الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieuret de la Recherche scientifique

UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electrotechnique
Option : Commande Electrique

Réf :.....

Mémoirede Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:
MASTER

Thème

دراسة ومحاكاة تغذية غير متقطعة(UPS)

Présenté par :

نضال صيداوي

Soutenu le : 4 juin 2013

Devant le Jury composé de :

د. بن مدور مصطفى	**رئيس**
د. رابحي بو علاقة	**مؤطر**
أ.د. علاق عبد الكريم**مناقش**	**ممتحن**

Année universitaire : 2012-2013

الفهرس

المقدمة

الفصل الاول : عموميات حول تغذية (UPS)

I-1 مقدمة 1

I -2 تصنيف تغذية UPS 1

I -2-1 تغذية (UPS) الساكنة 2

I -2-1-1 On-line UPS 2

a. تغذية UPS مع محول عزل يعمل بتردد منخفض 4

b. تغذية on-line UPS مع محول ذو تردد عال 5

I -2-1-2 Off-line UPS 6

I -2-1-3 line interactive 8

I -2-2 Rotary UPS (الدوار) 11

I -2-3 تغذية UPS الهجينة 12

الفصل الثاني : المقومات

II-1 مقدمة 14

II-2 المقوماتغير المتحكم فيها: 14

II-2-1 مقوم غير متحكم فيه (ذو جسر كامل) 16

II-2-2 مقوم غير متحكم فيه مضاعف للجهد 16

II-3 المقومات المتحكم فيها : 17

II-3-1 مقوم متحكم فيه (ذو جسر كامل) 18

II-3-2 مقوم نصف متحكم به (ذو جسر كامل) 19

II-3-3 مقوم متحكم فيه مضاعف للجهد 20
4-II محاكاة لدارة مقوم ذو معامل استطاعة وحيد 21
II -4-1 مخطط محاكاة مقوم متحكم فيه ذو جسر كامل في برنامج(SIMULINK) 21
II -4-2 نتائج المحاكاة 23

الفصل الثالث: المطبرات

1-III مقدمة 25
2-III المطبر الخافض للجهد 27
1-2-III المحاكاة لدارة المطبر الخافض للجهد في برنامج (MATLAB/SIMULINK) 28
2-2-III نتائج المحاكاة للمطبر الخافض 29
3-III المطبر الرافع للجهد: 31
1-3-III المحاكاة لدارة المطبر الرافع في برنامج (MATLAB/SIMULINK) 32
2-3-3 نتائج المحاكاة 33

الفصل الرابع: المموجات

1-IV مقدمة 33
2-IV مموج ذو نصف جسر 33
2-IV مموج ذو جسر كامل 34
3-IV تقنية تشكيل عرض النبضة (PWM) 36
bipolar PWM 1-3-IV 36
unipolar PWM 2-3-IV 38

IV -4- الترشيح (filtrage) 39

IV -5المحاكاة لدارة المموج بواسطة برنامج (MATLAB/SIMULINK) 40

IV-5-1 مخطط المحاكاة لدارة المموج 40
IV-5-2 نتائج المحاكاة 41

الفصل الخامس : ربط المقلبات الالكترونية وعرض ومناقشة النتائج

V-1 مقدمة 45

V-2الدارة الكلية لتغذية (UPS) في حالة حضور الشبكة 45

V-2-1 المقوم 46
V-2-2 المموج 50
5-2-3 المطبر الخافض للجهد 51

5-3 الدارة الكلية لتغذية (UPS) في حالة انقطاع الشبكة 53

5-3-1 المطبر الرافع للجهد 55
5-3-2 المموج 57
الخاتمة 58
المراجع 59
ملحق 60
1- حساب قيم مركبات مطبر خافض للجهد 60
2- حساب قيم مركبات مطبر رافع للجهد 62
3- حساب وسائط المعدل PI 64
المصطلحات

المقدمة

الطاقة الكهربائية عنصر أساسي في مجتمعنا، وهي تلعب دورا أساسيا في مجالات مختلفة، مثل الالكترونيات، الكهروكيمياء، والكهروميكانيك ... الخ. وغيابها لبضع ثوان يمكن أن يعرض الصحة والسلامةللخطر وحتى حياة الأفراد في العديد من المجالات منها وحدة العناية المركزة في المستشفى، أو برج المراقبة في المطار، و أنظمة الحاسوب في البنك...الخ.

ومن الواضح أن انقطاع طفيف في امدادات الطاقة في هذه التطبيقات يسبب عواقب وخيمة . هذه الأجهزة تتطلب عدم حدوث ارتفاع او هبوط في الجهد كما تحتاج إلى جهد ذو سعة وتردد مستقرين, لذلك يستخدم منبع جهد ثانوي يلعب دور المنبع الاساسي في حال إنقطاعه, وتسمى هذه بالتغذية غير المتقطعة (UPS) .

يوجد العديد من انواع (UPS) المتوفرة حاليا, كل نوع يسعى لتحسين عوامل الأداء و الكفاءة في العمل. لكن اختيار نوع خاص منها يعتمد على التطبيق والاستفادة المثلى من الخصائص المرغوبة .من الداراسات والتحاليل المتعلقة بالتغذية (UPS), يمكنتصنيف التغذية (UPS) إلى ثلاثة أنواع رئيسية وهي : (off-line) , (on-line) , (interactive) .

بالنسبة لـ (on-line UPS)تغذى الحمولة باستمرار عبر المموج, ومن اهم خصائصها : الجهد ذو جودة عالية , المردودية منخفضة , والتكلفة مرتفعة.

اما بالنسبة لـ (off-line UPS) فان الحمولة تغذى من الشبكة مباشرة لكن في حالة حدوث انقطاع في الشبكة فان الحمولة تغذى عبر المموج, ومن اهم خصائصها: المردودية مرتفعة , التكلفة مقبولة, ومدة حياة طويلة نسبيا.

أما في نوع (line interactive) فان المموج يربط على التوازي مع الحمولة, و يؤمن الاستطاعة التي تحتاجها الحمولة فقط في حال حظور الشبكة, اما في حال غيابها فان استطاعة المموج تطبق كليا على الحمولة.وخصائص هذا النوع شبيهة بنوع (on-line UPS) ماعدا المردودية تكون مرتفعة .

في بحثنا هذا سنقوم بدراسة نظرية ومحاكاة لمختلف مقلبات التغذية غير متقطعة UPS (مقوم ذو معامل استطاعة وحيد , المطبر الخافض للجهد, المطبر الرافع للجهد, المموج مع مرشح LC), ومن ثم ربط هذه المقلبات لنتحصل على جهد جيبي ذو سعة وتردد مساويين لجهد الشبكة ,لتغذية حمولات مختلفة.

وسنتناول هذا البحث من خلال خمسة فصول : في الفصل الاول سنقوم بالتعرف على مفهوم التغذية غير المتقطعة UPS و مختلف أنواعها , وميزات وسلبيات كل نوع .

سنتناول في الفصل الثاني دراسة و محاكاة مقوم ذو معامل استطاعة وحيد اما الفصل الثالث فخصص لدراسة ومحاكاة مطبرين خافض ورافع للجهد, أما في الفصل الرابع نعرض دراسة ومحاكاة مموج متحكم فيه بتقنية تشكيل عرض النبضة PWM متبوع بمرشح LC . أما في الفصل الخامس سنعرض محاكاة تغذية UPS في حالتي حظور وغياب الشبكة مع مناقشة مختلف النتائج.

وفي الاخير ننهي هذا البحث بخاتمة متبوعة ببعض التوجيهات لاتمام هذا البحث.

I-1 مقدمة

التغذية غير المتقطعة (UPS) هي نظام احتياطي غير متقطع يمكن الاعتماد عليه في تزويد أي حمولة حرجة بنوعية جيد من الطاقة ، وحماية هذه الحمولات من حالات هبوط وزيادة الجهد، كما تعمل على إخفاء التشوه الناتج من التوافقيات.

تستخدم UPS في عدة تطبيقات منها : المعدات الطبية، أنظمة الكمبيوتر، والاتصالات.

بشكل عام، حتى تضمن UPS تزويد الحمولات الحرجة بالطاقة غير المتقطعة، يجب أن تتبع عدد من الخصائص منها:

1. إشارة جيبية متحكم بها لجهد المخرج، تمتلك معامل تشوه كلي منخفض لا علاقة له بجهد المدخل أو نوع الحمولة (خطية ،غير خطية، متزنة، غير متزنة).
2. زمن التبديل مابين التغذية الأساسية والنظام الاحتياطي معدوم.
3. فعالية وكفاءة عالية في الأداء.
4. تحقيق العزل للبطارية عن المدخل والمخرج.
5. تكلفة منخفضة.
6. تقليل الحجم والوزن.

I-2 تصنيف تغذية UPS

تصنف التغذية غير المتقطعة إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

- التغذية الساكنة
- التغذية الدوارة (دورانية)
- التغذية الهجينة (ساكنة ودوارة)

وفي هذا القسم من البحث سندرس الأنواع الثلاثة

I-2-1 تغذية (UPS) الساكنة

تغذية (UPS) الساكنة هي النوع الأكثر استعمالا وشيوعا من بين أنواع (UPS) الأخرى، وتستخدم في مجالات متنوعة منها تطبيقات الاستطاعة المنخفضة: مثل أجهزة الكمبيوتر الشخصية والاتصالات، وفي تطبيقات الاستطاعة المتوسطة: مثل المعدات الطبية، وفي تطبيقات الاستطاعة المرتفعة.

ميزات التغذية الساكنة

1. الكفاءة العالية .
2. معامل التشوه الكلي (THD) منخفض .

سلبيات التغذية الساكنة

1. أداء ضعيف مع الحمولات الغير خطية و الغير متزنة .
2. احتياجه لأنظمة إضافية مساندة حتى يعمل بكفاءة عالية مما يزيد من كلفته .

للتغذية الساكنة عدة أنواع منها:

- Online UPS
- Off-line UPS
- Line interactive UPS

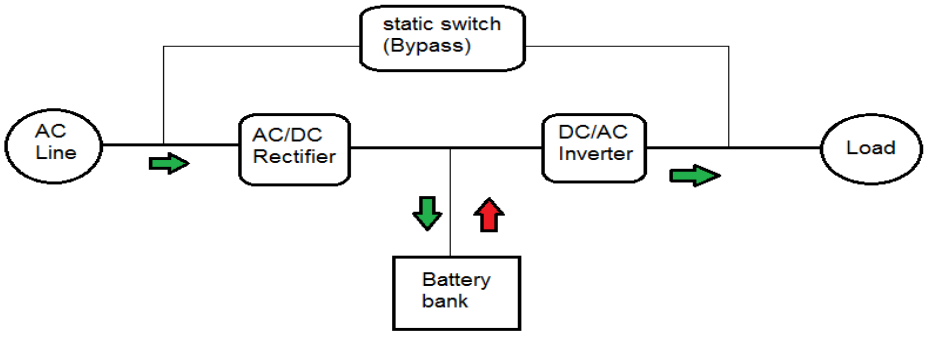
I-2-1-1 On-line UPS

ظهر هذا النوع في 1970، ويتكون من مقوم، بطارية، وممو ج، وقاطعة سكونية، ويمثل الشكل (I-1) مخطط (online UPS)

يستقبل المقوم كامل الطاقة اللازمة للحمولة واللازمة أيضا لشحن البطارية، بحيث تعمل البطارية على إمداد الحمولة بالطاقة في حالة انقطاع تغذية الشبكة وهذا مايسمى بالنظام المساند .

أما المموج يقوم بإمداد الحمولة بالطاقة اللازمة في حالة العمل الطبيعية وفي حالة العمل المساندة أيضا (أيأن المموج يعمل دائما)، ومايميز هذا النوع أن زمن التبديل فيه معدوم .

القاطعة السكونية في حالة حدوث عطل داخلي للنظام أو في حالة زيادة الحمولة .



الشكل (I-1): مخطط توضيحي لنوع online

هناك ثلاثة أنماط لعمل هذا النوع :

1- نمط العمل الطبيعي

في هذا النمط من العمل تكون التغذية بواسطة المقوم، الذي يعم على شحن البطارية من جهة وتغذية الحمولة من جهة أخرى .

ويسمى نوع (online) بالتحويل المزدوج بسبب وجود المقوم والمموجفي اتجاه سيل الطاقة من المنبع إلى الحمولة .

2- نمط الطاقة المخزنة

في هذا النمط تغذى الحمولة بالطاقة من البطارية عبر المموج .

3- Bypass

يكون هذا النمط في حال حدوث عطل داخلي للنظام مثل زيادة التيار، أي أن هذا النمط يستعمل لتصحيح الأخطاء، لذلك يجب أن يتساوى تردد المدخل مع تردد المخرج لضمان انسياب الطاقة .

ميزات on-line UPS

1. دقة التحكم في جهد المخرج .
2. زمن التبديل معدوم .
3. تردد المخرج متحكم به .

سلبيات on-line

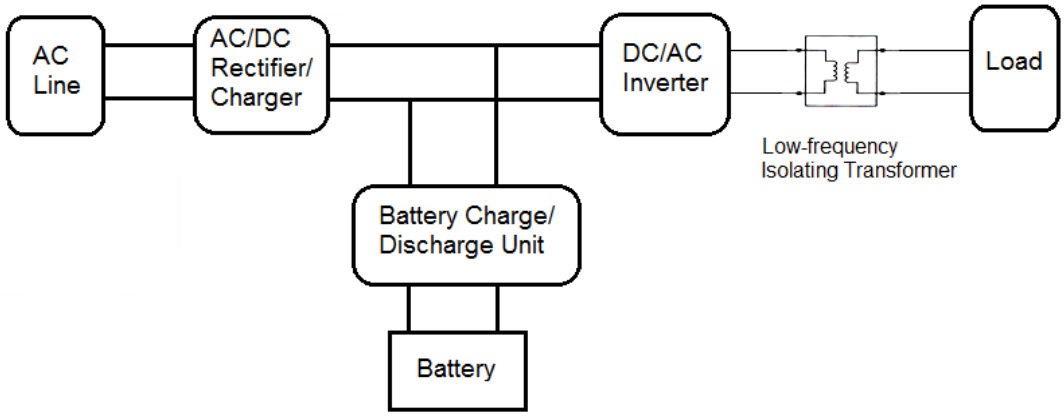
1. معامل الاستطاعة (PF) منخفض .
2. معامل التشوه الكلي (THD) عالي في المدخل .
3. كفاءة (مردودية) متدنية .
4. يكون تيار المدخل مشوه بسبب عملية التقويم ما لم تضاف دارة لتصحيح معامل الاستطاعة، مما يسبب زيادة التكلفة .
5. انسياب كامل الطاقة عبر المقوم والممو ج مما يزيد من ضياعات التبديل، وبالتالي تقل الكفاءة مقارنة بالأنواع الأخرى .

بغض النظر عن السلبيات المذكورة يعتبر on-line النوع المفضل مابين الأنواعالأخرى من حيث الأداء و حماية الحمولة، وهذا يفسر سبب اتساع مجال تطبيقاتها من بعض KVA إلى MVA .

- ويقسم on-lineإلى نوعين اساسيين :

a. تغذية UPS مع محول عزل يعمل بتردد منخفض :

تعمل التغذية في هذا النوع بترددات منخفضة وهذا يتطلب محول ذو حجم كبير، ويستخدم هذا النوع في تطبيقات الاستطاعة المرتفعة اكبر من 20 KVA . ويمثل الشكل (I -2) مخطط UPS مع محول عزل ذو تردد منخفض.



الشكل (I -2): مخطط on-line UPS مع محول ذو تردد منخفض .

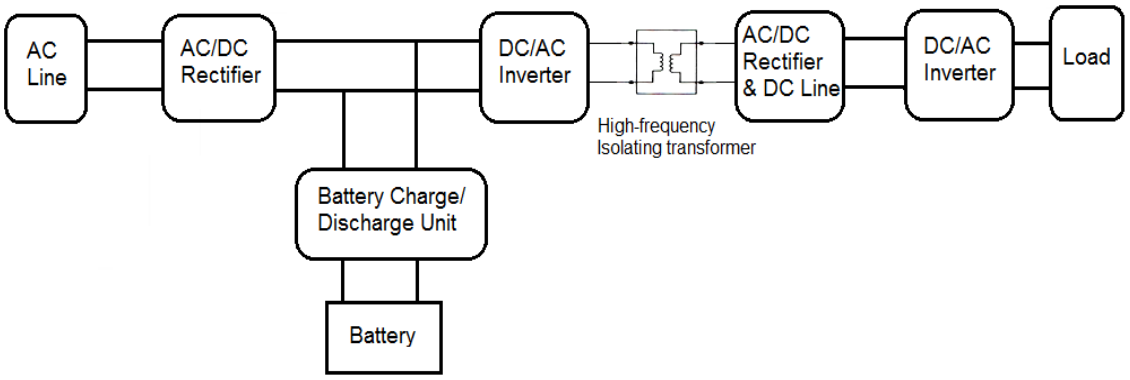
وتكمن سلبيات هذا النوع في:

1. محول ذو حجم كبير وهذا يعني ضجيج عال.
2. انخفاض كفاءته في حالات تغير جهد الحمولة أو تغير جهد المدخل.

b. تغذية on-line UPS مع محول ذو تردد عال:

مع زيادة التردد إلى قيم اكبر من 20 KHZ، نلاحظ أن هذه المشاكل تختفي، خاصة المشاكل المتعلقة بحجم ووزن المحول، من جهة أخرى يقلل التردد العالي المستخدم في تقنية تشكيل عرض

النبضة (PWM) من حجم مرشح المخرج أيضا. والشكل (I -3) يمثل مخطط لتغذية online UPS مع محول ذو تردد عال.



الشكل (I -3): مخطط لنوع online UPS مع محول ذو تردد عال .

I-2-1-2 :off-line UPS

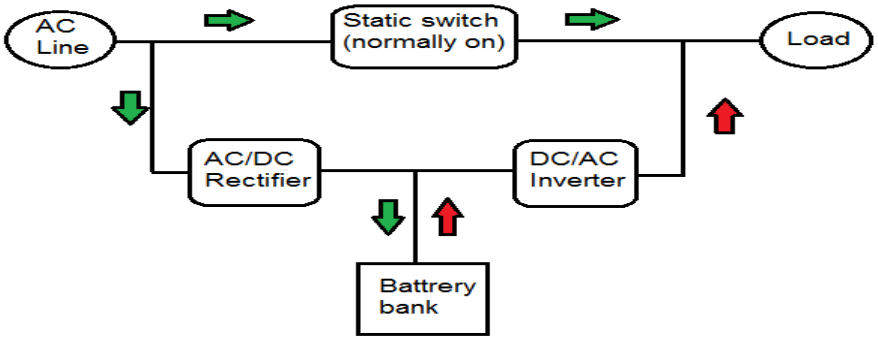
تتكون تغذية off-line على مقوم، وبطارية، وممـوج، وقاطعة سكونية، ويمكن استخدام مرشح في المخرج لتحسين المخرج.

القاطعة تكون في حالة وصل في حالة العمل الطبيعية، لذلك تغذى الحمولة مباشرة من الشبكة ويعمل المقوم على شحن البطارية دون تمرير الطاقة اللازمة للحمولة، وهذا يعني ضياعات تبديل اقل في المقوم والمموج وبالتالي كفاءة أعلى من on-line UPS وتكلفة اقل.

يربط المموج على التفرع مع الحمولة، ويعمل فقط في نمط العمل المساند (اي عندما تنقطع تغذية الشبكة وتصبح البطارية هي منبع الطاقة) .

يعتبر زمن التبديل في هذا النوع معدوم ويتعلق بزمن بداية عمل المموج، ويقدر عادة بربع دور الشبكة.

ويمثل الشكل (I -4) مخطط لنوع off-line UPS :



الشكل (I -4): مخطط توضيحي لنوع off-line

تعمل تغذية off-line UPS بأحد النمطين التاليين:

1. نمط العمل الطبيعي

تغذى الحمولة في هذا النمط من الشبكة مباشرة، ويعمل المقوم على شحن البطارية استعدادا للحالة المساندة .

يمكن أن تغذى الحمولة عبر مرشح، ووجود المرشح يتعلق بمدى حساسية الحمولة المراد تغذيتها، ووجود تغذية الشبكة.

2. نمط الطاقة المخزنة

عند انقطاع التغذية من الشبكة الرئيسية، تغذى الحمولة من البطارية عبر المموج، الذي يعمل في هذا النمط مما يقلل من ضياعات التبديل في هذا المموج وبالتالي زيادة الكفاءة وتقليل التكلفة.

ميزات off-line UPS :

1. بسيطة التركيب.
2. مردودية مرتفعة.
3. حجم صغير.

4. تكلفة منخفضة.
5. عمر طويل.

سلبيات off-line UPS :

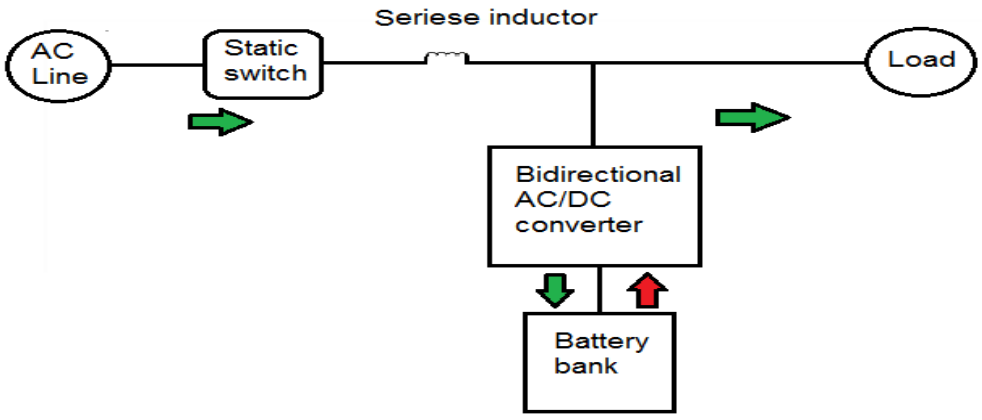
1. العزل غير محقق مابين الحمولة والشبكة.
2. زمن التبديل طويل.
3. جهد المخرج غير متحكم به.
4. ضعف الأداء مع الحمولات الغير خطية.

بسبب هذه المساوئ تطبيقات off-line UPS تحدد في استطاعات اقل من 2 KVA .

I-2-1-3 line interactive :

ظهر هذا النوع في 1990 ، والذي يحتوي على قاطعة سكونية، ووشيعة على التسلسل، ومقلب ثنائي الاتجاه، وبطارية .

Line interactive يمكنه العمل كنوع online أو off-line، من اجل off-line لا يتطلب استخدام الوشيعة ، لكن معظم أنواع interactive تعمل كنوع online بحيث نتحصل على معامل استطاعة جيد، ونتمكن من التحكم بجهد المخرج أيضا. ويمثل الشكل (I -5) مخطط لنوع line interactive .



الشكل (I -5): مخطط توضيحي لنوع Line interactive

في حالة العمل الطبيعية تغذي الحمولة من الشبكة مباشرة، بحيث يكون المقلب مربوط على التوازي مع الحمولة ويعمل على شحن البطارية، كما يبعث طاقة رجعية للمنبع حتى يتم التحكم بمعامل الاستطاعة في حدود 1.

