وزارة التعليم العالي والبحث والعلمي الجامعة التقنية

الوسطى المعهد التقني ـ كوت

قسم التقنيات الكهربائيه

(تصميم شاحنة بطارية حامضية)

بحث تخرج مقدم الى قسم التقنيات الكهربائيه وهو جزء من متطلبات نيل درجة الدبلوم في التقنيات الكهربائيه

من قبل الطلاب:

مُنذر غرگان ناهي

ميثم ستار جبر

مؤتمن عناد صالح

ناصر علي علوان

أشراف

م. م. سمهر سعيد

2024م **1445 هـ**

(قُلْ ءَامِنُواْ بِهِۦٓ أَوْ لَا تُؤْمِنُوٓاْ ۚ إِنَّ ٱلَّذِينَ أُوتُواْ ٱلْعِلْمَ مِن قَبْلِهِۦٓ إِذَا يُتْلَىٰ عَلَيْهِمْ يَخِرُّونَ لِلْأَذْقَانِ سُجَّدًا)

الاسراء 107

صدق الله العظيم

الاهداء

من قال أنا لها ... نالها

وأنا لها وإن أبت رغما عنها أتيت بها

لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها أن تكون، ولم يكن الحلم قريبا

ولا الطريق كان محفوفا بالتسهيلات لكنني فعلتها ونلتها.

إليك يا من نحيا لأجل ثغرك الباسم، إليك وأنت تسطر للوجود كلّ أسراره بدعاءك وصبرك..

إلى ابن العسكري أهدي حبّي وما صنعت.

إلى من شرفني بحمل اسمه ... والدي العزيز حفظه الله الذي أنار دربي

والسراج الذي لا ينطفي نوره بقلبي أبدا من بذل الغالي والنفيس

واستمديت منه قوتي واعتزازي بذاتي

إلى نور عيني وضوء دربي ومهجة حياتي .. إلى التي ساندتني ووقفت بجانبي

وقدمت لي الدعم لمواصلة طريقي إلى التي وهبتني الحياة والأمل

واحتضنني قلبها قبل يدها وسهلت لي الشدائد بدعائها، والدتي الحبيبة حفظها الله.

إلى ضلعي الثابت وأمان أيامي إلى ملهمي نجاحي إلى من شددت عضدي بهم فكانوا لي ينابيع ارتوي منها .. إلى خبرة أيامي وصفوتها إلى قرة عيني أخواني وأخواتي الغالين

لكل من كان عونا وسنداً في هذا الطريق ... للأصدقاء الأوفياء ورفقاء السنين وأصحاب الشدائد والأزمات إلى من أفاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة.

أهديكم هذا الإنجاز وثمرة نجاحي الذي لطالما تمنيته ها أنا اليوم أتممت أول ثمراته بفضل من الله عز وجل، فالحمد لله على ما وهبني، وأن يعينني ويجعلني مباركاً اينما كنت.

الشكر والتقدير

بسم الله الرحمن الرحيم، والحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خاتم النبيين والمرسلين سيدنا محمَّد وعلى آله وصحبه أجمعين، أما بعد ... فإنَّ من نعم الله تعالى عليَّ أنْ منَّ عليَّ بإتقان هذا العمل بفضلِهِ وكرمِهِ، فجزاهُ خيرًا على ما أولانِي من نِعْمِهِ.

كذلك أودُّ أنْ أُظْهِرَ امتناني لكُلِّ مَنْ سانَدَنِي وأعانَنِي في إتْمام هذا المشروع، وأولُهُم أستاذُة مشروعي فضيلة الأستاذة / سمهر سعيد

التي كانت لَطفًا بقبول إشرافِها على مشروعي، وكانت دائبَتاً في توجيهاتٍ قويةٍ لإثراء هذا البحث، فقد استفدتُ من خبرتِها المتوخية في هذا المجال، وأستفدت من حكمتِها في التعامُل مع طلاب العلْم.

فجزاها الله خيرًا لأستاذتي الموقره حفظها الله تعالى.

واشكر كافة أساتذُة قسم الكهرباء وكافة الاصدقاء ..

الفصل الاول

الجانب النضري

1-1 المقدمة

شاحنات بطارية السيارة تعمل بناءً على مبدأ تحويل التيار المتردد (AC) إلى التيار المستمر (DC)لشحن بطارية السيارة. العملية تتضمن عدة مكونات وتفاصيل، وفيما يلي نظرة عامة على مبدأ عملها وتفاصيل أكثر:

1 .محول الطاقة :(Power Converter) يعمل على تحويل التيار المتردد (AC) الذي يأتي من مصدر الكهرباء الرئيسي (مثل منفذ الحائط) إلى التيار المستمر (DC) الذي يستخدم لشحن البطارية. يستخدم المحول عادة تقنية المحوّل الكهرومغناطيسي لتحويل وتنظيم الجهد والتيار.

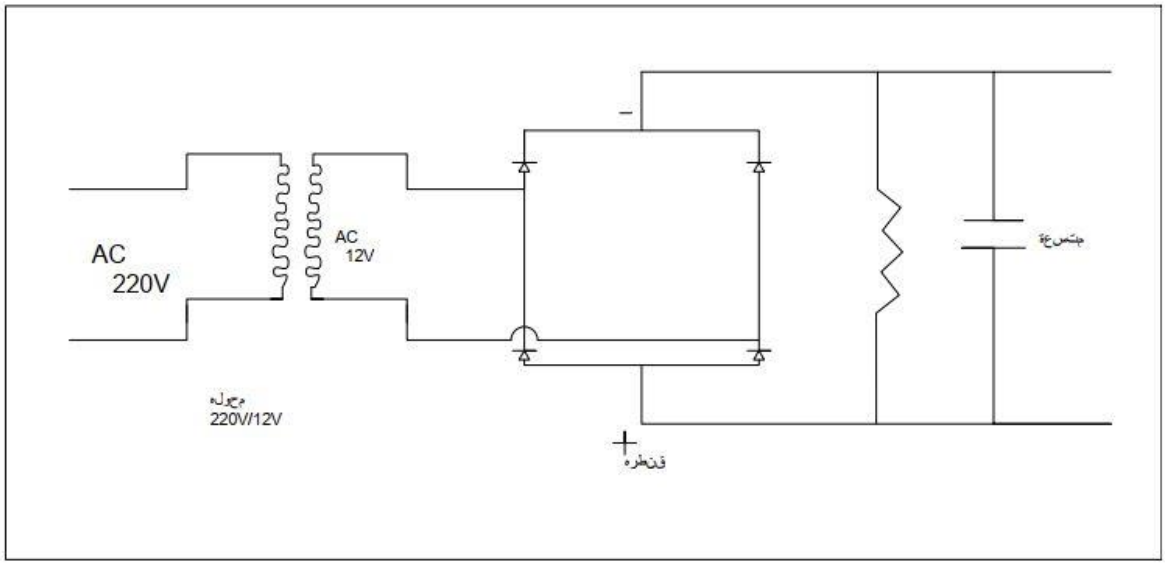
2 .الدائرة الكهربائية والإلكترونية: تحتوي الشاحنة على دوائر كهربائية وإلكترونية معقدة للتحكم في عملية الشحن. تشمل هذه الدوائر مكونات مثل المكثفات والملفات اللولبية والمقاومات والثنائيات والمكثفات الثنائية والترانزستورات والميكروكنترولرات المدمجة. تتحكم هذه الدوائر في معدل التيار والجهد وتوقيت عملية الشحن لضمان سلامة البطارية والحفاظ على أداء الشحن المثلى.

