقة:

$$V_L = L \frac{di_L}{dt} \tag{1}$$

 $t_1=lpha T$ في المرحلة الأولى يزداد تيار المحارضة من القيمة $I_1=i_{
m Lm}$ المرحلة الأولى يزداد تيار المحارضة من القيمة $V_i-V_o=L\,rac{I_2-I_2}{t_1}=L\,rac{\Delta I}{t_1}$ $t_1=lpha T=L\,rac{\Delta I}{V_i-V_o}$

- في المرحلة الثانية: يتناقص تيار المحارضة من القيمة $I_1=I_{Lm}$ إلى القيمة $I_1=I_{Lm}$ وذلك خلال الزمن $I_2=I_{lm}$. ($I_2=I_{lm}$).

$$t_2 = T(1 - \alpha) = L \frac{\Delta I}{V_o}$$

من المعادلتين السابقتين نستنتج مايلي:

- القيمة المتوسطة لجهد الخرج:

$$V_o = \alpha V_i \tag{2}$$

- علاقة تموج التيار:

$$\Delta I_l = \frac{V_i - V_o}{L} \alpha T = \frac{\alpha (1 - \alpha) V_i}{LF}$$
 (3)

- علاقة تموج جهد الخرج:

$$\Delta V_o = \frac{\alpha (1 - \alpha) V_i}{8LCF^2} \tag{4}$$

القيمة المتوسطة لتيار الخرج:

$$I_0 = \frac{1}{\alpha} I_i \tag{5}$$

: I_{Tmax} , V_{Tm} والترانزستور العكسية على الديود الديود المرانزستور العكسية على الديود المرانزستور العكسية على الديود

Interpreter

Diode

$$V_{tMax} = V_{i}$$

$$V_{dMax} = V_{i}$$

$$I_{Tmax} = I_{i} + \frac{\alpha(1-\alpha)V_{i}}{2LF}$$

$$I_{Dmax} = I_{i} + \frac{\alpha(1-\alpha)V_{i}}{2LF}$$
(6)

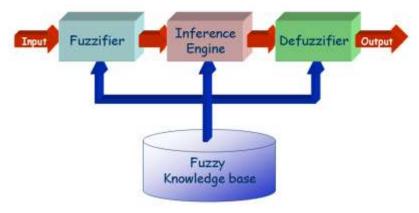
من أجل اختيار قيم عناصر المبدل الحدية وبإعتبار تصميم مبدل يعمل بالنمط المستمر CCM: تُعطى أصغر قيمة للملف والمكثف بناءً على القيم الحدية لإنحراف التيار على الملف المبين في العلاقة(3) وانحراف الجهد على المكثف المبين في العلاقة(4) [13]:

- قيمة ملف المحارضة L:

$$L \geq \frac{\alpha(1-\alpha)V_i}{\Delta Il imes F}$$
 (7)
$$: C_1 \text{ (پستخدم عادة لترشيح جهد الدخل)} : C_2 rac{\Delta Il}{8 imes \Delta V_i imes F}$$

2-1-4 المتحكم المنطقى الضبابي (Fuzzy Logic Controller):

يتألف التحكم المنطقي الضبابي بشكل عام من أربع مراحل كما يبين الشكل(5): (Fuzzification - fuzzy inference system-knowledge base – Defuzzification)