ولهذا النوع نمطين من العمل وهما:

1. نمط العمل الطبيعي

في نمط العمل الطبيعي تغذى الحمولة من الشبكة مباشرة، والمقلب ثنائي الاتجاه يعمل كمقوم حتى تشحن البطارية، كما يحافظ على جهد المخرج ثابتا ومستقرا نسبيا، ونلاحظ هنا أن line interactive لاينتج توافقيات تؤثر على الشبكة وهذه ميزة أساسية تميزه عن (on-line) .

2. نمط الطاقة المخزنة

خلال هذا النمط يعمل المقلب الثنائي الاتجاه كمموج يغذي الحمولة من البطارية، بحيث تعمل القاطعة السكونية على فصل الشبكة .

ميزات line interactive:

1. بسيطة التركيب.
2. أداء جيد
3. قليلة التكلفة مقارنة مع on line UPS.
4. توافقيات معدومة لتيار المدخل .
5. مرحلة واحدة من التحويل (single stage conversion) مما يزيد من كفاءتها (مردودية).

سلبيات line interactive :

1. لا يوجد عزل فعلي ما بين الحمولة والشبكة، ولحل هذه المشكلة نستخدم في المخرج محول يعمل بتواتر منخفض مما يزيد من السعر والحجم والوزن.
2. جهد مخرج غير جيد لان المموج غير مرتبط على التسلسل مع الحمولة .
3. في حالة العمل الطبيعية عندما تغذى الحمولة مباشرة من الشبكة، لا يمكن التحكم بتردد المخرج.

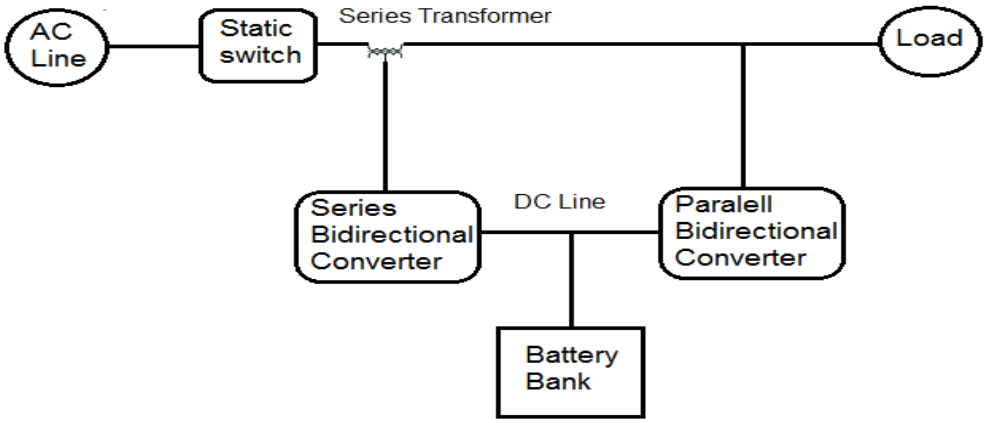
وهناك طريقة أخرى تسمى (series-parallel line interactive) وتسمى ايضا (delta conversion UPS) تمكننا تحقيق معامل استطاعة مساوي 1،ودقة التحكم بجهد المخرج في آن واحد على عكس line interactive .

تتكون delta conversion من قاطعة ومقلبين ثنائيي الاتجاه موصولان مع بطارية،و محول على التسلسل.

المقلب ثنائي الاتجاه الموصول على التسلسل مع الحمولة يستقبل 20% من استطاعة المخرج وهو مربوط عبر محول موصول على التسلسل مع الشبكة، الذي يعمل على تعويض أي نقص ما بين جهدي المخرج والمدخل.

والمقلب ثنائي الاتجاه الموصول على التفرع مع الحمولة، يعمل عادة كمموج ويحافظ على جهد المخرج مستقر ومتحكم به بدقة بتقنية PWM .

في حال حضور التغذية من الشبكة يعمل المقلب التسلسلي على التحكم بمعامل الاستطاعة للمدخل وفي نفس الوقت ينظم عملية شحن البطارية. ويمثل الشكل (I -6) مخطط delta conversion.



الشكل (I -6): مخطط توضيحي لنوع delta conversion

من سلبيات هذه الطريقة أن العزل ما بين الحمولة والشبكة غير محقق بالإضافة إلى صعوبة التحكم بهذه التقنية يحد من تطبيقاتها .

I -2-2 Rotary UPS (الدوار)

يتكون UPS الدوراني من محرك AC وماكنة DC ومولد AC وبطارية.

لهذا النوع نمطين من العمل :

1. نمط العمل الطبيعي

خلال نمط العمل الطبيعي تغذي الشبكة المحرك Ac الذي يحرك بدوره ماكنة التيار المستمر والتي تحرك مولد Ac الذي يغذي الحمولة .

2. نمط الطاقة المخزنة

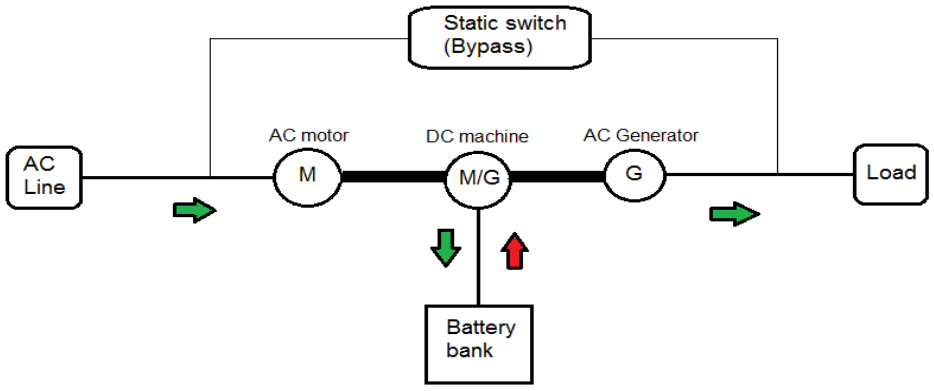
تغذي البطارية ماكنة التيار المستمر والتي تحرك بدورها المولد Ac الذي يغذي الحمولة .

يمكن الاعتماد على UPS الدوار أكثر من UPS السكوني لكنه يحتاج لصيانة أكثر بالإضافة إلى وزن وحجم اكبر .

ميزات UPS الدوار:

1. أداؤه جيد مع الحمولات الغير خطية بسبب قلة الممانعة عند المدخل.
2. THDمنخفض جدا عند المدخل (اقل أو يساوي 3%).
3. التداخل الكهرومغناطيسيEMI منخفضة جدا.
4. مرد ودية عالية تكون عادة 85% أو أكثر.

يمثل الشكل(I -7) مخطط لنوع Rotary UPS



الشكل (I -7): مخطط توضيحي لنوع UPS الدوار

I -3-2 تغذية UPS الهجينة

يضم هذا النوع المعالم الأساسية من كلا النوعين (السكوني و الدوار) وهي : ممانعة منخفضة عند المخرج، استقرار ممتاز للتردد f، صيانة قليلة .

تتكون UPS الهجينة من مقلب ثنائي الاتجاه، محركAc ، مولد Ac، بطارية، قاطعة سكونية.

هناك نمطين من العمل لهذا النوع وهما:

1. نمط العمل الطبيعي

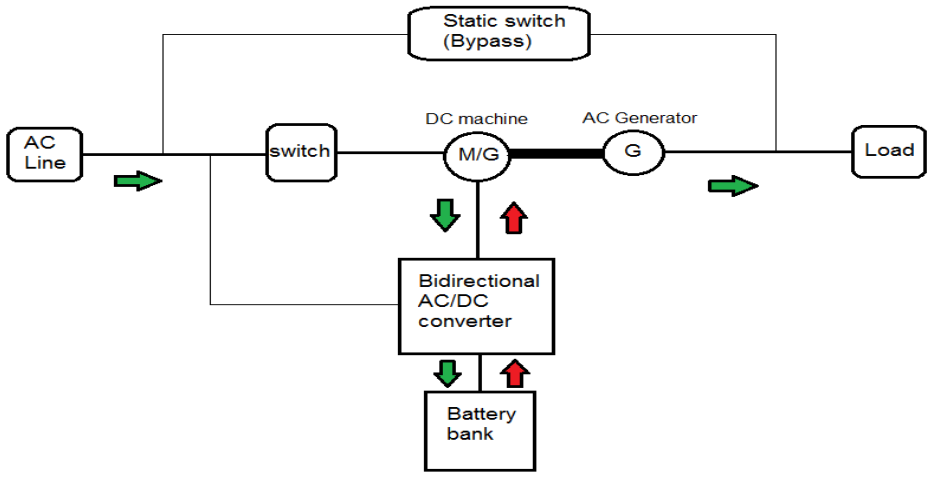
تغذى الشبكة محرك Ac الذي يحرك المولد. بحيث يعمل المولد على تغذية الحمولة والمقلب الثنائي يعمل كمقوم ليشحن البطارية.

2. نمط الطاقة المخزنة

يعمل المقلب الثنائي كمموج حتى يغذي المحرك Ac من البطارية بحيث يحرك المولد ليغذي بدوره الحمولة.

في حال عطل داخلي فان القاطعة السكونية توصل الحمولة مع الشبكة مباشرة.

ويمثل الشكل(I -8) مخطط لنوع UPS الهجينة



الشكل (I -8): مخطط توضيحي لنوع UPS الهجينة

ميزات UPS الهجينة

1. المقلب يعمل دائما لذلك زمن التبديل ما بين نمط العمل الطبيعي والمساند معدوم .
2. ممانعة صغيرة عند المخرج.
3. THD منخفض مع الحمولات الغير خطية.
4. عزل ممتاز مابين الحمولة والشبكة.
5. تستخدم في تطبيقات الاستطاعة المرتفعة جدا تصل لعدة مئات من KVA.

1-II مقدمة

الهدف الرئيسي من المقوم في تغذية (UPS) هو إنتاج جهد مستمر ثابت عند قيمة مرغوب فيها, لضمان العمل المناسب للمموج, ولنتمكن أيضا من شحن البطارية استعدادا لحالة العمل المساندة.

لذلك سندرس في هذا الفصل مختلف أنواع المقومات و سنبين تأثيرها على جهد المدخل (المتناوب) وعلى معامل الاستطاعة (PF).

تصنف المقومات إلى قسمين أساسيين هما:(وهذا التصنيف يكون على أساس القواطع المستخدمة فيها).

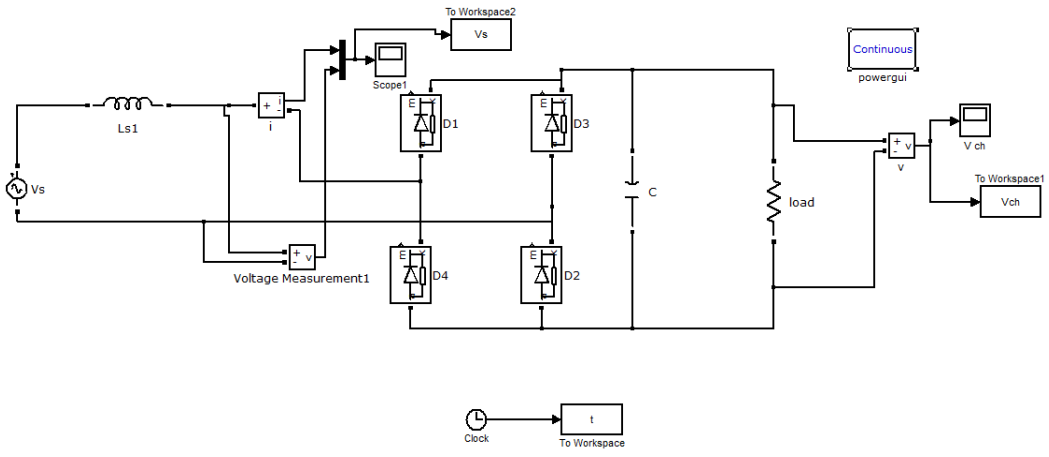
- مقومات غير متحكم فيها.
- ومقومات متحكم فيها.

2-II المقوماتغير المتحكم فيها:

تستخدم الثنائيات كقواطع للمقومات غير المتحكم فيها, وفيما يلي بعض أنواع هذه المقومات.

1-2-II مقوم غير متحكم فيه (ذو جسر كامل)

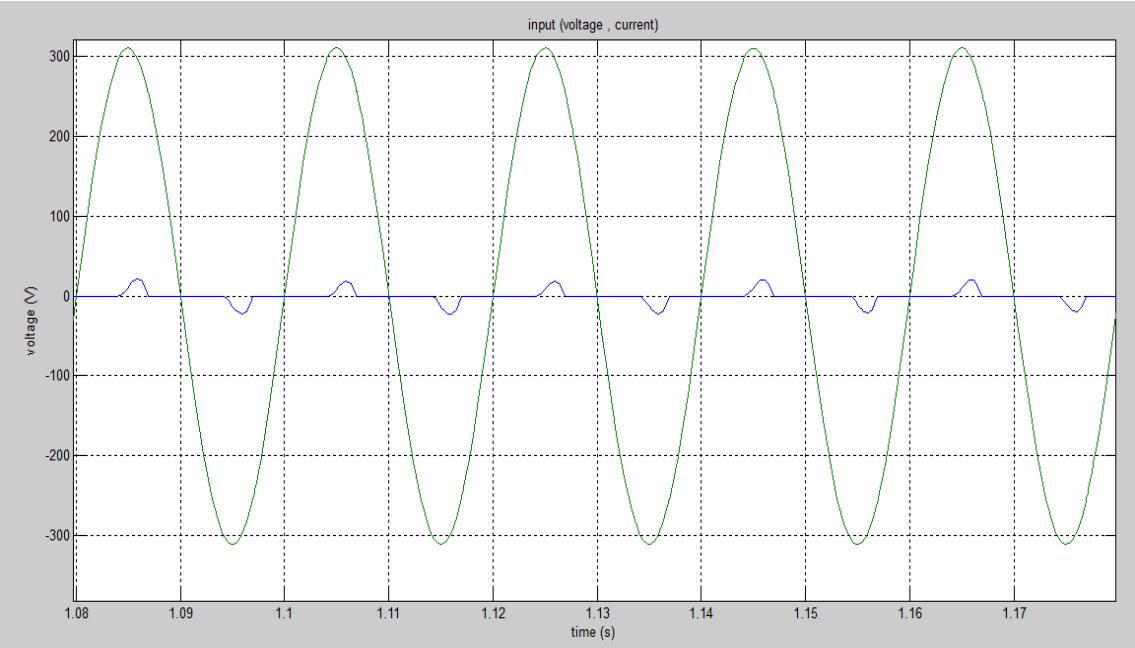
ويوضح الشكل (1-II) دارة مقوم غير متحكم فيه (جسر كامل). الذي يتكون من أربع ثنائيات D_1 , D_2,D_3 ,D_4 والمكثفة C , والذاتيةL_S.



الشكل (II -1): دارة مقوم غير متحكم فيه ذو جسر كامل.

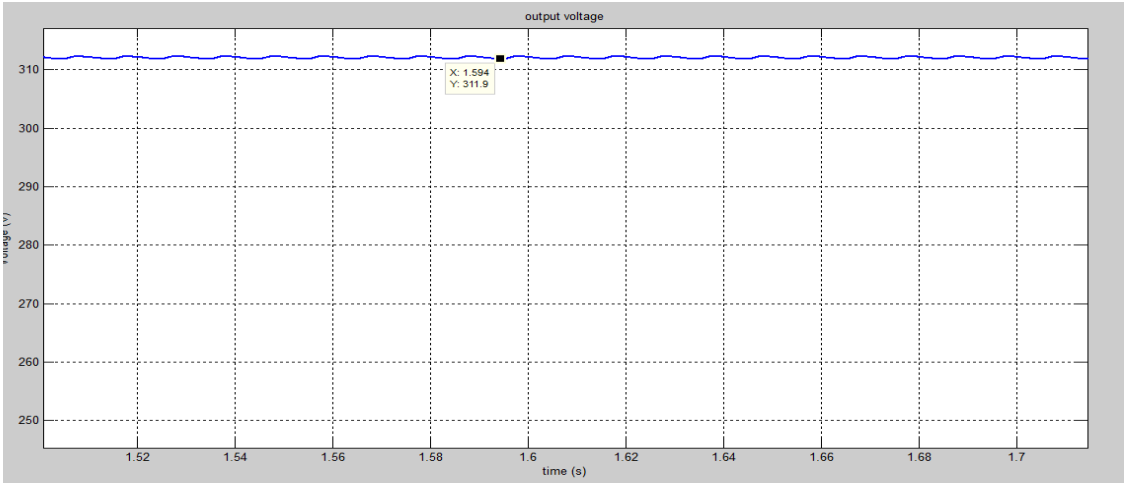
تعملالثنائيات D_1 , D_2 عند النوبة الموجبة كما تعمل الثنائيات D_3, D_4عند النوبة السالبة لتوتر المنبع (V_s).

نختار المكثفة C كبيرة نسبيا للحد من تموج الجهد المستمر ليثبت عند القيمة المرغوب فيها , ونظرالكبر سعة المكثفة C, فان التيار الممتص من المنبع يكون مشوه ذو معامل استطاعة (PF)رديء [1].كما يظهر في الشكل (II-2).



الشكل (II-2): تيار وجهد الشبكة .

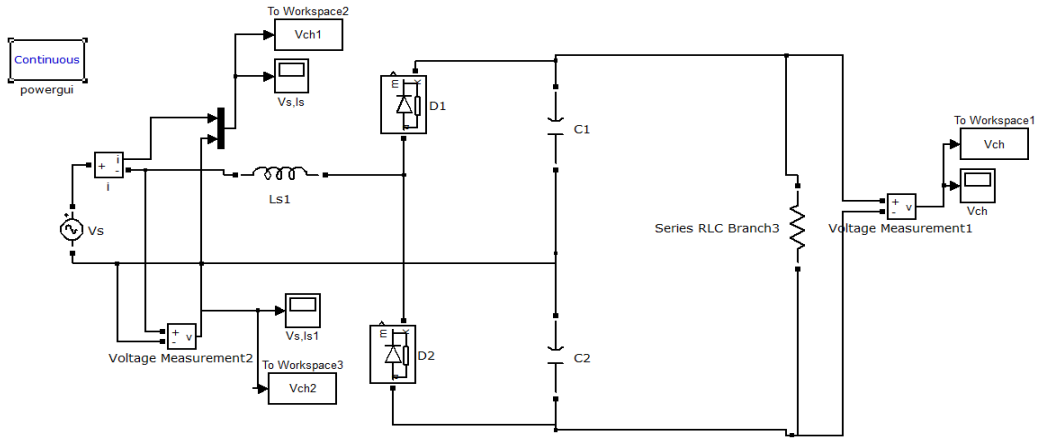
نستخلص مما سبق أن السلبيات الأساسية في المقومات غير المتحكم فيها, هي انخفاض معامل الاستطاعة (PF) وكثرة التوافقيات في تيارالشبكة [1], كما أن جهد المخرج ذو قيمة ثابتة مساوية للقيمة العظمى لجهد المدخل.كما يظهر في الشكل (II-3).



الشكل (II-3): جهد مخرج المقوم.

II-2-2 مقوم غير متحكم فيه مضاعف للجهد:

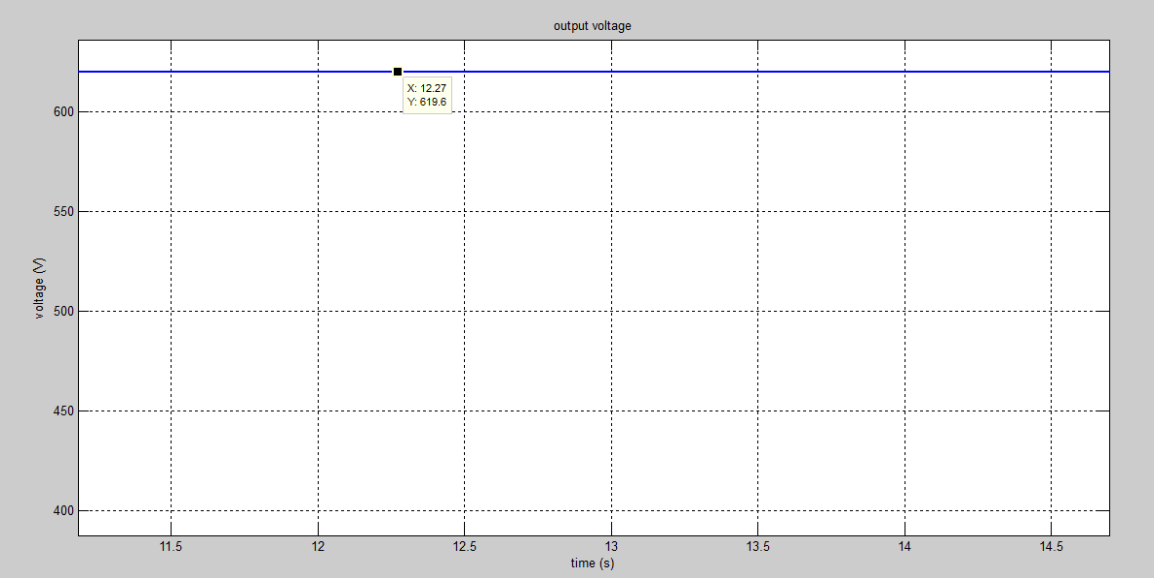
عندما تكون قيمة الجهد المستمر المرغوب فيها مساوية لضعف جهد المدخل نستطيع استعمال المقوم غير المتحكم فيه المضاعف للجهد [1], ويوضح الشكل(II -4) دارة هذا المقوم.



الشكل (II -4): دارة مقوم مضاعف للجهد.

تسمح الثنائية D_1 بشحن المكثفة C_1إلى القيمة العظمى لجهد المدخل خلال النوبة الموجبةلجهد المدخل, كما تعمل الثنائيةD_2على شحن المكثفة C_2إلى القيمة القصوى خلال النوبة السالبة لجهد المدخل. وبالتالي

فان جهد المخرج مستمر ذو قيمة تساوي ضعف القيمة العظمى لجهد المدخل .كما يظهر في الشكل (II -5).



الشكل (II-5): جهد المخرج للمقوم المضاعف للجهد.

بالإضافة إلى ميزة مضاعفة جهد المدخل في هذا النوع. يتميز هذا التركيب باحتوائه على عدد أقل من الثنائيات مقارنة مع الجسر الكامل.

تكمن سلبيات هذا النوع في أن الجهد العكسي المطبق على الثنائيات مضاعف مقارنة بمقوم الجسر الكامل, بالإضافة إلى المكثفات المستخدمة التي تعتبر كبيرة الحجم.