3 .الحماية والسلامة: تتضمن الشاحنات ميزات حماية متعددة مثل المقاومة الكهربائية لضمان سلامة الشحن والحفاظ على البطارية والأجهزة المتصلة بها. تشمل هذه الميزات حماية ضد التيار الزائد والتيار العكسي وحماية درجة الحرارة الزائدة وحماية من القصر الكهربائي وحماية من الشحن الزائد. إذا كانت البطارية مشحونة بالكامل أو في حالة غير طبيعية، فإن الشاحنة تتوقف عن الشحن لمنع أي ضرر .

أولا - 4 دايودات كل دايود يتحمل تيار A2
ثانياً - محولة 220 v/12vتتحمل تيار 2 A
أي قدرة المحولة= W24(2*12)

ثالثاً ـ متسعة قطبية

1000مايكرو فاراد / 16 فولت او أكثر



شكل (1-1) دائرة شاحنة البطارية الحامضية

1-2مكونات الدائرة الكهربائية

1 - المحولة الكهربائية الخافضة 220V) الى 12(V
2 - الموحد القنطري (قنطرة التوحيد)
3 - المقاومة الكهربائية
4 - المتعسة الكهربائية (المكثف او المرشح)

1-3المحولة الكهربائية الخافضة:

أستخدم في هذه الدائرة محولة كهربائية خافضة للجهد حيث تقوم هذه المحولة بتحويل الجهد من 220 فولت الى 12 فولت
و هي عبارة عن جهاز كهربائي يستخدم لتحويل الجهد الكهربائي من قيمة أعلى إلى قيمة أقلّ. تعمل المحولة الخافضة عن طريق استخدام التحويل المتبادل بين الطاقة الكهربائية والمجال المغناطيسي.

1-3-1 مكونات المحولة الكهربائية الخافضة:

تتكون المحولة الخافضة من لفات ملفوفة حول قلب مغناطيسي. تتداخل اللفات الأولية والثانوية مع بعضها البعض، وعند تطبيق تيار كهربائي على اللفة الأولية، يتولد مجال مغناطيسي يتأثر به اللفة الثانوية ويسبب توليد تيار فيها.

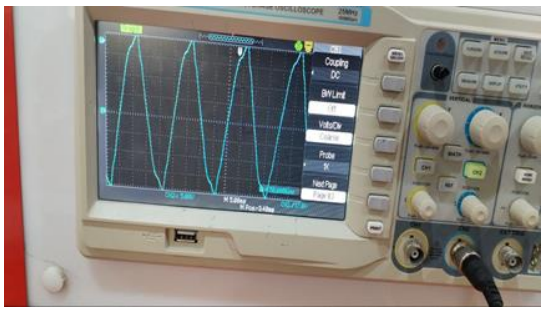
يتم تحويل الجهد الكهربائي من اللفة الأولية إلى اللفة الثانوية بنسبة يعرفها بنسبة التحويل (turns ratio)، والتي تحدد علاقة الجهدين الكهربائيين ببعضهما. على سبيل المثال، إذا كان لدينا محولة خافضة بنسبة تحويل 1:10، فإنها ستخفض الجهد الكهربائي بمقدار عشرة أضعاف.

1-3-2 استخدام المحولة الكهربائية الخافضة:

تستخدم المحولات الخافضة في العديد من التطبيقات، مثل توزيع الطاقة الكهربائية في الشبكات الكهربائية، وتغذية المحطات الفرعية والمباني الكبيرة، وتوفير جهد مناسب لأجهزة الإضاءة والأجهزة الكهربائية المختلفة.

الشكل الرمزي

شكل المحول الخافض
(أربعة أطراف)



شكل(2-1) المحوله الكهربائيه الخافضه

1-4قنطرة التوحيد الكهربائية:

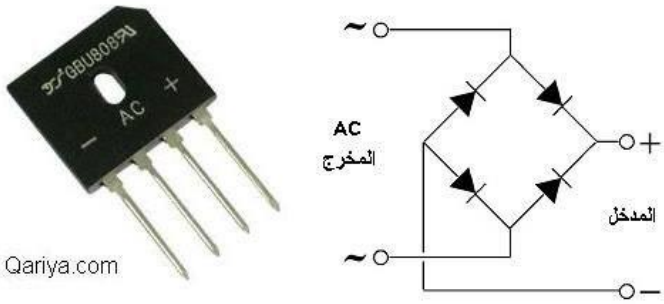
أستخدم في هذه الدائرة المحول القنطري الذي يعمل على تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر وهو عبارة عن جهاز يستخدم في الهندسة الكهربائية والإلكترونية لتحويل التيار المتردد إلى التيار المستمر. يستخدم هذا الجهاز في العديد من التطبيقات، بما في ذلك تزويد الأجهزة الإلكترونية بالتيار المستمر المستقر.

