مراقبة شحن البطاريات للمنظومات الفوتوفولتائية في العراق

بشير نعمان حسين
وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة الطاقات المتجددة
بغداد - العراق

الخلاصة

في هذا البحث تم تصميم وتطبيق منظومة مراقبة على شحن البطاريات في منظومة فوتوفولتائية معزولة عن الشبكة الكهربائية. تم تصميم منظومة السيطرة لمراقبة فولتية منظومة البطاريات والسيطرة على مستوى الشحن في البطاريات، حيث تتم السيطرة من خلال تقسيم مستويات الشحن الى ثلاث اقسام جيد، متوسط، قليل ولكل مستوى من هذه المستويات هناك اجراء يتم اتخاذه من قبل منظومة السيطرة. ان من اهم فوائد هذه المنظومة هو الحفاظ على عمر البطاريات وتقليل الكلفة التشغيلية للمنظومات المعزولة عن الشبكة الكهربائية. تم تصميم وتطبيق منظومة السيطرة في وزارة العلوم والتكنلوجيا وهذه المنظومة تعمل الان حسب التصميم وبصوره جيدة.

الكلمات المفتاحية: منظومة مراقبة، منظومة بطاريات، المنظومات الفوتوفولتائية و العراق

Battery Energy Storage Monitoring System for Photovoltaic Systems in Iraq

Basheer Noaman Hussein
Ministry of Science and Technology / Renewable Energy Directorate
Baghdad - Iraq
E-mail: Nasaheer_s@yahoo.com

Abstract

This paper presents a monitoring system design and implement for Off-Grid photovoltaic system. The monitoring system has been designed to monitor the voltage of the battery energy system and to control it in terms of charging level. Charging level has been divided into three level which are High, Medium, Low. Each level has an action to notify about the battery energy storage status. The benefits of using the control system in photovoltaic systems are to extend the life time of batteries and minimize the running cost of any Off-Grid photovoltaic systems. A monitoring system has been designed and implemented in Ministry of Science and Technology.

Keywords: Monitoring, Battery System, Photovoltaic System and Iraq.

المقدمة

للسيطرة على اي جهاز يجب ايجاد معادلة بين محتويات الجهاز المراد السيطرة عليه وتمثل هذه المعادلة جميع العلاقات المؤثرة في محتوياته هناك نوعان من انظمة السيطرة، النوع الاول هو السيطرة على الاجهزة بالدائرة المفتوحة ويتم هذا النوع عن طريق دراسة الجهاز المراد السيطرة عليه وبعد الدراسة يتم تصميم المسيطر للحصول على النتائج المراد الحصول عليها. اما النوع الثاني فهو السيطرة على الاجهزة بالدائرة المغلقة ويتم ذلك عن طريق ربط متحسسات لقياس المخرجات بصورة مباشرة ودراسة الجهاز المراد السيطرة عليه وبعد الدراسة تتم المقارنة بين المخرجات الانية مع المخرجات المراد الحصول عليها. اما بالنسبة الى المسيطر فهناك الكثير من الانواع ومنها المسيطرات الذكية و المسيطرات المتكيفة.

لقد تم ادخال انظمة سيطرة مختلفة على المنظومات الفوتوفولتائية المفصولة عن الشبكة وذلك لاغراض تتعلق بالالواح كالتتبع الشمسي ومن فؤائدها زيادة كفاءة المنظومة وتقليل الكلفة الكلية للالواح (Peter and Agarwal, 2010), (Hanbay, *et al.,* 2005) او تتعلق بالاحمال كنظام (Smart Grid)
(Bando *et al*., 2008)
(Baharom, *et al.,* 2010) او نظام (Loads Control) ومن فؤائدها التحكم بالاحمال حسب الاولوية وتساعد في ترشيد استهلاك الطاقة. وفي هذا البحث سنتناول البطاريات كأحد المكونات التي بالامكان ادخال انظمة السيطرة عليها لغرض الحفاظ على ادائها واطالة عمرها التشغيلي. ومن اهم فؤائد منظومة السيطرة ان كلفتها قليلة مقارنة بكلفة بطارية واحدة من بطاريات المنظومة الفوتوفولتائية (Lima, *et al.* ,2000), (Krejcar, *et al.* ,2010)

