مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (4) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (4) 2018

تصميم مبدّلة جهد مستمر رافعة خافضة ذات خرج ثابت باستخدام المنطق الضّبابي

دريد عجيب *

(تاريخ الإيداع 3 / 6 / 2018. قُبِل للنشر في 4/ 7 / 2018)

□ ملخّص □

يقدّم هذا البحث نموذجاً لتّصميم مبدّلة رافعة خافضة قادرة على التّعامل مع تغيرات الجهد الحاصلة في وحدات الشّحن للمدّخرات، والتّي تظهر نتيجة لاستخدام محوّلات خافضة للجهد بنسبة ثابتة غير قادرة على التّعامل مع هبوطات الجهد الحاصلة بالشّبكة الكهربائيّة أو بخرج اللوح الكهروضوئي، وقد صمّمت باستخدام المنطق الضّبابي من أجل التّحكّم بعرض نبضة التّحكّم للمبدّلة من أجل الحصول على الخرج المطلوب، وتمّ تحليل النّموذج واختباره ضمن بيئة الماتلاب من أجل توضيح النّتائج التّي قدّمها هذا النّموذج.

الكلمات المفتاحيّة: مبدّلة رافعة خافضة، منطق ضبابي، تحكّم بعرض النّبضة.

* مشرف على الأعمال-الكهرباء-الكلية التطبيقية-جامعة تشرين-اللاذقية-سوريا

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (4) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (4) 2018

Designing DC Buck-Boost Converter With steady Output Voltage Using Fuzzy Logic

Doryd Ajeeb*

(Received 3 / 6 / 2018. Accepted 4 / 7 / 2018)

□ ABSTRACT □

This paper offer a designed module for buck-boost DC-DC converter, able to solve unsteady charging voltage problem, due to constant decreasing scale of transformers and grid or solar panel voltage drop, this module has been designed using fuzzy logic in PWM control and simulated in matlab and all test and its results illustrated the suitable figure.

Keywords: Buck-Boost Converter - Fuzzy Logic – PWM

***Work Supervisor, Department of Electrical, Faculty of Applied College, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

غالباً ما يختصر تسمية المبدّلات بالأحرف الاستهلاليّة المكوّنة له في اللغة الإنكليزيّة (SMPS) Switch–Mode Power Supply والتّي تعني وحدات التّغذية ذات الموصلات، وتكمن الفائدة الرّئيسيّة في هذا التّعقيد المضاف في أنَّ عمل هذا النوع من المبدّلات يعطينا مصادر منتظمة للتّيار المستمر بحيث يمكن أن يقدّم قدرة أكبر لوحدة طاقة ذات حجم ووزن وكلفة محددة، وتستخدم أنواع مختلفة من التّصاميم الخاصة بهذه المبدّلات حيث يكون الدّخل بمثابة خطوط القدرة الرّئيسيّة، ويتمّ تقويم التّيار المتناوب وتنعيمه باستخدام مكثف احتياطي قبل الإعداد للعمل عبر استخدام مبدّلة DC–DC للحصول على خرج منتظم للتّيار المستمر بالمستوى المطلوب، ومن هنا يمكن استخدام SMPS كمبدلات للتّيار المتناوب إلى مستمر في كثير من الدّارات العاملة على الخطوط الرئيسيّة، أو للتّحويل من التّيار المستمر إلى المتناوب من خلال رفع أو خفض جهد التّيار المستمر كما هو مطلوب في الأنظمة العاملة على المدّخرات (البطاريات)[1].

تتصّف عملية التّحكّم بجهد الخرج للمبدّلة بأنَّها غير تامة فهي إما غير دقيقة لصّعوبة التّعبير عنها كتابع رياضي واضح ودقيق أو أنَّها بمعنى آخر غير واضحة، وكما هو معروف فإنَّ دماغ الإنسان يحصل من البيئة المحيطة على معلومات قد تكون غير دقيقة أو غير واضحة، لكن طرائق التّفكير الإنساني تتمتع بالقدرة على معالجة هذه المعلومات من خلال عمليات التّصّنيف والتّمييز والتّعرف إلى الأشكال وتوصّيف المنظومات مهما كانت درجة تعقيدها [2]، لذلك كانت هناك محاولات لمحاكاة طرائق التّفكير الإنساني لمعالجة المعلومات التّي نملكها حول أي موضوع وفي مختلف المجالات، فكانت الحاجة للمنطق الضّبابي والذي يعتبر وسيلة ناجحة تساعد في عمليات استنتاج قواعد تجريبيّة، أو تعميم طرائق تفكير طبيعيّة، أو أتمتة عملية اتخاذ القرار في مجال ما، أو في منظومات صنعيّة توظّف لأداء عمل تحكّمي محدد[1,2.4].

أهمية البحث وأهدافه:

يعتبر البحث ذو أهميّة كبيرة وخصوصاً ضمن الواقع الرّاهن لكونه يعالج مشكلة عملية الشّحن للمدخرات والتّي تعاني الكثير من المشاكل النّاتجة عن زيادة الحمل على الشّبكة وهبوط الجهد مما يعطّل عملية الشّحن بالإضافة إلى الفترات الطّويلة لانقطاع الكهرباء والتّي تجعل الزّمن لعملية الشّحن محدود، ويهدف هذا البحث إلى النّقاط الآتية:

- تحقيق نموذج مبدّلة رافعة خافضة للتّعامل مع تغيرات الجهد.
- تصميم متحكّم ضبابي يحقق ثبات لجهد الشّحن من خلال التّحكّم بعرض النّبضة للمبدّلة.
- مواءمة التّصميم ليتعامل مع الشّبكة الكهربائيّة والألواح الكهروضوئيّة بنفس الوقت.

طرائق البحث وموارده:

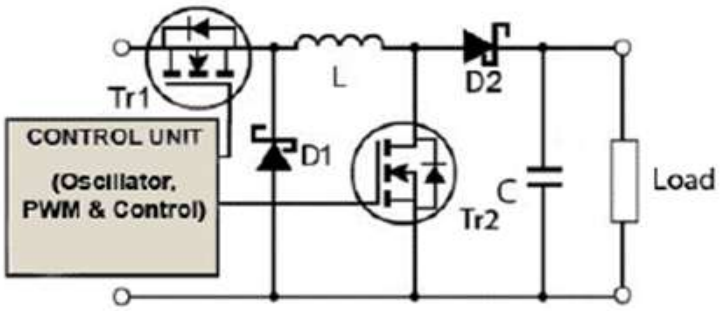
المبدّلات الرّافعة الخافضة (Buck-Boost Converter):

هي نوع من المبدّلات تدمج ما بين مبادئ المبدّلة الخافضة والمبدّلة الرّافعة في دارة واحدة، حيث تؤمن هذه المبدّلة جهد خرج منتظم مستمر وذلك إما من دخل مستمر أو متناوب، حيث تزودنا المبدّلة الخافضة بخرج مستمر ضمن مجال يمتد من 0 V وحتى جهد أقل من جهد الدّخل، بينما تقوم المبدّلة الرّافعة بتزويدنا بجهد خرج يتراوح بين جهد الدّخل إلى قيمة أعلى من جهد الدّخل[7,8].

هناك الكثير من التّطبيقات مثل الأنظمة العاملة على المدّخرات، حيث يتغير فيها جهد الدّخل بشكل كبير وتبدأ من الشّحن الكامل وتتناقص تدريجياً كلما نفذ شحن المدّخرة. فعند الشّحن الكامل وحيث يمكن أن يكون جهد المدخرة أعلى فعلياً مما تتطلبه الدّارة التّي يتمّ تشغيلها وتغذيتها تكون عندها المبدّلة الخافضة هي الحل المثالي للحفاظ على مصدر الطّاقة مستقراً وثابتاً، ولكن كلّما تناقص شحن المدّخرة يتراجع جهد الدّخل دون المستوى الذي تتطلبه الدّارة التّي يتمّ تشغيلها، وفي هذه الحالة إما يتمّ إقصاء المدخرة أو إعادة شحنها، وبهذه الحالة سيكون الخيار البديل والمثالي هو المبدّلة الرّافعة [5,6].