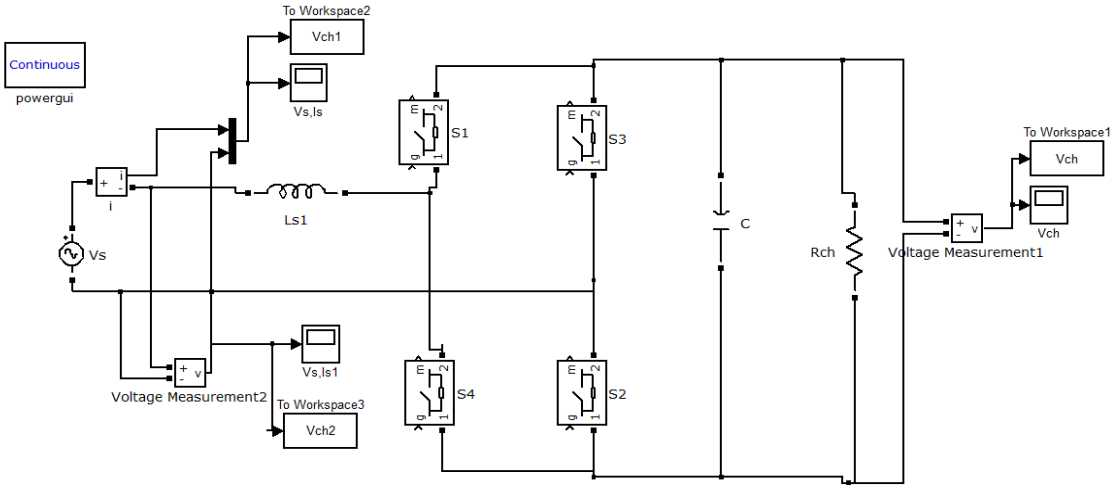
نستنتج من الأنواع السابقة أن الميزات الأساسية للمقومات غير المتحكم فيها, هي بساطتها وسعرها المنخفض.

II-3المقومات المتحكم فيها :

نستخدم في هذا النوع قواطع متحكم فيها في الغلق والفتح مثل (thyristor , IGBT , MOSFET). وفيما يلي سنتعرف على بعض أنوع هذه المقومات.

II-3-1 مقوم متحكم فيه (ذو جسر كامل):

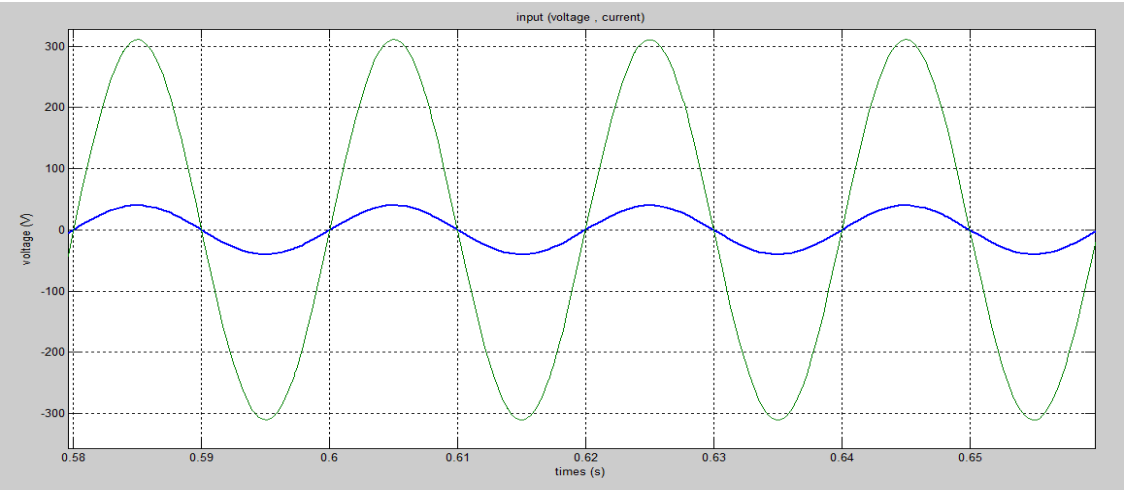
ويبين الشكل(II-6) مقوم متحكم فيه يتكون من جسر قواطع اربع متحكم فيها.



الشكل (II-6):دارة مقوم متحكم فيه (جسر كامل).

نلاحظ من الشكل السابق ان المقوم يتكون من القواطع S_4,S_3,S_2,S_1 ومكثفة C و الذاتية L_sعند المدخل .

عن طريق التحكم في فتح وغلق القواطع S_1, S_2, S_3, S_4, يصبح التيار متزامن مع جهد المدخل (V_s) . كما يظهر في الشكل (II-7)



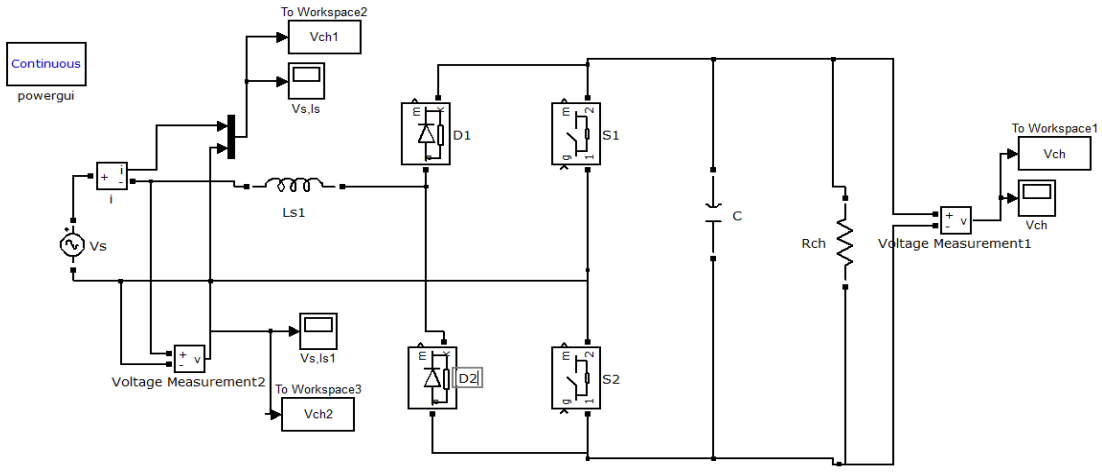
الشكل (II-7): جهد وتيار الشبكة

تكون قيمة جهد المخرج لهذا النوع متحكم فيها عند قيمة مرغوب فيها, والتي تكون عموما اكبر من قيمة جهد المدخل, وبهذا نتفادى أي حالة هبوط أو ارتفاع لجهد المدخل.

II-3-2 مقوم نصف متحكم فيه (ذو جسر كامل)

تعتبر الطريقة الوحيدة للتقليل من تكلفة المقومات المتحكم فيها, هي تقليل عدد القواطع المتحكم فيها المستخدمة في هذه المقومات. ويبين لنا الشكل (II-8) دارة مقوم نصف متحكم فيه تحتوي على قاطعتين S_1, S_2 وثنائيتينD_1, D_2. وبذلك نكون قد قللنا من تكلفة هذا المقوم, لان التكلفة تتعلق بدارة التحكم الخاصة بالقواطع المستخدمة.

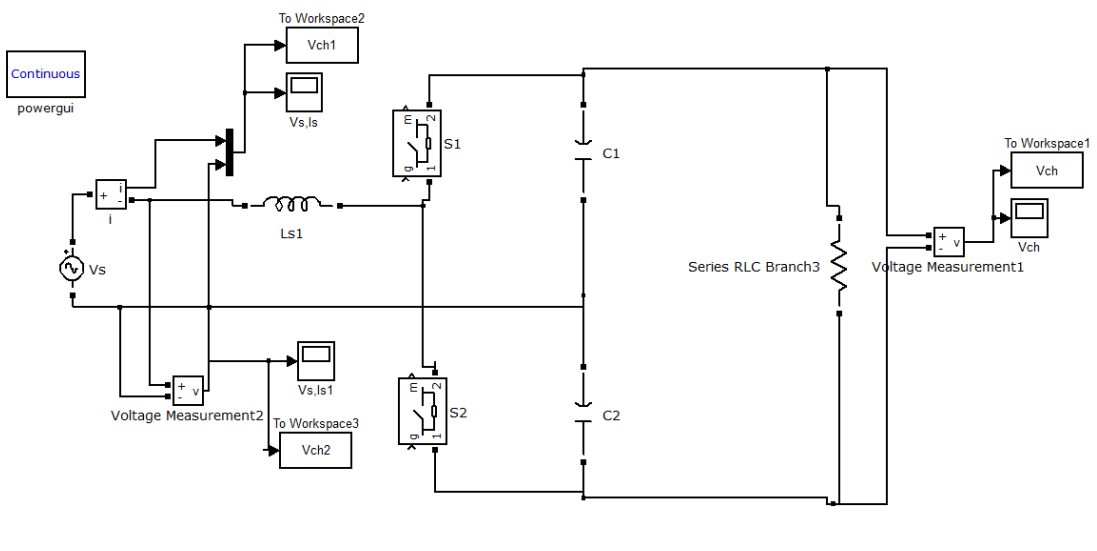
يمكن لمعامل الاستطاعة (PF) أن يكون وحيد في هذا النوع, لكن تكون الذاتية Lsاكبر من تلك المستخدمة مع الجسر الكامل.



الشكل (II-8): مقوم نصف متحكم فيه.

II-2-3 مقوم متحكم فيه مضاعف للجهد :

يبين الشكل (II-9) دارة المقوم المتحكم فيه (مضاعف الجهد) الذي يتكون من قاطعتين متحكم فيهما S_1 , S_2 ومكثفتين C1 , C2 , وذاتية L_S



الشكل (II-10): مقوم متحكم فيه مضاعف للجهد

في المقوم مضاعف الجهد المتحكم به موضح في الشكل (II-10), خلال النوبة الموجبة للجهد تعمل القاطعة S_2 وتيار الذاتية يتزايد, وعند فتح S_2 ينخفض التيار, بهذه الطريقة S_2 تشكل تيار المنبع خلال النوبة الموجبة, وبالمثل تعمل S_1 على تشكيل تيار المنبع خلال النوبة السالبة لـV_s.

وتكمن السلبية الأساسية في هذا النوع أن المكثفات الذاتية ذات حجم كبير, مقارنة مع المقوم المتحكم به ذو جسر كامل.

4-2 محاكاة لدارة مقوم ذو معامل استطاعة وحيد في برنامج (MATLAB/SIMULINK)

بعد التعرف على مختلف أنواع المقومات وتأثيرها على جهد المدخل ومعامل الاستطاعة (PF), وميزات وسلبيات هذه الأنواع, سنتطرق لاختيار المقوم المناسب الذي يحقق الأهداف المرغوبة في نظام تغذية (UPS).

بداية سنبين أهمية معامل الاستطاعة (PF)الوحيد التي تكمن في:

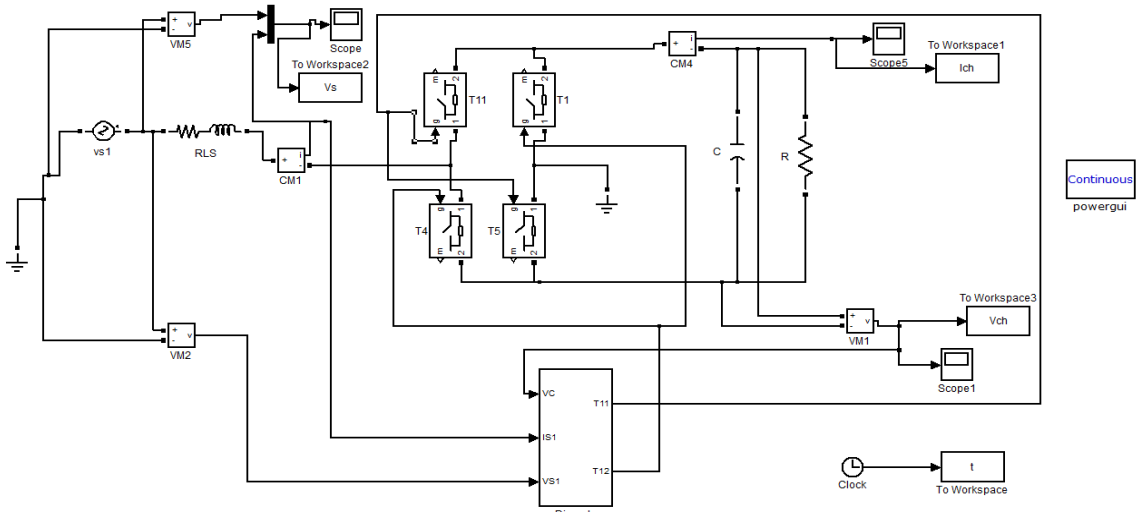
1. ارتفاع الاستطاعة الفعالة الممتصة من الشبكة على حساب الاستطاعة الغير فعالة .
2. تقليل ضياعات جول في الكابلات (التي تسبب ارتفاع درجة حرارة الكابلات).[4]
3. تقليل التيار الممتص من الشبكة.

لهذا هدفنا الرئيسي هو استعمال مقوم يعمل بمعامل استطاعة وحيديكون فيه تيار المدخل جيبي ومتزامن مع جهد الشبكة,يكون جهد المخرج لهذا المقوم جهد مستمر ذو قيمة متحكم فيها .

II -4-1 مخطط محاكاة مقوم متحكم فيه ذو جسر كامل

لتحقيق الأهداف السالف ذكرها استخدمنا مقوم متحكم فيه ذو جسر كامل قواطعه متحكم فيها في الغلق والفتح, حتى يمكننا من التحكم بقيمة جهد المخرج المستمر ويمكننا أيضا من التحكم بالتيار الممتص من المنبع بحيث يصبح متزامن مع جهد المدخل (معامل استطاعة وحيد).

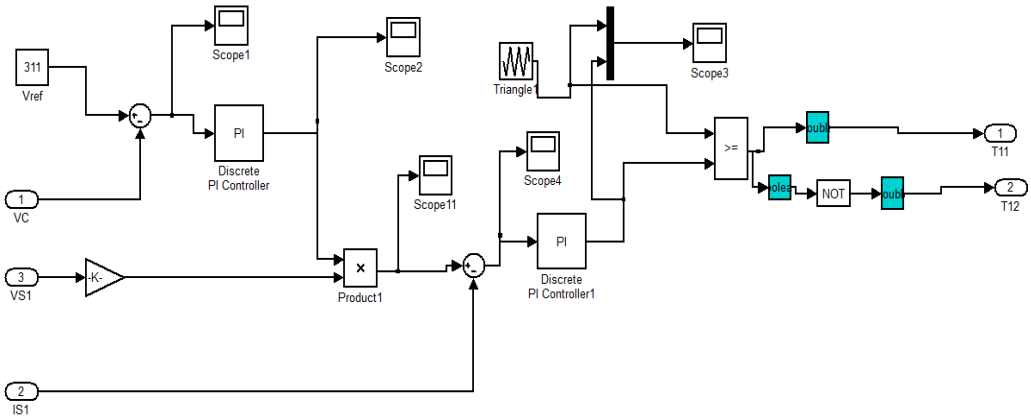
ويمثل الشكل (II -11) مخطط محاكاة دارة المقوم.



الشكل (II -11) يمثل محاكاة لدارة المقوم

يتكون مخطط المحاكاة في الشكل السابق من منبع جهد متناوب ذو قيمة فعالة (V220) مساوية لجهد الشبكة, وتردد (f=50Hz) مساوي لتردد الشبكة. بالإضافة إلى أربع قواطع متحكم فيها بالغلق والفتح , ومكثفة C, و ذاتية L_Sعند المدخل. كما نلاحظ وجود دارة التحكم في المقوم تسمح في التحكم بجهد المخرج و التيار الممتص من المنبع.

وفيما يلي يبين الشكل (II -12) طريقة التحكم بقيمة جهد المخرج وتيار المدخل كما يبين طريقة التحكم بالقواطع أيضا.



الشكل (II -13): مخطط لطريقة التحكم بالمقوم .

يتبين لنا من الشكل (II-13) ان القواطع المستخدمة متحكم فيها بتقنية تشكيل عرض النبضة (PWM), كما يبين طريقة التحكم بجهد مخرج المقوم, عن طريق مقارنة جهد مرجعي ثابت قيمته (311V) مع جهد مخرج المقوم, ومن ثم استخدام معدل (PI) لإلغاء الخطأ بينهما.وبذلك نكون ثبتنا جهد المخرج عند قيمة الجهد المرجعي المرغوب فيه بحيث انه لا يتاثر بحالات هبوط أو ارتفاع جهد المنبع.

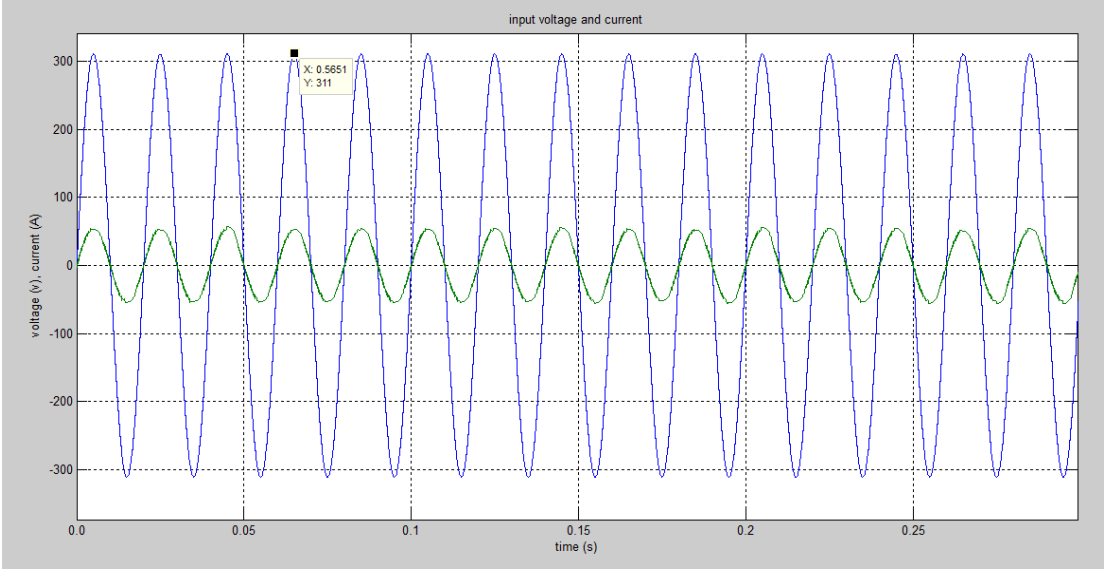
أما بالنسبة لدارة التحكم بالتيار استخدمنا تيار جيبي ذو سعة تساوي الواحد وتردد مساوي لتردد الشبكة تحصلنا عليه من قسمة جهد الشبكة على قيمته العظمى ($\frac{V_s}{V_m}$) ومن ثم ضربها بمخرج معدل الجهد, ثم قمنا بعد ذلك بمقارنة هذه الإشارة مع التيار الذي يسري في الدارة, وألغينا الخطأ بينهما عن طريق استخدام معدل (PI) .[4].

II -2-4 نتائج المحاكاة

وبعد الانتهاء من القيام بالمحاكاة لدارة المقوم تحصلنا على النتائج التالية:

1- تيار وجهد المدخل:

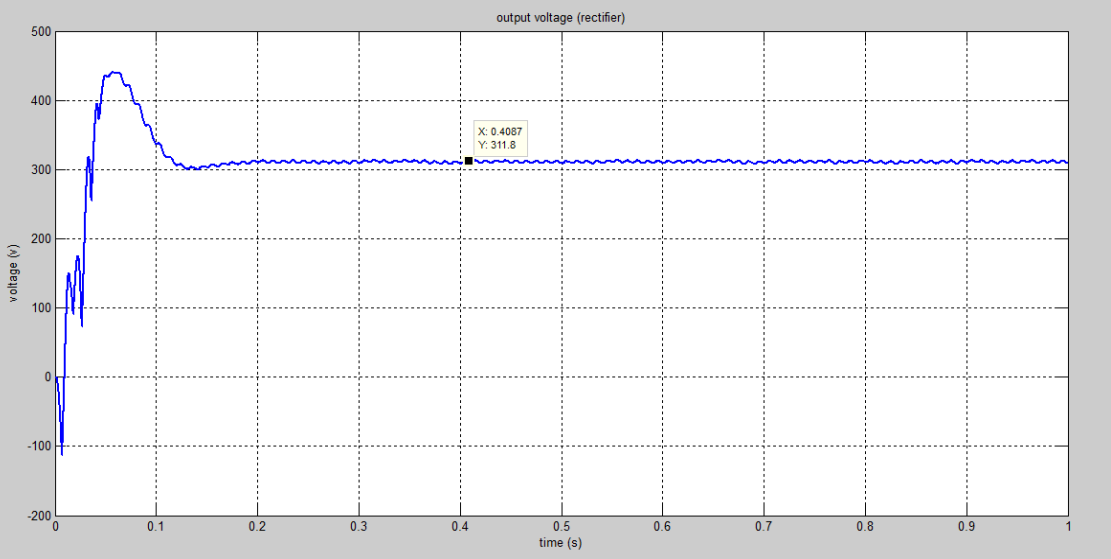
نلاحظ من الشكل (II -14)ان تيار المدخل جيبي ذو قيمة عظمى ثابتة كما نلاحظ انه متزامن مع جهد المدخل (على نفس الطور), وبهذا نضمن ان يكون معامل الاستطاعة وحيد.



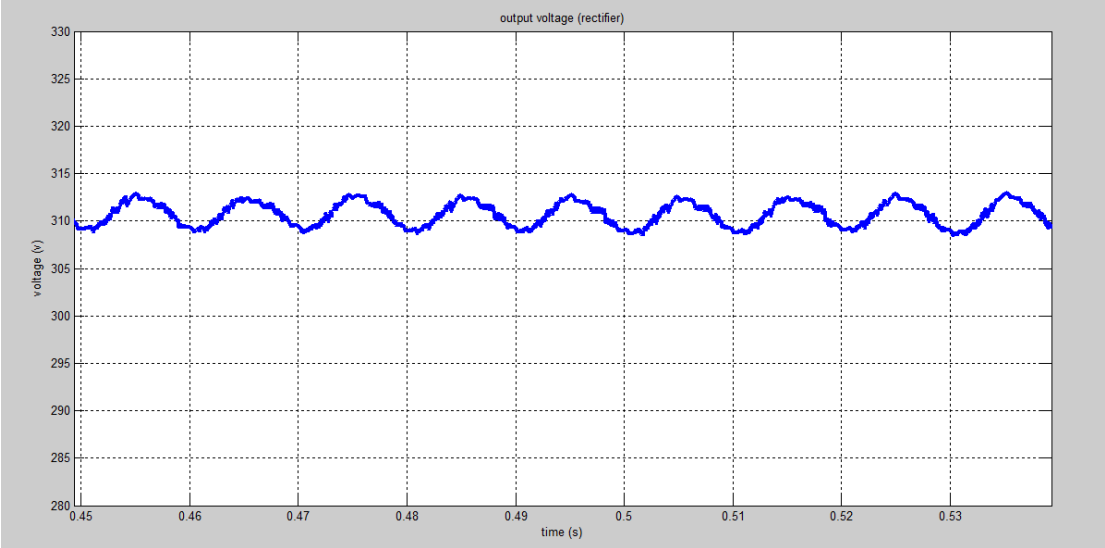
الشكل (II -14): جهد و تيار المدخل للمقوم.

3- جهد المخرج للمقوم

يبين لنا الشكل (II -15) جهد مخرج المقوم بحيث عملنا على اختيار قيمة المكثفة C حتى نقلل التموجات ما أمكن ($\frac{dV}{V} = \pm 1V$) بحيث اصبح شكل الجهد كما هو مبين في الشكل (ثابت عند قيمة 311V).



الشكل (II -15) جهد المخرج للمقوم .