المواد وطرائق العمل

الجانب النظري

ان الخطوات الرئيسية لبناء اي منظومة سيطرة هي تحديد الاهداف المراد الوصول اليها من قبل المصمم، ثم يتم تحدد المتغيرات التي سوف يتم السيطرة عليها من قبل المسيطر، وبعد معرفة المعادلة الخاصة بالجهاز والمتحسسات تتم برمجة المسيطر للحصول على النتائج المطلوبة، وبعد ذلك يتم ربط المسيطر مع اجزاء المنظومة للحصول على النتائج التي صممت عليه منظومة السيطرة (Hossain, *et al.,* 2011), (Lima, *et al.,* 2000), (Ali, and Asif, 2006).

يمكن تفصيل خطوات تصميم منظومات السيطرة في النقاط التالية:

1- تحديد اهداف التصميم من ناحية تحسين الاداء او تقليل الكلفة او ترشيد استهلاك الطاقة كما في المنظومات الفوتوفولتائية.

(وتم تحديد هدف البحث من ناحية تحسين الاداء لتقليل الكلفة التشغيلية)

2- تحديد المتغيرات المراد السيطرة عليها ومثال على ذلك المنظومة الفوتوفولتائية حيث يؤخذ التيار او الفولتية او الحرارة او الحمل حسب الهدف المراد تحقيقه. **(وتم تحديد الفولتية لكي يتم القياس والتنفيذ)**

3- بعد تحديد المتغيرات المراد السيطرة عليها تحديد نوع المتحسسات التي يجب استخدامها وما تحتاجها من دوائر الكترونية لتحويل نوع البيانات لكي تتوافق البيانات بين اجزاء المنظومة. **(تم تحديد دائرة لتصغير الفولتية من فولتية البطاريات**

(44-60 فولت) الى فولتية اصغر من (5 فولت) يمكن للمسيطر التعامل بها)

4- تحديد جميع اجزاء منظومة السيطرة بدأ بالمتحسسات انتهاأ بالتنفيذ وتشمل (المتحسسات، الدوائر الالكترونية، نوعية المسيطر، التنفيذ). تم اختيار نوعية المسيطر حسب (عدد المدخلات والمخرجات من المسيطر، حجم البرنامج المراد تنزيله بالمسيطر). **(تم اختيار المسيطر نوع PIC16F887 وهو من المسيطرات ذات السعة الكبيرة ويحتوي على عدد كبير للمدخلات والمخرجات حيث بالامكان تطوير هذه المنظومة بسهولة)**

5- بعد تحديد جميع اجزاء المنظومة تم وضع حدود لجميع المحددات المراد المسيطر عليها كأعلى قيمة واقل قيمة. **(تم وضع حدود على ان اقل فولتية للبطارية هي 44 فولت واعلى فولتية للبطاريات هي 60 فولت)**

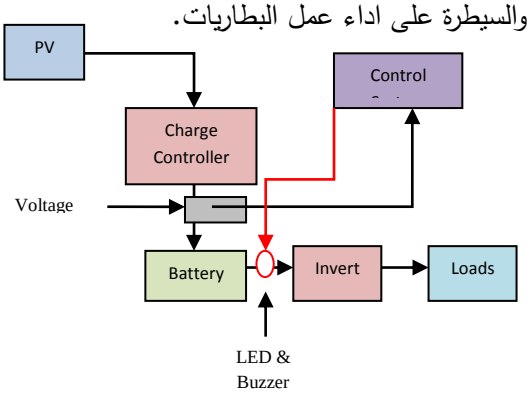
6- بعد ذلك يقوم المصمم ببناء برنامج المسيطر والذي يعتمد على البيانات المقاسة ونوعيتها والبيانات المراد اخراجها وكافة عملية السيطرة. وتتم عملية البرمجة بمرحلتين:

- المرحلة الاولى: تتم كتابة البرنامج عن طريق واحد من ثلاث لغات (لغة PASCAL، لغة BASIC، لغة C). ان هذه اللغات تختلف الواحدة عن الاخرى ولكن المصمم يمكنه الحصول على نفس النتيجة في حال استخدام اي لغة من هذه اللغات الثلاثة. ولكن في حالة تصميم مسيطر ذكي يجب استخدام برامج متطورة مثل ال (MATLAB) وهذه البرامج يكون تعاملها مع لغة C فقط وبذلك يفضل استخدام لغة C للبرمجة. ومن البرامج المستخدمة لبرمجة المسيطرات نوع (PIC) هي (Micro PASCAL، Micro BASIC و MicroC) تم ترتيب البرامج حسب ترتيب اللغات. **(حيث تمت البرمجة في هذا البحث باستخدام لغة C عن طريق البرنامج MicroC وبالامكان تطوير هذا المسيطر بنظام متطور عن طريق برنامج ال (MATLAB) في حالة الاحتياج الى مسيطر متطور ذكي)**
- المرحلة الثانية: بعد ان تتم كتابة برنامج المسيطر يجب تحويل لغة البرمجة الى لغة خاصة بالمسيطر (Hexadecimal) حيث يقوم البرنامج (Micro Prog Suite for PIC) بتحويل اي لغة من اللغات الثلاثة الى لغة المسيطر ويقوم ايضا بتنزيلها الى المسيطر عن طريق جهاز خاص لبرمجة المسيطرات او عن طريق جهاز خاص بشركة المسيطرات (Easy PIC Development System) والذي يحتوي على دوائر الكترونية جاهزة لربط المتحسسات ولتركيب اي منظومة سيطرة بشكل مبسط وايضا يحتوي هذا الجهاز على 3 مداخل لبرمجة المسيطر (USB – LAN – Parallel Port RS232) ويمكن استخدام اي طريقة. ويمتاز ايضا برنامج (MicroProg Suite for PIC) بقدرته على قراءة ونسخ البرامج الموجودة في المسيطرات الى المسيطرات الاخرى. **(تم استخدام برنامج ال MicroProg Suite for PIC لتحويل برمجة المسيطر الى لغة ال Hexadecimal التي يقوم جهاز EasyPIC Development System ببرمجة المسيطر بها وتم استخدام مدخل ال USB وهو اسهل طريق يمكن استخدامه لبرمجة المسيطرات بهذا الجهاز)**

7- بعد اتمام برمجة المسيطر يتم ربط المسيطر مع جميع اجزاء كارت السيطرة. وبعد ذلك يتم ربط كارت السيطرة مع المنظومة المراد السيطرة عليها للحصول على الاهداف التي صممت عليها منظومة السيطرة. **(تم ربط المسيطر مع اجزاء**

التنفيذ والتي هي المؤشرات الضوئية و المنبه الصوتي)

الشكل رقم (1) يوضح تصميم كارت السيطرة على المنظومة الفوتوفولتائية للحماية والسيطرة على اداء عمل البطاريات.



شكل (1) كارت السيطرة على المنظومة الفوتوفولتائية

الجانب العملي

طبقت البحث على منظومة فوتوفولتائية بسعة 3.37 كيلو واط وطاقة حمل 12 كيلو واط ساعه في اليوم المنصوبة في دائرة الطاقات المتجددة والتي تحوي على 12 بطاريةMaxima نوع AGM سعة كل منها (200 امبير ساعة) ومربوطة بنظام (48 فولت) اجريت الخطوات التالية:

1- تصميم الدوائر الالكترونية لغرض قياس فولتية نظام البطاريات اعلاه ولتشغيل المسيطر الذي يعمل ب 5 فولت.

2- اعداد برنامج المسيطر بواسطة اللغة C باستخدام برنامج (MikroC PRO for PIC).

3- ادخال البرنامج على المسيطر وتم نقل البرمجة من جهاز الحاسوب الى المسيطر نوع (PIC16F887) باستخدام الجهاز (Easy PIC Development System).