ومن خلال دمج هذين التّصميمين للمبدّلتين المذكورتين أعلاه يصبح من الممكن امتلاك دارة تنظيم يمكنها أن تتوافق مع سلسلة واسعة من جهد الدّخل سواء العالية منها أو المنخفضة والتّي تحتاجها الدّارة لكي تعمل، والسّمة المشتركة للمبدّلات الرّافعة والخافضة هي استخدام مكونات ومقوّمات متشابهة جداً، وما تحتاجه فقط هو أن يعاد ترتيبها وتنظيمها استناداً إلى مستوى جهد الدّخل[3,5].

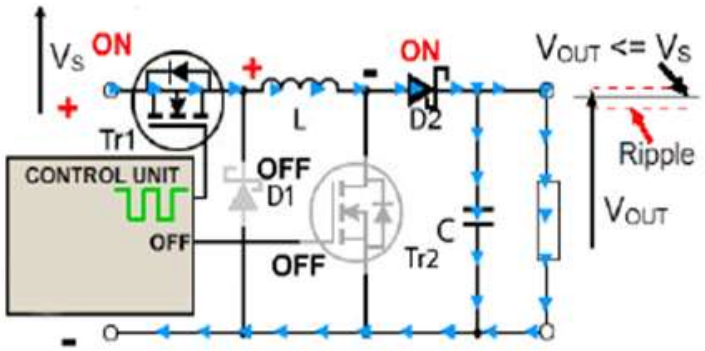
في الشّكل (1) تندمج المكوّنات المشتركة للمبدّلة الرّافعة والمبدّلة الخافضة، وتضاف وحدة تحكّم والتّي يمكنها أن تستشعر مستوى جهد الدّخل، وتقوم بعد ذلك باختيار العمل المناسب للدّارة.



الشّكل (1): المبدّلة الرّافعة الخافضة

*** التّشغيل كمبدّلة خافضة :**

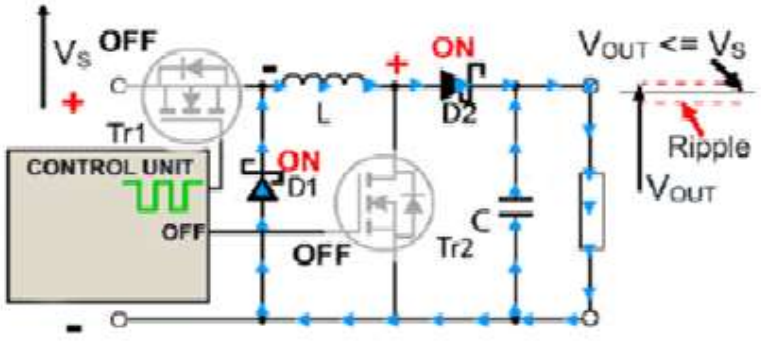
يظهر العمل الأساسي للمبدّلة الخافضة من خلال الشّكل (2):



الشّكل (2) عمل المبدّلة كخافضة للجهد

يبيّن الشّكل (2) الدّارة وهي تعمل كمبدّلة خافضة، وفي هذه الحالة يكون التّرانزستور (Tr2) متوقفاً، أما التّرانزستور (Tr1) فتقوم الموجة النّبضيّة ذات التّردد العالي بتشغيله وإيقافه من وحدة التّحكّم، عندما تكون بوابة (Tr1) مرتفعة يتدفق التّيار عبر الملف ويقوم بشحن مجاله المغناطيسي، وكذلك يشحن المكثف ويغذي الحمل، كما يتوقف الدّيود D_1

بسبب الجهد الموجب على قطبه السّالب، كما يبيّن الشّكل (3) تدفق التّيار، فعندما تقوم وحدة التّحكّم بإيقاف التّرانزستور (Tr1) يكون المصدر الأولي للتّيار هو الملف وينهار مجاله المغناطيسي، ويقوم المجال المغناطيسي للطاقة الرّاجعة المتولّدة بعكس القطبيّة عبر الملف مما يشغّل الدّيود D_1، ويتدفق التّيار عبر الدّيود D_2 والحمل [3,7].

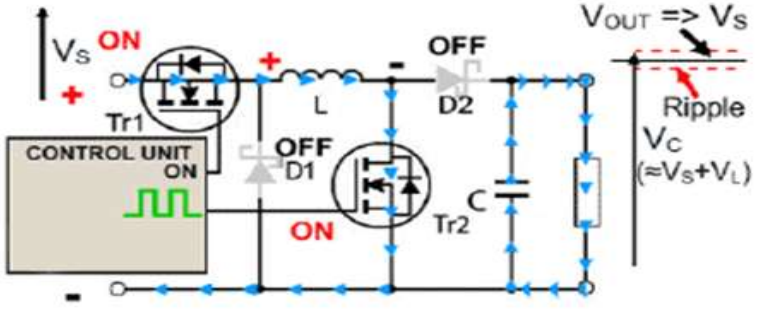


الشّكل (3) تدفق التّيار ضمن المبدّلة أثناء عملها كمبدّلة خافضة للجهد

وبتناقص التّيار بسبب تفريغ الشّحنة في الملف فإنّ تجمع التّيار وتراكمه في المكثّف خلال فترة تشغيل (Tr1) يزيد من تدفق التّيار عبر الحمل، مما يحافظ على ثبات مقبول لجهد الخرج خلال فترة الإيقاف، وهذا بدوره يساعد في الحفاظ على سعة الموجة في حدها الأدنى ويكون الخرج قريباً من القيمة Vs.

*** التّشغيل كمبدّلة رافعة :**

في حالة المبدّلة الرّافعة يعمل التّرانزستور (Tr_1) بشكل مستمر، وتطبق الموجة النّبضيّة ذات التّردد العالي على بوابة التّرانزستور (Tr_2)، وخلال فترات التّشغيل وعندما يكون التّرانزستور (Tr_2) في حالة العمل يتدفق تيار الدّخل عبر الملف (L) وذلك من خلال التّرانزستور (Tr_2) ويعود مباشرة إلى الطّرف السّالب لمصدر الطّاقة، ويقوم بشحن المجال المغناطيسي حول الملف (L)، وأثناء حدوث ذلك لا يكون الدّيود (D_2) في حالة التّشغيل ذلك لأن قطبه الموجب يكون ثابتاً على الجهد الأرضي بسبب تشغيل (Tr_2) المركز، أما بالنّسبة لفترة التّشغيل تقوم الشّحنة في المكثّف (C) بتأمين التّغذية للحمل كليّاً وذلك بالاستناد إلى دورات مولد النّبضات السّابقة. أما التّفريغ التّدريجي للمكثف خلال فترة التّشغيل فيعود سببه لكمية تموجات التّردد العالي على جهد الخرج والتّي تكون عند جهد يساوي تقريباً (V_s+V_L) كما هو مبيّن في الشّكل (4) [7,8].