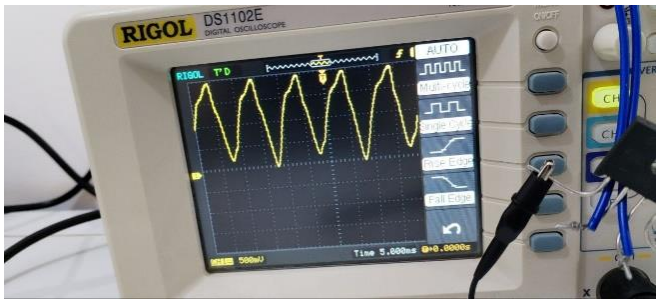
1-4-1 عمل قنطرة التوحيد الكهربائية:

تعمل قنطرة التوحيد الكهربائية عن طريق تقسيم الدورة الكاملة للتيار المتردد إلى دورتين نصفيتين، ثم تقوم بتحويل تلك الدورتين النصفيتين إلى تيار مستمر استقرارًا. يتم ذلك باستخدام تركيبة من الثنائيات القابلة للتوصيل في اتجاه واحد فقط، مثل الثنائيات النصف موصلة (diodes)، لتصفية النصف السالب من الدورتين وترك فقط النصف الإيجابي.

بفضل هذا العملية، تولد قنطرة التوحيد الكهربائية تيارًا مستمرًا نسبيًا سلسًا يمكن استخدامه لتغذية أجهزة مثل أجهزة الكمبيوتر، والأجهزة الإلكترونية، والمحركات الكهربائية، والأجهزة الإلكترونية الأخرى التي تعمل بالتيار المستمر.

وتعتبر قنطرة التوحيد الكهربائية جزءًا أساسيًا في مجموعة الدوائر المعروفة باسم محولات التيار المستمر(AC/DC converters) ، والتي تستخدم لتحويل التيار المتردد إلى التيار المستمر بشكل عام.





شكل(3-1) قنطرة التوحيد

5-1المقاومة الكهربائية

أستخدم في هذه الدائرة مقاومة كهربائية تعمل على حماية الدائر ، وهي خاصية للعناصر الكهربائية تقاوم تدفق التيار الكهربائي من خلالها. وتُرمز للمقاومة بالرمز R ووحدتها الأساسية هي الأوم.(Ω)

تعتبر المقاومة الكهربائية مقياسًا لصعوبة تدفق التيار الكهربائي في مادة معينة. فعندما يمر التيار الكهربائي عبر المادة، يواجه مقاومة تسبب تقليل التيار وتحويل جزء من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية.

قيمة المقاومة تعتمد على عدة عوامل، بما في ذلك طول المادة ومساحة مقطعها العرضي ومقاومية المادة ذاتها. كل مادة لها خاصية مقاومية محددة، وهذه الخاصية تُعبر عنها بالمقاومية النوعية وتُرمز لها بالرمز.(ρ)

قانون أوم هو القانون الأساسي الذي يحكم سلوك المقاومة الكهربائية ويعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$V = I \times R$$

حيث V هو فرق الجهد عبر المقاومة بوحدة الفولت(V) ، Iهو قيمة التيار الكهربائي الذي يمر عبرها بوحدة الأمبير(A) ، و R هي قيمة المقاومة بوحدة الأوم.(Ω)

وبالتالي، يمكن استخدام المقاومة الكهربائية في تحكم التيار الكهربائي في الدوائر الكهربائية والإلكترونية، وتحويل الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى من الطاقة، وتحقيق وظائف محددة في الأجهزة الإلكترونية والأنظمة الكهربائية.

شكل (4-1) المقاومة الكهربائية

6 -1المتسعة الكهربائية :

أستخدم في هذه الدائرة متسعة كهربائية تعمل على تنقية الإشارة الخارجة و هي جهاز يستخدم لتخزين الطاقة الكهربائية. يتكون المكثف من اثنين من الألواح الموصلة (الأطراف) المفصولة بواسطة عازل يسمى المادة المتمثلة في السعة (مثل الهواء أو البلاستيك أو الزجاج). عند توصيل المكثف بمصدر جهد، يتم تخزين الشحنة الكهربائية على الأطراف،وبالتالي يتم تخزين الطاقة.

تتأثر قيمة سعة المكثف بعدة عوامل، بما في ذلك مساحة الألواح الموصلة، والمسافة بينهما، وخصائص المادة المتمثلة في السعة. يتم قياس سعة المكثف بالفاراد .(F) المكثفات تأتي بمجموعة متنوعة من السعات، بدءًا من القيم الصغيرة مثل البيكوفاراد (pF) والنانوفاراد (nF) والميكروفاراد(μF) ، وصولًا إلى السعات الكبيرة مثل الفاراد (F) وأعلى.

تستخدم لتنقية إشارات التيار الكهربائي أو إشارات الجهد في دوائر الكهرباء. تهدف إلى تمرير مجموعة محددة من الترددات وتقوم بتقليل الترددات غير المرغوب فيها.

يتم استخدام المكثفات في العديد من التطبيقات، مثل التصفية وتحسين الجهد والتيار، وتخزين الطاقة، وتوفير بداية سريعة للأجهزة لإلكترونية، وتسوية التوتر، وتوفير الطاقة الاحتياطية في حالات انقطاع التيار الكهربائي المفاجئ، وغيرها.

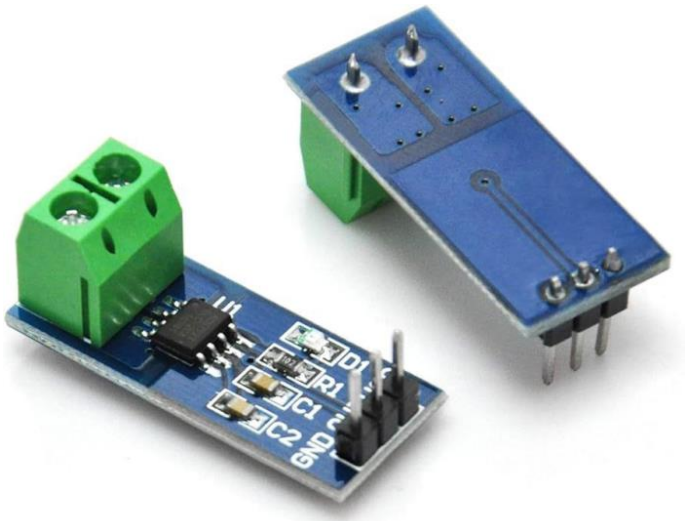
شكل (3-1) المتسعه الكهربائيه

7-1حساس التيار (Current Sensor)

هو جهاز يستخدم لقياس التيار الكهربائي المار في دائرة كهربائية. يتم استخدام حساسات التيار في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك الأنظمة الكهربائية والتحكم الصناعي والمعدات الطبية والطاقة المتجددة وغيرها.