General structure of fuzzy system: (5) الشكل

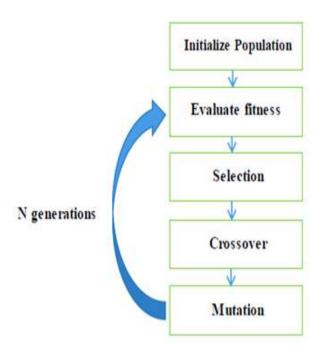
- مرحلة الترميز (Fuzzification): يتم فيها تحويل متغيرات الدخل العددية إلى متغيرات لغوية بالاعتماد على تابع العضوية (Knowledge Base) المخزن في قاعدة المعرفة الضبابية (Knowledge Base) التي تعد أساس الإستدلال للتحكم الضبابي.
- (Fuzzy Knowledge Base): يتم فيها تخزين المعرفة الخبيرة والعلاقة فيما بينها على أساس تابع العضوية (MF) ضمن:
- 1. Database: تمثل عدداً من قواعد الشروط (الاحتمالات) في قاعدة غامضة، وقد تستخدم القواعد عدة متغيرات لقواعد الدخل أو الخرج. مثلاً يمكن استخدام سبع مستويات ضبابية.
- 2. **Rule base:** تمثل قواعد ربط قيم متغيرات الخرج بمتغيرات الدخل والتي تعتمد على دورة عمل المبدل وعلى معرفة المصمم.
- مرحلة (Fuzzy Inference System): تسمى بنظام الإستدلال الضبابي : هناك نوعين رئيسبين من أنظمة الاستدلال الضبابي: (Sugeno FIS) و (Sugeno FIS).
- مرحلة فك الترميز (Defuzzification): يتحول فيها خرج المتحكم المنطقي الضبابي من المتغير اللغوي إلى المتغير العددي الذي يستخدم تابع العضوية. يقدم هذا المتغير القيمة اللازمة لضبط قيمة عرض النبضة التي تقود المفتاح 1 [4,5,10].

ملاحظة: في هذه البحث سيكون هناك مدخلان هما (Error, Chang Of Error) وخرج واحد هو تغيير دورة العمل (α). وسيتم استخدام نموذج Mamdani كنظام استدلال ضبابي، المدخلات والمخرجات لها سبع وظائف عضوية. وسيتم استخدام Centroid لفك الترميز ستكون الـ (Rule base) بالشكل التالي: IF error is zero AND change of error is zero THEN change of duty cycle is zero.

3-1-4 الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms):

يبين الشكل(6) مخططاً منهجياً لهيكلية عمل الخوارزميات الجينية،التي تعتمد المبدأ البيولوجي (البقاء للأصلح) وبالتالي تقوم بإقتراح بعض الحلول للمشكلة عشوائياً وبشكل مبدئي خلال المرحلة الأولى التي تسمى نشر الأفراد الأوليين (The Initial Population Generation) مشكلةً مايسمى بالكرموموسومات،ثم تقوم بتقييم هذه الحلول من خلال تابع الكفاءة(Fitness Function) الذي يضعه المصمم، وبناء عليه يبقى أكفأ الحلول للمرحلة التالية وهي مرحلة الإختيار (Selection) وتُهمل الحلول الأقل أهمية.

الخطوة اللاحقة هي مزاوجة الحلول التي تم اختيارها كأكثر الحلول كفاءة (Crossover) لإنتاج حلول جديدة كمايحصل في الكائنات الحية وذلك بمزج مورثاتها (جيناتها) بحيث يحمل الكائن الجديد صفات هي عبارة عن مزيج من صفات والديه. يتم إعادة تقييم هذا الجيل الكفاءة لمعرفة مدى كفاءته واقترابه من الحل الأمثل، فإن ثبتت كفاءة الحل الجديد فإنه يبقى وإلا يُهمل، وفي المرحلة التالية يتم إحداث الطفرات الوراثية (Mutation) لخلق نسل جديد و هكذا تتم عمليات التزاوج والانتقاء حتى تصل العملية إما لعدد معين من التكرارات (يقرره مستحدم النظام) أو تصل الحلول الناتجة أو إحداها إلى نسبة خطأ ضئيلة (يحددها المستخدم أيضا) أو حتى الحل الأفضل[8,11].



الشكل (6): General structure of Genetic Algorithms

1-4 المتحكمات الجبنية الضبابية:

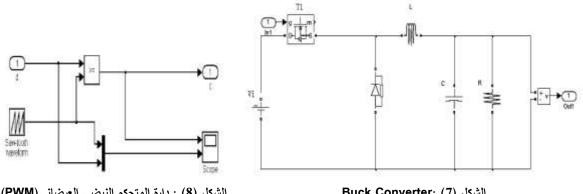
يقترح البحث تطوير عمل النظام الضبابي (FLC) باستخدام الخوارزميات الجينية (GA) للحصول على نتائج أكثر دقة وذلك عبر تحسين مكونات القاعدة الضبابية المعرفية أومحددات تابع العضوية أو الإثنان معاً.