الشّكل (4) عمل المبدّلة كرافعة للجهد

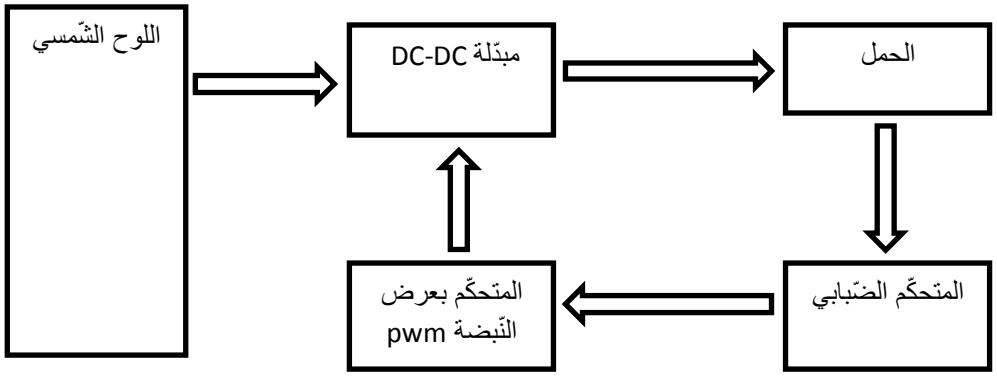
في بداية فترة التّوقف للتّرانزستور (Tr_2) يكون الملف مشحون والمكثّف مفرّغ جزئياً، حيث يولد الملف مجالاً مغناطيسياً للطاقة الرّاجعة تعتمد قيمته على نسبة تغير التّيار ذلك لأنّ (Tr_2) يتحكّم بتحريضيّة الملفات.

ومن الجدير ملاحظته أنّ الجهد عبر الملف قد أصبح معكوساً الآن وعليه يضاف إلى جهد الدّخل Vs ويعطي جهد خرج يكون على الأقل مساوياً أو أكبر من جهد الدّخل، ويكون الدّيود (D_2) في هذه المرحلة في حالة انحياز أمامي، وبالتّالي يقوم تيار الدّارة بتغذية الحمل وبنفس الوقت يعيد شحن المكثف (V_s+V_L) ليكون جاهزاً لفترة تشغيل لاحقة للتّرانزستور (Tr_2) [3,8].

التّطبيق العملي:

من خلال هذا البحث سنقوم بتصميم دارتي تحكّم:

* **الدّارة الأولى:** دارة التّحكّم بجهد الحمل (بطارية مثلاً) من الألواح الشّمسيّة، والتّي تعطي تبعاً لمستوى الشّدة الضوئيّة جهد خرج ضمن المجال (V 20 – 10)، والجهد المثالي لشحن البطارية يجب أن يكون على القيمة (14) V، ونتيجة حركة الشّمس واختلاف زاوية السّقوط للأشعة الشّمسيّة على اللوح يتغير جهد الخرج للوح وبالتّالي يتغير جهد الشّحن للبطارية، وقد يصل إلى مستوى أخفض من جهد البطارية خلال فترة الشّتاء.

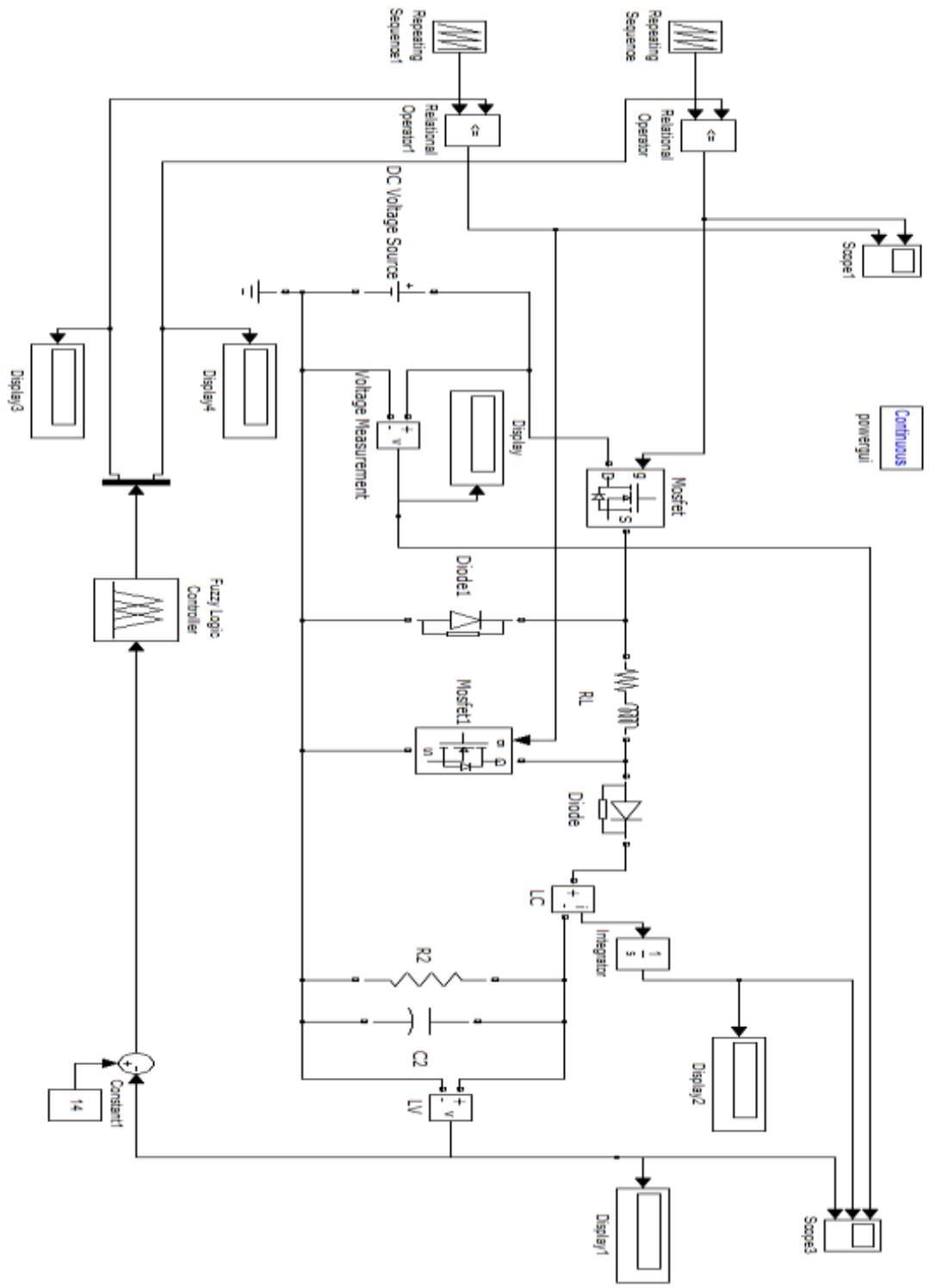


الشّكل (5) المخطط الصندوقي للمنظومة الأولى

من خلال الشّكل (5) فإنّ الدّارة الأولى تتألف من العناصر التّالية:

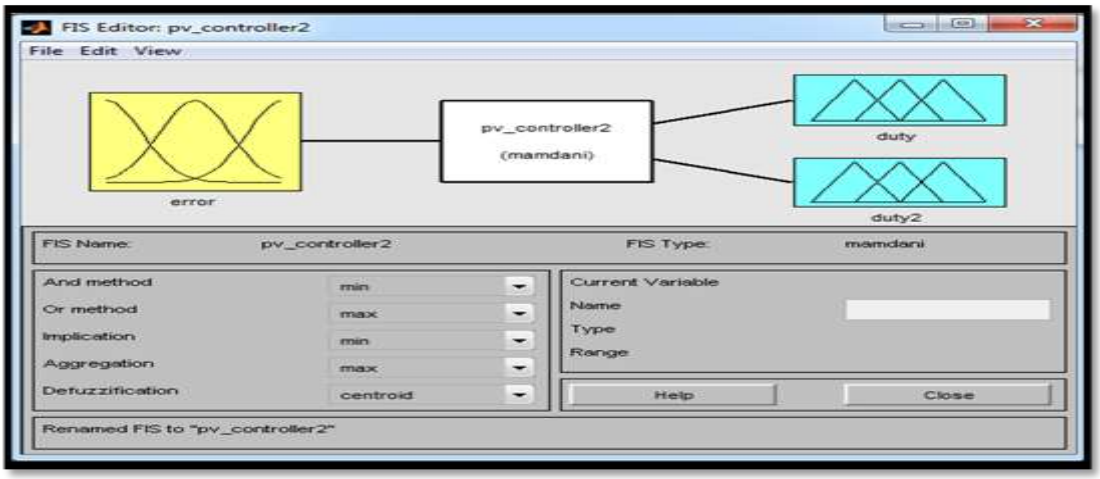
- منبع تغذية (لوح شمسي).
- دارة مبدّلة DC–DC converter.
- حمل.
- دارة التّكيف لنظام تحكّم المنطق الضّبابي.
- عنصر المتحكّم الضّبابي.
- مولد نبضات لها شكل سن منشار.
- عنصر مقارنة.
- أجهزة قياس للجهد والتّيار وشاشات عرض رقميّة وبيانيّة.

