بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين ، ونشهد ألا إله إلا الله وحده لا شريك له ، ونشهد أن محمداً عبد الله وسوله ، صلى الله عليه وسلم تسليماً كثيراً

أما بعد

فهذا كتاب بسيط وهو عبارة عن دورة تدريبية في مجال الطاقة الشمسية للمنازل والشركات ، وهي أيضاً دورة تعريفية بمكونات وأجزاء وعناصر هذا النوع من المنظومات

أولاً / التعريف بالطاقة المتجددة عموماً (Renewable Energy)

ويقصد بها : الحصول على الطاقة من مصادر طبيعية مستمرة لا تنضب ولا تفنى مدى الحياة البشرية ، ولا تحتاج إلى معالجات كيميائية أو صناعية كالوقود الأحفوري أو الطاقة النووية.

- مصادر الطاقة المتجددة

١- طاقة الرياح: وهو تحويل الطاقة الحركية الناتجة من دوران مراوح هوائية بتأثير الرياح والتي بدورها تحرك توربينات كهربائية نحصل من خلال حركتها الدورانية على الطاقة الكهربائية.

صورة (١) توربين الرياح

٢- طاقة باطن الأرض الحرارية (الجيوحرارية): وهو استغلال الطاقة الحرارية المخزنة تحت سطح الأرض في عملية توليد الطاقة الكهربائية من خلال نقل الحرارة العالية إلى توربينات تدار بالبخار .

٣- الغاز الحيوي: وهو الحصول على غاز الميثان من عملية تخمير المخلفات الحيوانية أو النباتية (الكتلة الحيوية) ويستخدم غاز الميثان الحيوي كبديل عن الغاز الطبيعي في عمليات توليد الكهرباء أو تسخين المياه أو حتى في الاستخدامات المنزلية.

صورة (٢) محطة لإنتاج الوقود الحيوي من مخلفات الخضروات

٤- الطاقة الشمسية: وهي تحويل أشعة الشمس (ضوء + حرارة) الواصلة إلى الأرض إلى طاقة حرارية أو كهربائية يمكن الاستفادة منهما في عدة مجالات .

صورة (٣) محطة إنتاج الطاقة الكهربائية من الألواح الشمسية

وللدخول في دراسة الطاقة الشمسية لابد من معرفة الأساسيات الضرورية في الكهرباء وهي :

- تعريف التيار والجهد والقدرة والفرق بينهما

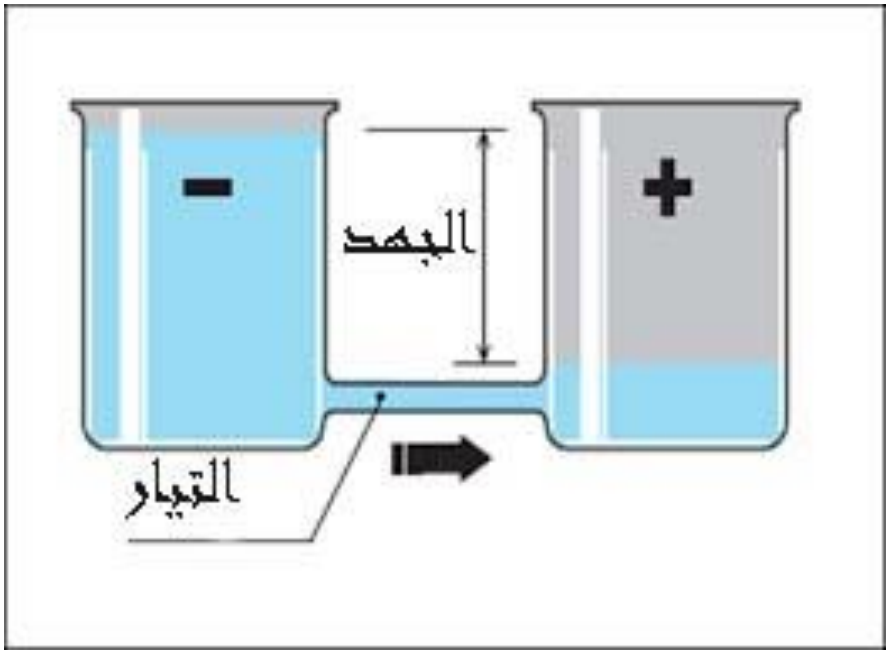
فنقول : الجهد (الفولت) هو القوة الدافعة الكهربائية التي تدفع الإلكترونات لتسير في الأسلاك الكهربائية

والتيار (الأمبير) هو عبارة سيل من الإلكترونات التي قام الجهد بدفعها لتمر في السلك الكهربائي

والقدرة الكهربائية (الوات) هي حاصل ناتج مضروب الجهد في التيار

الوات (w) = أمبير (A) * الجهد (V)

صورة (٤) وهذه الصورة تبين العلاقات السابقة



وهنا بإمكاننا البدء فنقول :

هناك نوعين من أنواع المنظومات الشمسية الرئيسية وهي

- المنظومات الشمسية المتصلة بالشبكة الكهربائية on grid solar systems
- المنظومات الشمسية المنفصلة عن الشبكة الكهربائيةoff grid solar systems

، والتي نحن بصدد دراستها هنا هي

المنظومات المنفصلة عن الشبكة الكهربائية off grid solar systems

وهذا النوع من المنظومات يتكون من المكونات التالية :

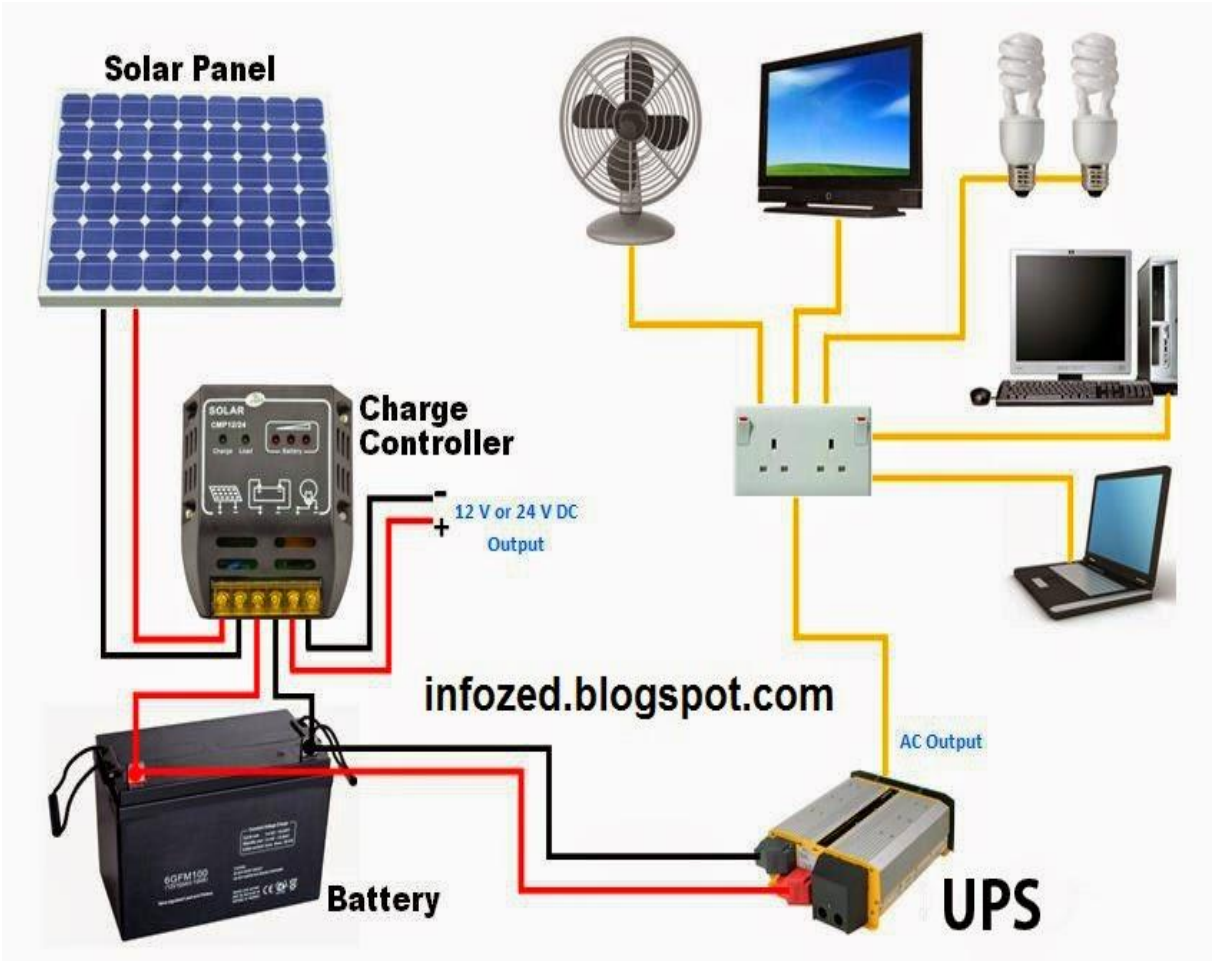
١- الخلايا الشمسية (الفولتضوئية) وهي التي نسميها الألواح الشمسية photo voltaic cells
٢- منظم الشحن أو (المتحكم) CHARGE CONTROLLER
٣- البطاريات (لخزن الطاقة) BATTERY
٤- المحول (العاكس أو الانفرتر) inverters