4- ربط الدوائر الالكترونية مع المسيطر لاكمال كارت السيطرة.

5- ربط كارت السيطرة مع المنظومة الفوتوفولتائية لتحقيق اهداف البحث.

ينقسم الجانب العملي الى 3 اقسام رئيسي:

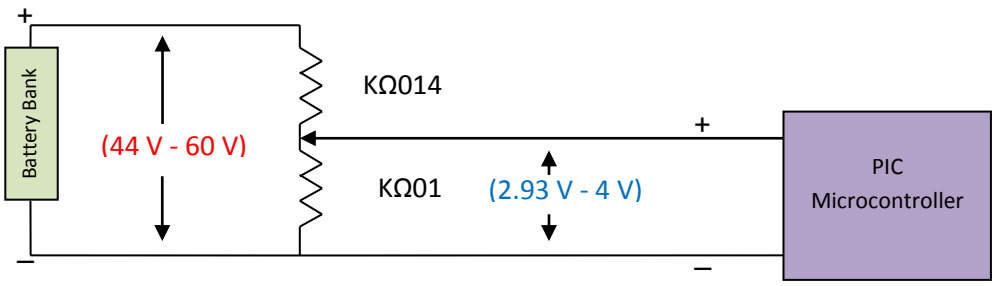
1- الدائرة الالكترونية

صممت دائرتان كهربائيتان لكل دائرة وظيفتها الخاصة. الدائرة الاولى تقوم بتحويل الفولتية من فولتية عالية الى فولتية مسموحة بالمسيطرات والتي هي اقل من 5 فولت كما في الشكل (2). حيث تتكون هذه الدائرة من مقاومات كهربائية لتحقيق المعادلة (الفولتية الناتجة = $\frac{\text{الفولتية الداخلة}}{15}$) والدائرة الثانية تقوم بتحويل الفولتية من فولتية عالية الى فولتية يعمل عليها المسيطر كما في الشكل رقم (3). وتتكون هذه الدائرة من مقاومات كهربائية لتحقيق المعادلة (الفولتية الناتجة = $\frac{\text{الفولتية الداخلة}}{5}$) ومن منظم فولتية تكون الفولتية الناتجة منه دائما 5 فولت على شرط ان تكون الفولتية الداخلة اليه من 7 فولت الى 15 فولت.

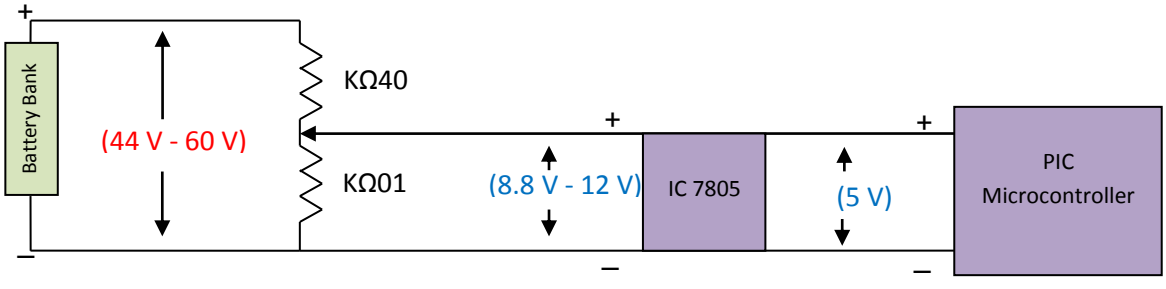
2- المسيطر

يعتبر المسيطر هو الجزء المهم في منظومات السيطرة حيث تم تصميمه على 3 مراحل. المرحلة الاول وهي اعداد برنامج المسيطر وتم اعد البرنامج بواسطة اللغة C باستخدام برنامج (MikroC PRO for PIC) وتم ادخال المعادلة التالية:

$$Real\ V = \left(\left(\frac{BatV}{1023}\right) * VREF\right) * 15 \text{ ------- (1)}$$