- **المخطط التّصميمي للدّارة الأولى:**



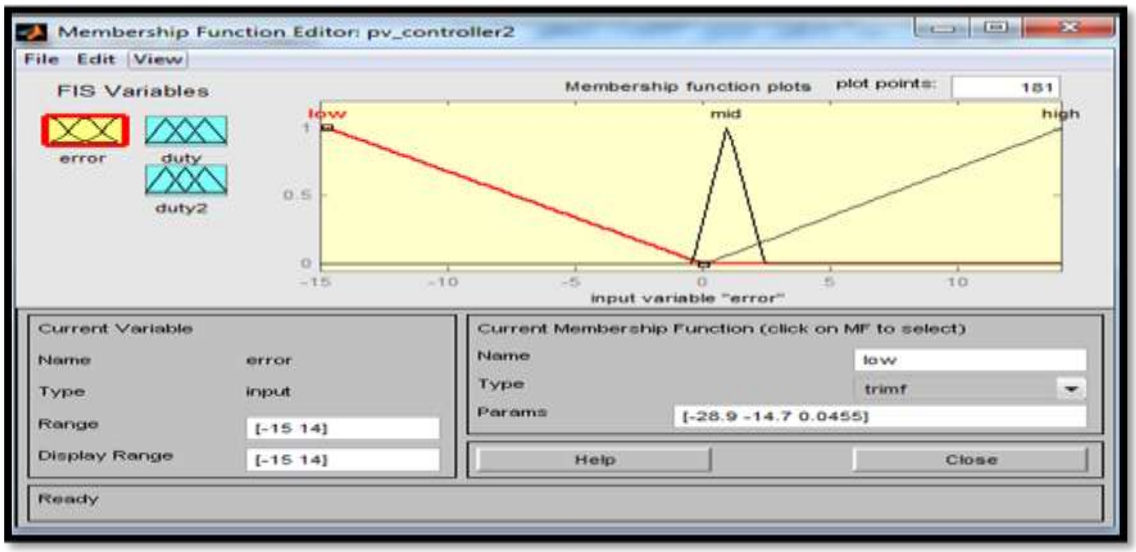
الشّكل (6) مخطط المبدّلة من أجل دخل من اللوح الكهروضوئي

باعتبار أنّ عملية تثبيت جهد الخرج للمبدّلة تتمّ من خلال التّحكّم بعرض النّبضة فإنّنا استخدمنا متحكّم ضبابي يتحسس لقيم الخطأ وهو الفرق بين الجهد المرجعي والقيمة المعادة من الخرج، ويبيّن الشّكل (7) دخل متحكم المنطق الضّبابي وخرجه، حيث الدّخل هو إشارة الخطأ، والخرج هو مستوى التّحكّم بعرض النّبضة Trig–level لكل ترانزستور.

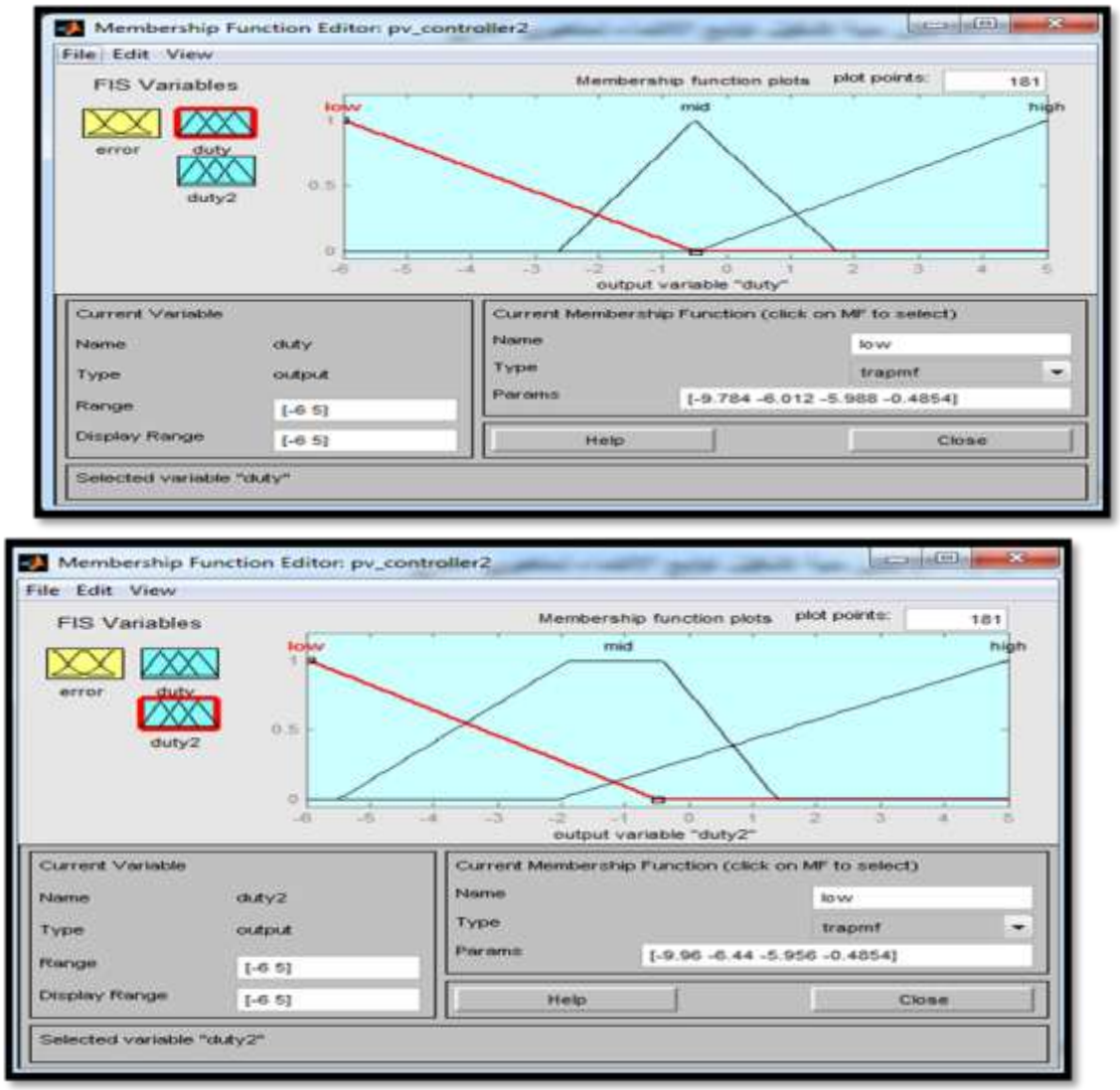


الشّكل (7) دخل المتحكّم الضّبابي وخرجه

باعتبار أنّ المبدّلة ستقوم بدور رافعة خافضة لذلك نحتاج لوحدتي تحكّم بعرض النّبضة وبالتّالي نحتاج لمتحوّلي خرج ضمن المتحكّم الضّبابي ومتحول دخل وحيد هو إشارة الخطأ، هذه المتحوّلات تحتاج إلى توابع انتماء خاصة تمّ توزيعها على ثلاثة مستويات أساسيّة (مرتفع – متوسط – منخفض)، ويبيّن الشّكل (8) بنية تشكيل توابع الانتماء لمتغير الدّخل، كما يبيّن الشّكل (9) توابع الانتماء لمتحوّلات الخرج.