تتوفر حساسات التيار بعدة أشكال وتقنيات مختلفة. واحدة من الأشكال الشائعة هي حساسات التيار المبنية على تأثير هول(Hall Effect) ، حيث يتم استخدام مادة قابلة للمغناطيسية في الحساس لتوليد إشارة كهربائية تتناسب مع التيار المار في الدائرة. يتم قراءة هذه الإشارة وتحويلها إلى مستوى جهد أو تيار يمكن قياسه بواسطة جهاز قياس آخر.

توجد أيضًا تقنيات أخرى مثل حساسات التيار المستنزفة (Current Shunt) وحساسات التفاعل الحالي (Rogowski Coil) وحساسات التيار الذاتي(Current Transformer) ، والتي تستخدم لأغراض محددة وتتميز بخصائص مختلفة.
يتم استخدام حساسات التيار لعدة أغراض، بما في ذلك قياس التيار في الدوائر الكهربائية، والكشف عن التيار الزائد أو القصير، والتحكم في التيار، وحماية الدوائر من التيار الزائد، وقياس استهلاك الطاقة، ومراقبة الأداء في الأنظمة الكهربائية.



شكل (4-1) حساس التيار(Current Sensor)

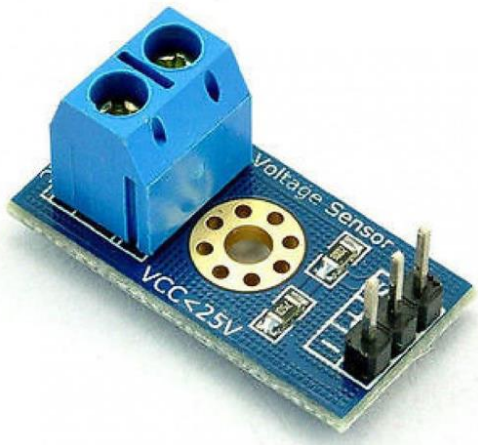
8-1حساس الفولتية(Voltage Sensor)

هو جهاز يستخدم لقياس الفولتية الكهربائية في دائرة كهربائية. يعمل حساس الفولتية عن طريق تحويل الفولتية إلى إشارة كهربائية قابلة للقياس.

تتوفر حساسات الفولتية بعدة أشكال وتقنيات مختلفة. واحدة من الأشكال الشائعة هي حساسات الفولتية المبنية على تقنية المقاومة المتغيرة(Variable Resistance) ، حيث يتغير مقاومة الحساس بمعدل يعتمد على الفولتية المطبقة عليه. يتم قراءة تغير المقاومة وتحويلها إلى إشارة كهربائية يمكن قياسها بواسطة جهاز قياس آخر.
هناك أيضًا تقنيات أخرى مثل حساسات الفولتية المبنية على تأثير القصور (Piezoelectric Effect)وحساسات الفولتية المبنية على تأثير الكابستور (Capacitive Effect) وغيرها.

تختلف هذه التقنيات في طريقة عملها وخصائصها، وتستخدم لأغراض مختلفة اعتمادًا على التطبيق المحدد.

تستخدم حساسات الفولتية في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك قياس الفولتية في الدوائر الكهربائية، ورصد مستوى الفولتية، والتحكم في الجهد، واكتشاف حالات الفشل أو الانقطاع في الطاقة، ومراقبة وحماية الأجهزة الإلكترونية والأنظمة الكهربائية.



شكل (1-5) حساس الفولتيه (Voltage Sensor)

9-1ريلي 12 فولت (12V Relay)

هو جهاز كهروميكانيكي يستخدم للتحكم في الدوائر الكهربائية باستخدام إشارة كهربائية منخفضة الجهد، مثل 12 فولت. يعمل الريلي عن طريق استخدام ملف يحتوي على لفات سلكية وقطبين متحركين، حيث يتم تطبيق تيار كهربائي على الملف لتوليد حقل مغناطيسي يجذب القطبين المتحركين ويسمح بتوصيل أو فصل الدائرة الكهربائية الرئيسية.

ريلي 12 فولت يعني أنه يتم تشغيله باستخدام جهد كهربائي بقيمة 12 فولت، وهذا هو الجهد المطلوب لتحريك القطبين المتحركين وتغيير حالتهما (عادة ما يكون مفتوحًا أو مغلقًا) .

يتم استخدام ريليات 12 فولت في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك الأتمتة الصناعية، والسيارات، والأنظمة الإلكترونية، وأنظمة التحكم في المنزل، وغيرها.

تعتبر الريليات خيارًا شائعًا للتحكم في الأحمال الكهربائية بشكل آمن، حيث يمكن استخدامها لتوصيل أو فصل دوائر الطاقة العالية الجهد والتيار باستخدام إشارات تحكم منخفضة الجهد والتي يمكن توليدها بسهولة من أنظمة التحكم الإلكترونية.

شكل (6-1)ريلي 12 فولت (V Relay12)

1-10موسفيت ترانزستور(MOSFET)

هو نوع من الترانزستورات الشائعة في الإلكترونيات. يعتبر MOSFET جزءًا أساسيًا في تصميم الدوائر الإلكترونية ويستخدم في مجموعة واسعة من التطبيقات.

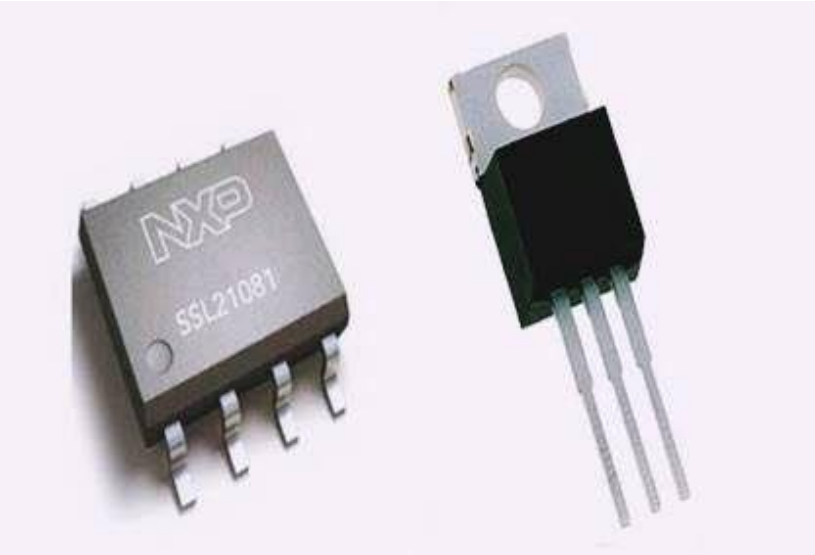
MOSFETيتألف من ثلاثة طبقات رئيسية: البوابة (Gate) والمصدر (Source) والصرف (Drain).يتحكم التيار الذي يمر بين المصدر والصرف بواسطة إشارة الجهد المطبقة على البوابة. يعتمد تشغيل MOSFET على تأثير المجال المعزول (Insulated Gate Field Effect)، حيث يتم تكوين طبقة عازلة (Oxide) بين البوابة وقناة العبور (Channel) للتحكم في تدفق التيار.