٥- الموصلات الكهربائية (كابلات التيار المستمر وكابلات التيار المتردد)
connectors or cables

وباستطاعتنا هنا أن نقسم هذا الكتاب أو هذه المادة التدريبية إلى خمسة أبواب أو فصول بحسب المكونات الخمسة السابقة الذكر

وسيكون هناك فصل أخير بإذن الله للتعرف على كيفية الجمع بين هذه المكونات نظرياً وعملياً وفيه أيضاً معلومات ونصائح متفرقة

صورة (٥) وهنا صورة توضح مكونات النظام الشمسي الذي نحن بصدده

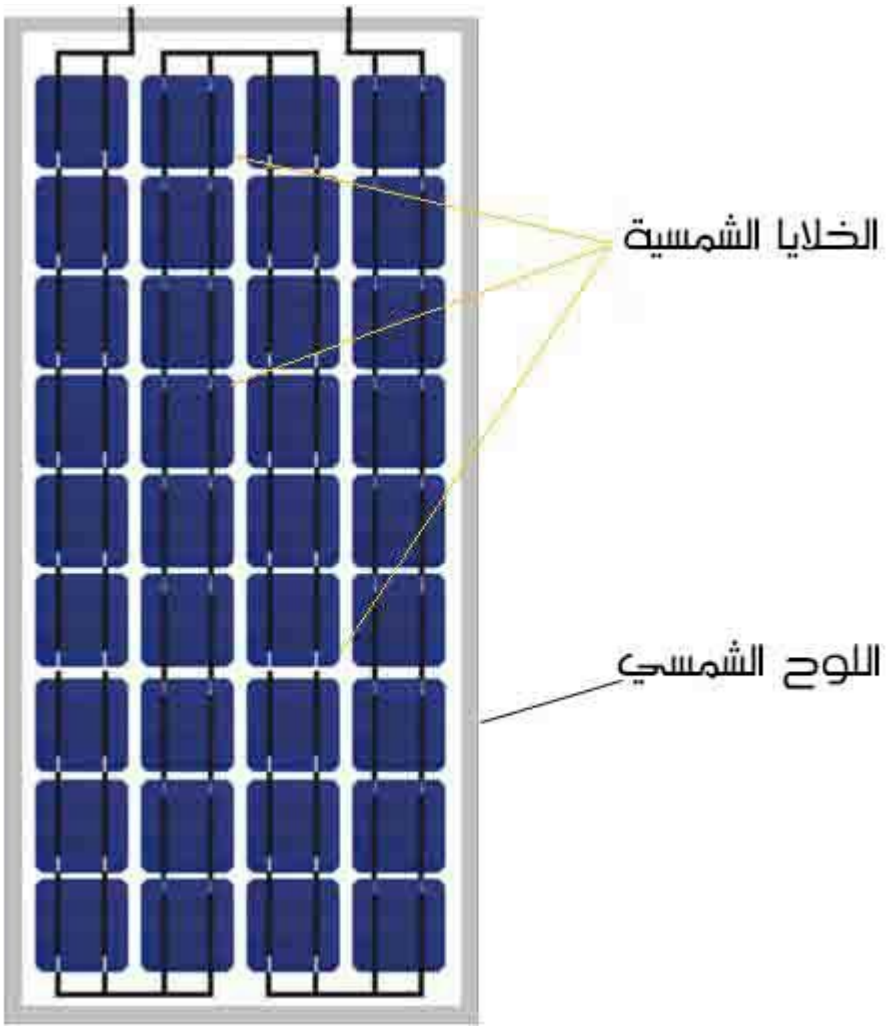


الفصل الأول / الخلايا الشمسية (الفولت ضوئية) photo voltaic cells

وهذه الخلايا يتم ربطها على التسلسل (التوالي) ليتكون منها اللوح الشمسي . حيث أن اللوح الواحد يتكون من عدة خلايا صغيرة تنتج كل خلية منها جهد كهربائي مستمر مقداره مابين 0.5 إلى 0.6 فولت

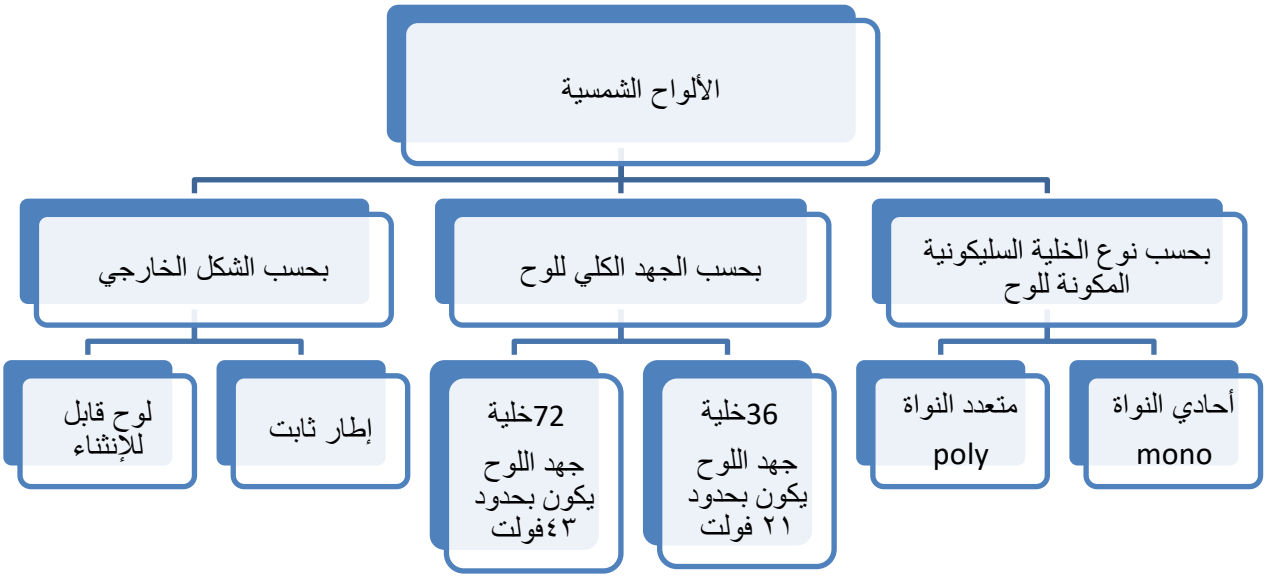
ويتكون اللوح الواحد من ٣٦ خلية أو ٧٢ خلية