يتم عادةً الضبط الجينيي للقاعدة الضبابية عن طريق ضبط ثابت ربح النظام (GA) الذي يطبق على مدخلات ومخرجات (FLC) حيث يشير الفرد الجيني إلى الثابت (G) وباستخدام تابع الكفاءة يمكن حساب أفضل فرد يعطي أفضل قيمة لهذا الثابت، أما في حالة ثابع العضوية يتم ضبط معاملات تابع العضوية وبهذه الطريقة لا تتغير عضوية المدخلات والمخرجات الضبابية وثابت ربح النظام ولكن يتم تعديل تسلسل قواعد (IF-THEN)

لإعطاء أفضل نتيجة. بهذه الطريقة يتم تمثيل الفرد للقاعدة الواحدة أو لجميع القواعد ويتم تمثيل (RB) بواسطة مصفوفة علائقية أو جدول قرار أو قائمة قواعد[12].

4-2 نمذجة مكونات نظام التحكم بالمبدل الخافض للجهد:

بالإعتماد على العلاقتين(7,8) وعلى القيم الحدية لإنحراف التيار والجهد المبينتين في العلاقتين(3,4) تم اختيار عناصر المبدل ونمذجة الدارة ضمن بيئة MATLAB/Simulink كما هو مبين في الشكل(7) ، ونمذجة دارة المتحكم النبضي العرضاني (PWM) المبين بالشكل(8) كما تم إختبار نظام التحكم المصمم على مرحلتين[13]:



الشكل (8): دارة المتحكم النبضى العرضاني (PWM)

Buck Converter: (7) الشكل

المرجلة الاولى: متحكم منطقى ضبابي (FLC) مقاد بالاعتماد على قيمة الخطأ في الجهد وتغير الخطأ: تم تصميم متحكم ضبابي بمدخلين: إشارة الخطأ (E) وتغير إشارة الخطأ (ΔE) وتحسب قيمتهما بالعلاقتين(9) و (10):

$$E = V_{O}-V_{REF}$$
 (9)

$$\Delta E = E_{(n)} - E_{(n-1)}$$
 (10)

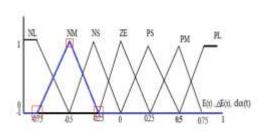
حيث أن: V_0 هو جهد الخرج للمتحكم المنطقي الضبابي V_{REF} الإشارة المرجعية لجهد الدخل. $\Delta E(n)$ تغير الخطأ. n: القيمة المأخوذة عند بداية دورة التشغيل nth

بينما خرج المتحكم الضبابي هو تغير دورة التشغيل لمفتاح المبدل $\Delta \alpha$ والتي تعطى بالعلاقة (11).

$$d\alpha = d_{\alpha - 1} + h\Delta d_{\alpha} \tag{11}$$

كل قيمة من قيم التحكم تم تقسيمها إلى سبع مجموعات فرعية ضبابية (تابع عضوية):NB (السالب الكبير)- NM (السالب المتوسط) - NS (السالب الصغير) - ZE (الصفر) - PS (الموجب الصغير) - PM (الموجب المتوسط) و PB (الموجب الكبير). يبين الشكل(9) العلاقة العضوية لمداخل ومخارج المتحكم المنطقي الضبابي[14]. كما تم جدولة القاعدة الضبابية للمتحكم (FLC) بـ 49 قاعدة كما هو مبين في الشكل(10).

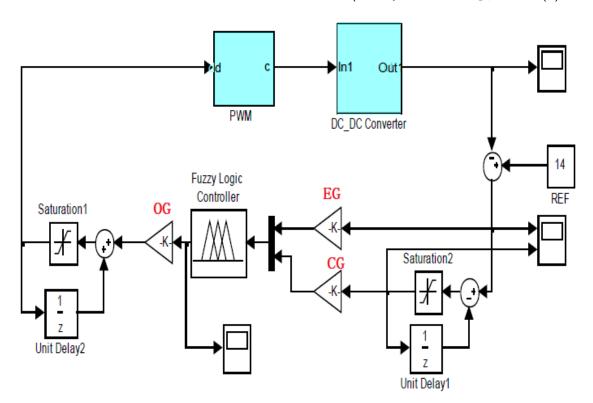
		ERROE							
		NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL	
	NL	NL	NL	NL	NL	NM	NS	ZE	
8	NM	NL	NL	NL	NM	NS	ZE	PS	
RR	NS	NL	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	
CHANGE ERROR	ZE	NL	NM	NS	ZE	PS	PM	PL	
Į Ž	PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PL	PL	
5	PM	NS	ZE	PS	PM	PL	PL	PL	
	PL	ZE	PS	PM	PL	PL	PL	PL	