الشّكل (8) بنية تشكيل توابع الانتماء لمتغيّر الدّخل



الشّكل (9) بنية تشكيل توابع الانتماء لمتغيّري الخرج

استناداً لتوابع الانتماء السّابقة تمّ بناء قواعد الرّبط وفق الجدول التالي:

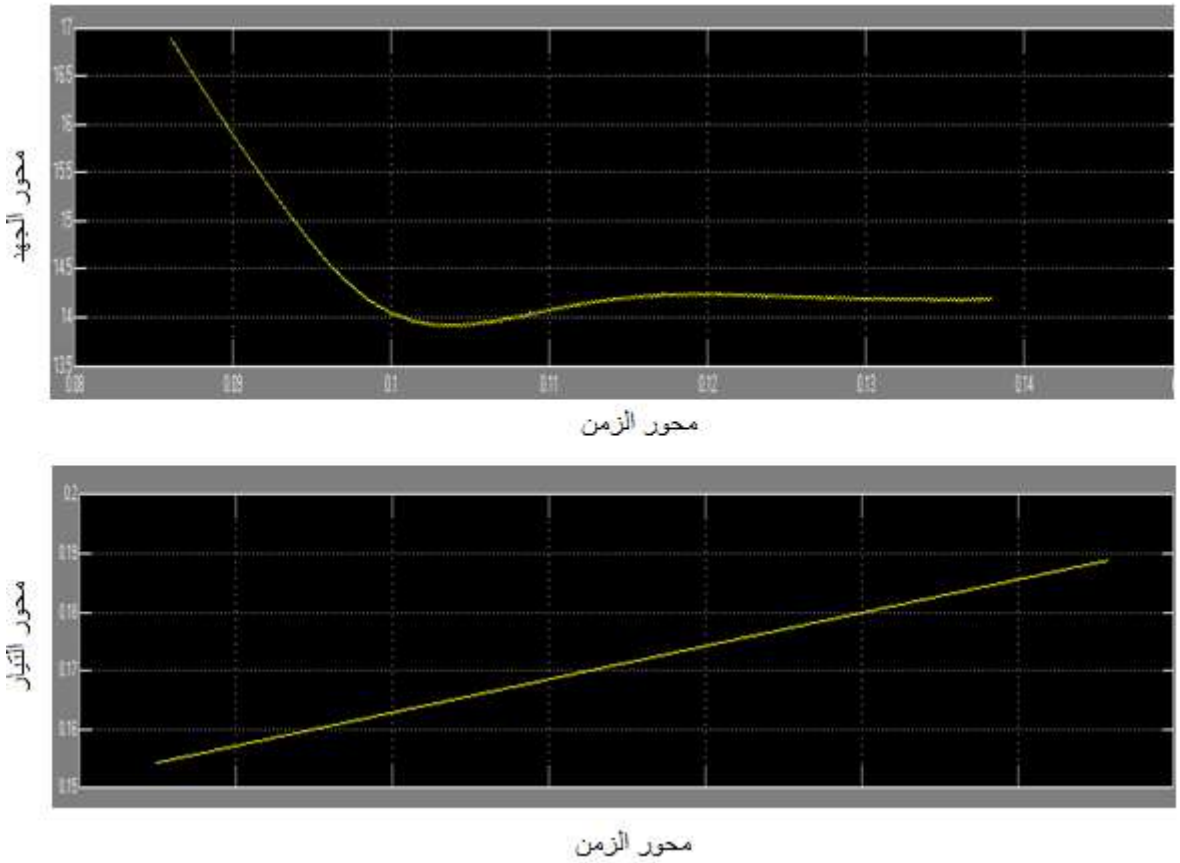
الجدول –1– قواعد الرّبط بين توابع الانتماء للخرج الخاص بعمل المبدّلة كرافعة للجهد

Error	S	M	H
Duty	H	M	M
duty1	H	M	L

وبناءً على هذه القيم تمّ اختبار عمل المنظومة من أجل عدة قيم للجهد بحيث تغطي جميع الحالات الممكنة لجهد الدّخل واخترنا القيمة 14 V كقيمة مرجعيّة للجهد، وتوزع الاختبارات على ثلاثة حالات هي:

❖ **جهد دخل مرتفع:**

اخترنا من أجل جهد دخل مرتفع القيمة 18 V بحيث يكون الفرق كبير بالنّسبة للجهد المرجعي وهي أيضاً القيمة التّي يعطيها اللوح الكهروضوئي فكانت نتائج التّحليل كما هو مبيّن في الشّكل (10):