هناك اثنان من أنواع MOSFET الشائعة:

1: N-Channel MOSFET. يستخدم قناة عبور من النوع N. يتحكم التيار السالب (الإلكترونات) الذي يتدفق من المصدر إلى الصرف بواسطة الجهد المطبق على البوابة.
2: P-Channel MOSFET. يستخدم قناة عبور من النوع P. يتحكم التيار الموجب (الثقوب) الذي يتدفق من المصدر إلى الصرف بواسطة الجهد المطبق على البوابة.

تتميز MOSFET بعدة خصائص ومزايا، بما في ذلك مقاومة دخول عالية، وقدرة تبديل عالية، واستهلاك طاقة منخفض، وامتداد التشغيل (Operating Range) الواسع .

يستخدم MOSFET في العديد من التطبيقات مثل التكنولوجيا الرقمية والتناظرية، والتحكم في القدرة والالكترونيات القوية والمنطق المبرمج والاتصالات والتحكم في المحركات والمزيد.



شكل (1-7) موسفيت ترانزستور (MOSFET)

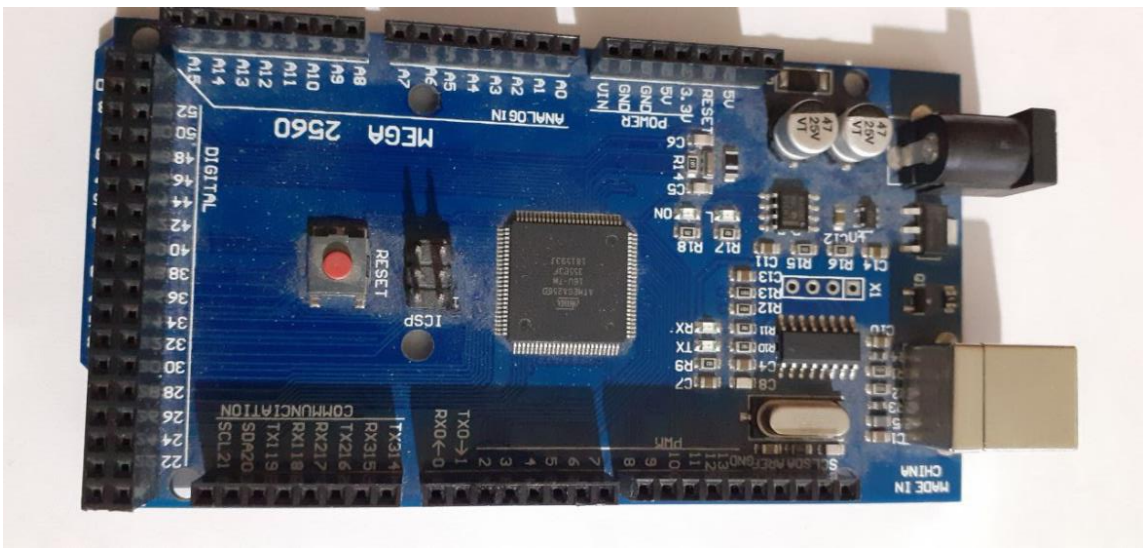
1-11أردوينو (Arduino)

هو عبارة عن منصة مفتوحة المصدر (Open-source) تهدف إلى تسهيل تطوير الأجهزة التفاعلية والأنظمة المدمجة. تتكون من لوحة إلكترونية تحتوي على متحكم مبرمج (Microcontroller)ومجموعة من المداخل والمخارج الرقمية والتناظرية التي يمكن استخدامها للتواصل مع مختلف الأجهزة والمستشعرات وتحكم الأحمال الكهربائية.

تم تصميم منصة أردوينو لتكون سهلة الاستخدام وقابلة للبرمجة بواسطة المبتدئين والهواة والمهندسين على حد سواء. يستخدم لغة البرمجة التي تدعمها أردوينو (Arduino Programming Language)وتعتمد على لغة البرمجة "سي (C) "و"سي.(++C) "++

تعتبر أردوينو مثالية لمجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك الأتمتة المنزلية، والروبوتات، والأجهزة التفاعلية، والمشاريع الفنية، وأنظمة القياس والتحكم، والمشاريع الهواة. يمكن توصيل أجهزة مختلفة مثل المستشعرات (Sensors) والمحركات (Motors) والشاشات (Displays) وغيرها إلى الأردوينو للتفاعل مع البيئة المحيطة وتنفيذ وظائف محددة بواسطة البرمجة.

توجد العديد من إصدارات ونماذج لوحات أردوينو، مثل Arduino Uno وArduino Mega وArduino Nano وغيرها. يتميز كل نموذج بمواصفات وطرق توصيل مختلفة، ويمكن اختيار النموذج المناسب بناءً على متطلبات المشروع المحدد.