الشكل(10): القاعدة الأساسية الضبابية.

الشكل(9): العلاقة العضوية لمداخل ومخارج المتحكم المنطقي الضبابي.

يبين الشكل(11) نمذجة دارة المبدل (Buck Converter) المقاد بإستخدام المتحكم المنطقي الضبابي(FLC). ملاحظة: (من أجل تبسيط الدارة النهائية تم تحويل دارة المبدل المبينة في الشكل(7) ودارة اله (PWM) المبينة في الشكل(8) السابقين إلى Subsystem block).



الشكل(11): نمذجة دارة المبدل (Buck Converter) المقاد بإستخدام المتحكم المنطقي الضبابي(FLC).

تم اختبار النمذجة من أجل قيم جهد مرجعية مختلفة (12v,13v,14v,15v)، يبين الجدول (1) بارامترات النمذجة التي يقدمها المتحكم (FLC): (التجاوز الأعظمي، زمن الإرتفاع، زمن الإستقرار)

V _i	$ m V_{ref}$	التجاوز الأعظمي	زمن الإرتفاع(ms)	زمن الإستقرار (ms)
24	12	0.225%	0.027	0.037
24	13	0.235%	0.029	0.038
24	14	0.88%	0.032	0.040
24	15	0.88%	0.033	0.045

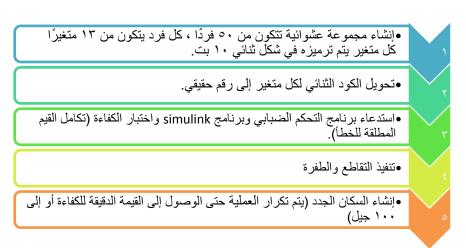
جدول (1): بارامترات النمذجة التي يقدمها المتحكم (FLC).

المرحلة الثانية: تصميم ونمذجة متحكم جيني-ضبابي(GA-FLC) للتحكم في المبدل (Buck):

يوجد العديد من البارامترات التي تؤثر على عملية التحكم في نموذج المبدل (Buck) بالإضافة إلى شكل مدخلات ومخرجات المتحكم الضبابي كثابت ربح الخطأ (EG) والتغير في ثابت ربح الخطأ (CG) وثابت خرج المتحكم الضبابي (OG). يمكن ضبط هذه البارامترات لإعطاء نتائج شبه مثالية.

تم استخدام (GA) لتحسين هذه البارامترات وتحسين شكل عضوية المتحكم الضبابي، وذلك عن طريق تحسيين دقة ثوابت الربح و تغيير شكل العضوية حيث تم تصميم كود برمجي (M-File) ضمن بيئة MATLAB مقسوم إلى قسمين: قسم رئيسي مخصص لإختيار نقاط التقاطع والطفرات وتكوين مجموعة جديدة، وقسم مسؤول عن اختيار السكان الجدد عبر حساب الكفاءة واختيار القيمة الأفضل كفاءة [15,16] وذلك وفق تسلسل الخطوات المبينة في الشكل(14):

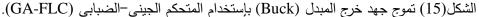
الشكل (14): خطوات تصميم الخوارزمية الجينية (GA)