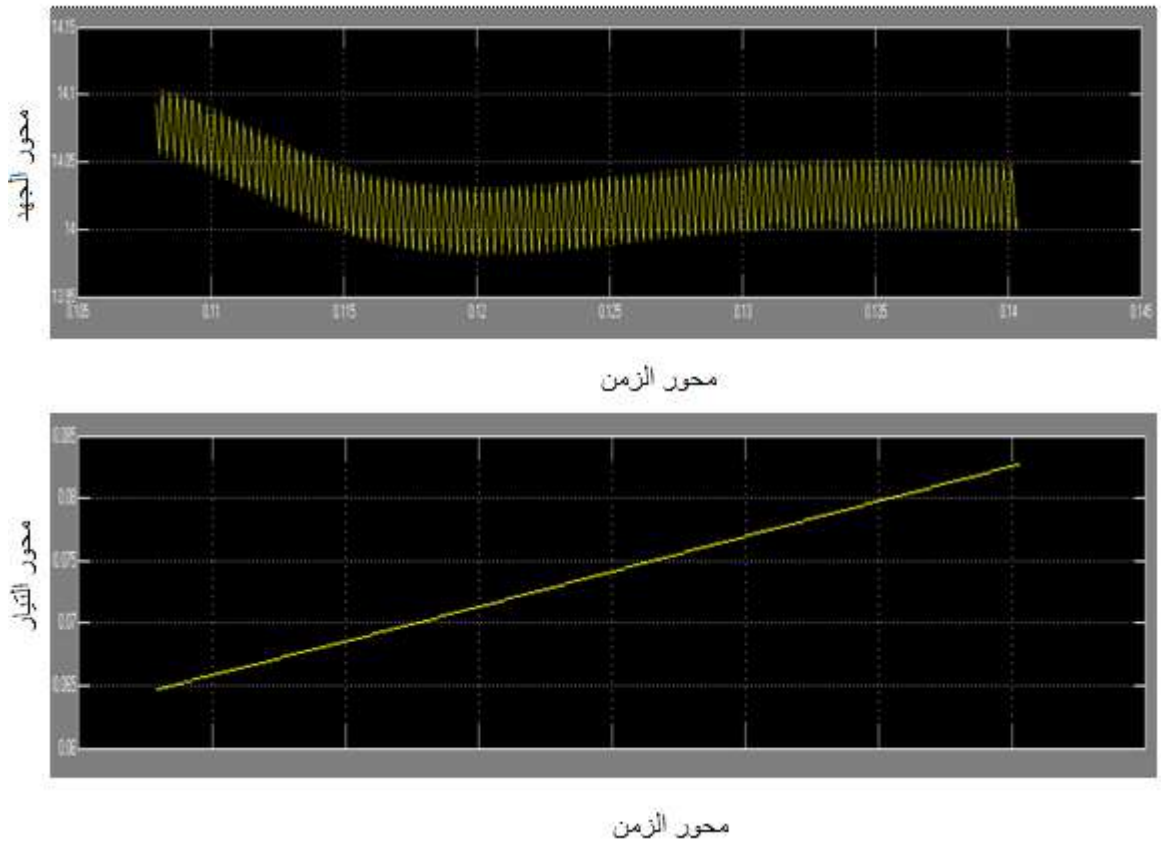


الشّكل (10) منحني الجهد والتّيار لخرج المبدّلة من أجل جهد دخل مرتفع

كما هو مبيّن في المنحني العلوي فإنّ جهد الدّخل استقر على القيمة 14.2 V خلال زمن قصير جداً حوالي 0.115 Sec، كما أنّ التّيار استمر في التّزايد حتى بعد استقرار الجهد وبلغ قيمة 0.2 A وذلك لكون الحمل هو حمل سعوي أومي فهناك عملية شحن وتيار إقلاعي يتزايد حتى يستقر.

❖ **جهد دخل منخفض:**

في بعض الحالات لا يكون الطّقس جيد خلال فترة الشّتاء فيكون خرج اللوح الكهروضوئي منخفض يصل حتى القيمة 13 V وهي غير كافية لإجراء عملية شحن فكانت نتائج الاختبار كما هو مبيّن في الشّكل (11).

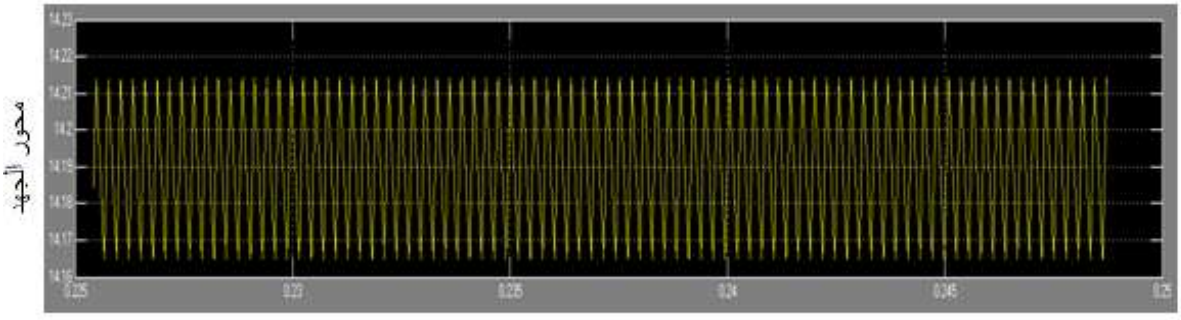


الشّكل (11) منحني الجهد والتّيار لخرج المبدّلة من أجل جهد دخل مرتفع

يبيّن الشّكل (11) أنّ قيمة الجهد قريبة جداً من القيمة المرجعيّة وتتأرجح ضمن المجال 14 حتى القيمة 14.05 مما يشير بشكل جيد إلى أنّ دارة المبدّلة DC–DC تقوم بعملها بشكل مثالي، كما أنّ قيمة التّيار حافظت على نفس المنحني كتزايد ولكن انطلقت من قيمة جهد أخفض وذلك لكون عمل المبدّلة هو رفع للجهد لكن ذلك سيكون على حساب التّيار وفقاً لقانون الاستطاعة.

*** من أجل جهد دخل 14 V مساوي للقيمة المرجعيّة:**

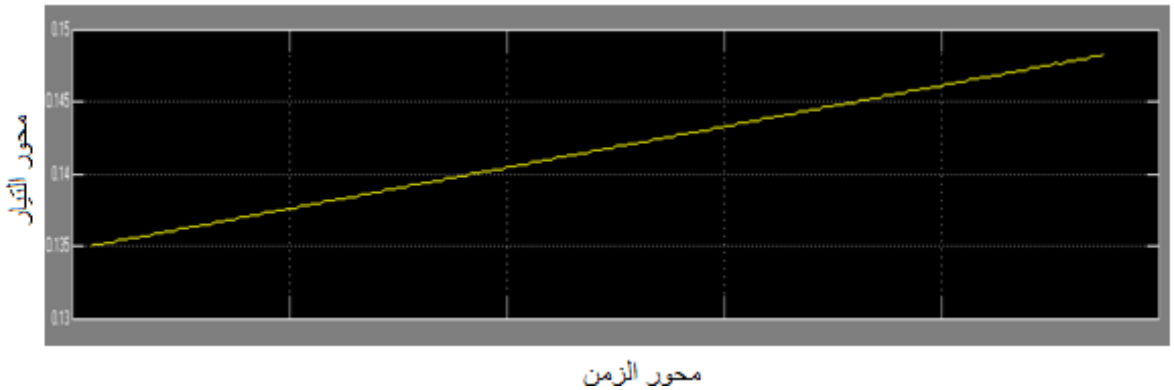
كانت نتائج التّحليل كما هو مبيّن في الشّكل(12) التّالية:



الشّكل (12) جهد الخرج من أجل جهد دخل مساوٍ للجهد المرجعي

نلاحظ أنّ قيمة جهد الخرج استقرت ضمن المجال 14.165 V حتى 14.215 V مما يؤشر على العمل الجيد للدّارة الرّافعة الخافضة كون قيمة جهد الدّخل مساوية لقيمة الجهد المرجعي، وتعطي أكثر تأرجح لآليّة عمل الدّارة بين عملية الخفض والرّفع.

كما أنّ التّيار حافظ على قيمته حوالي 0.15 A ولكنّه يتزايد مع استقرار جهد الشّحن كما هو مبيّن في الشّكل (13).

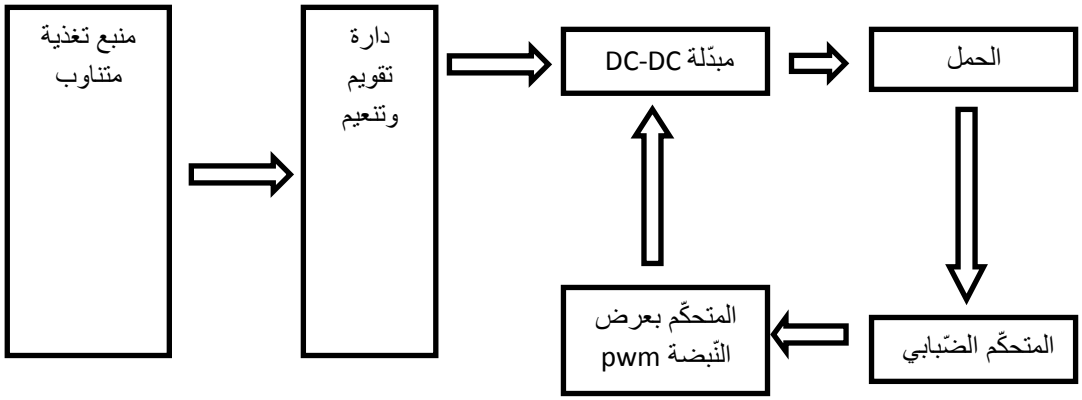


الشّكل (13) تيار الخرج من أجل جهد دخل مساوٍ للجهد المرجعي

- **المخطط التصميمي للدّارة الثّانيّة:**

دارة التّحكّم بجهد الحمل من منبع تغذية متناوب (تيار المدينة مثلاً)، والتّي تعطي تبعاً لتّغيرات جهد المدينة جهد خرج قريب جداً من الجهد المرجعي (14 V) مع قيمة خطأ تتراوح بين (0.2−0.4 V).