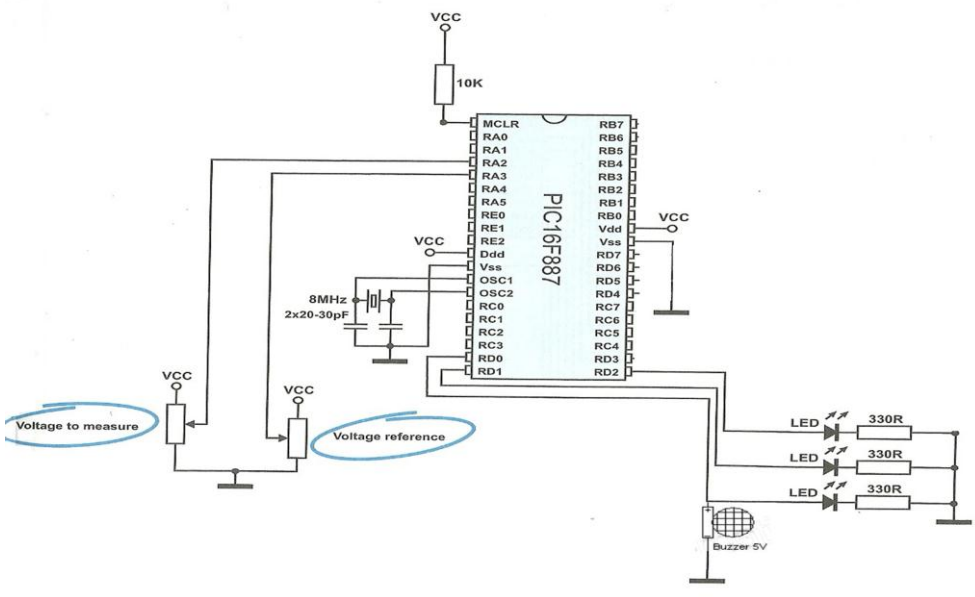
شكل (2) الدائرة الالكترونية الاولى



شكل (3) الدائرة الالكترونية الثانية

حيث تتم قراءة الفولتية عن طريق المسيطر ب 1023 درجة وهي من الخواص الجيدة لهذا المسيطر حيث يكون متحسس دقيق لاي تغير بسيط في الفولتية، تمت مقارنة الفولتية المقاسة مع الفولتية التي تم تحديدها كاعلى فولتية للمقارنة (VREF) وبعد المقارنة سوف ينتج من المسيطر القيمة الحقيقية المقاسة من قبل المسيطر بعد التصغير. وبذلك تنتج القيمة الحقيقية لمنظومة البطاريات عن طريق المعادلة رقم (1). اما المرحلة الثانية فهي نقل البرمجة من جهاز الحاسوب الى المسيطر نوع (PIC16F887) وتمت هذه العملية باستخدام الجهاز (Easy PIC Development System) كما في الشكل رقم (4) الذي له القابلية على برمجة كل انواع المسيطرات تحت عائلة ال PIC حيث تم استخدام هذا الجهاز وتمت برمجة المسيطر بالبرنامج المعد حسب الاسس التصميمية لمنظومة السيطرة. تمت في المسيطر قراءة فولتية البطاريات ومنها يتم معرفة مستوى الشحن وعند الوصول الى اقل قيمة محددة في البرنامج يقوم البرنامج باعطاء الامر بالتنفيذ لكي لا يتم استهلاك البطاريات اكثر من المستوى المحدد تصميميا. اما المرحلة الثالثة فهي ربط المسيطر بجميع الدوائر الكهربائية التي تم تصميميها للعمل في كارت السيطرة كما في الشكل (5).