صورة (٦) وهذا شكل اللوح الواحد وفيه توضيح كيفية تكوينه من عدة خلايا متوالية



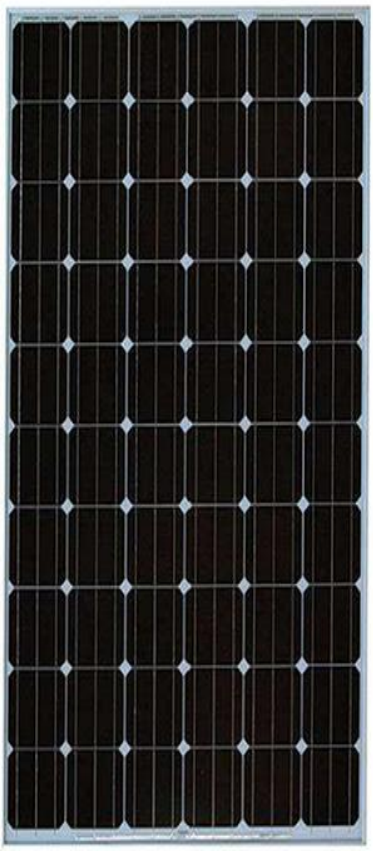
وتتكون الخلية الشمسية من طبقات من السليكون مع البورون والفوسفور بكيفية معينة بحيث يتولد في الخلية جهد كهربائي (فولت) عند تعرضها لضوء الشمس ولذلك سميت بالخلايا الفولتضوئية أي الفولت المتولد من الضود

وتنقسم الألواح الشمسية إلى عدة أقسام وأنواع كما يلي



فأما الألواح أحادية النواة الكريستالية Mono - cristallin هي التي تميز باللون الأسود وتأتي الخلية الواحدة بزوايا مشطوفة من الأركان الأربعة كما في الصورة (٧)

صورة (٧)



صورة (٨)

وأما الألواح متعددة النواة الكريستالية poly - cristallin هي التي تميز باللون الأزرق وتكون خلاياها مربعة الشكل كما في الصورة (٨)

وأما من ناحية جهد اللوح الكلي فهناك الألواح الصغيرة المكون من ٣٦ خلية مثل اللوح (٣٠ وات و٥٠ وات و٨٠ وات و١٠٠ و١٥٠ و ٢٠٠ وات) وكلها تأتي بجهد مقداره بحدود ٢١ فولت ، وهي ما نسميه في اليمن التسمية الخاطئة (لوح نظام ١٢ فولت)

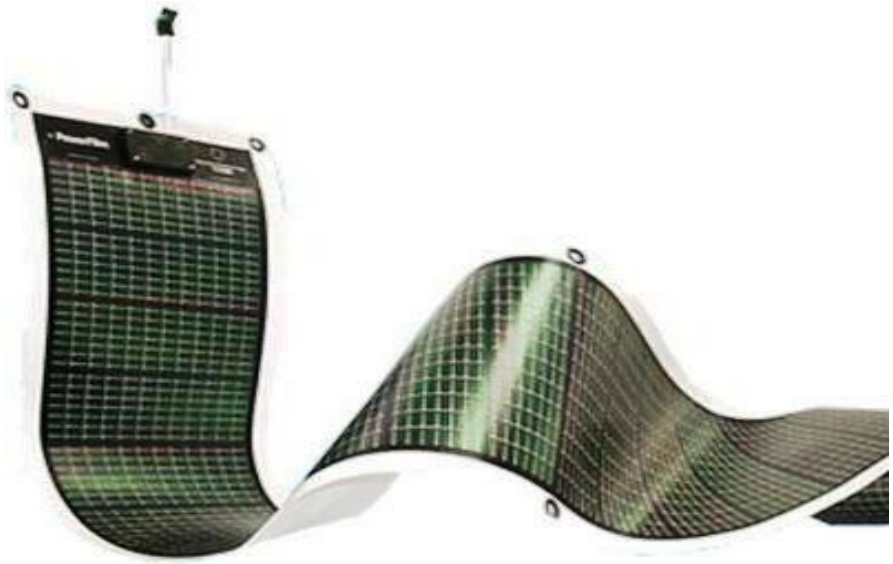
وهناك ألواح كبيره مكونة من ٧٢ خلية (٢٥٠ وات و ٣٠٠ و٣٥٠ و ٣٩٠ و٤٥٠ إلى ٥٤٠ وات فما فوق) ، وينتج منها جهد أعلى من السابق بحدود ٤٥ فولت ، وهي ما نسميه في اليمن التسمية الخاطئة (لوح نظام ٢٤ فولت)

وأما بالنسبة للشكل الخارجي للوح فهو

إما لوح ثابت الشكل كما في الصور السابقة (٧) و(٨) ، وإما قابل للإنثناء thin film

كما هو موضح في الصور التالية

صورة (٩)



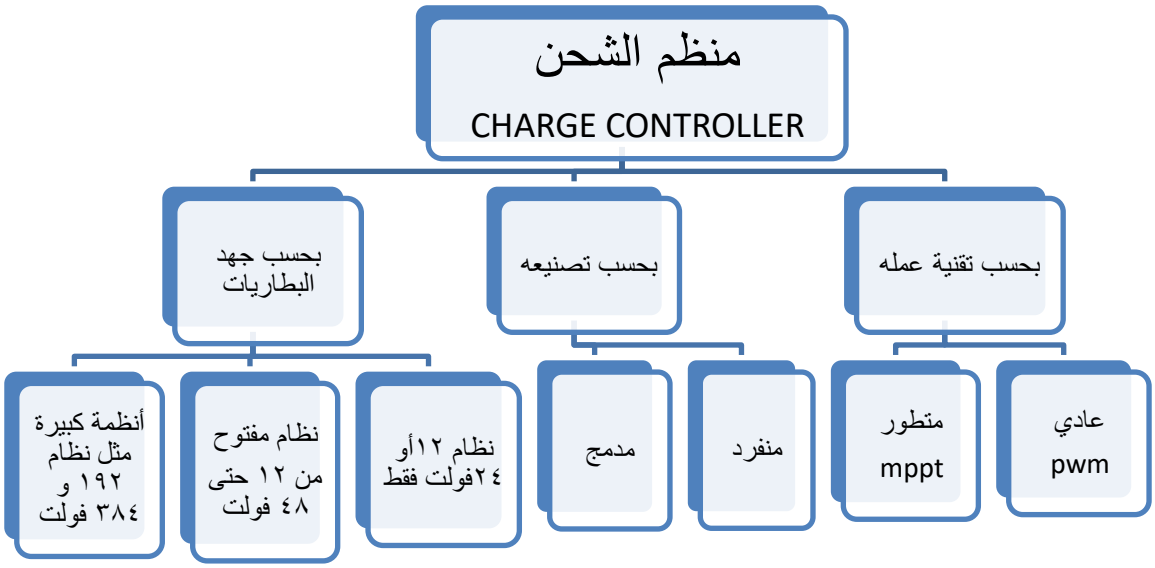
وهناك عدة طرق لتوصيل الألواح مع بعضها البعض سنذكرها في باب مستقل بإذن الله فيما بعد