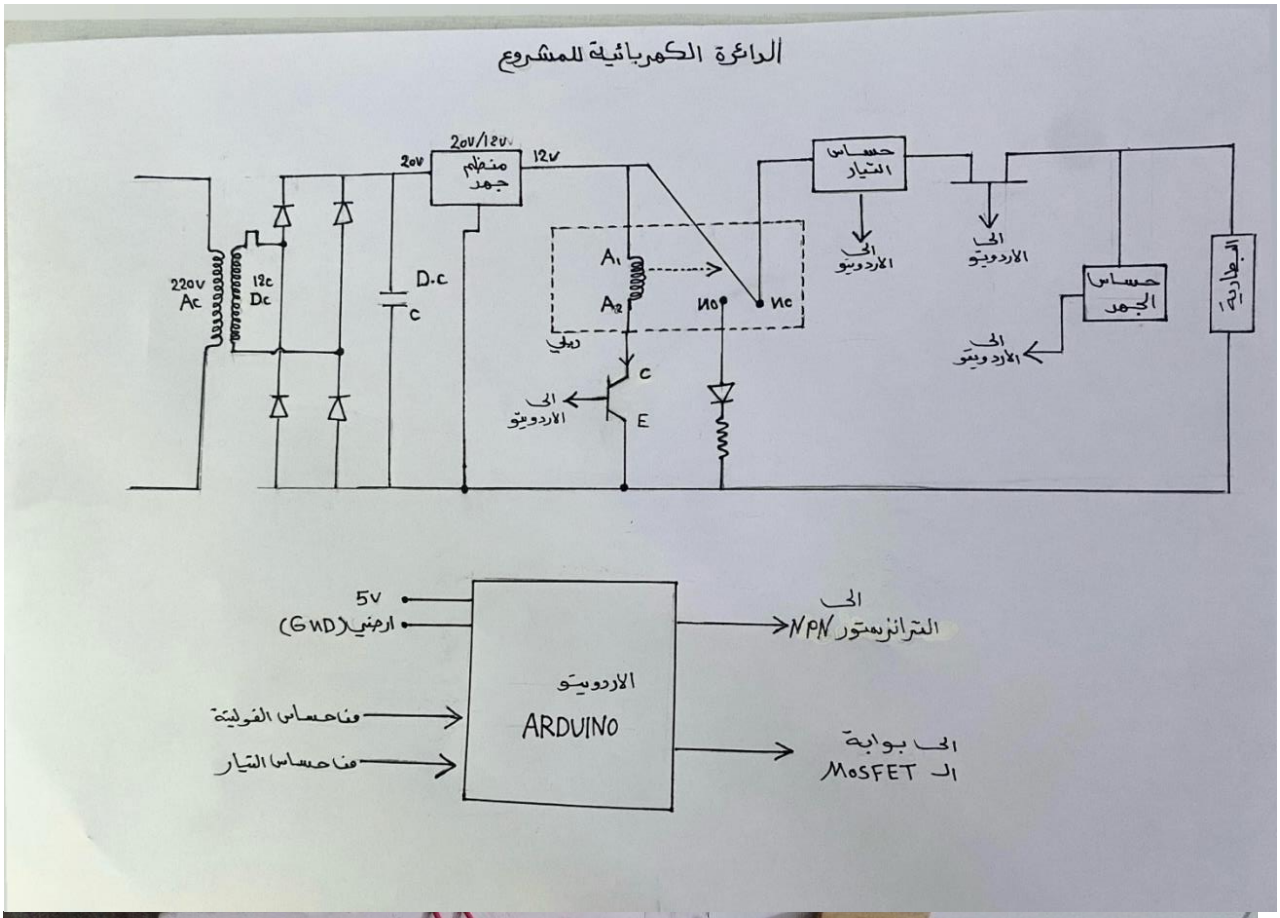


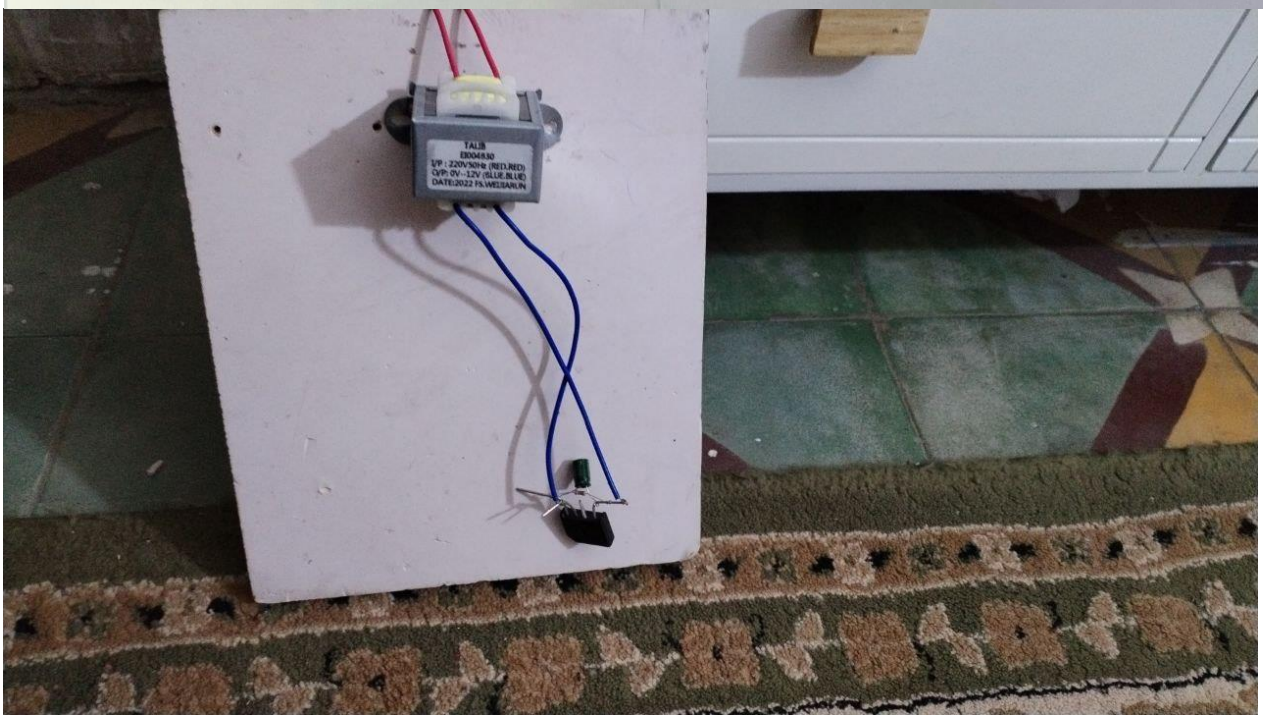
شكل (8-1) أردوينو (Arduino)