والشّكل (14) يبيّن المخطط الصندوقي للمنظومة:



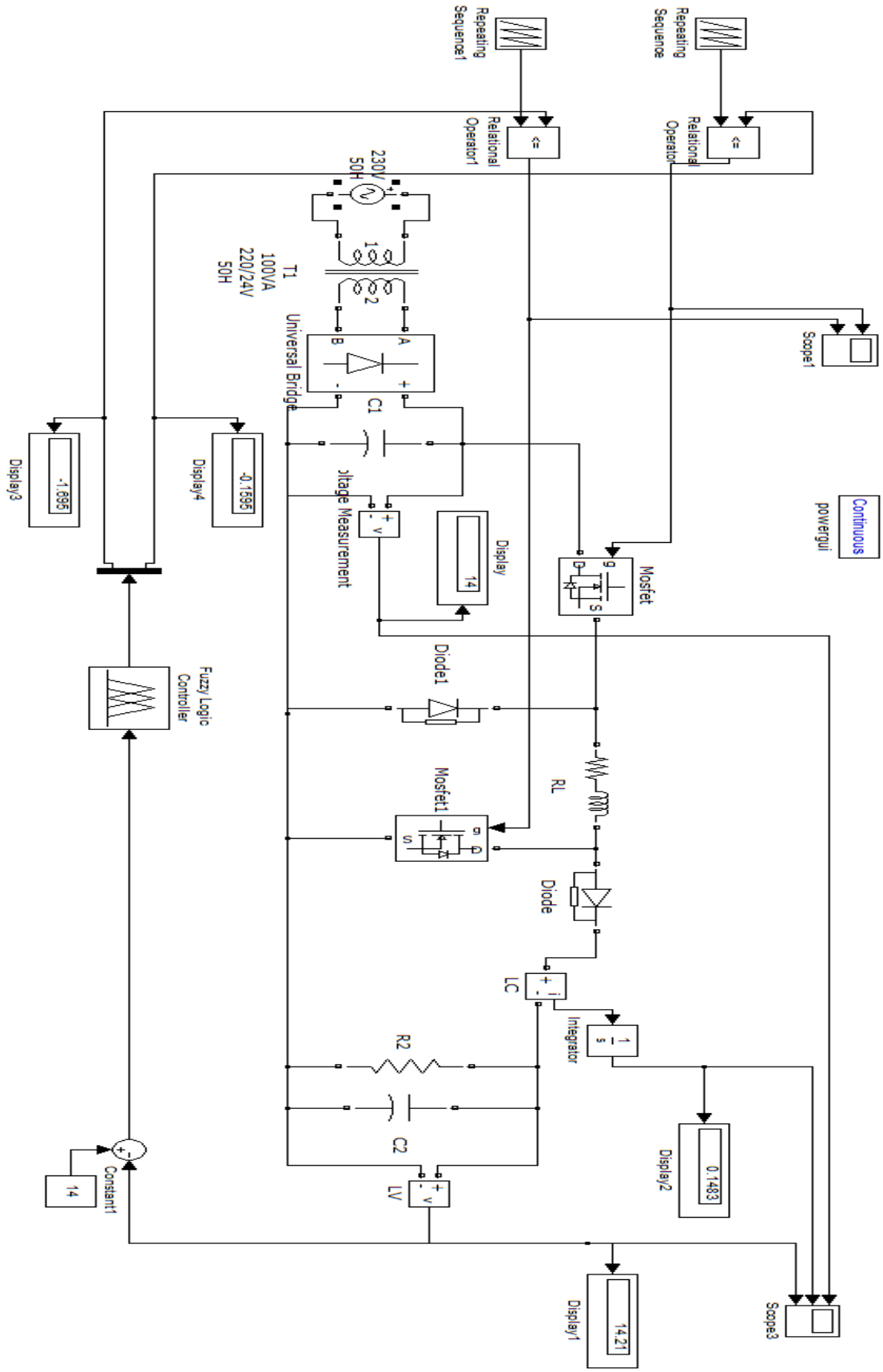
الشّكل (14) المخطط الصندوقي للمنظومة الثّانيّة

من خلال المخطط في الشّكل (14) فإنّ الدّارة الثّانيّة تتألف من:

- منبع تغذية متناوب.
- محوّلة.
- دارة التّقويم والتّنعيم.
- دارة مبدّلة DC−DC converter.
- حمل.
- دارة التّكيف لنظام تحكّم المنطق الضّبابي.
- عنصر المتحكّم الضّبابي.
- مولد نبضات لها شكل سن منشار.

- عنصر مقارنة.
- أجهزة قياس للجهد والتّيار وشاشات عرض رقميّة وبيانيّة.

ويبيّن الشّكل (15) المخطط التّصميمي للمبدّلة من أجل دخل هو تغذية المدينة.

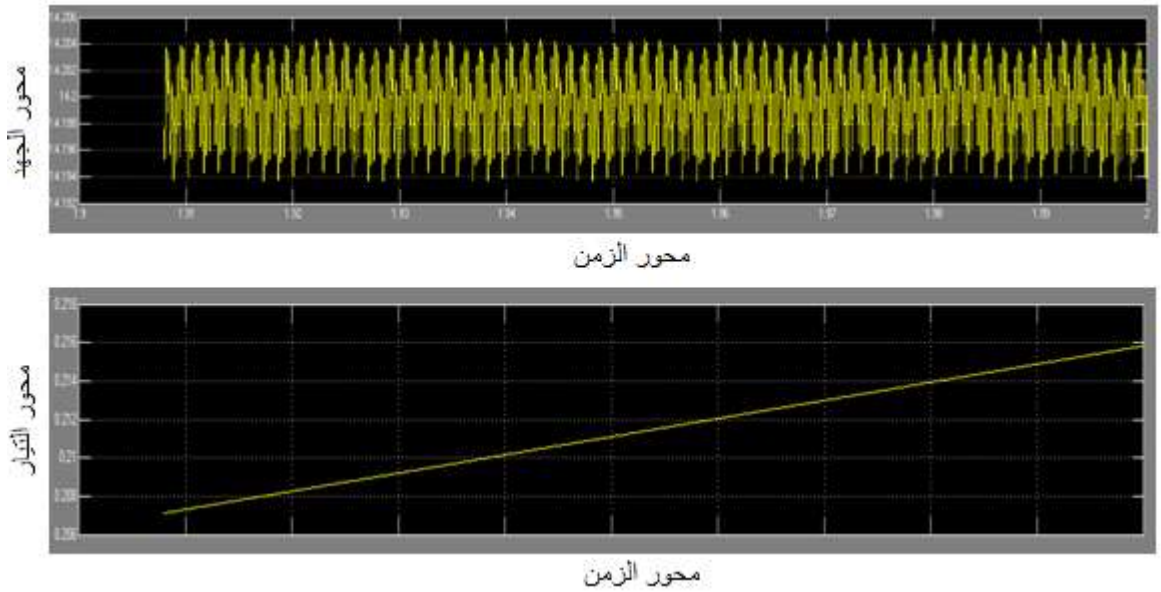


الشكل (15) المخطط الخاص بالمبدّلة من أجل شبكة التّغذية كدخل

في هذه الدّارة لن نقوم بتغيير القواعد المستخدمة في ضبط المتحكّم الضّبابي، حيث سنستخدم نفس القواعد السّابقة في الدّارة الأولى، وباعتبار أنّ دارة المحوّلة ودارة التّقويم الجسري مع دارة التّنعيم مصمّمة للعمل على جهد دخل هو 220 V سنكتفي بإجراء الاختبارات على حالتين فقط هما القيم المرتفعة والقيم المنخفضة لجهد التّغذية.