الفصل الثاني / منظم الشحن أو (المتحكم) CHARGE CONTROLLER

ووظيفة هذه المنظمات هي التحكم بالجهد القادم من الألواح الشمسية إلى البطاريات بحيث تحقق أكبر استفادة من الشمس في خزن الطاقة للبطاريات ومن فوائدها أيضاً الحفاظ على البطاريات من الجهد الزائد الذي قد يؤدي لتلفها

ومن أهم وظائف منظم الشحن مايلي

- تنظيم شحن البطاريات بدون أضرار ناتجة عن الشحن الزائد أو الفولتية المرتفعة.
- يعتبر المنظم دائرة حماية كهربائية للألواح من أي أضرار ناتجة عن التيار العكسي الراجع من البطاريات أثناء الليل
- مصدر للتيار المستمر عوضاً عن التوصيل المباشر من البطارية ، وأفضلية توصيل الأحمال بالمنظم تتمثل في الحفاظ على البطارية من التفريغ الكامل وأيضاً حماية البطارية من أي أضرار تنتج من أي ماس كهربائي بالأسلاك.

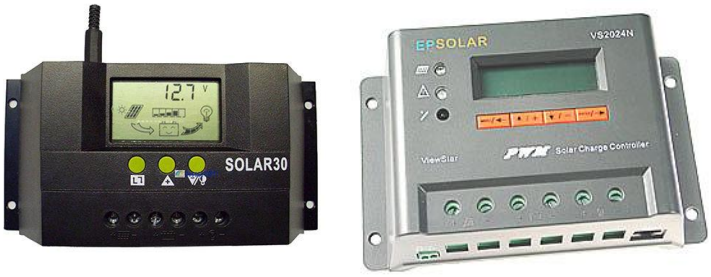


والمنظمات في تقنية عملها تعتمد على نوعين

- منظم تعديل عرض النبضة Pulse Width Modulation (PWM)

الفكرة الأساسية لعمل هذا النوع من المنظمات هو سحب قيمة فرق جهد اللوح (مثلا ٢٠ فولت) إلى جهد الشحن للبطارية (مثلا ١٤ فولت) وأخذ قيمة التيار الذي ينتجه اللوح والمقابلة لقيمة جهد البطارية على شكل نبضة.

وهذا من أمثلة هذا النوع صورة (١٠)



المميزات لهذا النوع من المنظمات تتمثل في:

١-تكلفته رخيصة.
٢-كفاءته تقارب كفاءة منظم (MPPT) في درجات الحرارة المرتفعة للمناطق الحارة .
٣-عملي وسهل البرمجة للمنظومات الصغيرة (نظام ١٢ فولت) وخفيف الوزن .

عيوب هذا النوع هي:

١-صعوبة إضافة كمية كبيرة من الألواح الشمسية والتي تتطلب قطر أكبر للأسلاك المستخدمة بينه وبين الألواح لتقليل الفقد في فرق الجهد وحماية الأسلاك.
٢-يتأثر أكثر بالتظليل الجزئي أو الكامل للألواح.

٣- لا يضمن استفادة كبرى لقدرة الألواح بالكامل حيث أقل فقد يصل إلى ١٠% في درجات الحرارة المرتفعة وترتفع إلى ٢٠% في درجة ٢٥ درجة مئوية.
٤- غير عملي في حالة المنظومات الكبيرة حيث والفقد في الطاقة كبير.

- منظم متتبع أعلى نقطة للقدرة Maximum Power Point Tracking (MPPT)

وهذا مثال للمظم ال mppt كمنظم منفرد غير مدمج

صورة (١١)

المميزات لهذا النوع تتمثل في:

١- استفادة من طاقة الألواح يصل إلى ١٠٠% من قدرتها وخصوصا عند درجات الحرارة المنخفضة.
٢- إمكانية توصيل الألواح توالي لزيادة فرق الجهد وتقليل التيار لضمان تقليل الفقد في فرق الجهد على الأسلاك أوعند ارتفاع درجة الحرارة.
٣- تأثير الظلل الكلي والجزئي على الألواح قليل مقارنة بمنظمات (PWM).
٤- عملية وفعالة في حالة المنظومات الكبيرة (٢٤ فولت وما فوق) والفقد في الطاقة قليل جدا.

العيوب:

١-تكلفتها مرتفعة.
٢-تقل كفاءتها بارتفاع درجة الحرارة ، ويتساوى أدائها مع نوع (PWM) عند درجة حرارة ٥٠ درجة مئوية.
٣-تحتاج إلى خبرات خاصة للتركيب والبرمجة وبعضها تتطلب تأريض وقواطع كهربائية.
٤-وزنها ثقيل مقارنة بمنظمات (PWM).

وأما بحسب تصنيع كلا النوعين من المنظمات فإنه يصنع أحياناً كمنظم منفرد كما في الصور (١٠) و (١١) ،

وأحياناً يصنع مدمجاً مع محول الطاقة الشمسية الانفرتر كما في الصورة التالية

صورة (١١)

وأما بحسب نظام البطاريات التي تربط للمنظم

فهناك منظمات تشتغل على نظام ١٢ فولت فقط (مثلاً بطارية واحدة)

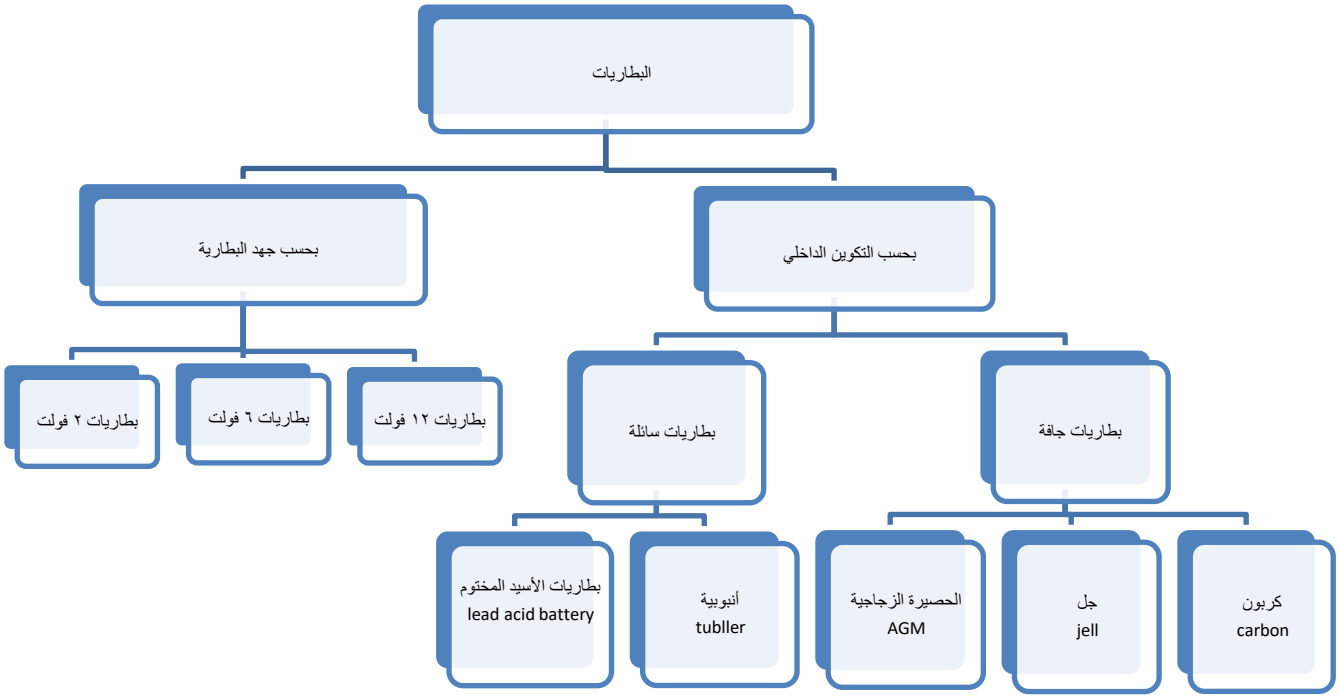
أو ٢٤ فقط (مثلاً بطاريتين بالتوالي)