الشكل (2-16) جهد مخرج المقوم

III-1 مقدمة

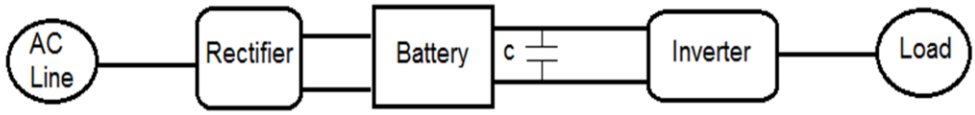
تعتبر البطارية العنصر الأهم في نظام (UPS) ، فان لم تعمل بشكل صحيح فان نظام (UPS) يفشل في تحقيق الغاية منه.

في الحقيقة تعتبر البطارية العنصر الاضعف في نظام (UPS)، بسبب حساسيتها ضد ظروف العمل غير المثالية مثل : ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة، أو زيادة الحمولة.

لكن المسالة الأهم في مجال تصميم نظام تغذية (UPS) بغض النظر عن التحكم في درجة الحرارة وغيرها، هي تنظيم عملية شحن وتفريغ البطارية بالشكل الصحيح.[1]

هناك طريقتين لعملية ربط البطارية مع (UPS) وهما:

1. ربط البطارية مباشرة مع مخرج المقوم على التوازي مع مكثفة مدخل المموج. ويوضح لنا الشكل (1-3) مخطط لكيفية ربط البطارية.



الشكل (III-1) مخطط ربط البطارية مع مخرج المقوم.

نلاحظ من الرسم السابق ان هذا التركيب هو الابسط، بحيث يعمل المقوم بدور شاحن البطارية مع الحفاظ على قيمة الجهد المستمر في مخرج المقوم.

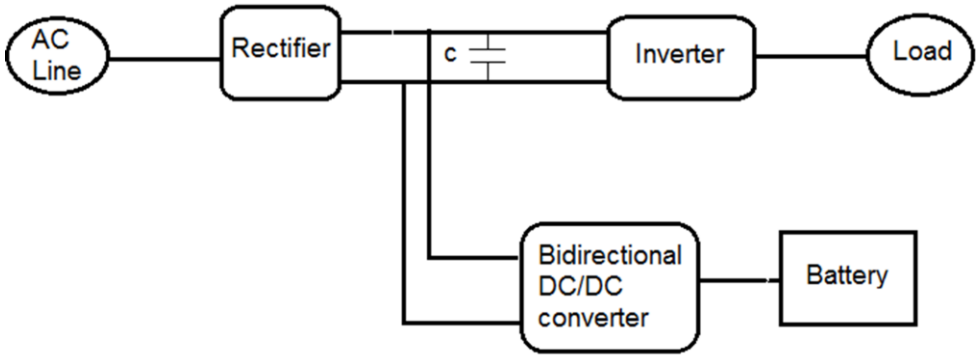
يظهر هذا التركيب بعض السلبيات الاساسية مثل الحجم، التكلفة، الكفاءة في العمل .

تعتبر مسألة تقليل الحجم وتقليل التكلفة لأقل ما يمكن، من أكثر المسائل أهمية في تطبيقات الاستطاعة المنخفضة مثل (الحاسوب الشخصي).[1]

اما المشكلة الأكبر هي قيمة الجهد المستمر المرتفعة في مخرج المقوم ، لذلك نحتاج لتقنيات وفريق مدرب لمراقبة البطارية.

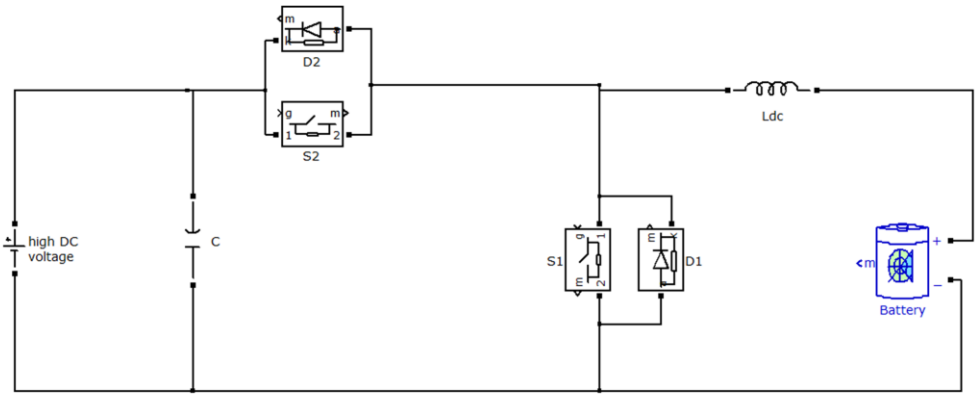
2. استخدام مطبر ثنائي الاتجاه (خافض- رافع):

بسبب المشاكل الناتجة عن الجهد المستمر المرتفع فاننا نستخدم حل أكثر شيوعا لربط البطارية مع نظام (UPS) و هو المطبر ثنائي الاتجاه .[1]ويوضح لنا الشكل (2-III) مخطط لكيفية ربط البطارية عن طريق مطبر ثنائي الاتجاه.



الشكل (2-III) ربط البطارية عن طريق مطبر ثنائي الاتجاه.

يعمل المطبر ثنائي الاتجاه على تخفيض الجهد المرتفع إلى قيمة جهد البطارية في مرحلة شحن البطارية (في حالة العمل الطبيعي) ، كما يعمل على رفع جهد البطارية المنخفض (خلال مرحلة العمل المساندة). يبين الشكل (3-III) دارة المطبر ثنائي الاتجاه.



الشكل (3-III) : دارة المطبر ثنائي الاتجاه.

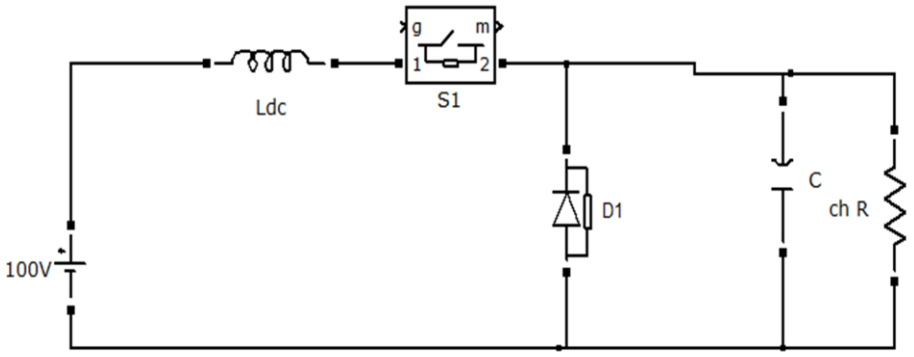
والجدير بالذكر هنا انه في المطبرات التي يكون فيها جهد المدخل ثابت، فإننا نتحكم بجهد المخرج عن طريق إحدى الطريقتين التاليتين: إما أن نغير نسبة تشغيل القواطع (وهي نسبة زمن الوصل (t_{on}) على زمن التبديل (T_s))، أو نثبت الدور ($T_s= t_{on}+t_{off}$) ونغير في تردد التبديل f_s باستخدام تقنية (PWM) .[3]

في بحثنا هذا سندرس نمطين لعمل تغذية (UPS) وهما : نمط العمل الطبيعي (حضور الشبكة)، والآخر نمط العمل المساند (غياب الشبكة). لذلك سندرس جزئي المطبر ثنائي الاتجاه (الخافض والرافع) كل واحد على حدى ، لتوضيح مبدأ عمل تغذية (UPS) في كلتا الحالتين (حضور وغياب الشبكة).

III-2 المطبر الخافض للجهد

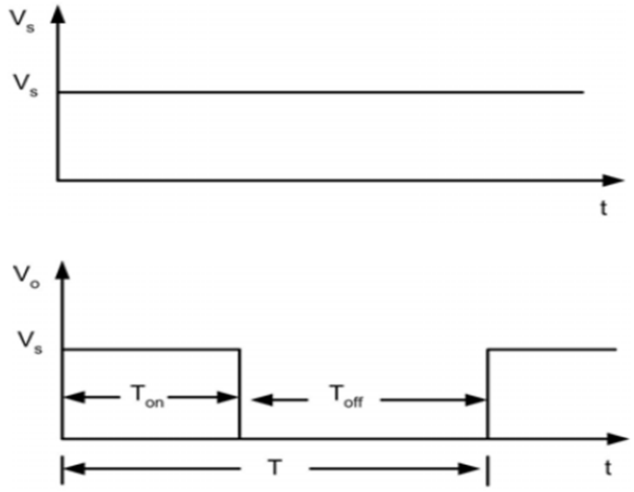
كما ذكرنا سابقا فإننا نحتاج لتخفيض جهد مخرج المقوم المستمر في حالة حظور الشبكة إلى قيمة جهد البطارية حتى نتمكن من شحنها بجهد منخفض لنتفادى مشاكل الجهد المرتفع المذكورة سابقا.

يبين لنا الشكل (III-4) دارة مطبر خافض يتكون من قاطعةS_1 متحكم فيها في الغلق والفتح ، وثنائية D_1، ومكثفة (C)، وذاتية (L_{dc}).



الشكل (III-4) : دارة مطبر خافض للجهد.

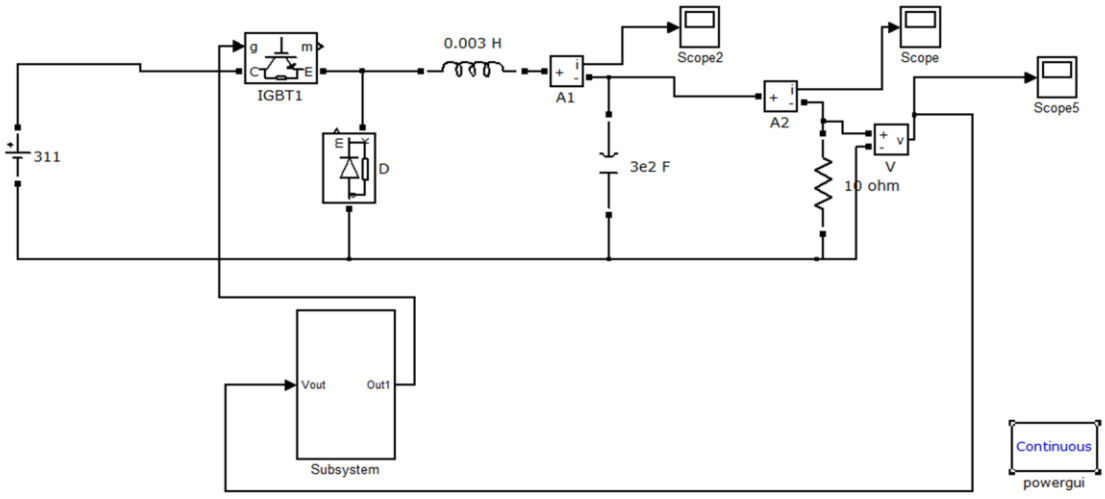
في المطبرات الخافضة للجهد تكون القيمة المتوسطة للجهد في المخرج أقل من جهد المدخل، أي أن نسبة تشغيل القاطعة D أقل من واحد[2].وعن طريق التحكم بفتح وغلق S_1 يعمل المطبر على تخفيض الجهد ($V_{Out}=D.V_{dc}$) .[1] ويبين الشكل (III-5) تاثير المطبر الخافض على جهد المدخل.



الشكل (3-5) :جهد مخرج مطبر خافض للجهد

III-2-1 المحاكاة لدارة المطبر الخافض للجهد في برنامج (MATLAB/SIMULINK)

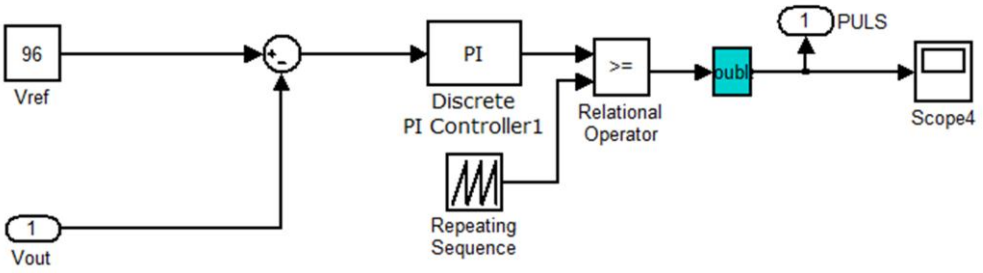
بعد دراستنا للمطبر الخافض للجهد قمنا بالمحاكاة لدارته في برنامج (SIMULINK) كما هو مبين في الشكل التالى:



الشكل (III -6) : مخطط لدارة المطبر الخافض للجهد .

يبين الشكل (III-6) دارة المطبر الخافض للجهد في برنامج (MATLAB/SIMULINK) ، بحيث تكون قيمة جهد المنبع المستمر (311V) وهي نفس قيمة جهد مخرج المقوم . ونستخدم قاطعة متحكم فيها حتى نخفض جهد المدخل إلى قيمة (96V) وهي مساوية لجهد البطارية لنتمكن من شحنها.

اخترنا قيمة المكثفة C بحيث تقلل التموجات في مخرج المطبر ما أمكن.
يتبين من الشكل ايضا دارة التحكم في جهد مخرج المطبر حتى يثبت عند قيمة (96V) ولا يتأثر بتغيرات جهد المدخل أو تغيرات الحمولة. كما هو مبين في الشكل (III-7).



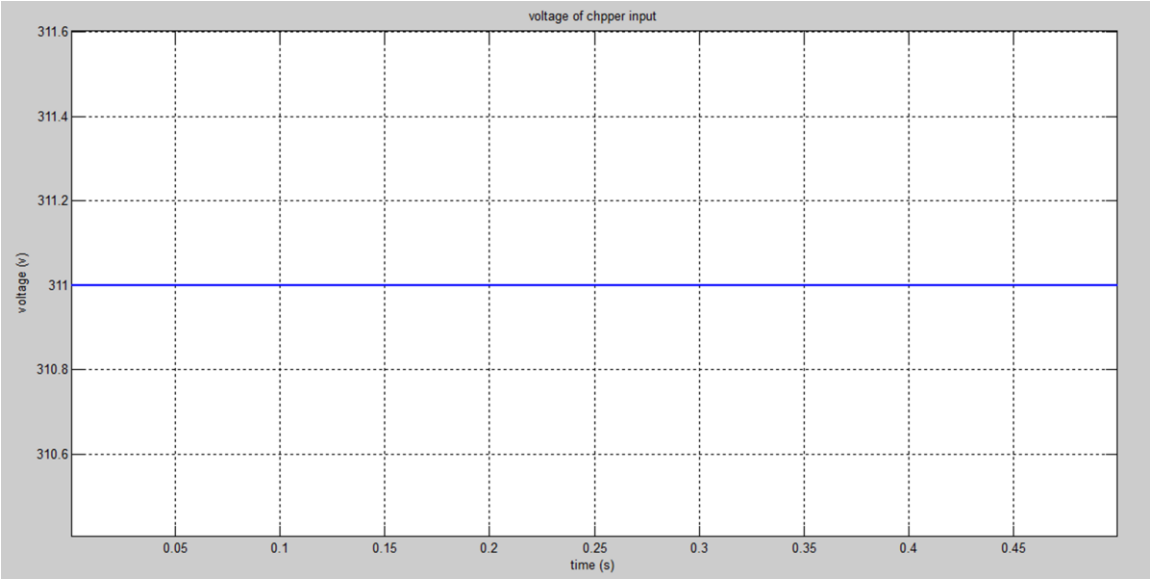
الشكل (III-7): دارة التحكم بجهد مخرج المطبر.

نلاحظ من الشكل (III-7) ان طريقة التحكم تعتمد على مقارنة جهد مخرج المطبر مع قيمة مرجعية وهي هنا (96V) وهي نفس قيمة جهد البطارية، وإلغاء الخطأ بينهما باستخدام معدل (PI).ومن ثم مقارنة مخرج المعدل مع إشارة مثلثية ذات تردد كبير، ومخرج المقارن يكون النبضات المستخدمة في التحكم بالقاطعة.

III-2-2 نتائج المحاكاة للمطبر الخافض

بعد الانتهاء من المحاكاة لدارة المطبر الخافض تحصلنا على النتائج التالية:

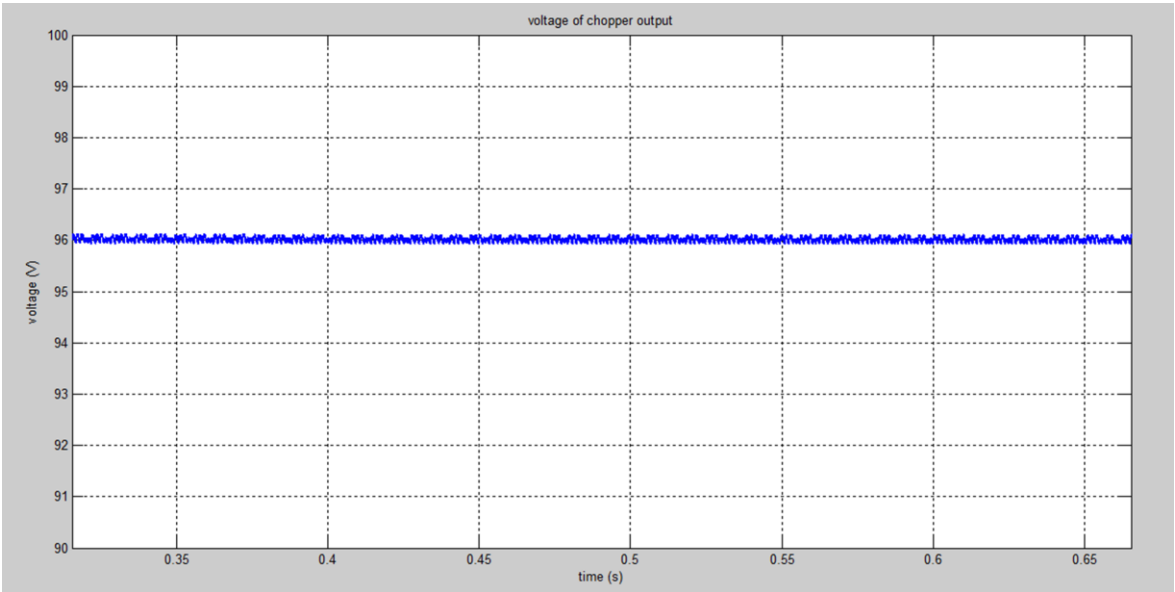
1- جهد المدخل : نلاحظ من الشكل (III-8) أن جهد المدخل للمطبر الخافض ذو قيمة (311V) وهي نفس قيمة مخرج المقوم.



الشكل (3-8): شكل جهد المدخل للمطبر الخافض.

2- جهد المخرج :

نلاحظ من الشكل (III-9) ان جهد مخرج المقوم ثابت عند قيمة (96V) وهي قيمة جهد البطارية.

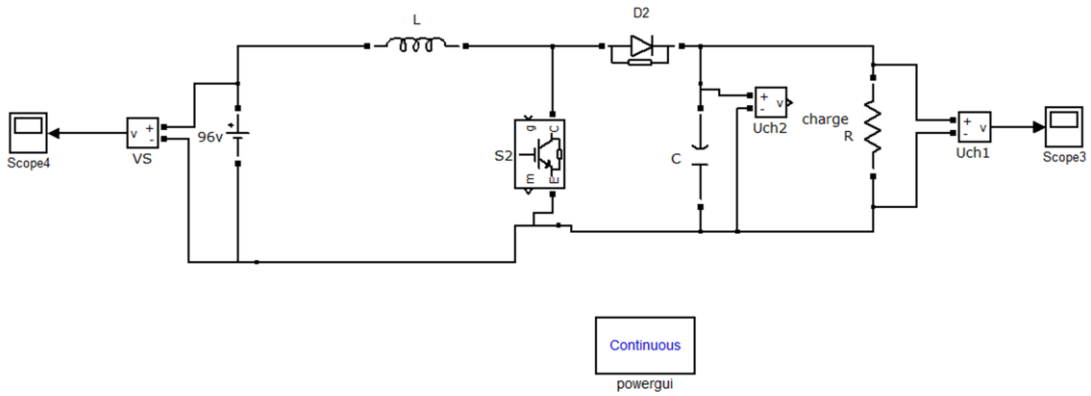


الشكل (III-9): جهد المخرج للمطبر الخافض.

III-3 المطبر الرافع للجهد:

نستخدم المطبر الرافع للجهد في حالة العمل المساندة (غياب الشبكة الكهربائية) لأننا نحتاج لرفع جهد البطارية المنخفض إلى قيمة تساوي قيمة جهد مدخل المموج (أو مخرج المقوم)في حالة العمل الطبيعية.

ويبين الشكل (III-10) دارة المطبر الرافع للجهد، الذي يتكون من قاطعة متحكم فيها في الغلق والفتح S_2 وثنائية D_2 ، ومكثفة C، وذاتية L.



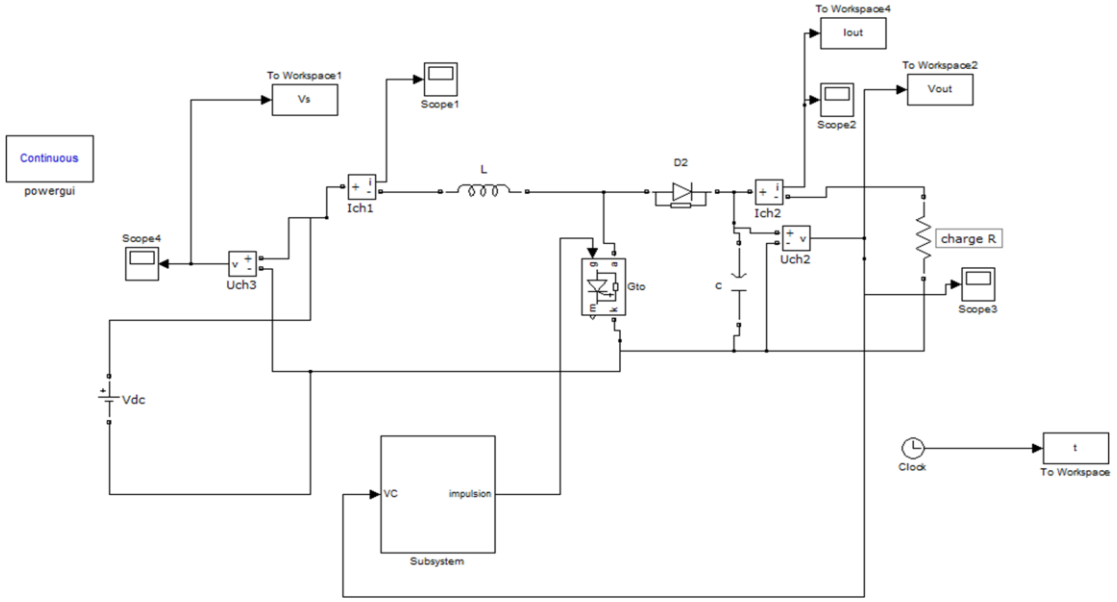
الشكل (III-10): دارة مطبر رافع للجهد.

من دارة المطبر الرافع الموضحة في الشكل،عندما يكون S_2 في حالة وصل (on)تشحن الذاتية L ، و عندما يكونS_2في حالة قطع (off) تحول الطاقة المخزنة في الذاتية إلى المخرج وبذلك نرفع جهد البطارية ($V_{out}= V_s / (1-D)$)[2].