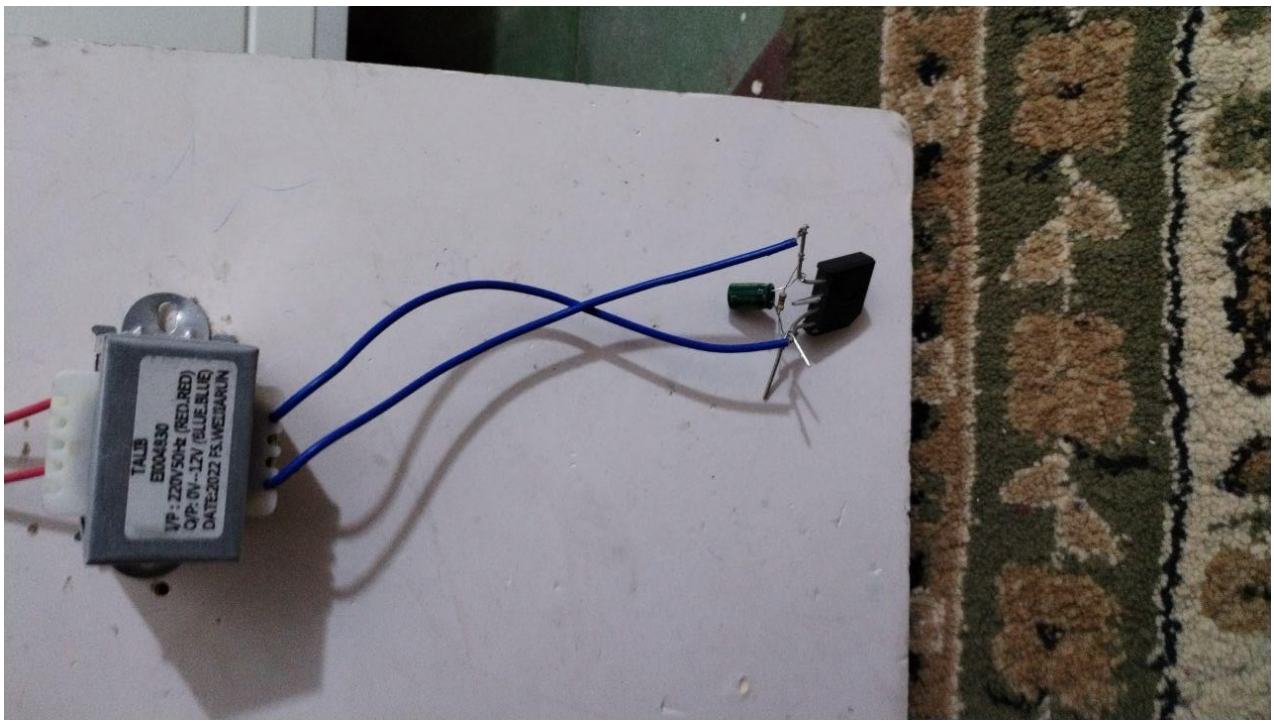
الفصل الثاني

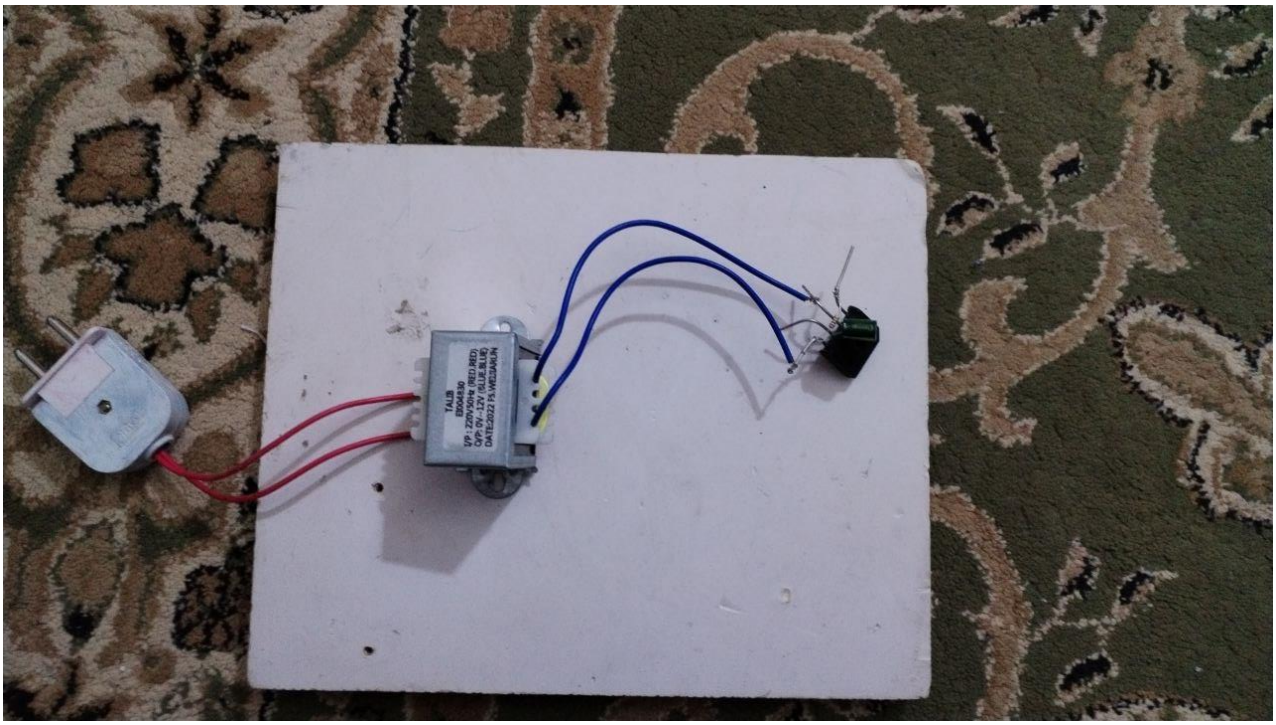
الجانب العملي

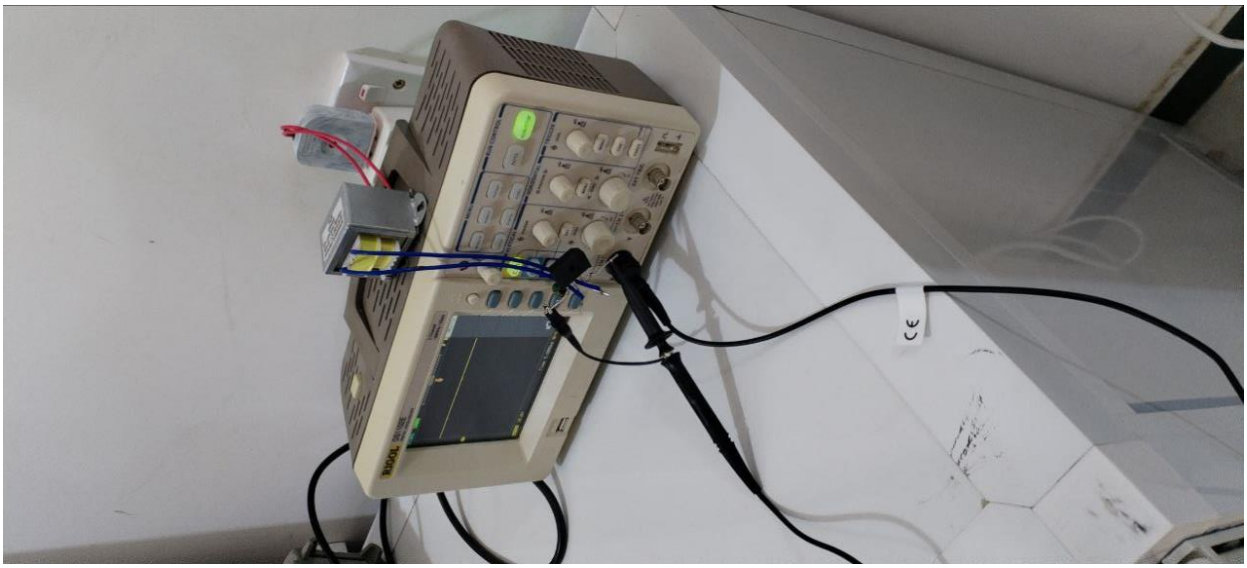
اولا : لربط هذه الدائرة نقوم أولا بتوصيل طرفي المحول الكهربائي (الملف الابتدائي) الى مصدر كهربائي متناوب v220
ثانياً : نقوم بتوصيل طرفي المحول الكهربائي (الملف الثانوي) الى طرفي الموحد القنطري (قنطرة التوحيد)
ثالثاً : نقوم بتوصيل طرفي الموحد القنطري الآخرين الى طرفي المقاومة الكهربائية
رابعاً : نربط المتسعة الكهربائية (المكثف او المرشح) بالتوازي مع طرفي المقاومة .


الدائرة الكهربائية للمشروع
220v Ac
12c Dc
D.c
C
20v/12v
منظم جهد
20v
12v
حساس التيار
الى الاردوينو
الى الاردوينو
حساس الجهد
البطارية
الى الاردوينو
ريلي
A1
A2
NO
NC
C
E
الى الاردوينو
5v
ارضي (GND)
فتاحساس الفولتية
فتاحساس التيار
الاردوينو
ARDUINO
الى الترانزيستور NPN
الى بوابة ال MOSFET




TALB
EI004530
I/P : 220V 50Hz (RED,RED)
O/P: 0V - 12V (BLUE,BLUE)
DATE:2022 FS.WEERARUN


TALB
EI004530
I/P : 220V 50Hz (RED,RED)
O/P: 0V - 12V (BLUE,BLUE)
DATE:2022 FS.WEERARUN



المصادر

[1] M. Abrar , " Design and Implementation of Astable Multivibrator using 555 Timer" , Published 2017, Computer Science , IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering.

[2]Kinget, M. Steyaert and J. Van Der Spiegel, "Full analog CMOS integration of very large time Constants for synaptic transfer in neural networks," Analog Integrated Circuits & Signal Processing, vol. 24, pp. 281-295, Nov 2010.

[3] Sujit K. Biswas, Biswarup Basak and Kaushik Rajashekara, "Gate drive methods for IGBTs in bridge configurations", Industry Applications Society Annual Meeting 2015. Conference Record of the 2015 IEEE.

[4] B. S. Jacobson, "High Frequency Resonant Gate Driver with Partial Energy Recovery", Proceedings of 2013 High Frequency Power Conversion Conference, pp. 133-141.

[1]F. R. Yu, P. Zhang, W. Xiao and P. Choudhury, "Communication systems for grid integration of renewable energy resources", IEEE Network, vol. 25, no. 5, pp. 22-29, September 2011.

[5]J. M. Guerrero, F. Blaabjerg, T. Zhelev, K. Hemmes, E. Monmasson, S. Jemei, et al., "Distributed generation: Toward a new energy paradigm", IEEE Ind. Electron. Magazine, vol. 4, no. 1, pp. 52-64, March 2010.