وهناك منظمات تشتغل على أي نظام تربط عليه البطاريات من ١٢ فولت حتى ٤٨ فولت مثلاً (٤ بطاريات بالتوالي)

وهناك منظمات تشتغل على بطاريات أكثر فمثلاً نظام ٩٦ فولت (٨ بطاريات توالي) ، وهناك نظام ١٩٢ فولت (١٦ بطارية توالي) ، وهناك نظام ٣٨٤ فولت (٣٢ بطارية بالتوالي)

الفصل الثالث / البطاريات BATTERY

وهذا العنصر هو المسؤول عن تخزين الطاقة الكهربائية القادمة من الألواح الشمسية أثناء السطوع الشمسي وحفظ هذه الطاقة لوقت ما بعد غروب الشمس



وهناك تقسيمات أخرى للبطاريات من حيث التكوين الداخلي يختلف فيها المهندسون وفي مكان إدراجها في الجدول السابق

والذي يهمنا هو أن الوظيفة العامة لجميع البطاريات بكل أنواعها هو تخزين الطاقة الكهربائية للاستفادة منها في وقت عدم وجود الشمس

وهناك عدة طرق لتوصيل البطاريات مع بعضها البعض سنذكرها في باب مستقل بإذن الله فيما بعد

صورة (١٢)

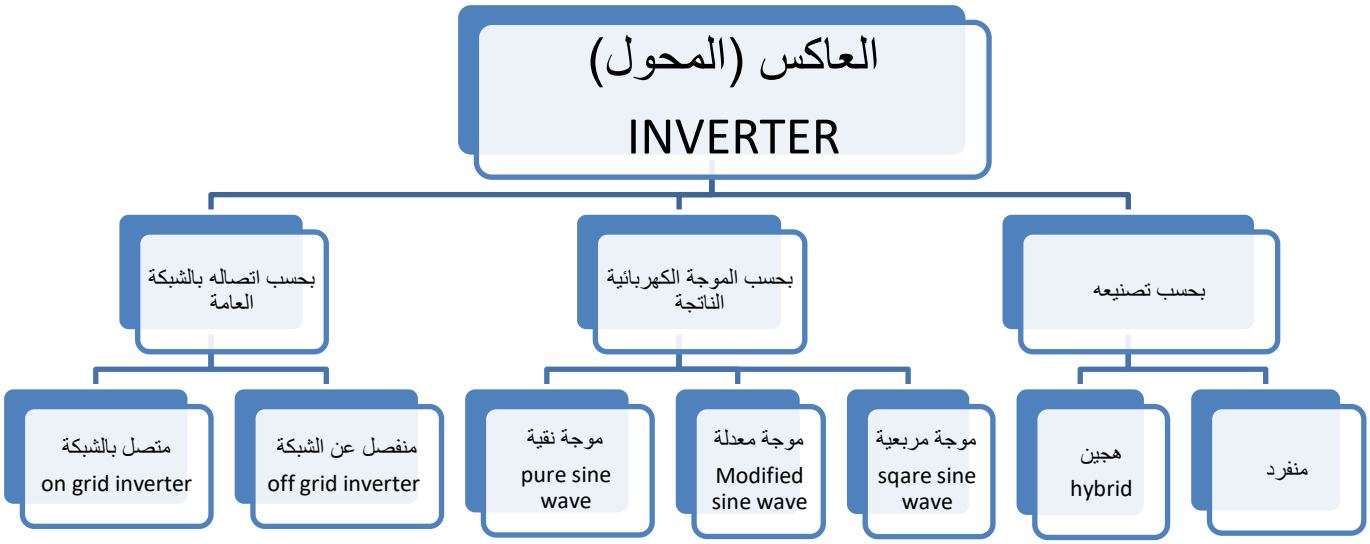
الفصل الرابع / المحول (العاكس أو الانفرتر) inverters

وهو العنصر الذي يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية المخزونة في البطاريات من تيار مستمر DC (DIRECT CURRENT) إلى تيار متردد متناوب AC (ALTERNATIVE CURRENT) وذلك ليتناسب مع أغلب الأدوات المنزلية التي لا تشتغل إلا على هذا التيار المتناوب

كما يقوم هذا المحول برفع جهد البطارية من ١٢ فولت مثلاً إلى ٢٢٠ فولت ،

لذلك يسمى بالمحول لأنه يحول الجهد من ١٢ أو ٢٤ إلى ٢٢٠

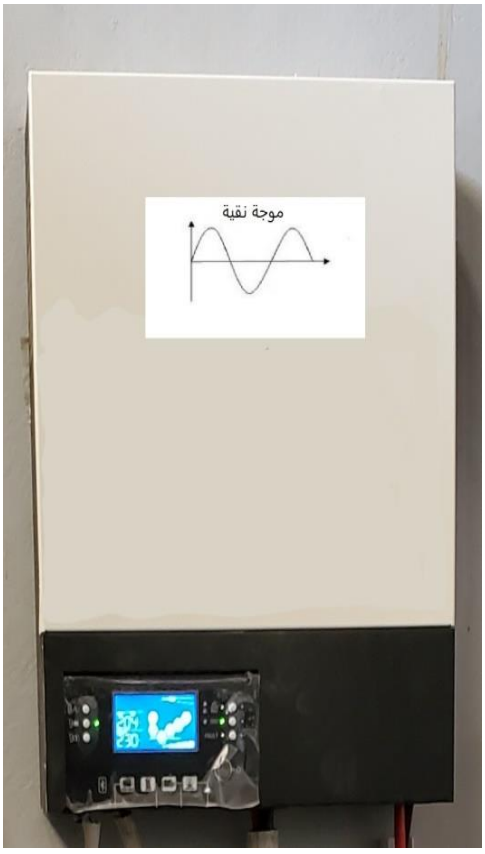
وأيضاً يسمى بالعاكس (انفرتر) كونه يعكس التيار من المستمر إلى المتناوب



والعاكس المنفرد يقصد به أنه مجرد محول من البطارية للتيار المتناوب فقط كما في الصورة التالية (١٢)

صورة (١٢)

وأما المحولات الهجين والمقصود به أنه محول ومدمج معه شاحن يقوم بشحن البطاريات من الكهرباء العامة ومثاله صورة (١٣)



وأما بالنسبة لأنواع المحولات من حيث الموجة الكهربائية الناتجة منها فهناك المحولات ذات الموجة المربعية كما في الصورة (١٢) وهناك أيضاً المحولات ذات الموجة المعدلة

