C6-205

إستخدام محاكاة رقميه الوقت الحالى لإختبار تكنولوجيا تخزين الطاقة الشمسية (Microgrid)

Using a Real Time Digital Simulator to Test a Microgrid Integrated Solar Storage Technology

تقديم م. وسام على محمد
شركه شمال الفاهره لتوزيع الكهرباء

الملخص

تصف هذه الورقة اختبار واتاحية منهجية متطورة فى تكنولوجيا تكامل الطاقة الشمسية ووحدات تخزين الطاقة (**MISST**) **Microgrid Integrated Solar Storage Technology** معمليا ، ويعتبر تطور عظيم فى عمليات **Microgrid**. كما انه يعتبر تطوير خوارزمية **MISST** لتعزيز وحدة التحكم الرئيسية ذات الشبكة الدقيقة **Microgrid Master Controller**(**MMC**) التي تم تطويرها مسبقًا لتحقق ما يعادل إنتاجية الطاقة الشمسية الكهروضوئية القابلة للتوزيع من خلال التنسيق مع نظام تخزين طاقة (البطارية) **Battery Energy Storage System** (**BESS**) .

تستخدم منهجية التحكم المطورة مقياسا زمنيا متعدد حيث تستخدم وحدة طاقة شمسية قوية ذات خاصيتين فى الالتزام والاقتصاد ولنموذج الارسال للحصول على أمثلة تشغيل **Microgrid**. يعتبر خرج نظام تخزين الطاقة الشمسية فى النموذج المقترح دون تغيير على اساس اخذ البيانات كل ساعة لمعرفه اختلاف ناتج نظام الطاقة الشمسية عن القيم المتوقعة،و يتم الحصول على القيم المستهدفة كل ساعة لصافى ناتج**PV** و **BESS** بناءا على اليوم التالى مجدولة.

يعتمد نظام الاختبار على نموذج مجمع Bronzeville الواقع فى الجانب الجنوبى من مدينه شيكاغو. يتم اجراء النمذجة والاختبار فى مختبر ComEd's Grid of the Future على منصة Real Time Digital Simulation واستخدام اجهزة التحكم والطاقة فى الحلقة.

يتم عرض بعض نتائج الاختبار MISST مستخدما ما يحاكى الزمن اللحظي.