[6]M. Garg, R. K. Singh and R. Mahanty, "Magnetically coupled boost converter with enhanced equivalent series resistance filter capacitor for DC microgrid", IET Power Electron., vol. 9, no. 9, pp. 1943-1951, March 2016.

[7]A. Ajami, H. Ardi and A. Farakhor, "A novel high step-up DC/DC converter based on integrating coupled inductor and switched-capacitor techniques for renewable energy applications", IEEE Trans. on Power Electron., vol. 30, no. 8, pp. 4255-4263, Aug 2015.

[8]S. Du, B. Wu, K. Tian, D. Xu and N. R. Zargari, "A novel medium-voltage modular multilevel DC-DC converter", IEEE Trans. on Ind. Electron., vol. 63, no. 12, pp. 7939-7949, Dec 2016.

[9]Y. Xiang, J. Liu and Y. Liu, "Robust energy management of microgrid with uncertain renewable generation and load", IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 7, no. 2, pp. 1034-1043, March 2016.

[10]H. Wu, T. Xia, X. Zhan, P. Xu and Y. Xing, "Resonant converter with resonant-voltage-multiplier rectifier and constant-frequency phase-shift control for isolated buck-boost power conversion", IEEE Trans. on Ind. Electron., vol. 62, no. 11, pp. 6974-6985, Nov 2015.

[11]M. Uno and A. Kukita, "Single-switch voltage equalizer using multi-stacked buck-boost converters for partially shaded photovoltaic modules", IEEE Trans. on Power Electron., vol. 30, no. 6, pp. 3091-3105, June 2015.

[12]H. Wu, J. Zhang and Y. Xing, "A family of multiport buck-boost converters based on DC-link-inductors (DLIs)", IEEE Trans. on Power Electron., vol. 30, no. 2, pp. 735-746, Feb 2015.

[13]J. C. Balda and A. Mantooth, "Power-semiconductor devices and components for new power converter developments: a key enabler for ultrahigh efficiency power electronics", IEEE Power Electron. Magazine, vol. 3, no. 2, pp. 53-56, June 2016.

[14]J. Milln, P. Godignon, X. Perpi, A. Prez-Toms and J. Rebollo, "A survey of wide bandgap power semiconductor devices", IEEE Trans. on Power Electron., vol. 29, no. 5, pp. 2155-2163, May 2014.

[15]J. Milln, P. Godignon, X. Perpi, A. Prez-Toms and J. Rebollo, "A survey of wide bandgap power semiconductor devices", IEEE Trans. on Power Electron., vol. 29, no. 5, pp. 2155-2163, May 2014.

[16]H. Wu, J. Zhang and Y. Xing, "A family of multiport buck-boost converters based on DC-link-inductors (DLIs)", IEEE Trans. on Power Electron., vol. 30, no. 2, pp. 735-746, Feb 2015.