صورة (١٤)

وهناك محولات ذات موجة كهربائية نقية كما في الصورة (١٣)

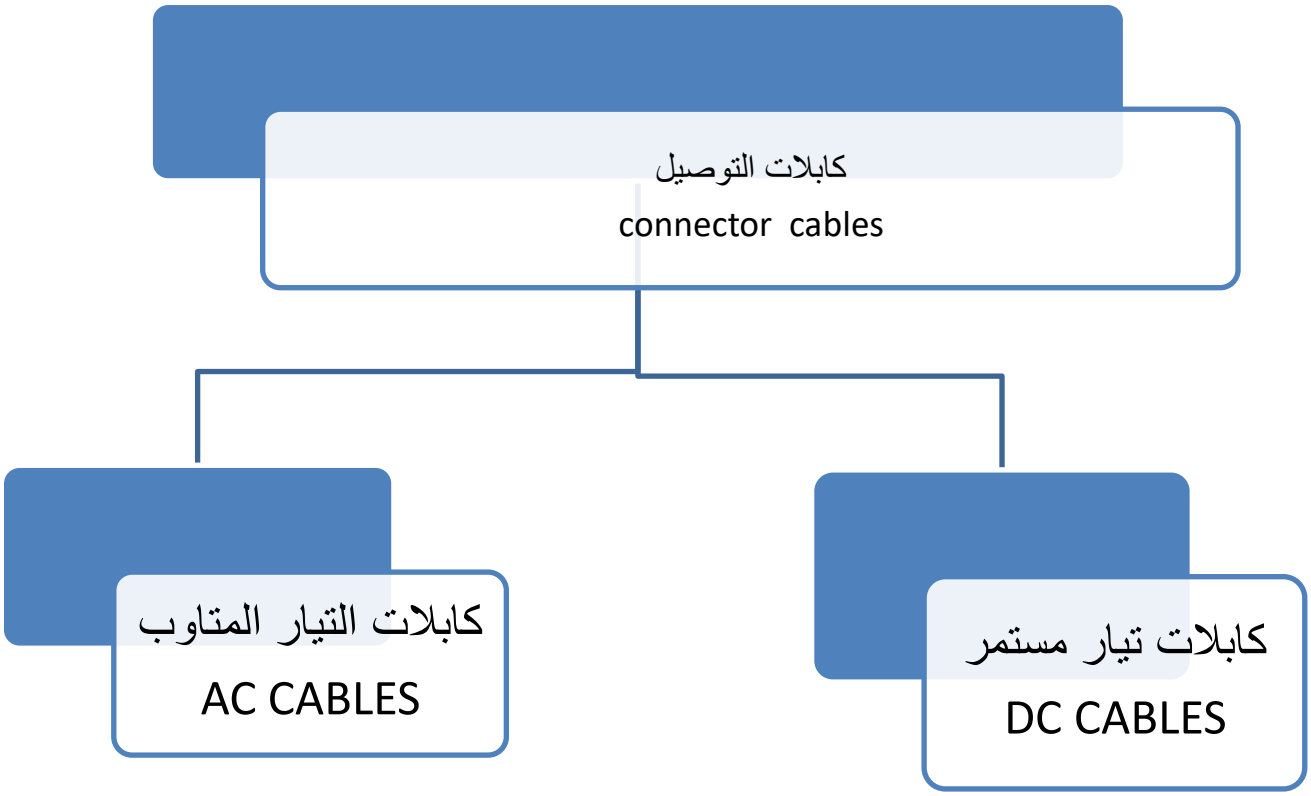
والفرق بين العواكس السابقة من حيث الموجات الناتجة هو أن الأفضل فيها هو ذو الموجة النقية لأنه الوحيد الذي له القدرة على تشغيل جميع الأجهزة الدوارة والرقمية وبدون استثناء وبكل أمان لأن الموجة النقية هي نفس الموجة التي تنتجها الكهرباء العامة وكهرباء المولدات . لذلك تجد أن العواكس ذات الموجة النقية هي الأغلى ثمناً

وأما العواكس الأخرى فقد تستطيع تشغيل بعض المحركات والمصابيح . ولكنها لا تشغل أولا تتوافق مع الأجهزة الحساسة كالكمبيوترات والبعض من الطابعات الرقمية وبعض المصابيح ، وقد تكون هذه العواكس سبباً في تلف بعض الأجهزة أحياناً ، ولذلك هي الأقل ثمناً .

وعواكس الموجة المربعية أقل ثمناً من عواكس الموجة المعدلة

الفصل الخامس / الموصلات الكهربائية connectors or cables

(كابلات التيار المستمر وكابلات التيار المتردد)



وهي عبارة عن موصلات من النحاس أو غير النحاس وتعمل على توصيل التيار المستمر أو المتردد

حيث تقوم كابلات التيار المستمر بتوصيل التيار القادم من الألواح إلى منظمات الشحن ثم بين منظم الشحن والبطاريات وأيضاً بين منظم الشحن وبين مصابيح التيار المستمر

وأما كابلات التيار المتردد فتقوم بتوصيل التيار المتردد الخارج من العاكس إلى الأحمال المنزلية ، وكذلك توصل بين الكهرباء العامة وبين الشاحن المدمج في العاكس لشحن البطاريات

الفصل السادس / في طريقة الربط بين أجزاء مكونات النظام الشمسي

هذا الفصل بإذن الله سيكون عبارة عن نقاط متفرقة ونظرية ، وأكثر ما سيفيد المتدرب هو التطبيق العملي ومشاهدة طريقة الربط والتركيب بعينه