تكون قيمة المكثفة C كبير حتى نقلل من تموجات جهد مخرج المطبر المستمر.

III-3-1 المحاكاة لدارة المطبر الرافع في برنامج (MATLAB/SIMULINK)

بعد دراسة المطبر الرافع للجهد نظريا قمنا بمحاكاة دارة المطبر في برنامج (SIMULINK) كما هو موضح في الشكل التالي.

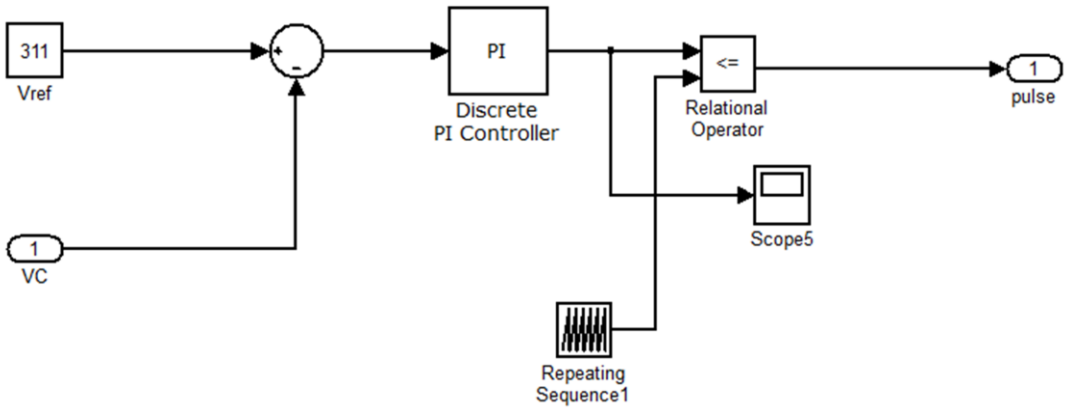


الشكل (III -11) : مخطط لدارة المطبر الرافع للجهد.

يبين الشكل (III-11) دارة المطبر الرافع للجهد في برنامج (MATLAB) ، بحيث تكون قيمة جهد المنبع المستمر (96V) وهي قيمة جهد البطارية. ونستخدم قاطعة متحكم فيها حتى نرفع جهد المدخل إلى قيمة (311V) وهي مساوية لجهد مدخل المموج أو (مخرج المقوم).

اخترنا قيمة المكثفة C بحيث تقلل التموجات في مخرج المطبر ما أمكن.

يتبين من الشكل أيضا دارة التحكم في جهد مخرج المطبر حتى يثبت عند قيمة (311V) ولا يتأثر بتغيرات جهد المدخل أو تغيرات الحمولة. كما هو مبين في الشكل (III-12).



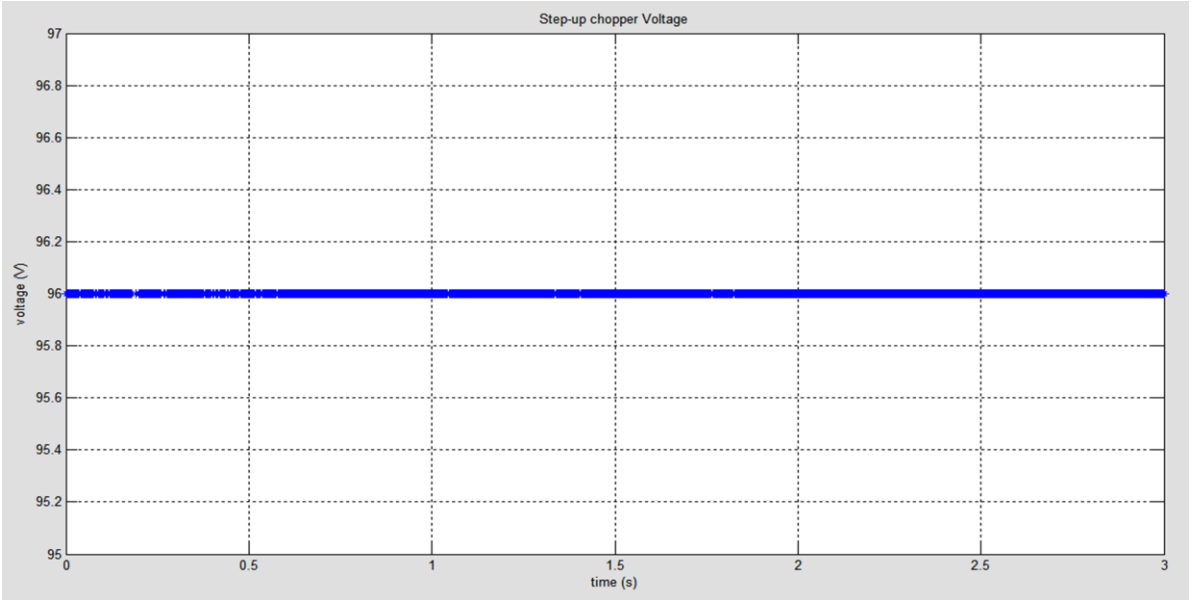
الشكل (III-12) دارة التحكم بالمطبر الرافع

3-3-2 نتائج المحاكاة

وبعد قيامنا بالمحاكاة لدارة المطبر تحصلنا على النتائج التالية:

1. جهد المدخل :

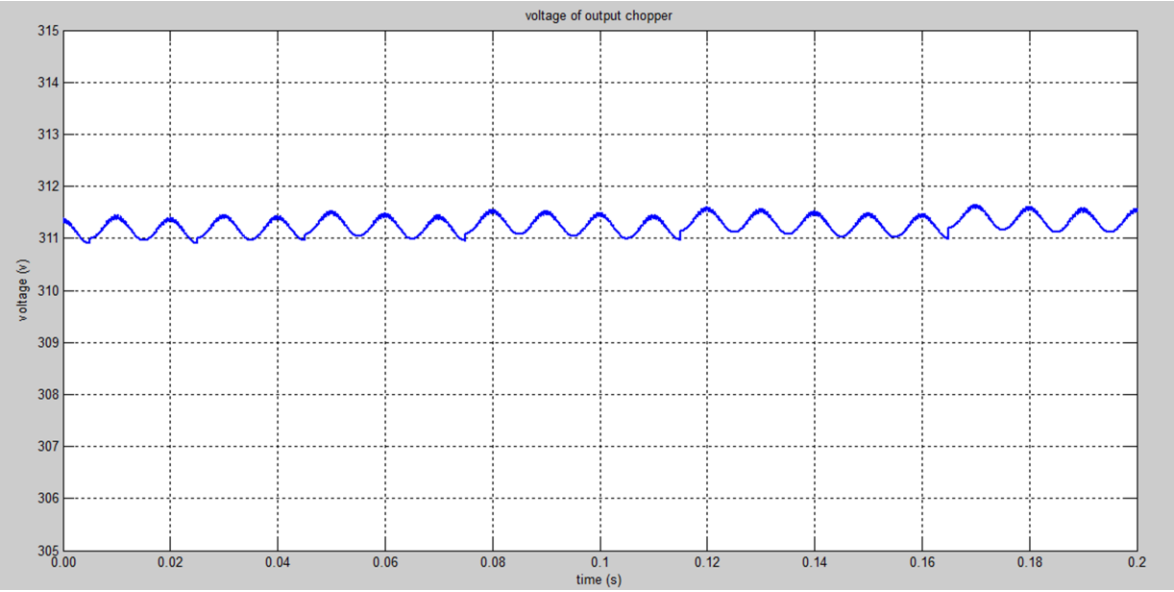
إن جهد المدخل للمطبر هو جهد مستمر ذو قيمة ثابتة (96V) وهذه القيمة تساوي جهد البطارية .



الشكل (III -13) : جهد مدخل المطبر الرافع .

2- جهد المخرج :

يتبين من الشكل (III -14) أن جهد المخرج للمطبر الرافع ذو قيمة ثابتة (311V) وهي نفس قيمة مدخل المموج.



الشكل (III -14) : جهد المخرج للمطبر.

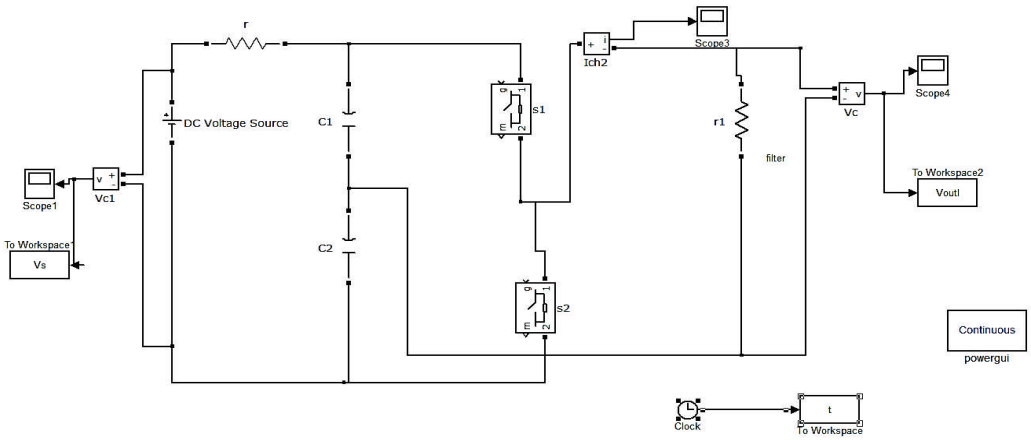
1-IV مقدمة

تستخدم المموجات لتحويل الجهد المستمر إلى جهد متناوب ذو سعة و تردد (f) مساويان لسعة وتردد الشبكة, ولهذا يعتبر المموج عنصر اساسي ومهم جدا في نظام تغذية (UPS) لانه يمكننا من تغذية الحمولة بجهد جيبي خال من التوافقيات . ولتحقيق ذلك نوصل مرشح (Filter) مكون من مكثفة ووشيعة (LC) للتخلص من التوافقيات غير المرغوب فيها.

وسنتعرف في هذا الجزء من البحث على مختلف أنواع المموجات احادية الطور والتي تنقسم إلى نوعين اساسيين : مموج ذو نصف جسر ومموج ذو جسر كامل.

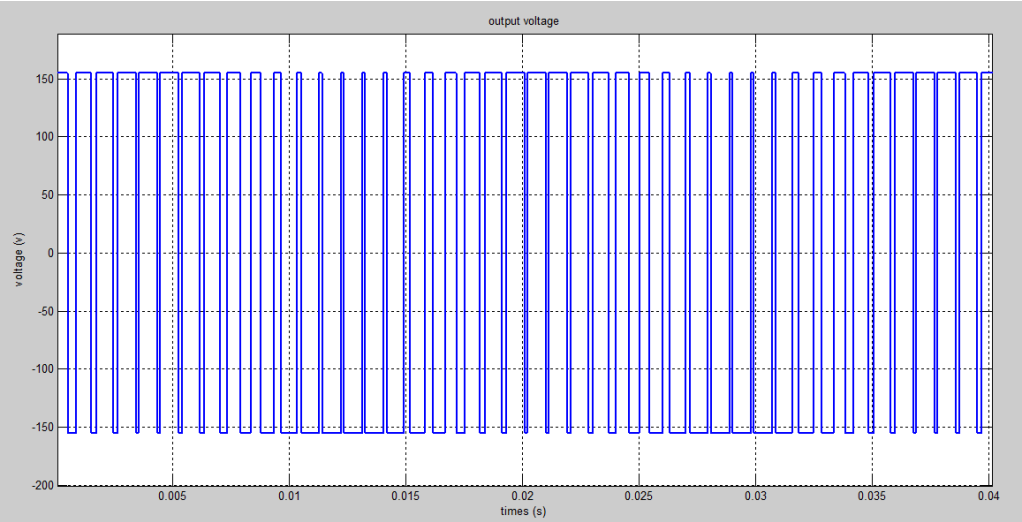
2-IV مموج ذو نصف جسر :

يبين الشكل (1-III) دارة مموج ذو نصف جسر الذي يتكون من مكثفتين (C_1,C_2)مربوطتين على التسلسل وقاطعتين (S_1,S_2) متحكم فيهما مربوطتين على التسلسل ايضا.



الشكل (1-IV) : دارة مموج ذو نصف جسر.

يقسم جهد المدخل V_{dc} بالتساوي على المكثفتين (C_1,C_2) عن طريق فتح وغلق القاطعتين (S_1,S_2), ويكون الجهد المطبق على الحمولة $V_{dc}/2$ أو $-V_{dc}/2$, أي انه عندما تعمل القاطعة S_1يطبق جهد مقداره $V_{dc}/2$ أما عندما تعمل القاطعةS_2يكون مقدار الجهد المطبق على الحمولة مساوي $-V_{dc}/2$. كما هو موضح في الشكل (2- IV)



الشكل (IV-2): جهد مخرج المموج.

تعتبر الميزة الاساسية لمموج نصف جسر قلة عدد القواطع المتحكم فيها المستخدمة وهذا يعني انه اسهل في التحكم.

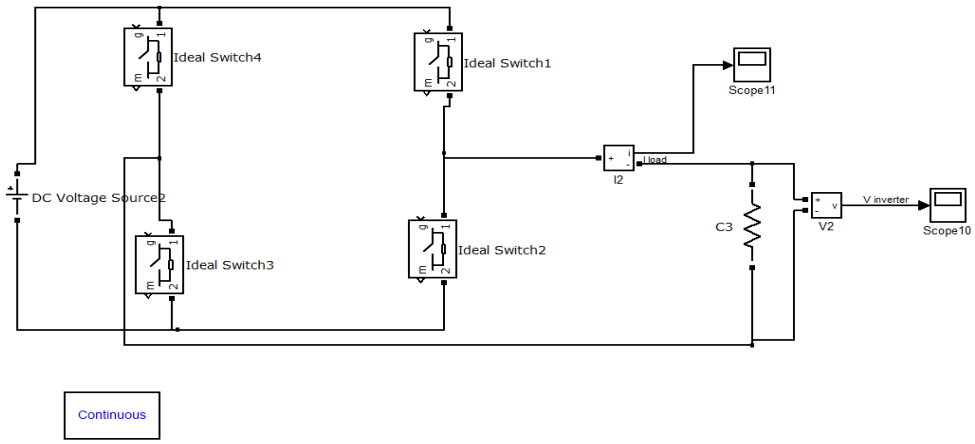
اما السلبيات التي تظهر في هذا النوع هي:

1. المموج ذو نصف جسر يعتبر قاسم للجهد أي ان جهد المخرج يساوي نصف جهد المدخل.
2. نوع (PWM) الذي يمكن ان يطبق عليه هي (bipolar PWM) وهذا يعني مرشح اكبر في المخرج.

وبسبب السلبيات المذكوة للمموج ذو نصف جسر تنحصر تطبيقاته في تطبيقات الاستطاعة المنخفضة.

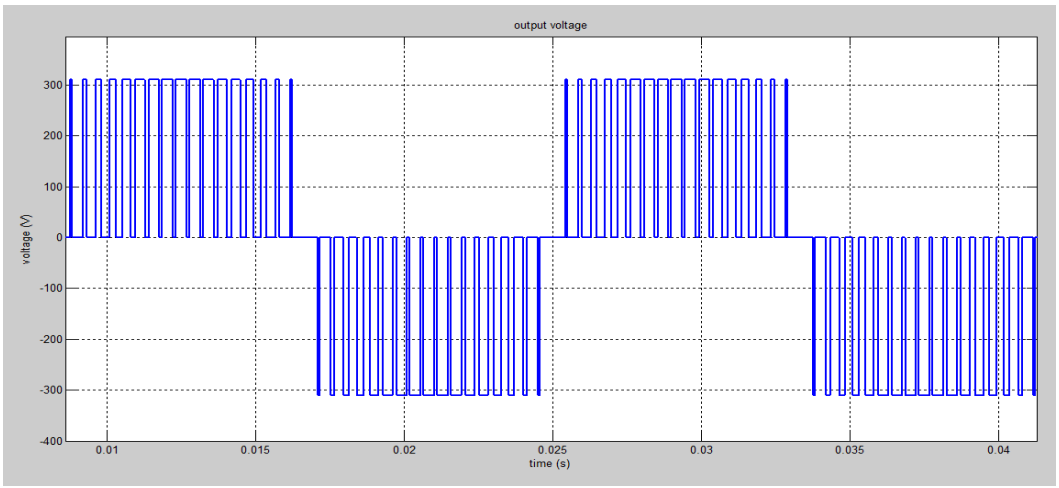
IV-2 مموج ذو جسر كامل :

يوضح الشكل (IV -3) دارة لمموج ذو جسر كامل الذي يتكون من اربع قواطع متحكم فيها (S_1,S_2,S_3,S_4)كل زوج منها مربوط على التسلسل, ومكثفة C عند المدخل.



الشكل (IV -3): دارة مموج ذو جسر كامل .

عن طريق التحكم بفتح وغلق القواطع فان جهد المخرج للمموج يتراوح مابين $-V_{dc}$ 0 V_{dc}, هذا يعني انه عندما يعمل S_1,S_2 يكون الجهد المطبق على الحمولة يساوي V_{dc} , اما عندما يعمل S_3,S_4يطبق جهد قيمته $-V_{dc}$, ولكن عندما يعمل S_1,S_3, أو S_2,S_4 يكون الجهد مساوي للصفر. كما هو موضح في الشكل (IV -4)



الشكل (IV -4): جهد مخرج المموج ذو جسر كامل.

3-IV تقنية تشكيل عرض النبضة (PWM):

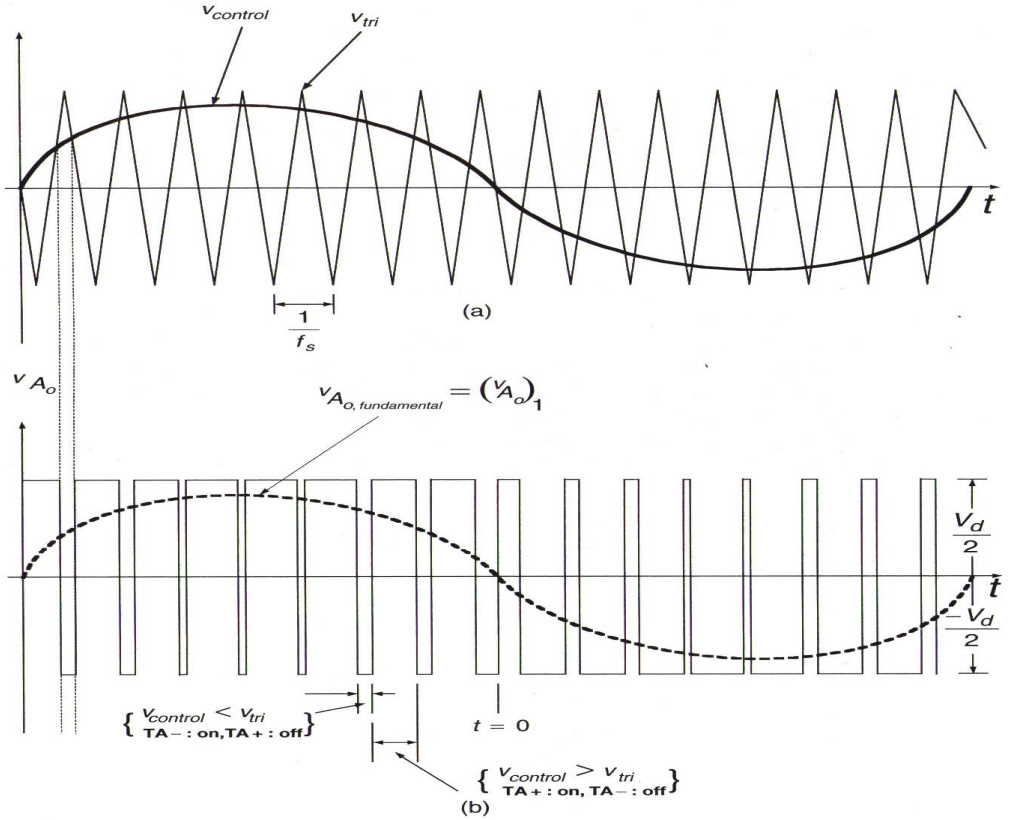
في تقنية تشكيل عرض النبضة (PWM) يعتمد جهد المخرج على نسبة اشتغال القواطع و قيمة جهد المدخل المستمر, وبما ان جهد المدخل المستمر V_{dc}ذو قيمة ثابتة فان الطريقة الوحيدة للتحكم بجهد المخرج هي تغيير نسبة اشتغال القواطع المستخدمة.[1]

ولتحقيق ذلك نستخدم تقنية (PWM) بحيث تمكننا من الحصول على جهد جيبي ذو قيمة وتردد متحكم فيهما, عن طريق مقارنة إشارة جيبية ذات تردد مرغوب فيه , مع إشارة مثلثية ذات تردد كبير جدا (الحامل).[3]

تنقسم (PWM)الجيبية إلى نوعين اساسين وهما (bipolar , unipolar) وسنتعرف على كل نوع على حدى .

bipolar PWM 1-3-IV

يبين الشكل (IV -5) شكل الموجات المستخدمة في هذا النوع.



الشكل(IV -5): إشارة جيبية مع إشارة مثلثية ذات تردد عالي.

قبل التطرق لتوضيح مبدأ عمل تقنية (PWM) سنتعرف على بعض المفاهيم الاساسية المرتبطة بهذا الموضوع مثل :

- **الإشارة المثلثية (V_{tri})**: تردد الإشارة مساوي لتردد تردد تبديل القواطع (f_s), وهذا الأخير يتحكم بفتح وغلق القواطع.وعموما تكون هذه الإشارة ذات قيمة عظمى وتردد ثابتين.[3]

- **الإشارة المرجعية ($V_{control}$)**: تستعمل لتغيير نسبة اشتغال القواطع وتكون ذات تردد مساوي لتردد الشبكة (f_1) . أي القيمة المرغوب فيها لتردد المركبة الاساسية في المخرج.
وهذا يدل على ان جهد المخرج ليس جيبي تماما ولكنه يحتوي على توافقيات من مضاعفات (f1).

- النسبة بين (V_{tri}) و ($V_{control}$) وهذا المقدار يعرف بـ (m_a) وهو ذو اهمية كبيرة في تغيير جهد وتردد المخرج.

$\hat{V}_{control}$: تمثل القيمة العظمى للاشارة الجيبية .

$\hat{V}_{tri}$: القيمة العظمى للاشارة المثلثية.

تكون قيمة (m_a) اقل من 1 حتى تكون العلاقة خطية مابين تردد المركبة الاساسية في المخرج و طويل(قرينة التضمين)

- النسبة بين تردد التبديل (f_s) و تردد المركبة الاساسية (f_1) :

وبالتالي إذا طبقنا هذا النوع على المموج ذو جسر كامل فان القواطع متحكم فيها عن طريق المقارنة ما بين (V_{tri}) و ($V_{control}$) .