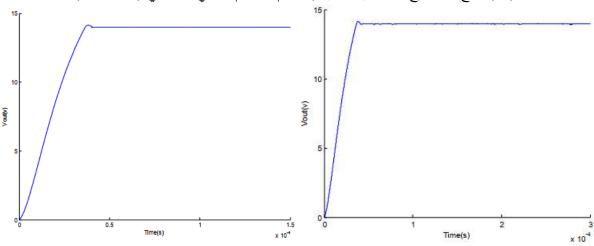


ملاحظة: تم الإعتماد على بعض القواعد لتبسيط كتابة كود (GA) حيث أن الفاصل الزمني للمدخلات والمخرجات بقي في نطاق $[-1\ 1]$ والنقطة المتماثلة عند الصفر كما أن المدخلات والمخرجات لها نفس الشكل بعد المحافظة على هذه المحددات أصبح عدد المتغيرات 7 لوظائف العضوية و 3 لثوابت الربح، وعدد الأفراد 30، وعدد الأجيال واحتمال النقاطع 30.

مقارنة النتائج عن طريق منحنيات الخرج: من أجل جهد خرج مرجعي (14V):

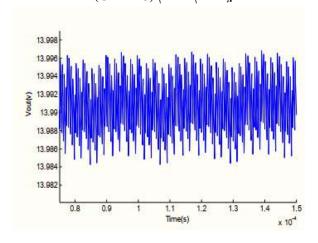
يبين الشكل(12) منحني استجابة جهد خرج المبدل (Buck) المتحكم به بإستخدام المتحكم (FLC). كما يبين الشكل(13) منحني استجابة جهد خرج المبدل (Buck) بإستخدام المتحكم الجيني-الضبابي (GA-FLC). والشكل(13) جهد خرج المبدل (Buck) المتحكم به بإستخدام المتحكم (FLC).



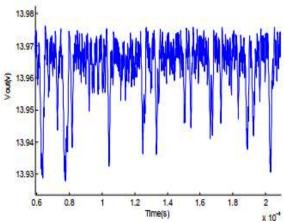


الشكل(13): استجابة جهد خرج المبدل (Buck) المتحكم به بإستخدام المتحكم (GA-FLC)

الشكل(12): استجابة جهد خرج المبدل (Buck) المتحكم به بإستخدام المتحكم (FLC)



الشكل(15): تموج جهد خرج المبدل (Buck) بإستخدام المتحكم (GA-FLC).



الشكل(14): تموج جهد خرج المبدل (Buck) المتحكم به بإستخدام المتحكم (FLC)

يبين الجدول(2) مقارنة بين بارامترات النمذجة التي يقدمها المتحكم المنطقي الضبابي (FLC) والمتحكم الجيني- الضبابي (GA-FLC).

GA-FLC	FLC	
0.1%	0.88%	التجاوز الأعظمي
0.039	0.040	زمن الإستقرار
0.032	0.033	زمن الإرتفاع
10mv	53mv	تموج الجهد
0.4%	1,6%	الخطأ

جدول (2): مقارنة بين بارامترات النمذجة التي يقدمها المتحكم المنطقي الضبابي (FLC) والمتحكم الجيني-الضبابي (GA-FLC)

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

نتائج البحث:

تم تصميم وحدة التحكم الضبابية الجينية باستخدام برنامج MATLAB للتحكم بالمبدل الخافض للجهد (Buck) وذلك بعد تحليل عمل المبدل والمتحكم الضبابي والخوارزمية الجينية وبينت نتائج النمذجة مايلي:

في المرجلة الأولى:

بالإعتماد على المنحنيين(12و 14) والجدول(1) نستنتج أن المبدل الخافض للجهد(Buck) قدم استجابة مرضية عند استخدام المتحكم المنطقي الضبابي (FLC) من حيث جهد الخرج المستقر والمقارب للجهد المرجعي،التجاوز الأعظمي لجهد الخرج ، زمن الإرتفاع وزمن الإستقرار .هذا بدوره يثبت أن التحكم المنطقي الضبابي يعتبر من أكثر تقنيات الذكاء الإصطناعي فعالية كما أنها تقدم حلاً بديلاً لطرق التحكم الكلاسيكي من حيث سرعة الإستجابة وقلة التعقيد.