❖ **جهد تغذية منخفض:**

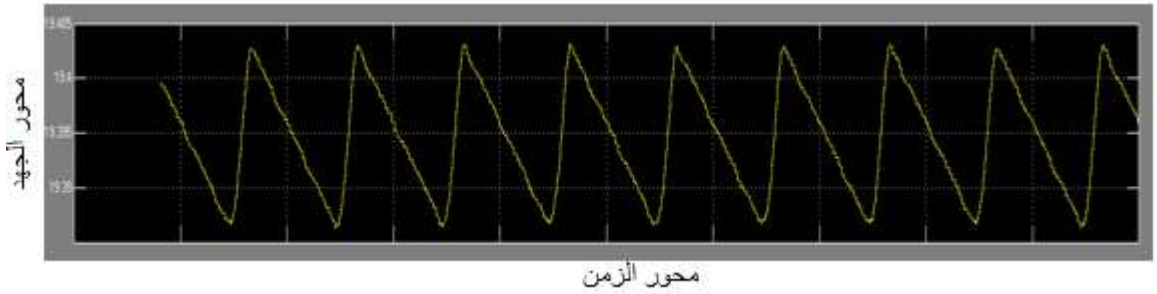
في هذه الحالة سيكون خرج المحوّلة منخفضاً عن الخرج الاسمي وبالتّالي قيم الجهد المستمر الحاصلة بعد عملية التّنعيم ستكون منخفضة عن الجهد المرجعي 14 V أي سيكون دور المبدّلة هنا هو عملية رفع للجهد، وكانت النّتائج كما هو مبيّن في الشّكل (16).

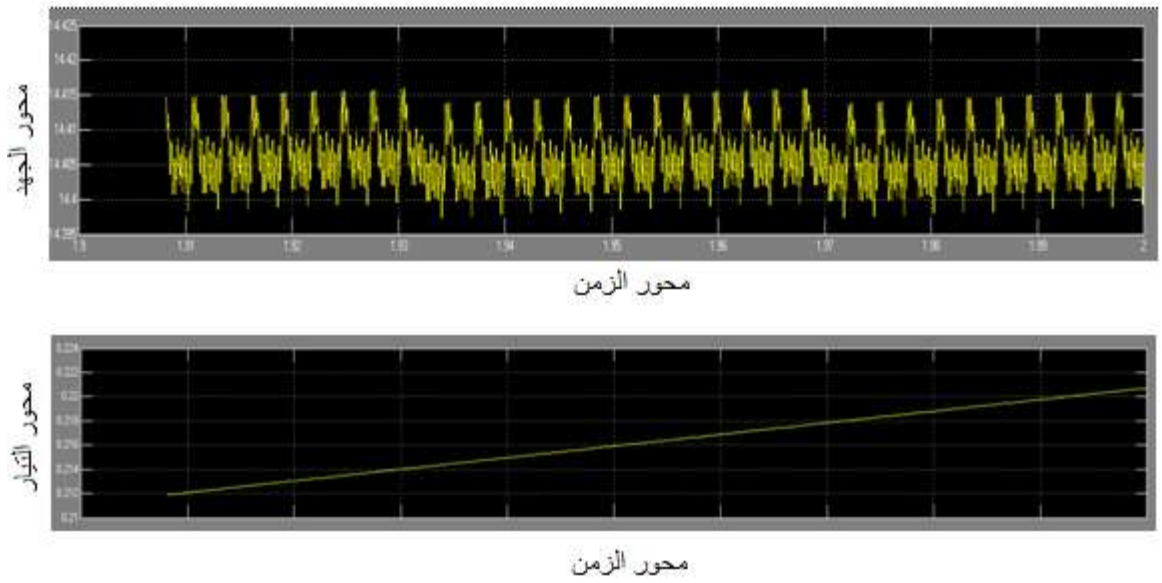


الشّكل (16) منحني الجهد والتّيار لخرج المبدّلة من أجل جهد دخل منخفض

❖ **جهد التّغذية مرتفع:**

قد تنشأ في بعض الحالات أخطاء في خطوط الشّبكة بسبب تغذية ناتجة عن طورين وتصبح التّغذية قيمة مرتفعة تصل حتى 300 V، وفي مثل هذه الحالة سيكون خرج المحوّلة مرتفعاً جداً وسيسبب ضرراً في دارة الشّحن والمدّخرة بنفس الوقت لذلك كان من الضروري معالجة هذه الحالة وكانت النّتائج كما هو مبيّن في الشّكل (17).





الشّكل (17) تيار وجهد الخرج للمبدّلة من أجل جهد تغذية مرتفع

نلاحظ من خلال هذه المنحنيات أنّ جهد الخرج للمبدّلة لم يتأثر بالارتفاع الكبير لخرج المحوّلة وحافظ على جهد شحن ثابت تقريباً عن القيمة المرجعيّة، كما أنّ تيار الشّحن حافظ على نفس المنحني بما يقارب 0.25 A.

الاستنتاجات والتوصيات

من خلال النّتائج المحققة ضمن هذا البحث يمكن استخلاص مجموعة من النّتائج اعتماداً على استجابة المبدّلة:

1- تعتبر المبدّلات الرّافعة الخافضة ذات أداء جيد من أجل تحقيق دارات شحن للمدّخرات.

2- يقدّم المنطق الضّبابي حلاً مثالياً من أجل التّحكّم بخرج المبدّلة الرّافعة الخافضة وذلك لتثبيت جهد الخرج على القيمة المرجعيّة.

3- تعتبر المنظومة مناسبة للعمل مع الألواح الكهروضوئيّة لكونها تتعامل بشكل جيد مع الجهد المرتفع بالإضافة لكونها قادرة على تحقيق عملية شحن بالرّغم من انخفاض جهد التّغذية للوح الكهروضوئي.

4- تناسب المنظومة العمل من أجل تغذية من الشّبكة وتتعامل بشكل جيد مع التّغيرات التّي تطرأ على جهد الشّبكة سواءً بارتفاع أو انخفاض الجهد.

المراجع:

[1] Rong-Jong Wai and Wen-Hung Wang, "*High-Performance Stand- Alone Photovoltaic Generation System",* IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol/Issue: 55 (1). Pp. 240-250, 2008.

[2] R. Gules, J. De Pellegrin Pacheco, H. Leaes Hey and J. Imhoff, *"A Maximum Power Point Tracking System with Parallel Connection for PV Stand-Alone Applications"*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol/Issue: 55 (7). Pp. 2674-2683, 2008.

[3] M.J.V. Vazquez, J.M.A. Marquez, and F.S. Manzano. *"A Methodology for Optimizing Stand-Alone PV-System Size Using Parallel-Connected DC/DC Converters",* IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 55. Pp.2664–2673, 2008.

[4] Matlab/Simulink. *Modeling A Buck Converter,* Help Files Mathwork, 2008.

[5] Y M Chen, S C Hung. *"Multi-Input Inverter for Grid Connected Hybrid PV/Wind Power System",* IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol/Issue: 55(1). Pp. 850-856, 2007.

[6] J A Gow, C D Manning. *"Development of a PV Array model for use in Power Electronics Simulation Studies",* proceedings of the IEEE International Conference on Power Electronics Applications, Vol. 146. Pp. 193-200, 1999.

[7] Ahmed, M., Kuisma, M., Silventoinen, P., Pyrhönen, O., *"Sliding Mode Control For Boost Converter Using Control Desk dSPACE"*, The Fifth International Conference on Power Electronics and Drive Systems, PEDS 2003. Singapore, November 2003.

[8] J.Mahdavi, A.Emadi, H.A.Toliyat, *"Application of State Space Averaging Method to Sliding Mode Control of DC/DC Converters"*, IEEE Industry Applications Society, October 2003.