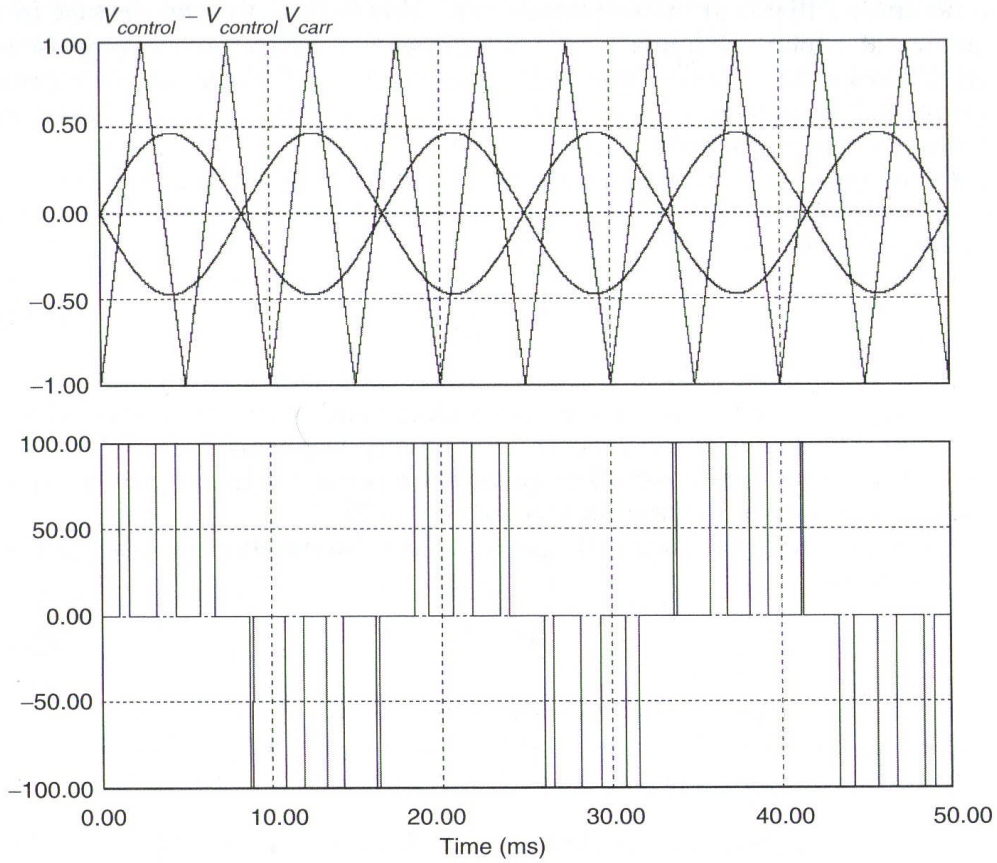
لذلك فان جهد المخرج للموج يتغير بالشكل التالي:

$V_{control}>V_{tri}$: S_1,S_2:on and S_3,S_4 :off

$V_{control}<V_{tri}$: S_1,S_2:off and S_3,S_4 :on

unipolar PWM 2-3-IV

يوضح الشكل (IV -6) الموجات المستخدمة في هذا النوع



الشكل (IV -6) الموجات المستخدمة في (unipolar PWM)

كما يظهر في الشكل فان الإشارة الجيبية $V_{control-1}$ تستخدم للتحكم في القاطعتين S_1,S_3 اما الإشارة $V_{control-2}$ تستخدم للتحكم بالقاطعتين S_2,S_4. هذا يعني ان (unipolar) يتحكم في فرعي المموج في ان واحد.[3]

في (unipolar) جهد المخرج يتغير ما بين (V_{dc})و 0 و ($-V_{dc}$)على عكس(bipolar) الذي يتغير الجهد فييه ما بين (V_{dc})و ($-V_{dc}$) , ونتيجة لذلك فان التوافقية ذات الدرجة الاكبر تكون قيمتها في (unipolar) اقل منها في (bipolar) وهذا يعني مرشح اصغر في المخرج وكفاءة أعلى في العمل.

بالرجوع إلى دارة المموج ذو جسر كامل وطبقنا عليه (unipolar PWM)للتحكم بالقواطع المستخدمة فيه.فاننا نتحصل على ما يلي:

$V_{control-1}>V_{tri}$: S_1 :on and S_4 :off

$V_{control-1}<V_{tri}$: S_4 :on and S_1 :off

$V_{control-2} > V_{tri}$: S_3 :on and S_2 :off

$V_{control-2} < V_{tri}$: S_2 :on and S_3 :off

IV -4الترشيح (filtrage)

شكل موجات الجهد في مخرج مموج متحكم فيه يتغير بواسطة تقنية تشكيل عرض النبضة (PWM)**,** ومن أجل تقليل التوافقيات في هذه الموجات سيتطلب استخدام مرشح.

من بين كل الانواع المختلفة للمرشحات, فان مرشح من نوع (low-pass)المبين في الشكل التالي كافي للموج الذي استعملناه بحيث يلغي التوافقيات ذات رتبة اقل من .[15,91]

الذاتية في المرشح تحتوي على مقاومة داخلية صغيرة, نهملها عموما في الحسابات.

$$F(j\omega) = \frac{\frac{1}{jc\omega}}{jL\omega + \frac{1}{jc\omega}} = \frac{1}{1 - Lc\omega^2}$$

$$\left|F(j\omega)\right| = \frac{1}{\left|1-\Omega^2\right|} \quad avec \ \ \Omega = \omega\sqrt{Lc}$$

حتى لا يؤثر المرشح على سعة الموجات في مخرج المموج يجب ان تكون

$$\left|F(j\omega)\right| = 1$$

ومنه:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{2Lc}}$$

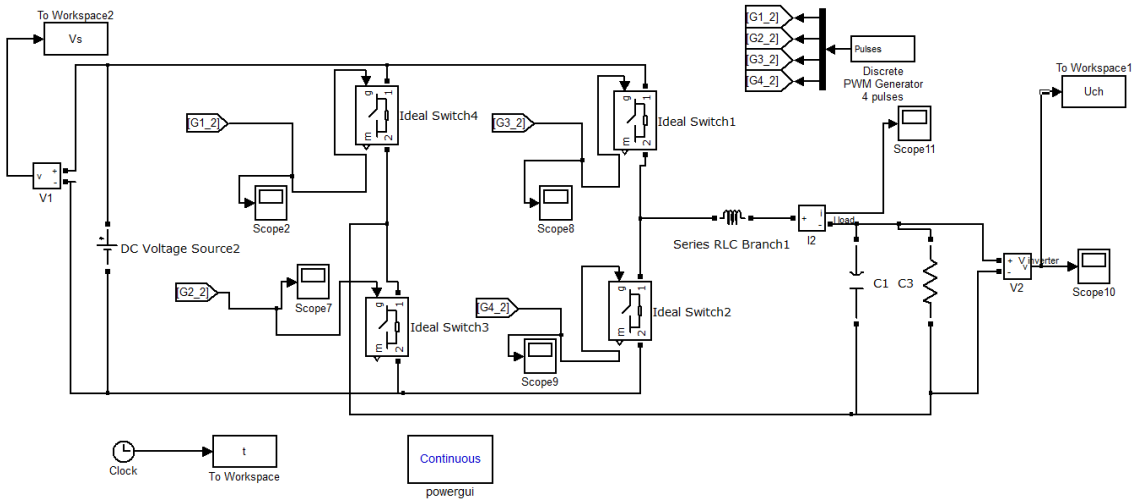
بحيث نختار قيمة **fc** حتى لا تؤثر على تردد المركبة الاساسية(fundamental frequency)

IV-5المحاكاة لدارة المموج بواسطة برنامج (MATLAB/SIMULINK)

سنعمل في هذا الجزء من الفصل على القيام بمحاكاة لدارة المموج من نوع جسر كامل.

IV-5-1 مخطط المحاكاة لدارة المموج

ويمثل الشكل (IV -7) مخطط لدارة مموج ذو جسر في برنامج (MATLAB/SIMULINK), الذي يتكون من أربع قواطع متحكم فيها بالغلق والفتح , ونتحكم بهذه القواطع بتقنية(PWM) من نوع (unipolar).



الشكل (IV -7): مخطط لدارة المموج في (MATLAB/SIMULINK)

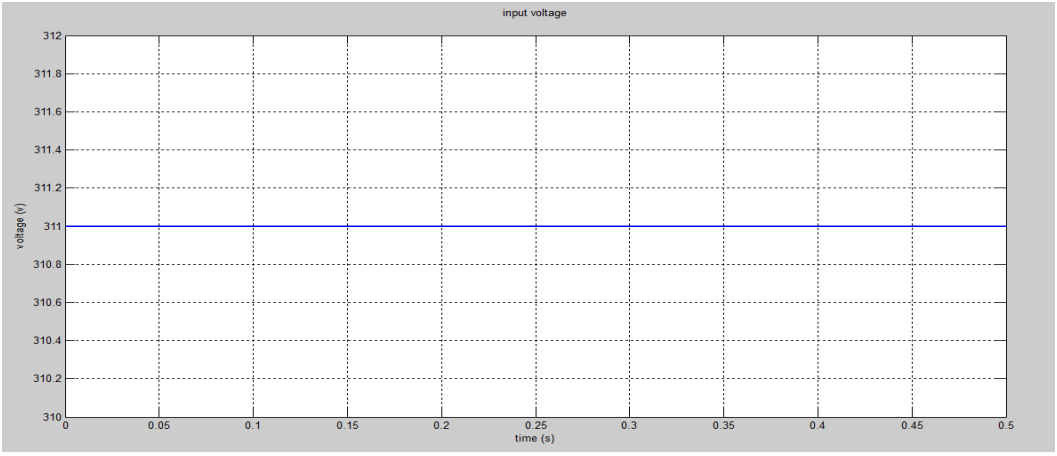
الهدف من المموج المبين في الشكل (IV -7) هو إنتاج جهد جيبي ذو قيمة عظمى وتردد مساويين لجهد الشبكة, حتى نتمكن من تغذية أي حمولة تعمل بجهد الشبكة.

IV-5-2 نتائج المحاكاة

وبعد الانتهاء من المحاكاة تحصلنا على النتائج التالية :

1- جهد المدخل للموج :

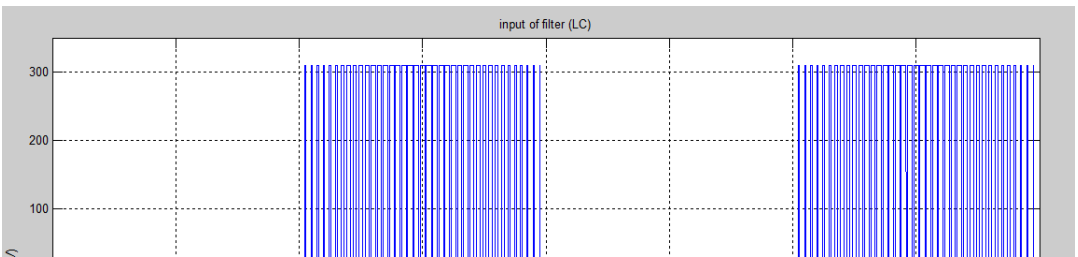
كما يتبين من الشكل التالي ان جهد مدخل المموج ذو قيمة ثابتة تساوي (311V), وهي قيمة جهد مخرج المقوم.



الشكل (IV -8): شكل جهد مدخل المموج المستمر .

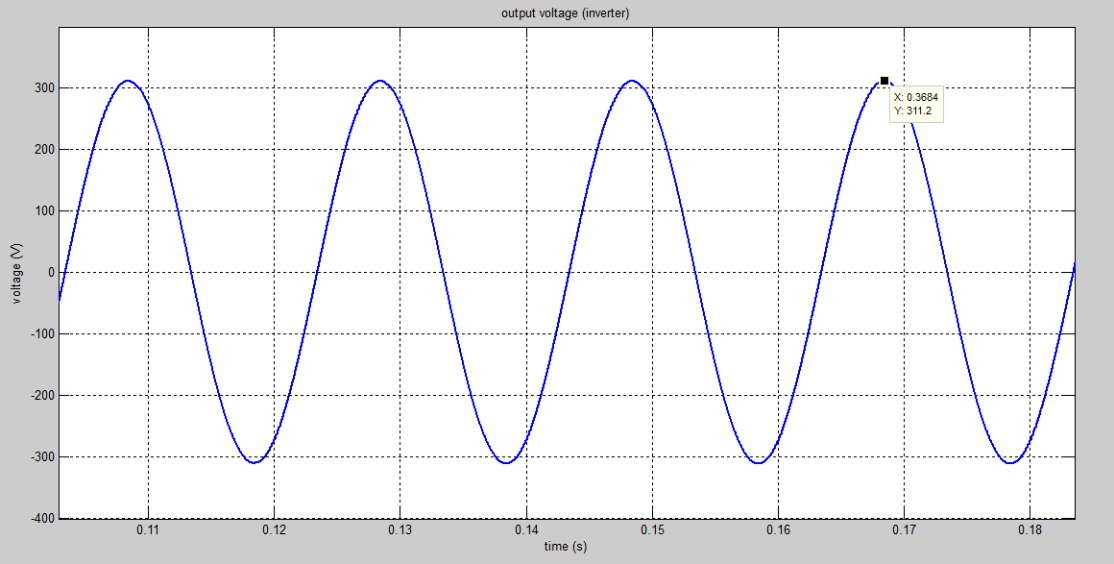
2- جهد مخرج المموج (قبل الترشيح)

يتبين من الشكل التالي ان جهد مخرج المموج قبل الترشيح جهد المخرج يتغير ما بين (V_{dc})و 0 و ($-V_{dc}$) .



3- جهد المخرج للمموج (بعد الترشيح)

نلاحظ من الشكل (IV -9) ان جهد مخرج المموج جيبي ذو قيمة عظمى (311V) وهي مساوية للقيمة العظمى لجهد الشبكة الكهربائية, الذي يمكننا من تغذية الحمولة .



الشكل (IV -9): منحنى جهد المخرج للمموج .

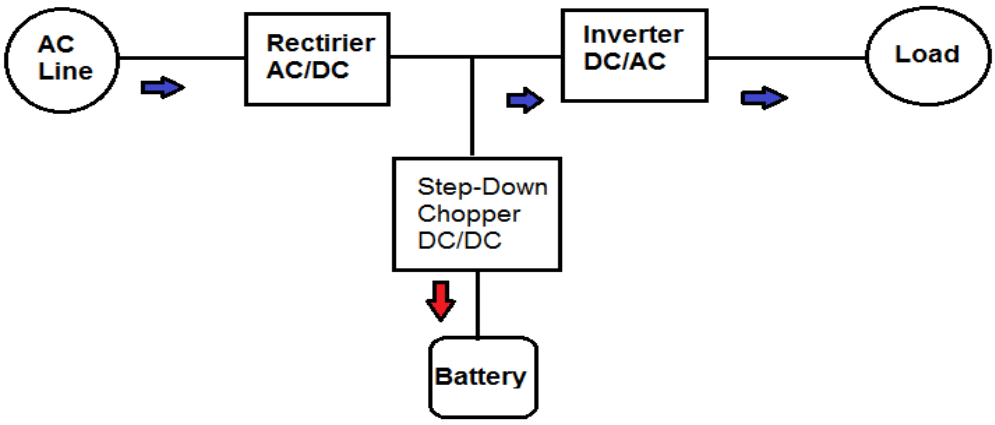
V-1 مقدمة

بعد الانتهاء من عمل محاكاة لمختلف طوابق (المقلبات الالكترونية) التغذية غير المتقطعة في الفصول السابقة, سنعمل في هذا الفصل على ربط هذه المقلبات مع بعضها لتوضيح مبدأ عمل التغذية (UPS) في حالتي حضور وانقطاع الشبكة, وبعد ذلك سنعمل على تحليل ومناقشة مختلف نتائج هذه المراحل.

V-2الدارة الكلية لتغذية (UPS) في حالة حضور الشبكة

في هذه الحالة تكون التغذية الاساسية للحمولة من الشبكة الكهربائية, لذلك نستغل حضور الشبكة في الاستعداد إلى حالة العمل المساند (شحن البطاريات).

بداية يوضح لنا الشكل (V-1) مراحل ربط المقلبات الالكترونية المستخدمة في هذه المرحلة وهي (المقوم, والمموج, والمطبر الخافض للجهد)بالإضافة إلى البطارية.

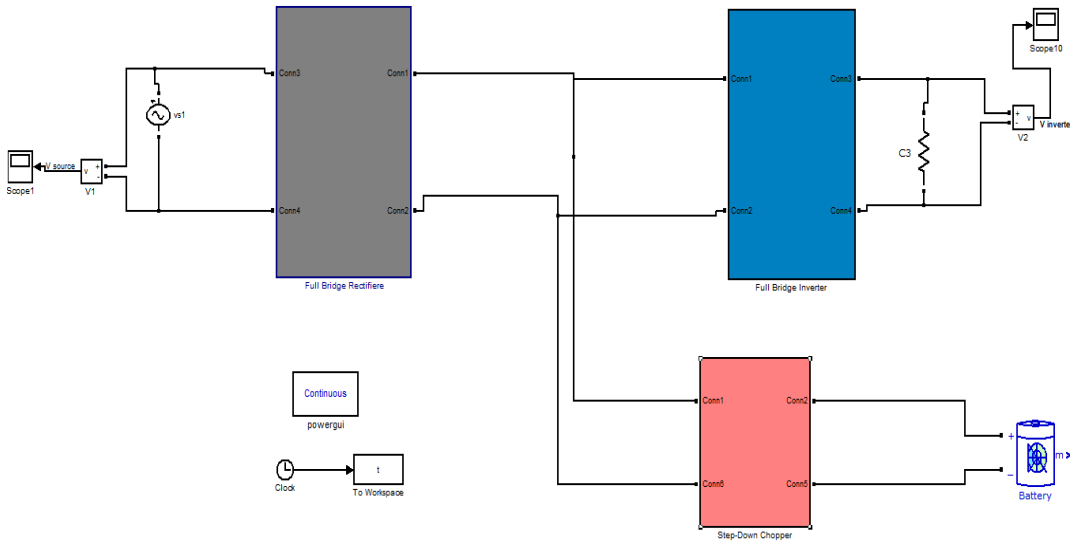


الشكل (V-1) : مخطط توضيحي لعملية ربط المقلبات الالكترونية .

هدفنا الرئيسي في هذه المرحلة هو تغذية الحمولة بطاقة ذات جودة عالية (خالية من التوافقيات) بالإضافة إلى شحن البطارية لاستعمالها في حالة انقطاع الشبكة (الحالة المساندة),كما هو موضح في الشكل (V-1), وهذا يتم عن طريق تقويم جهد الشبكة الكهربائية المتناوب , ومن ثم استعمال الجهد المستمر الناتج في مخرج المقوم في تغذية الحمولة عبر مموج, وتخفيض قيمة هذا الجهد المستمر لشحن البطاريات استعدادا لحالة العمل المساندة من جهة أخرى.

يبين الشكل (V-2) المخطط الكامل لمحاكاة دارة التغذية (UPS) باستخدام برنامج (MATLAB/SIMULINK), كما نلاحظ من الشكل أننا قمنا بربط المقوم بالشبكة الكهربائية لتقويم جهد الشبكة , ومن ثم قمنا بربط مخرجه مع مموج لتغذية الحمولة من جهة, ثم بمطبر خافض للجهد لنتمكن من شحن البطارية.

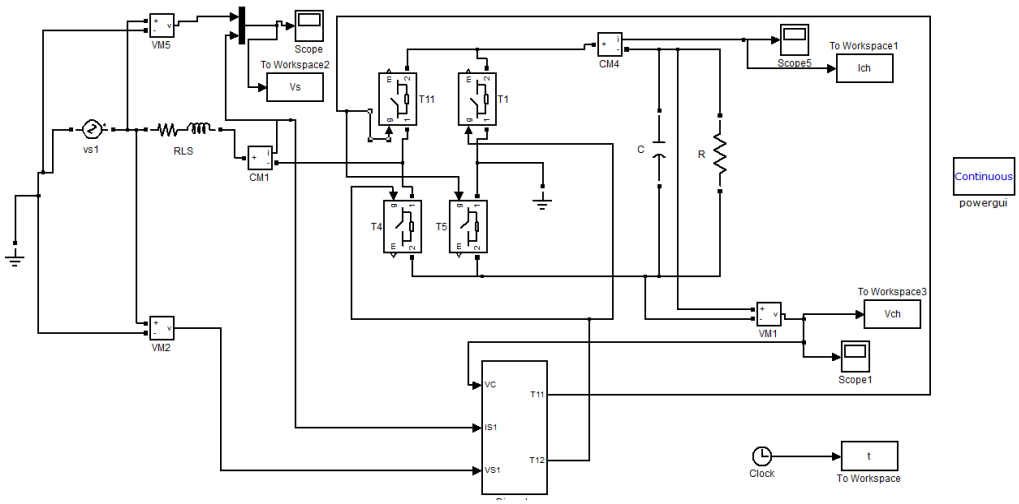
كما نلاحظ من الشكل أن مخطط المحاكاة لدارة التغذية (UPS) يتكون من ثلاثة أنظمة فرعية (Subsystems) والتي تحتوي على المقلبات الالكترونية المستعملة في دارة التغذية.(المقوم, المطبر الخافض, المموج) . وفيما يلي سنوضح كل مقلب على حدى مع مراحل ربطه مع المقلبات الأخرى.



الشكل (V-2): مخطط محاكاة دارة التغذية (UPS) في حالة حضور الشبكة.

V-2-1 المقوم :

انطلاقا من قيم المركبات التالية (L_S=0.006 H) , (C=0.005 F) , (V_S=311*sin(wt)) قمنا بالمحاكاة لدارة المقوم المبينة في الشكل (V -3):

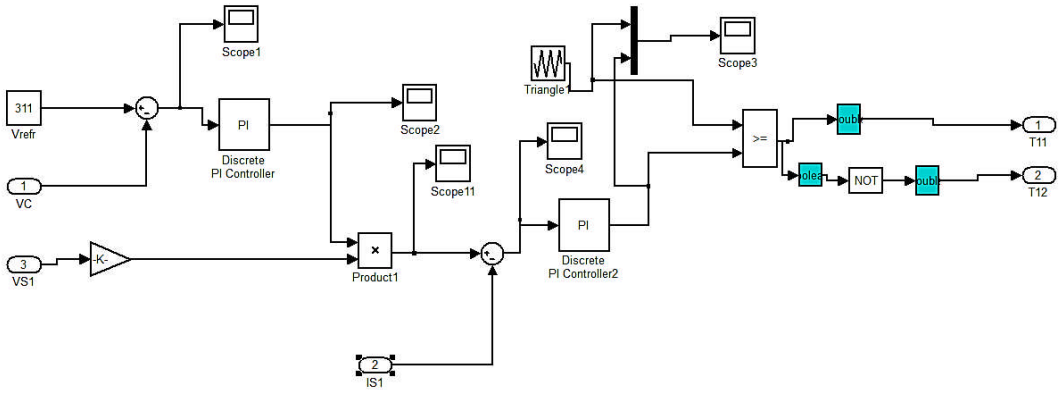


الشكل (V -3) : مخطط المحاكاة لدارة المقوم.

تكمن الأهدافالمطلوبة من المقوم فيإنتاج جهد مستمر في المخرج, متحكم به عند قيمة مرغوب فيها حتى نتفادى أي تغيرات في جهد المدخل, و أن يكون التيار الممتص من الشبكة جيبي وعلى نفس الطور مع جهد الشبكة (أيأن يعمل المقوم بمعامل استطاعة وحيد).