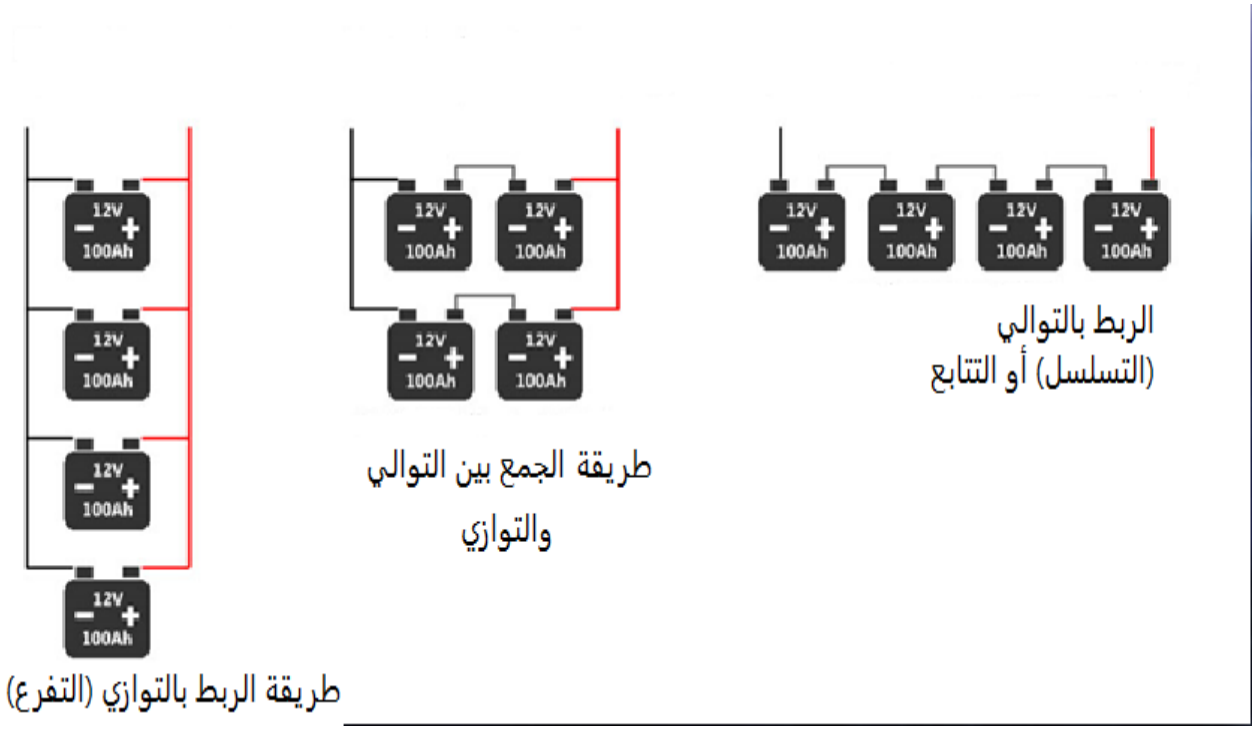
لذلك نقول

- أول ما يتم ربطه في المنظومة هو منظم الشحن إلى البطارية لكي يتعرف عليها
- وإذا كانت هناك أكثر من بطارية فيتم الربط بينها إما بالتوالي أو بالتوازي أو الجمع بين التوالي مع التوازي

وكل ذلك يعتمد على جهد تشغيل منظم الشحن (إما نظام ١٢ أو ٢٤ أو ٤٨ أو .....)

وهذه الصورة تبين طرق ربط البطاريات الثلاث

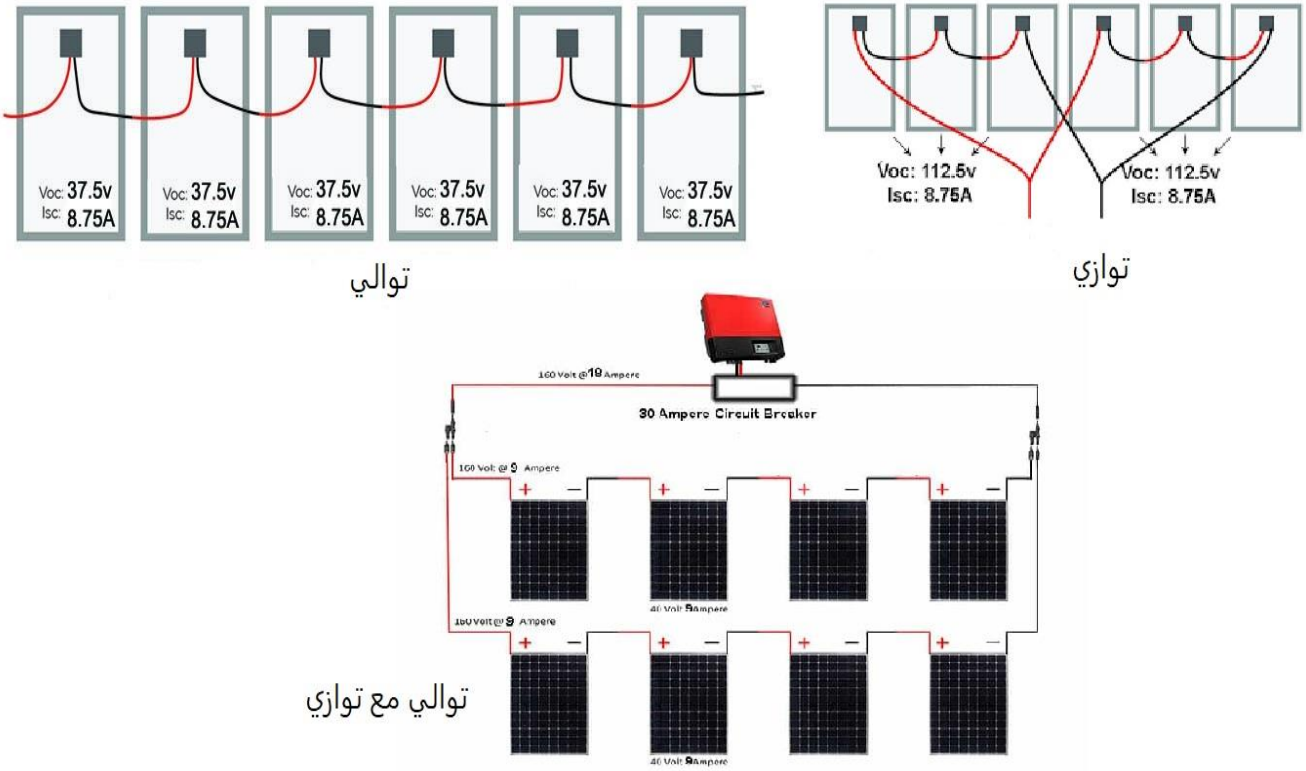
صورة (١٤)



ثم بعد ذلك يتم ربط الألواح إلى منظم الشحن بحسب مجال جهد المنظم الذي يتحمله وبحسب التيار الذي يتحمله المنظم

وأما طرق ربط الألواح تشبه الطرق الثلاث السابقة لربط البطاريات

صورة (١٥)



توالي

توازي

توالي مع توازي

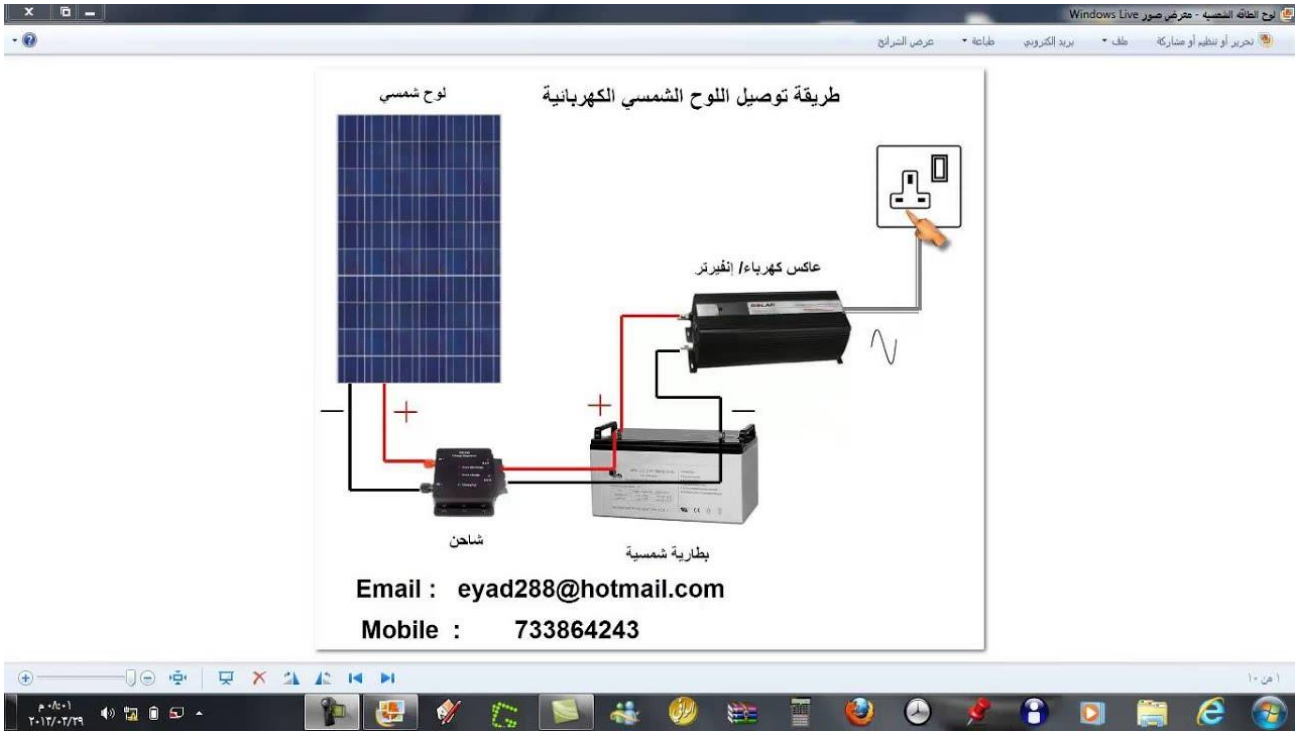
- يتم ربط العاكس (المحول) للبطاريات ثم تشغيله لينتج لنا التيار المتناوب
- يتم ربط أحمال التيار المستمر DC من مظم الشحن وليس من البطاريات مباشرة لضمان عدم استهلاكها إلى الصفر وأيضاً لحمايتها من الماس الكهربائي
- في منظم الشحن العادي PWM يجب التسوية بين نظام البطاريات (١٢ أو ٢٤) مع طريقة ربط الألواح (١٢ أو ٢٤) فإذا كانت البطاريات مربوطة