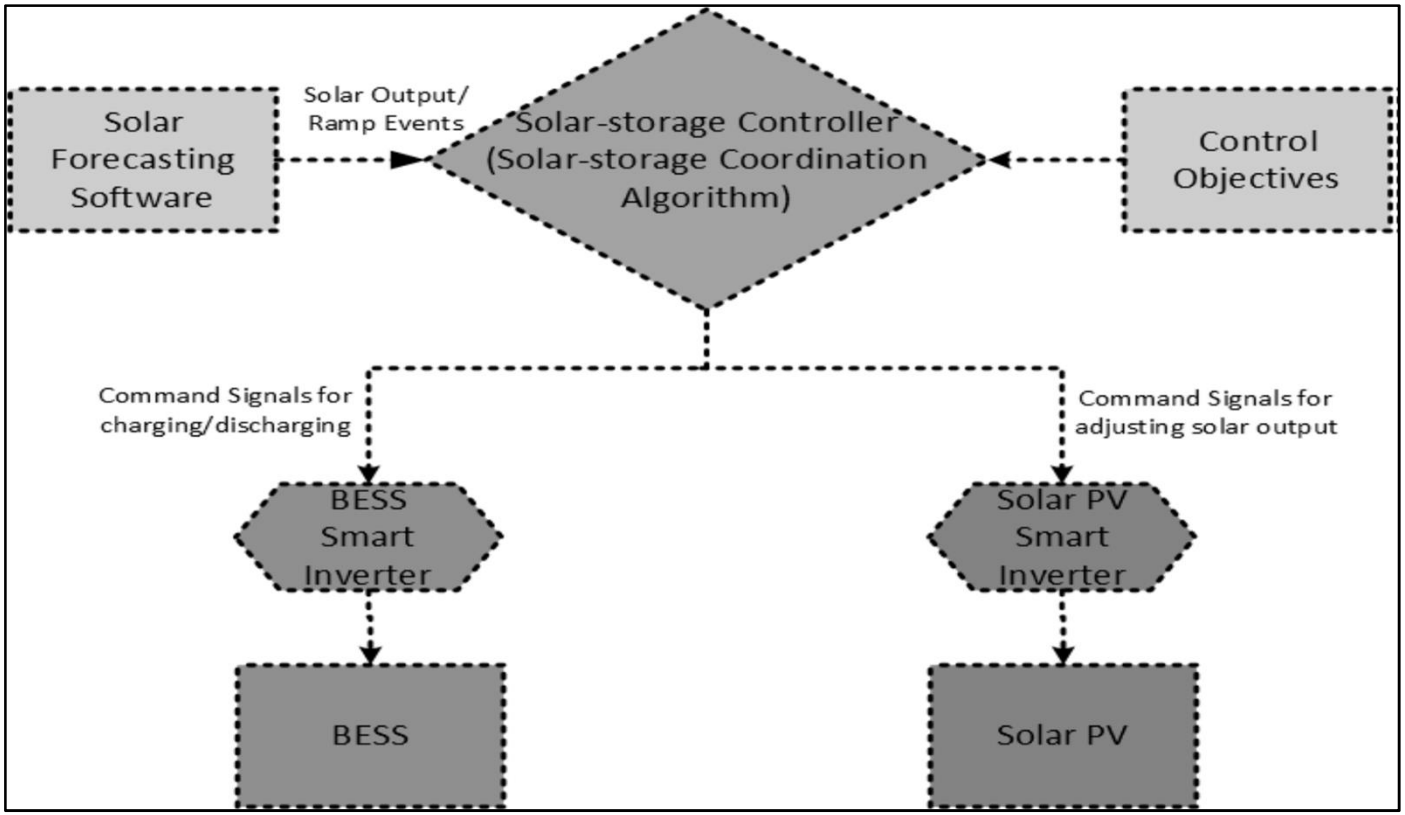
المقدمة

شهد العقد الماضى نموا كبيرا فى انشاء مصادر الطاقة المتجددة (DERs) مثل خلايا الطاقة الشمسية. ولكن العشوائية المتأصلة فى مصادر الطاقة الشمسية يسبب الاختلافات فى الاشعاعات وقد يزيد من نسبة الخطا فى قراءات الطاقة المشعة والمخزنة فى البطاريات بين الخلايا الشمسيه ووحدات التخزين وقد يؤدى ايضا الى حدوث مشاكل فى الشبكة عند تغلغل الاشعاعات بها بينما الطاقة المتجددة هى الطريق إلى الامام فإن بعض التحديات التى تواجه اندماجها فى نظم الطاقه وتشمل الخروج بالحلول والمنهجيات لتكون قادره على دراسة واختيار وتحليل تأثيرها على النظام المقترح قبل تطبيقها فعليا على الشبكة. فإن محاكاة الوقت الحالى واختبار الأجهزة فى الحلقة (HIL) امرا اساسيا كأداة للمساعدة فى الاختبار وتحليل هذه الحلول.

تقنية التخزين الشمسى المتكاملة من ال (Microgrid)

MICROGRID INTEGRATED SOLAR STORAGE TECHNOLOGY (MISST)

تم تطوير طريقة حساب MISST من خلال تحسين (MMC) المطورة مسبقا حيث يعمل على التحقق من خرج الطاقة الشمسية الكهروضوئية المنبعث (PV) وطاقة البطارية المختزنة (BESS).



شكل (1) هيكل وحدة التحكم لتخزين الطاقة الشمسية

يعتبر علم التحكم بشكل (1) نموذج ملائمة عدم التاكد من خرج الطاقة الشمسية الكهروضوئية خلال فترة زمنية صغيرة لبث طاقة ثابتة. يظل ناتج نظام تخزين الطاقة الشمسية فى النموذج المقترح ثابت دون تغيير على اساس اخذ القراءات كل ساعة حتى اذا انحرف او تغير خرج وحدة الطاقة الشمسية عن القيم المتوقعة. ويتم الحصول على القيم المستهدفة بالساعة من صافى PV و BESS استنادا إلى جدول كل ساعة .