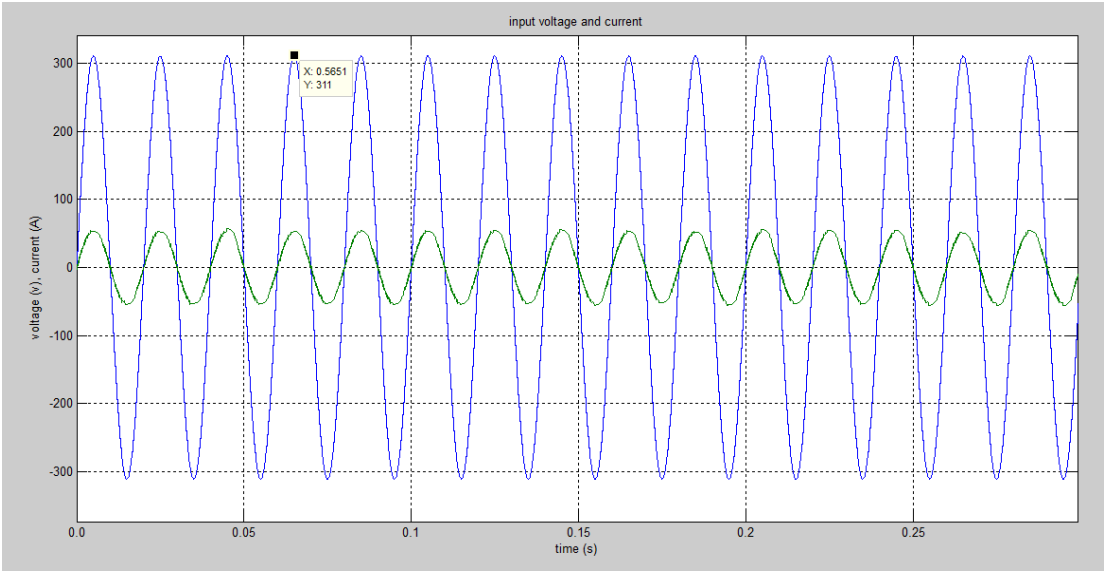
لتحقيق هذه الأهداف اخترنا مقوم ذو جسر كامل يحتوي على 4 قواطع متحكم فيها بتقنية تشكيل عرض النبضة (PWM), كما أننا تحكمنا بالجهد عن طريق مقارنة جهد مخرج المقوم مع جهد مرجعي ذو قيمة ثابتة مرغوب فيها (311V), واستخدمنا معدل (PI) لإلغاء الخطأ ما بينهما.

كما نعلم أن جهد الشبكة جيبي تعطى قيمته بالعلاقة ($V_s = V_m . \sin(\omega t)$) , لنتحصل على إشارة جيبية مرجعية سعتها تساوي 1 وبنفس تردد الشبكة, قمنا بضرب جهد الشبكة بثابت قيمته ($\frac{1}{V_m}$), ثم قمنا بضرب هذه الإشارة بمخرج معدل الجهد (PI) , بعد ذلك قمنا بمقارنة هذه الإشارة بالتيار الذي يسري في الدارة, وألغينا الخطأ بينهما باستخدام معدل (PI), من اجل الحصول على معامل استطاعة وحيد. [4] . كما هو موضح في الشكل (V -4) .



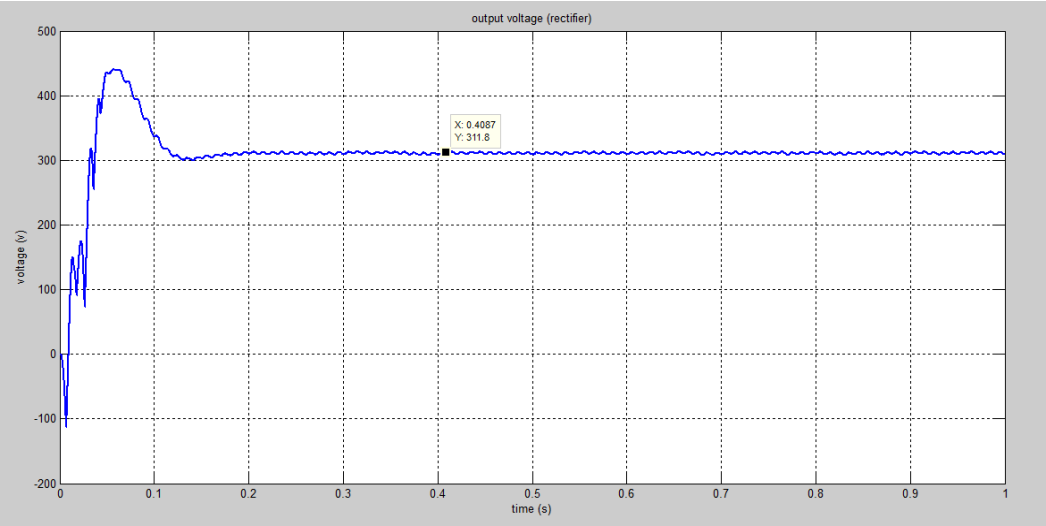
الشكل (V -4) : مخطط لطريقة التحكم بالمقوم.

وفيما يلي النتائج المحصلة من المحاكاة لدارة المقوم , حيث يبين الشكل (V -5) موجات جهد وتيار المنبع, نلاحظ أن جهد المنبع جيبي ذو سعة ثابتة قيمتها (311V) , كما أن التيار الممتص من الشبكة جيبي ومتزامن مع الجهد . وهذا يعني أن معامل الاستطاعة وحيد لهذا المقوم.

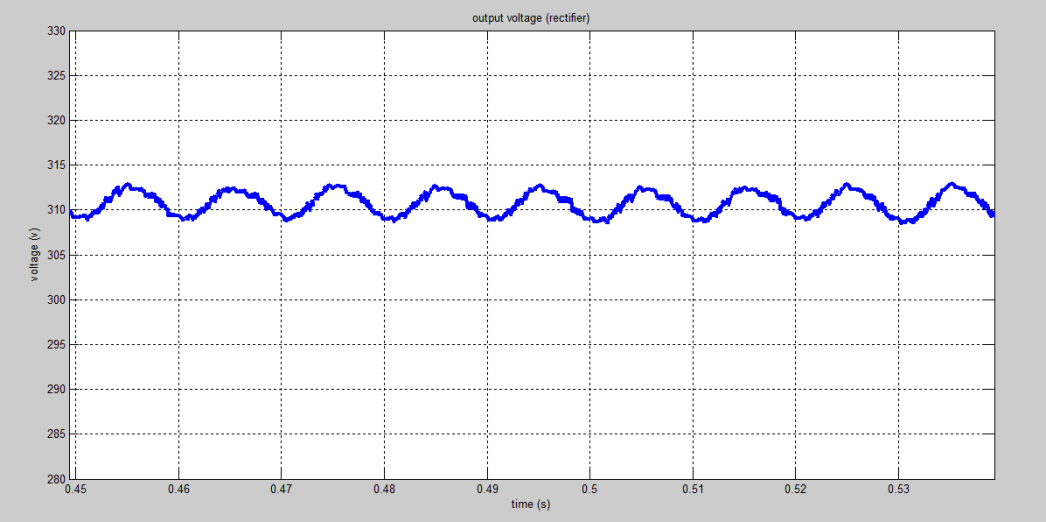


الشكل (V -5) : موجات جهد الشبكة والتيار الممتص من الشبكة.

نحصل في مخرج المقوم على جهد مستمر ذو قيمة ثابتة عند (311V), لكن تحتوي إشارة الجهد على بعض التموج تتعلق سعتها بقيمة المكثفة (مرشح جهد المخرج المستمر). لذا تكون قيمة المكثفة كبيرة حتى نتمكن من تقليل هذه التموج ما أمكن. يبين الشكل(V -6) جهد مخرج المقوم.



الشكل (A-6-V) :جهد مخرج المقوم

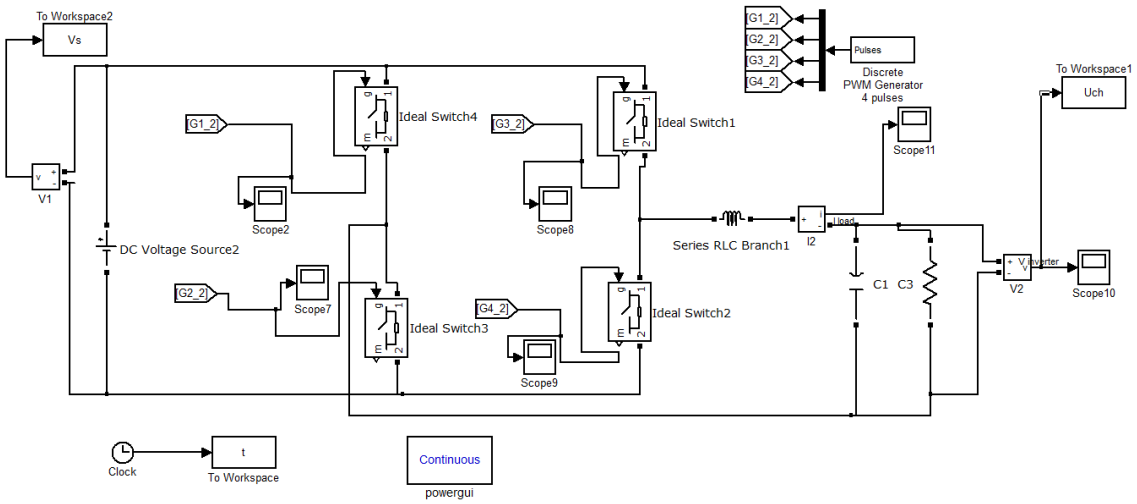


الشكل (B-6-V) : تكبير لجهد مخرج المقوم.

V-2-2 المموج :

بعد الانتهاء من عمل محاكاة لدارة المقوم, سنقوم بربطه مع المموج حتى نحصل في المخرج على جهد جيبي متزامن مع جهد الشبكة, ذو قيمة عظمى وتردد مساويين لجهد الشبكة لتغذية الحمولة.

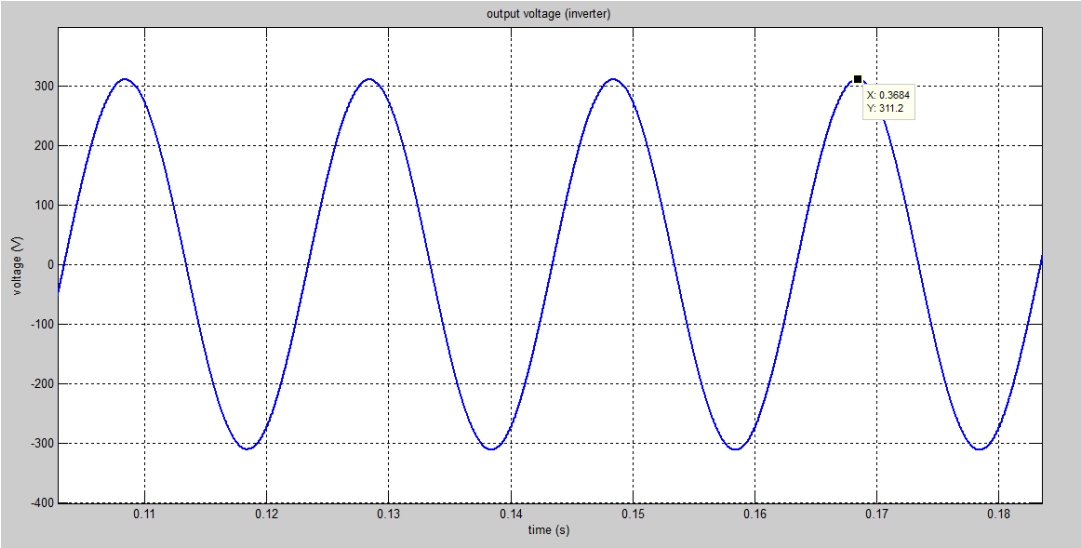
انطلاقا من قيم المركبات التالية ($L=1.4*10^{-2}$ H) , (C=0.0006 F) , (V_{dc}=311V) قمنا بالمحاكاة لدارة المموج المبين في الشكل (V -7)



الشكل (V -7): مخطط لدارة المموج في (MATLAB/SIMULINK)

المموج جسر يحتوي على أربع قواطع متحكم فيها بتقنية تشكيل عرض النبضةالجيبية (PWM).

ويبين الشكل (V-8) جهد مخرج المموج

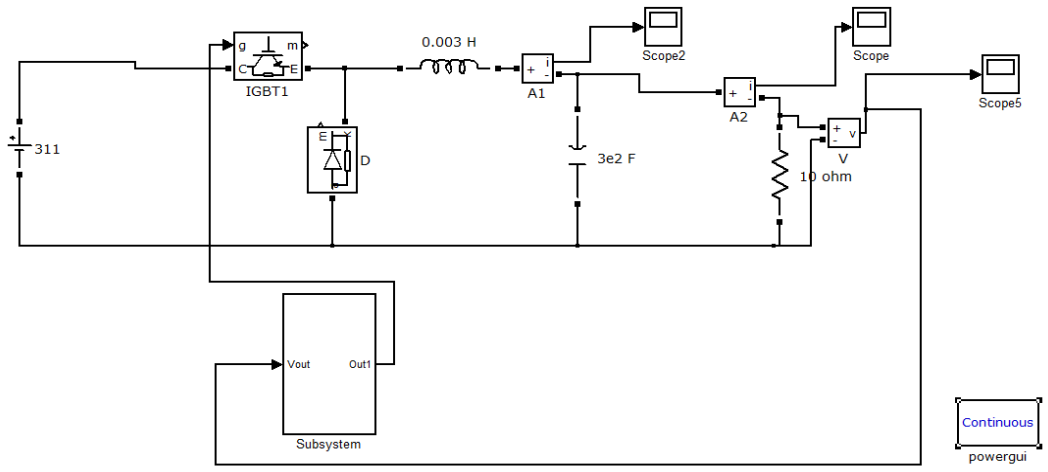


الشكل (V -8) موجات جهد مخرج المموج

نلاحظ من الشكل (V -8) أن جهد مخرج المموج جيبي ذو سعة ثابتة مساوية لسعة جهد الشبكة

3-2-V المطبر الخافض للجهد :

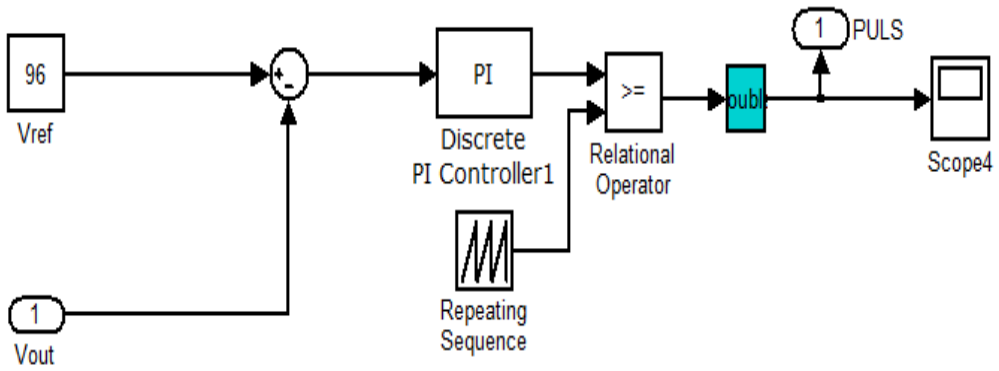
انطلاقا من القيم التالية (V_{dc}=311V) , (C=0.004 F) , (L=0.003 H) قمنا بالمحاكاة لدارة المطبر المبين في الشكل (V -9)



الشكل (V -9): مخطط المحاكاة لدارة المطبر الخافض

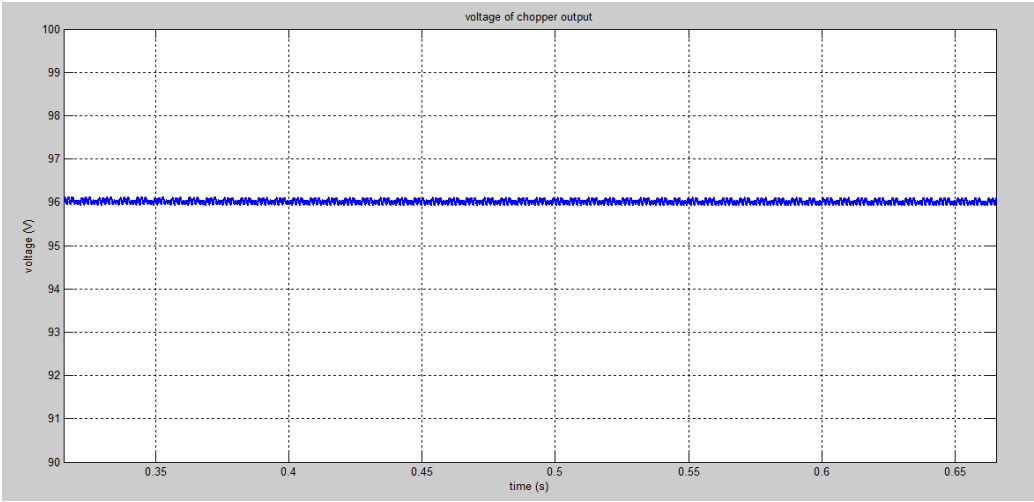
وبعد الانتهاء من عملية الربط بين المقوم والممولج, قمنا بالمحاكاة لمطبر خافض للجهد, دوره الرئيسي هو تخفيض جهد مخرج المقوم المستمر من قيمته (311V) إلى جهد البطارية المنخفض (96V) حتى نتمكن من شحن البطارية في هذه المرحلة (حضور الشبكة) استعدادا لحالة العمل المساندة (غياب الشبكة).

يبين الشكل أيضا دارة التحكم في جهد مخرج المطبر حتى يثبت عند قيمة (96V) ولا يتأثر بتغيرات جهد المدخل أو تغيرات الحمولة. كما هو مبين في الشكل (V -10). حيث قمنا بمقارنة جهد مخرج المطبر مع جهد مرجعي ثابت (96V), وإلغاء الخطأ بينهما باستخدام معدل (PI).ومن ثم مقارنة مخرج المعدل مع إشارة مثلثية ذات تردد كبير, ومخرج المقارن يكون النبضات المستخدمة في التحكم بالقاطعة.



الشكل (V -10): دارة التحكم في المطبر الخافض.

يبين الشكل (V -11) جهد مخرج المطبر الخافض, نلاحظ أن قيمة الجهد ثابتة عند (96V) لشحن البطارية .

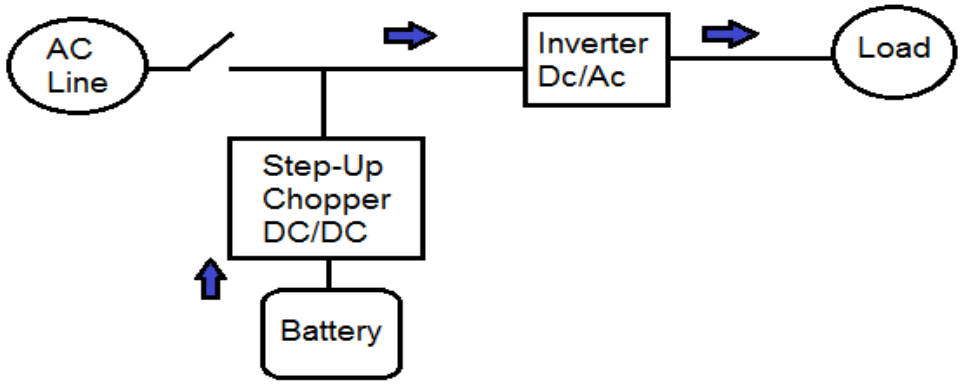


الشكل (V -11) جهد مخرج المطبر الخافض

3-V الدارة الكلية لتغذية (UPS) في حالة انقطاع الشبكة

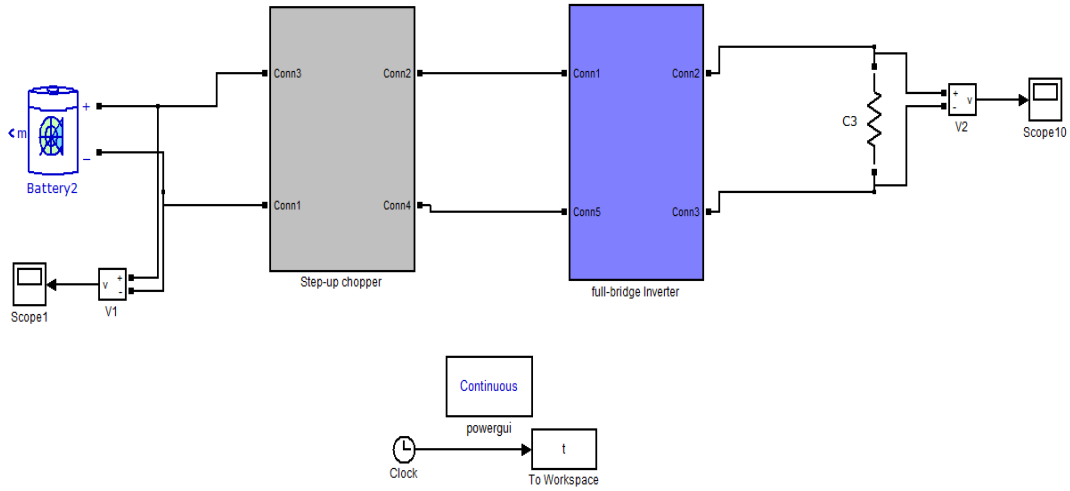
هدفنا الرئيسي في حالة انقطاع التغذية من الشبكة الكهربائية هو تغذية الحمولة بجهد جيبي, لذلك نحتاج لرفع جهد البطارية التي تعتبر منبع التغذية الرئيسي في هذه المرحلة, من ثم استخدام المموج لنتمكن من تغذية الحمولة بجهد جيبي.

يمثل الشكل التالي مخطط توضيحي للمقلبات المستخدمة في تغذية (UPS) في حالة غياب الشبكة الكهربائية وكيفية الربط فيما بينها.



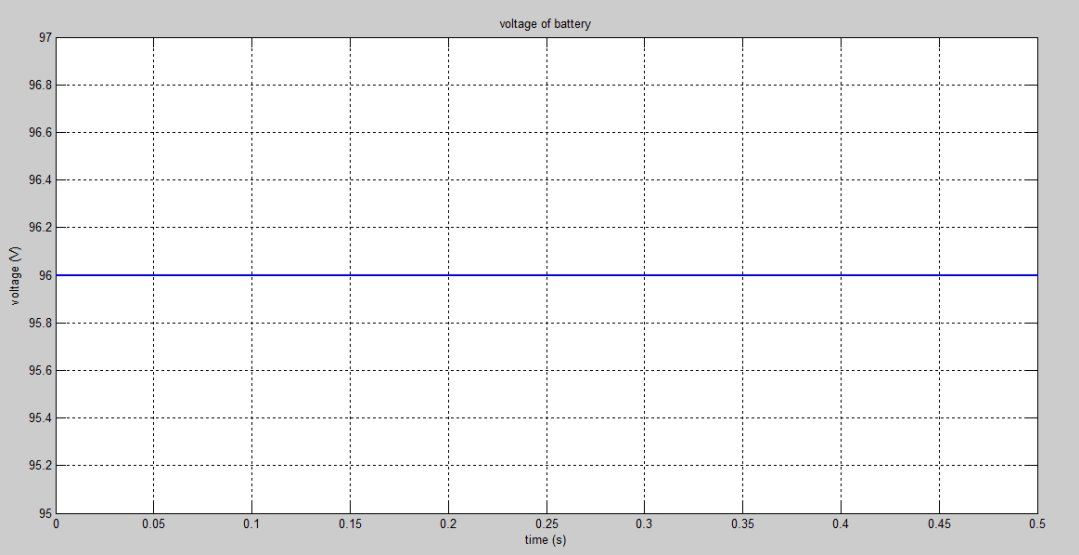
الشكل (V -12): مختلف المقلبات المستخدمة في تغذية (UPS) في حالة غياب الشبكة.