بنظام ١٢ فلابد ما تكون الألواح مربوطة ١٢ فولت ، وكذلك لو تم ربط البطاريات ٢٤ فولت فتكون الألواح كذلك ٢٤ فولت

- وأما في منظم الشحن MPPT يمكن ربط البطاريات بنظام ١٢ مثلاً وتكون الألواح بنظام أعلى من ذلك بكثير حتى تصل إلى ٥٠٠ فولت من الألواح بينما البطاريات بنظام ١٢ فقط أو ٢٤ فقط أو ٤٨ فقط مما يجعل من منظمات ال MPPT هو الحل الأنسب للمنظومات التي فيها ألواح عالية الفولتية وبطاريات منخفضة الفولتية

فمثال طريقة ربط الألواح في منظم PWM

صورة (١٦)



وأما طريقة ربط الألواح في MPPT فتكون كما في الصورة السابقة ولكن بعدة ألواح موصلة بالتوالي مع بقاء البطارية كما هي

- هناك بيانات تكتب على منظمات الشحن العادية pwm أو المتطورة mppt يتم ربط الألواح على حسب هذه البيانات . مثال ذلك

صورة (١٧)

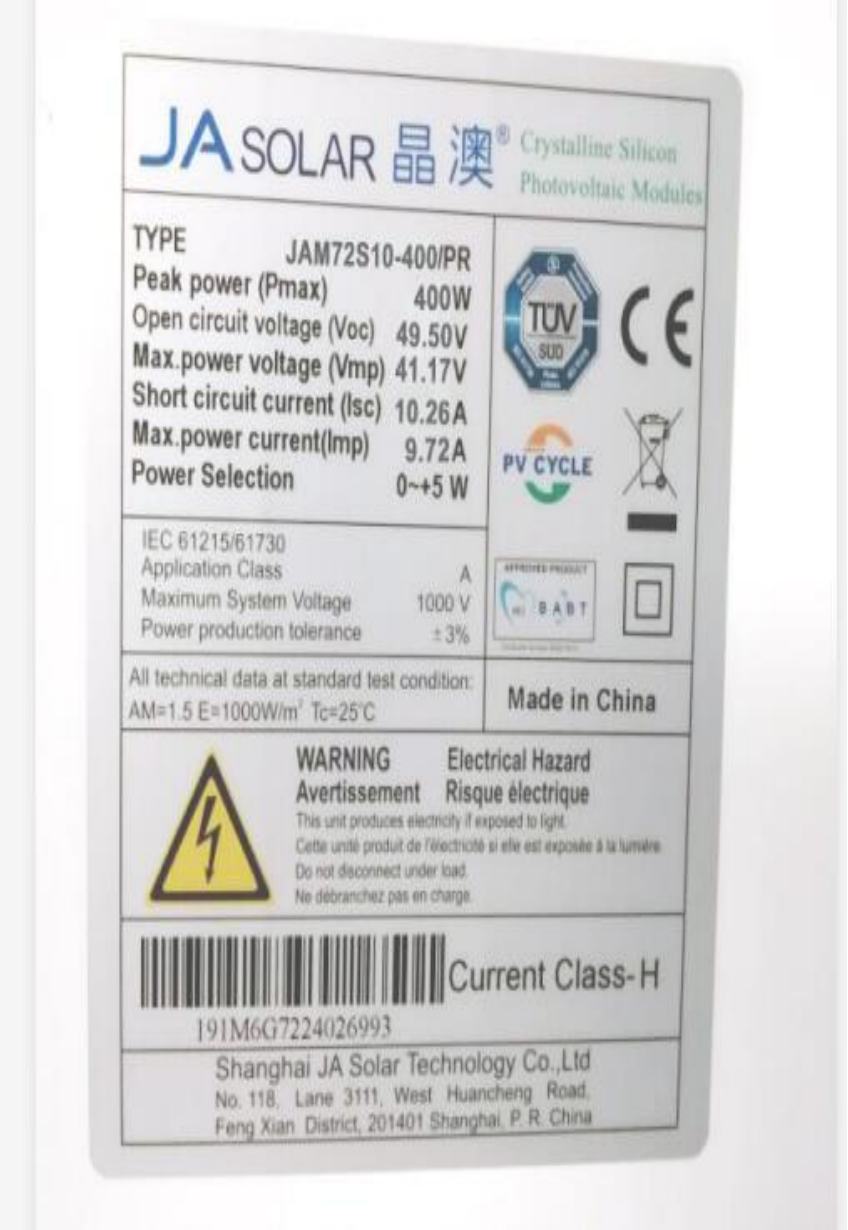
ومن هذه اللوحة سيقوم المدرب بتوضيح بيانتها لك لكي تتمكن من معرفة طريقة ربط البطاريات والألواح لهذا المنظم

- هناك عدة بيانات توجد على اللوح الشمسي سيقوم المدرب بتوضيحها لك وتوضيح معانيها

كما في الصور التالية

صورة (١٧)

copex
MODEL:M100
Electrical Ratings
at STC(1000W/M2, AM 1.5spectrum, cell temperature 25℃)
All values are nominal unless designated as tested
Peak Power(Pmax) 100Wp
Power Tolerance 0~3%
Voltage(Vmp) 18.0V
Current(Lmp) 5.55A
Open Circuit Voltage (Voc) 21.5V
Short Circuit Current(Isc) 6.38A
Max.System Voltage 1000VDC
WARNING
ELECTRICAL HAZARD
• This Module produces electricity when expose to light. Follow all applicable electrical safety precautions.
• ONLY qualified personnel should install or perform maintenance work on these modules.
• BE AWARE of dangerous high DC voltage when connecting modules.
• DO NOT handle or install modules when they are wet.
Warranty
90% power output over 20 years
80% power output over 30 years
IEC
TUV
Germany Technology



- يتم حساب الأحمال الكهربائية ثم يتم تحديد حجم المحول المطلوب لذلك
- يجب الاهتمام بعمل قواطع حساسة أو فيوزات في جميع مكونات المنظومة الشمسية وذلك لحماية الأجهزة من التلف وقبل ذلك حماية الإنسان من الضرر

انتهى بحمد الله

إعداد المهندس / فكري محمود الحكيمي الأشعري

٧٧٣٩٣٨٢٥٥