شكل (4) كارت مبرمجة المسيطرات (Easy PIC Development System)



شكل (5) المخطط الكهربائي للمسيطر مع المدخلات والمخرجات

3- عمل كارت السيطرة

كما موضح في الشكل (5) هناك مداخل ومخارج للمسيطر فمن مداخل المسيطر فولتية البطاريات بعد تصغيرها بدائرة الكترونية ومن مخارج المسيطر يوجد هناك ثلاث اضواء وجرس الكتروني واحد ويمكن زيادة عدد المداخل والمخارج اعتمادا على اهداف كارت السيطرة المطلوب تصميمها. تم برمجة المسيطر على اعطاء اشارة ضوئية بلون اخضر في حالة الشحن اعلى من 75% (اي مايعادل اعلى من 51 فولت كما في الجدول (1) وعلى اعطاء اشارتط ضوئية بلون اصفر في حالة الشحن بين 50% و75% (اي مابين 50 فولت و48 فولت) واعطاء اشارة ضوئية وصوت منبه في حالة انخفاض الشحن اقل من الحد الادنى للشحن وحسب التصميم المطلوب. حيث تم اخذ 50% (مايعادل اقل من 48 فولت) هو الحد الادنى من

جدول (1) نسبة الشحن لمنظومة البطاريات الشحن

نسبة الشحن %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
فولتيـــة البطاريـــات Maxima (GEL) Volt	42	45.2	46.3	47	47.6	48.2	49.7	50.5	51.1	51.6	52.3

لهذه الحالة التصميمية. حيث تم ربطها مع المنظومة الفوتوفولتائية المنصوبة في دائرة الطاقات المتجددة والان يمكن بسهولة معرفة حالة الشحن في البطاريات والتنبيه في حالة وصول نسبة التفريغ اقل مما هو مصمم عليه نظريا. وفي حالة تغيير نوعية البطاريات يجب التغيير في برنامج المسيطر لاختلاف نسب الشحن بين انواع البطاريات. تبلغ كلفة كارت السيطرة التي تم تصميمها عشرة الاف دينار عراقي وهو سعر بسيط جدا مقارنة بسعر بطارية واحدة من بطاريات الشحن. تم ربط كارت السيطرة مع المنظومة الفوتوفولتائية للحصول على النتائج المراد الحصول عليها بتاريخ (2012/9/9) حيث كان معدل فولتية البطاريات لهذا اليوم هو (51 فولت) وتم التنبيه باللون الاصفر اشارة الى ان المنظومة في حالة الشحن بين 50% و 75% وبتاريخ (2012/9/26) حيث كان معدل فولتية البطاريات لهذا اليوم هو (54 فولت) وتم التنبيه باللون الاخضر اشارة الى ان المنظومة في حالة الشحن اعلى من 75% وبتاريخ (2012/10/25) حيث كان معدل فولتية البطاريات لهذا اليوم هو (47 فولت) وتم التنبيه باللون الاحمر ومنبه صوتي اشارة الى ان المنظومة في حالة الشحن اقل من 50%. حيث تم ايضا اختبار المنظومة في حالة ازدياد فولتية البطاريات من 50 فولت الى 51 فولت لرؤية دقة القياس والتنبيه وسرعة التنقل من الضوء الاصفر الى الضوء الاخضر وكانت النتائج كما مصمم نظريا وبدقه وسرعة عالية.

النتائج والمناقشة

1- تم ربط كارت السيطرة مع المنظومة الفوتوفولتائية وتم تحقيق اهداف البحث في مراقبة حالة الشحن للبطاريات للحفاظ على عمر البطاريات.

2- ان من اهم عناصر البحث هو استخدام المسيطر نوع (Peripheral Interface Controller) PIC والذي يمتاز بسهولة اسخدامه واستقباله لجميع انواع البيانات حيث تم استخدامه لادخال فولتية البطاريات بعد تصغيرها مباشرتا بدون اي دائرة لتحويل البيانات وبهذا نستنتج ان استخدام هذا النوع من المسيطرات يسهل بناء منظومات السيطرة بشكل كبير.

3- ان بناء منظومات السيطرة باستخدام المسيطر نوع PIC يتيح الكثير من التطويرات التي يمكن اجراءها على كارت السيطرة حيث يمكن تطوير الكارت الى كارت سيطرة على الاحمال حسب الاولوية او تبديل جهاز التنبيه المستخدم بقاطع دورة على مدخل العاكس الكهربائي لاطفاء الاحمال او اختيار الاحمال حسب الاولوية لتقليل الحمل.