في المرحلة الأولى:

تم استخدام الخوارزميات الجينية(GA) لتحسين عمل المتحكم (FLC) عبر تحسين تابع العضوية لدخل وخرج المتحكم الضبابي و ثوابت الربح وبينت نتائج النمذجة في الجدول(2) تفوق المتحكم الضبابي الجيني (GA-FLC) على المتحكم الضبابي (FLC) من حيث تقليل زمني الإستقرار والإرتفاع وتقليل قيمة التجاوز الأعظمي وتموج وقيمة الخطأ لجهد الخرج وهو ما يظهر عند مقارنة منحنيات الخرج (13,15) مع منحنيات الخرج (12,14).

وبالتالي نستنتج أن استخدام الخوارزمية الجينية قد رفع كفاءة المتحكم المنطقي الضبابي وبالتالي رفع كفاءة النظام بشكل جذري وهو الهدف الأساسي وجوهر البحث.

التوصيات:

- ✓ يوصى بتطبيق البحث عملياً لتحسين كفاءة التطبيقات التي تعتمد على وجود المبدل الخافض للجهد (مثل أنظمة ملاحقة نقطة الإستطاعة الأعظمية للأنظمة الكهروضوئية والسيارات الكهربائية والهجينة)
- ✓ توسيع مجال التجربة للمتحكم المنطقي الضبابي عبر استخدام نظام الإستدلال الضبابي من نوع Mamdani بدلاً من نموذج المعالم.
 - √ تطبيق الخوارزمية الجينية على طبقة Rule Base مع ضبط قاعدة البيانات ومقارنة النتائج.

References:

- [1] Kumaar, S. DC-DC Converters A Study of Technology. India. 2021.
- [2] AChakraborty,S;Vu,H;Hasan, M.DC-DC Converter Topologies for Electric Vehicles, Plug-in Hybrid Electric Vehicles and Fast Charging Stations: State of the Art and Future Trends
- [3] . ELECTROMOTION., Vol. (11) ,2019, 213–224.
- [4] Ibrahim, Th;Zina, A. Study and design of Stand-Alone photovoltaic system to achieve maximum power point using digital control systems for stages of adaptation (DC/DC) and (DC/AC). Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series. Vol. (38). No. (3),2016.
- [5] Zadeh, L. Fuzzysets, Information and Control. Vol. (8), 1965.
- [6] Zadeh, L. *Knowledgerepresentationinfuzzylogic*," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering.Vol.(1),1989, 89-100.
- [7] Vairal, K; Kulkarni, S; Basotia, V. *fuzzy logic and its applications in some area: mini review*, Journal of engineering Science, Vol. (11) No. (8),2020.
- [8] Farahani, H; Feshki, A. Designing and Implementation of a Fuzzy Controller for DC-DC Converters and Comparing with PI Digital Controller, Journal of Applied Sciences Research, Vol. (7), No. (7), 2011.
- [9] Shankar, G; Kaur, A. Optimization of Energy in Robotic arm using Genetic Algorithm. IJCST, Vol. (2), No. (2),2011.
- [10] Abhishek, R;Zoting,P;Ragit,P. Design and Analysis of a DC-DC Buck converter and Boost Converter to Achieve High Efficiency by altering duty cycle and input voltage. International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. (10), NO. (6),2020.
- [11] Dernoncourt, F. *Introduction to fuzzy logic*. MIT, USA,2013.
- [12] Man.K; Tang.K; Kwong,S. Genetic algorithms: concepts and applications in engineering design. IEEE, Vol. (43), No. (5),1996,519-534.
- [13] Eyes, O; Sánchez, G; Strefezza ,M . *Multiobjective GA-FUZZY Logic Controller*. Phd These, ICINCO, Venezuela, 2009, 384-389.
- [14] Batard, C; Poitiers, F, Millet, C; GINOT, N. Simulation of Power Converters Using Matlab-Simulink. MATLAB A Fundamental Tool for Scientific Computing and Engineering Applications. Vol. (1), 2012, 44-68.
- [15] Natick, MA. Fuzzy Logic Toolbox User's Guide. Math Works, USA, 2014.
- [16] Zhang, W. Genetic algorithm: A Matlab software. Selforganizology, Vol. (10), No. (1), 2023,1-6.
- [17] Chipperfield A, Fleming P, Pohlheim H. *Genetic Algorithm Toolbox User's Guide*. Math Works, USA, 2014.