يبين الشكل (V -13) المخطط الكامل لمحاكاة دارة التغذية (UPS) في مرحلة انقطاع الشبكة باستخدام برنامج (SIMULINK), يتكون المخطط من نظامين فرعيين (Subsystems) يحتويان على المقلبات المستخدمة في هذه المرحلة(المقوم, المطبر الرافع للجهد, المموج). كما يظهر البطارية المستخدمة في هذه المرحلة. وفيما يلي سنوضح كل مقلب على حدا مع مراحل ربطه مع المقلبات الأخرى.



الشكل (V -13): مخطط محاكاة التغذية في مرحلة غياب الشبكة.

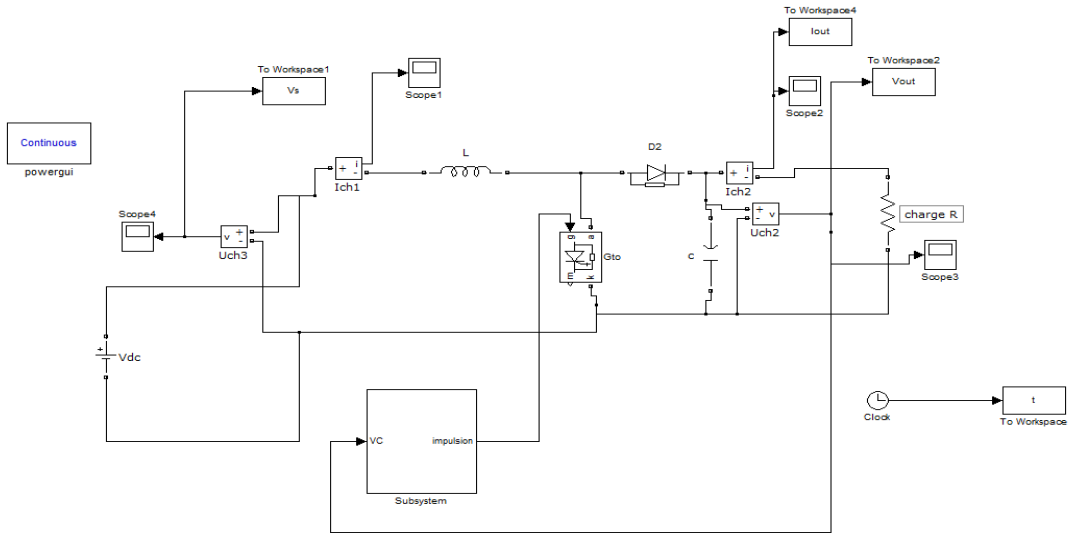
تعطي البطاريةجهد مستمر ثابت قيمته (96V), كما يوضح الشكل (V -14),ربطنا البطارية بمطبر رافع للجهد لرفع قيمة الجهد إلى (311V) وهي نفس قيمة جهد مدخل المموج (مخرج المقوم) في مرحلة حضور الشبكة.



الشبكة (V -14): جهد البطارية.

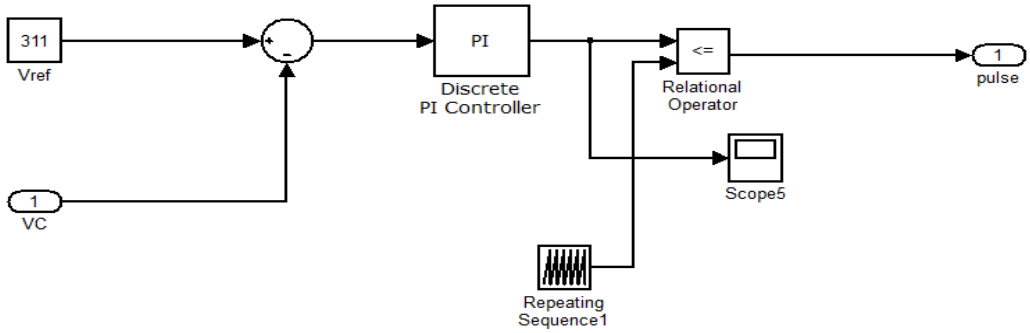
V-1-3 المطبر الرافع للجهد:

انطلاقا من القيم التالية(L=0.005 H) (C=0.3 F) قمنا بمحاكاة المطبر الرافعللجهد كما هو مبين في الشكل (V -15).



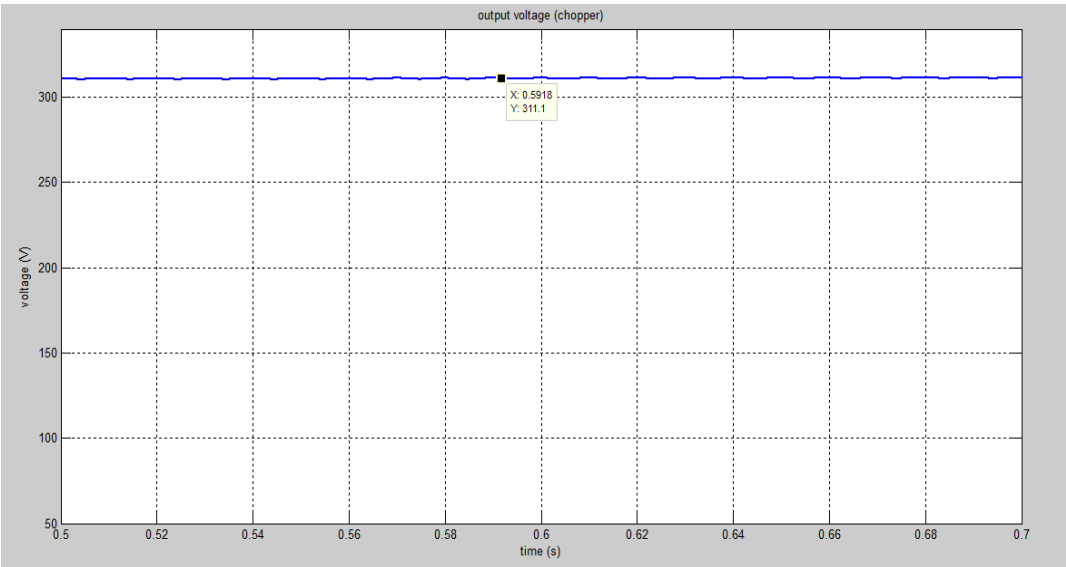
الشكل (V -15) : دارة المطبر الرافع للجهد.

يبين الشكل أيضا دارة التحكم في المطبر حتى يثبت الجهد عند قيمة (311V) ولا يتأثر بتغيرات جهد المدخل أو تغيرات الحمولة كما يوضح الشكل (5-16).



الشكل (V -16) دارة التحكم في المطبر الرافع

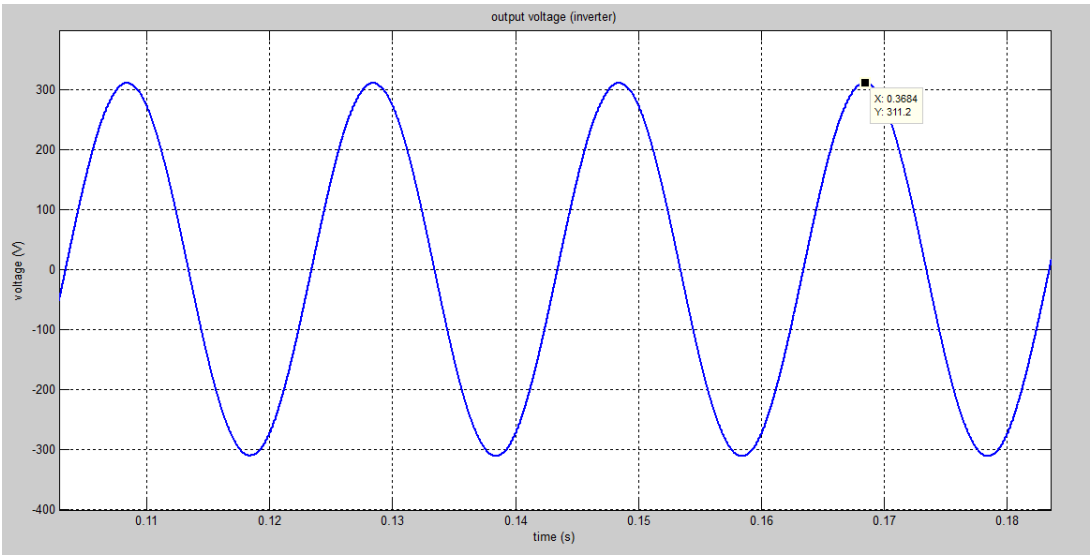
بعد محاكاة دارة المطبر وربطه بالبطارية, يكون شكل جهد مخرج المطبر الرافع كما هو مبين في الشكل (V -17).حيث نلاحظ أن جهد مخرج المطبر ثابت عند قيمة (311V) وهي نفس قيمة مخرج المقوم في مرحلة حظور الشبكة (مدخل المموج)



الشكل (V -17): مخرج المطبر الرافع للجهد.

V-3-2 المموج :

عند استخدام المموج المبين سابقا في الشكل (V -7) وربطه بمخرج المطبر الرافع للجهد تحصلنا في مخرج المموج على جهد جيبي سعته (311V)يمكننا من تغذية الحمولة. كما هو موضح في الشكل (V - 18).



الشكل (V-18): جهد المخرج للمموج.

الخاتمة

هذا العمل تناول تغذية غير متقطعة (UPS) حيث تعرفنا بداية على مبدأ عملها ومختلف أنواعها كما قمنا بتوضيح مزايا وسلبيات كل نوع منها . ثم قمنا بدراسة نظرية لمختلف المقلبات المستخدمة في التغذية(UPS)ثم اخترنا النوع المناسب عن كل مقلب الذي يحقق تغذية ذات نوعية جيدة. كما قمنا بمحاكاة المقلبات الالكترونية المختارة في نظام تغذية (UPS)بواسطة برنامج (MATLAB/SIMULINK) وهي مقوم يعمل بمعامل استطاعة وحيد ذو جهد مستمر متحكم فيه في المخرج, والمطبران الخافض والرافع للجهد المتحكم في جهد مخرجهما بواسطة معدل (PI) , ومموج (جسر كامل) متحكم فيه بواسطة تقنية تشكيل عرض النبضة (PWM) حتى يعطينا في المخرج جهد جيبي ذو سعة وتردد مساويين لجهد الشبكة يمكننا من تغذية حمولات مختلفة.

انتقلنا في الفصل الاخير إلى ربط هذه المقلبات بطريقة تسمح لنا بتحقيق الغاية المرجوة من نظام تغذية (UPS) وهي تغذية الحمولة بطاقة كهربائية ذات جودة عالية , خالية من التوافقيات, في حالتي حظور وغياب الشبكة.

وبعد الانتهاء من تصميم دارة التغذية (UPS)عرضنا نتائج المحاكاةلمختلف طوابق التغذية وقمنا بمناقشة وتحليل هذه النتائج, حيث ثبتت فاعلية الدارة في تغذية أي حمولة تعمل بجهد الشبكة الكهربائية المستخدمة (220V/50HZ), وبذلك وفرنا للحمولة طاقة ذات جودة عالية من دون انقطاع حتى في حالة غياب الشبكة, كما أمنا للحمولة الحماية ضد حالات ارتفاع وهبوط الجهد من خلال دارة التحكم في جهد مخرج المطبر الخافض ور الرافع للجهد , وبذلك حققنا العزل للبطارية عند المدخل والمخرج.

المراجع

1. A. Emadi, A.Nasiri and S.B. Bekiarov, "Uninterruptible power supplies and active filters," CRC Press LLC, Washington, 2005.
2. N. Mohan, T.M. Undeland and W.P. Robbins, " Power Electronics: Converters, Applications, and Design, " 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1995.
3. Francis Labrique et GruySeguier, "Les convertisseurs de l'électronique de puissance, Vol 4, la conversion continue-alternatif," Edition 1989.
4. M.H. Rashid, "Power electronics hand book," AcademicPress of Florida Copyright, 2001.

5. B.Rabhi, "Contribution à l'amelioration des performances des alimentations sans interruption UPS, " Thèse de doctorat, Université de Biskra, Mars 2008.
6. KhezzaneKhaled et HamdiImad " Etude et simulation d'un redresseur MLI triphasé à facteur de puissance unitaire " , MastèreJuin 2010.
7. إلكترونيات القدرة - الات ومعدات كهربائية – الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهجالمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني – المملكة العربية السعودية
8. طاهري محمد العربي, نصري هاجر (تحكم في جهد مخرج لمقوم ثلاثي الطور) . بواسطة معدل (CA/CC PI ,2006/2007

ملحق

1. حساب قيم مركبات مطبر خافض للجهد

من المفترض ان تكون مكثفة المخرج في المطبر الخافض كبيرة حتى يصبح جهد المخرج ثابت عند قيمة مرغوب فيها , تموجات جهد المخرج يمكن ان تحسب كما هو مبين في الشكل (1) من اجل العمل في النمط المستمر . وباعتبار ان تموجات تيار الذاتية I_L تعبر خلال المكثفة وان مركبتها المتوسطة تعبر خلال الحمولة . بحيث قيمة التموجات من القمة إلى القمة ΔV_0 بالعلاقة التالية.

$$\Delta V_0 = \frac{\Delta Q}{C}$$

$$\Delta I_L = \frac{V_0}{L}$$

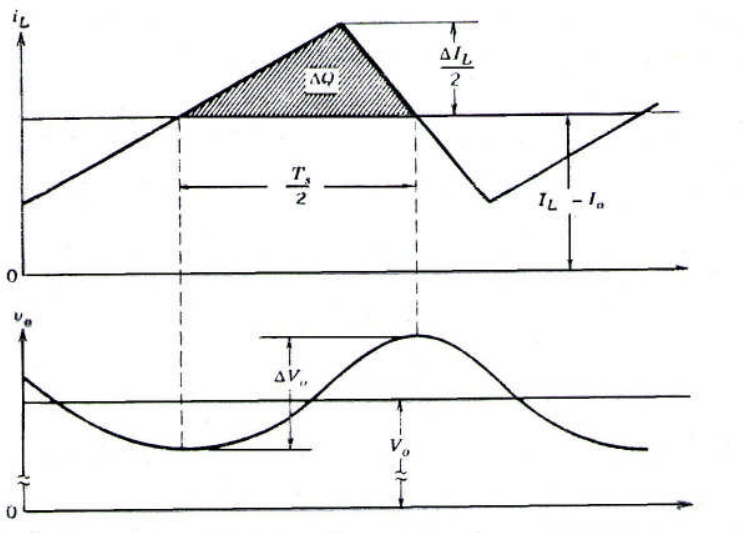
بتعويض قيمة ΔI_L في المعادلة (1) نحصل على المعادلة التالية:

$$\Delta V_0 = \frac{T_s}{8C}$$

$$\frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{1}{8}\frac{T}{L}$$

بحيث ان $f_s = 1/T_s$ و قيمة f_c تعطى بالمعادلة التالية:

من المعادلة (4) فان التموجات تكون اقل ما يمكن عند $f_s \gg f_c$, ونلاحظ ايضا ان التموجات لا علاقة لها باستطاعة الحمولة .



الشكل (1) شكل موجات الجهد والتيار لمطبر خافض

التطبيق العددي:

من المعادلة (1) فان قيمة المكثفة C تعطى بالعلاقة التالية :

من منحنى جهد مخرج المطبر الخافض للجهد نوجد ان $\Delta V_0 = 1.3$ ونوجد من منحنى التيار ان $\Delta I_L = 25$ وبذلك فان قيمة المكثفة :

ومن المعادلة (2) فان قيمة الذاتية L تعطى بالعلاقة التالية :

كما نعلم ان $V_0 = 96V$, $D = 0.3$ وبذلك فان :

- **تمثل القيم التالية القيم المستخدمة فعليا في دارة محاكاة المطبر الخافض بحيث قمنا باختيار:**

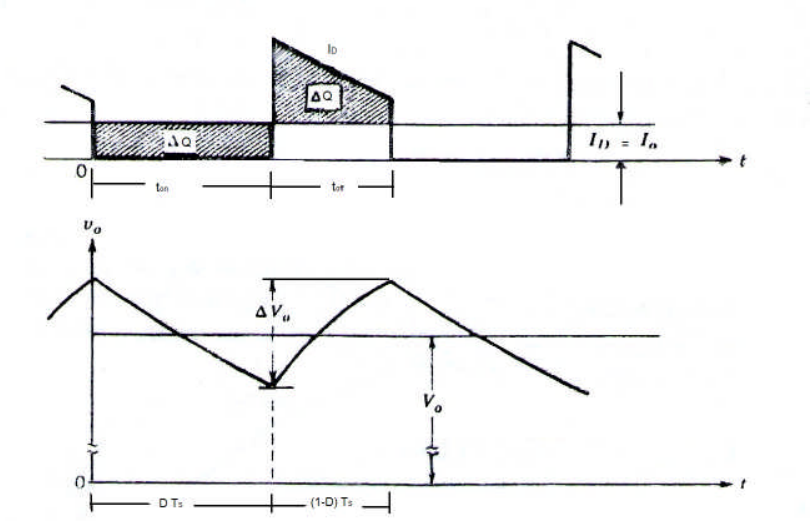
2. حساب قيم مركبات مطبر رافع للجهد

قيمة التموجات (من القمة للقمة) في جهد المخرج تتعلق بقيمة المكثفة , يمكن ان تحسب باعتبار ان المطبر يعمل في النمط المستمر, وباعتبار انا تموجات التيار تعبر خلال المكثفة وفي مقاومة الحمولة . وتعطى قيمة التموجات بالعلاقة التالية :

$$\Delta V_0 = \frac{\Delta Q}{C}$$

$$\frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{D}{R}$$

- حيث $\tau = RC$ ويسمى ثابت الزمن .



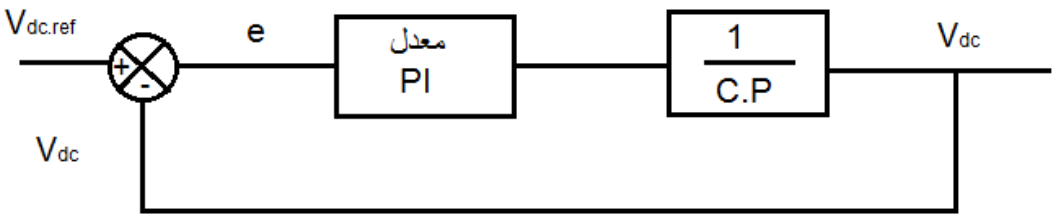
الشكل (2) موجات الجهد والتيار لمطبر رافع

من منحنى جهد مخرج المطبر الرافع نجد ان قيمة $\Delta V_0 = 1.2V$و $D = 0.45$ و $T_S = 0.01$ كما نعلم ان قيمة $V_0 = 311V$

لذلك حسب العلاقة (6)فاننا نوجد ان قيمة $\tau = 1.166$ وبما ان $\tau = RC$ فاننا اخترنا قيمة المكثفة C بحيث نقلل التموجات اقل ما يمكن.

وبالتالي اخترنا قيمة (C=0.3 F)

3- حساب وسائط المعدل PI :



الشكل (3) نظام التحكم (دارة مغلقة)

المعدل PI يمكننا من الحصول على خطأ منعدم, وهذا راجع لدور التكامل, اضافة إلى زمن رد فعل متحكم فيه, مع اعطاء رد فعل ذو شكل أسّي متزايد.

إذا نختار الثوابت K_p و K_i للمعدل بحيث يتجاوب النظام بسرعة .

$K_p +$

حيث :

$\tau =$

دالة التحويل لنظام التحكم (لدارة مغلقة) تعطى كما يلي :

$\frac{V_d}{V_{dc.r}}$

$\frac{K_i}{C} =$

$\tau = \frac{2}{\omega}$

$K_i = 4.$

بحيث أن:

ξ: معامل التخامد .

ω_0: التردد الخاص بالاهتزاز.

τ: ثابت الزمن.

قمنا باختيار قيم $\xi = 0.7$ و $\omega_0 = 77.5$ وبالتالي فان قيمة τ تحسب من المعادلة (11)

لدينا C=0.005 F وبالتالي نحسب قيمة K_i من المعادلة (12) كما يلي :

ومن ثم نحسب قيمة K_p من المعادلة (8) كما يلي :

- **قمنا باختيار قيم وسائط المعدل PI في دارة تعديل جهد المقوم كما يلي:**

المصطلحات

English	عربية
Uninterruptable power supply (UPS)	التغذية غير المتقطعة
Total harmonic distortion (THD)	معامل التشوه الكلي
Provide	يزود
Improving	يطور
Static	سكوني
Power factor (PF)	معامل الاستطاعة
Maintenance	صيانة
Low-frequency	تردد منخفض
High-frequency	تردد مرتفع
Mode of operation	نمط عمل
Efficiency	مردودية (كفاءة)
Double conversion	تحويل مزدوج
Single stage conversion	طابق واحد من التحويل
Rotary	دوار
Hybrid	هجين
AC-line	منبع جهد متناوب
Over voltage	زيادة في الجهد
Under voltage	هبوط في الجهد
Outage power	انقطاع الطاقة
Vital	حرجة (حيوية)
Sensitive	حساسة
Harmonic	توافقية
Filter	مرشح
Load	حمولة
Rectifier	مقوم
Step-down chopper (Buck)	مطبر خافض للجهد
Step-up chopper(Boost)	مطبر رافع للجهد
Inverter	مموج
Bridge	جسر
Half-bridge	نصف جسر
Bidirectional converter	مقلب ثنائي الاتجاه
Charger	شاحن
Battery	بطارية
Controlled	متحكم فيه
Uncontrolled	غير متحكم فيه
Inductor	ذاتية

Capacitor	مكثفة
Diode	ثنائية
Switch	قاطع
Static switch	قاطع سكوني
Drawback	سلبية
Advantage	ميزة
Positive half-cycle	النوبة الموجبة
Negative half-cycle	النوبة السالبة
Voltage doubler	مضاعف الجهد
Input voltage	جهد المدخل
Output voltage	جهد المخرج
Switching frequency	تردد التبديل
Simulation	محاكاة
Pulse width modulation (PWM)	تقنية تشكيل عرض النبضة
Losses	ضياعات
Duty ratio	نسبة تشغيل
Ripples	تموجات
Voltage control	التحكم بالجهد
Control loop	دارة التحكم
magnitude	سعة (قيمة عظمى)
Stored energy	الطاقة المخزنة
Current control	التحكم بالتيار
Increase	يتزايد
Decrease	يتناقص
isolating transformer	محول عزل
Series transformer	محول مربوط على التسلسل
AC-motor	محرك تيار متناوب
AC-generator	مولد تيار متناوب
DC-machine	ماكنة تيار مستمر