4- يمكن الان معرفة حالة الشحن بسهولة للمنظومة الفوتوفولتائية وبدون استخدام جهاز قياس.

5- ان تصميم كارت سيطرة على المنظومة الفوتوفولتائية يحافظ على اداء عمل البطاريات من حيث الحفاظ على عمر البطارية وبالتالي تقليل الكلفة التشغيلية لاي منظومة شمسية.

6- ان كلفة كارت السيطرة قليلة مقارنة بكلفة بطارية واحدة من بطاريات المنظومة الفوتوفولتائية.

7- ان منظومات السيطرة والحماية ضرورية لكل منظومة شمسية يتم تصميمها او تم تصميمها.

8- ان تصميم وبناء منظومات السيطرة افضل من شراء منظومات سيطرة جاهزة وذلك لانه بالامكان تحديث منظومات السيطرة المصممة حسب ما يوافق التقنيات الحديثة في العالم.

التوصيات

1- تبديل جهاز التنبيه المستخدم بقاطع دورة على مدخل العاكس الكهربائي لاطفاء الاحمال عند وصول نسبة الشحن الى ادنى حد تصميميا من نسبة الشحن.

2- تصميم وتنفيذ منظومات سيطرة على شحن البطاريات جاهزة للتسويق لاي منظومة فوتوفولتائية منفصلة عن الشبكة وتحتوي على بطاريات للخزن.

3- تصميم وتنفيذ منظومات سيطرة ذكية تتحكم بالحمل حسب الاولوية وشبيه بال(Smart Grid).

4-مقارنة المنظومات اعلاه مع منظومات سيطرة منتجة عالميا وفي طور التشغيل من ناحية دقة الاداء والكل

Reference

Ali, A. and Asif, H.M.S. (2006). Using the PIC Micro-controller as a Cryptographic Coprocessor for Digital Watermarking Applications, International Conference on Emerging Technologies, ICET '06. , 1,438-442.

Baharom, R.; Ramli, S.A. and Hamzah, M.K. (2010). Peripheral Interface Controller (PIC) Based Smart low power AC-DC Converter, Industrial 2010 IEEE Symposium on Electronics and Applications (ISIEA), 1:76-81.

Bando, S.; Sasaki, Y.; Asano, H.; and Tagami, S. ,(2008) Balancing control Method of a Microgrid with Intermittent Renewable Energy Generators and Small Battery Storage, Power and Energy Society General Meeting – conversion and Delivery of Electrical Energy, 1,1-6.

Hanbay, D.; Turkoglu, I. and Demir, Y. ,(2005) Fuzzy Logic Controller Implementation by Using General Purpose PIC Microcontroller, Proceedings of the IEEE 13th Signal Processing and Communications Applications Conference, 1,464-466.

Hossain, M.J.; Saha, T.K. and Mithulananthan, N. (2011). A control Methodology for Renewable Energy Integrations in Distribution Systems, Innovative Smart Grid Technologies Asia (ISGT), 2011 IEEE PES., 1,1-8.

Krejcar, O.; Spicka, I.; Frischer, R. and Heger, M. ,(2010) Incremental PIC Controller with Handled Limit States and Manual Settings, 2nd International Conference on Mechanical and Electronics Engineering (ICMEE), 1,1-383.

Lima, J.C.; Medeiros, A.; Canalli, V.M.; Antunes, F. and dos Reis, F.S. ,(2000) A PIC Controller for Grid Connected PV System, VII IEEE Internationa on Power Electronics Congress, CIEP 2000. , 1:307-311.

Lima, J.C.; Corleta, J. M.; Medeiros, A.; Canalli, V.M.; Antunes, F.; Libano, F.B. and Dos Reis, F.S., (2000). A PIC Controller for Grid Connected PV System Using a FPGA Based Inverter, Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2000., 1:169-173.

Peter, P.K. and Agarwal, V. ,(2010). Switched Capacitor dc-dc Converter Based Maximum Power Point Tracking of a PV Source for Nano Satellite Application, 2010 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 1,2604-2609.