Solar PV Installation

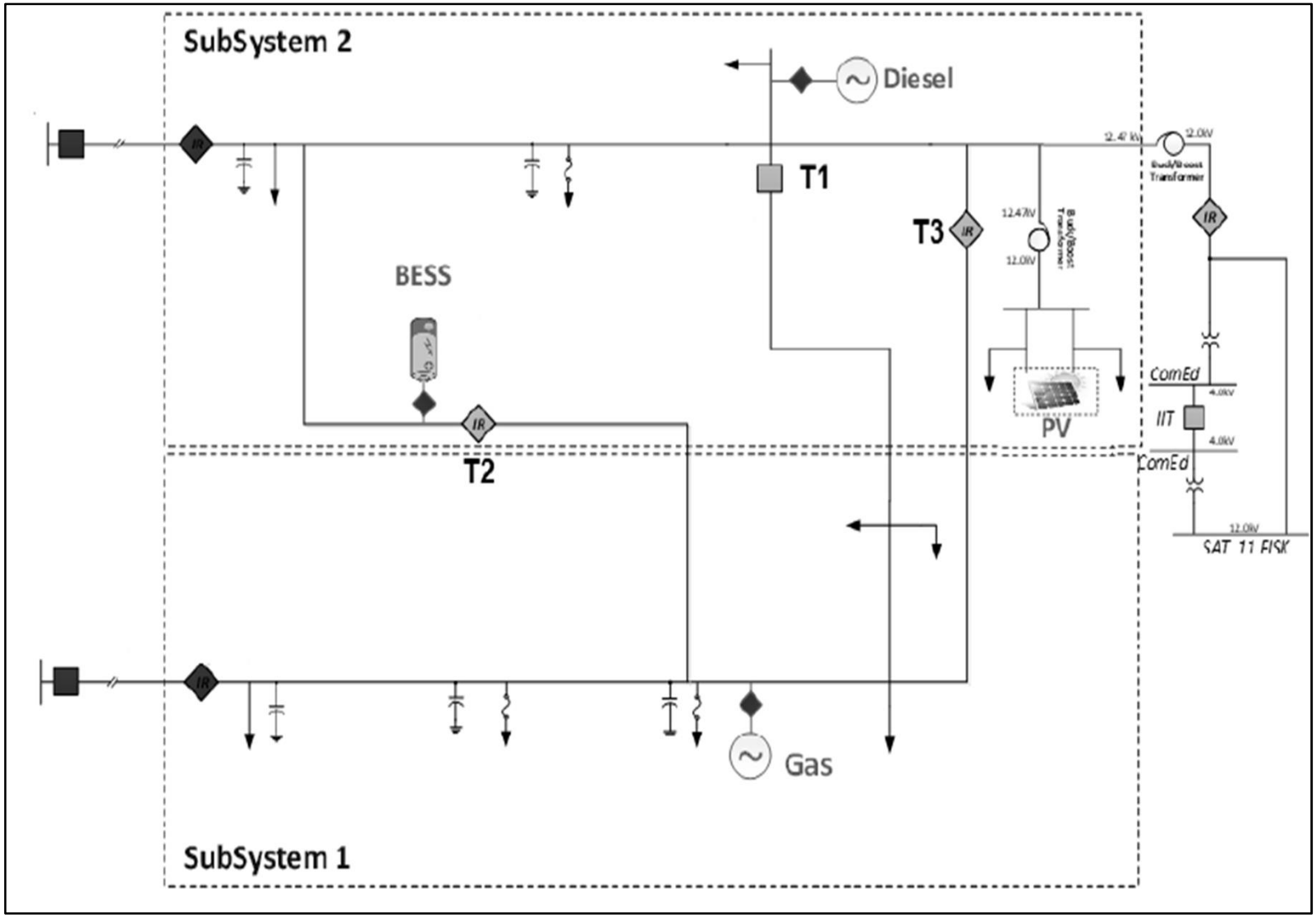
Battery Energy Storage Installation

نظام الاختبار

تتكون الشبكة الصغيرة تحت الدراسة الموضحة فى الشكل رقم (2), Bronzeville Community Microgrid (BCM) من مغذيين أو نظاميين ثانويين (SS1 and SS2) متصلين بواسطة ثلاث مفاتيح ربط تخدم مزيج متنوع من الاحمال السكنية والتجارية واحمال صغيرة صناعية.

في حاله التشغيل العادي

تكون جميع المفاتيح مفتوحة (N.O) وكل مغذى قادر على تغذية أحمال معينة مفصولة وليس لها علاقة بأحمال المغذى الاخر كما لوكان يوجد جزيرتين منفصلتين. يتم ربط تلك الجزيرتين أو عمل جزيرة كاملة عن طريق غلق مفتاح الربط (T2). يمكن أن تشكل BCM مجموعة مع الشبكات المجاورة الحالية التى يملكها معهد التكنولوجيا Institute of Technology Illinois (IIT Microgrid).



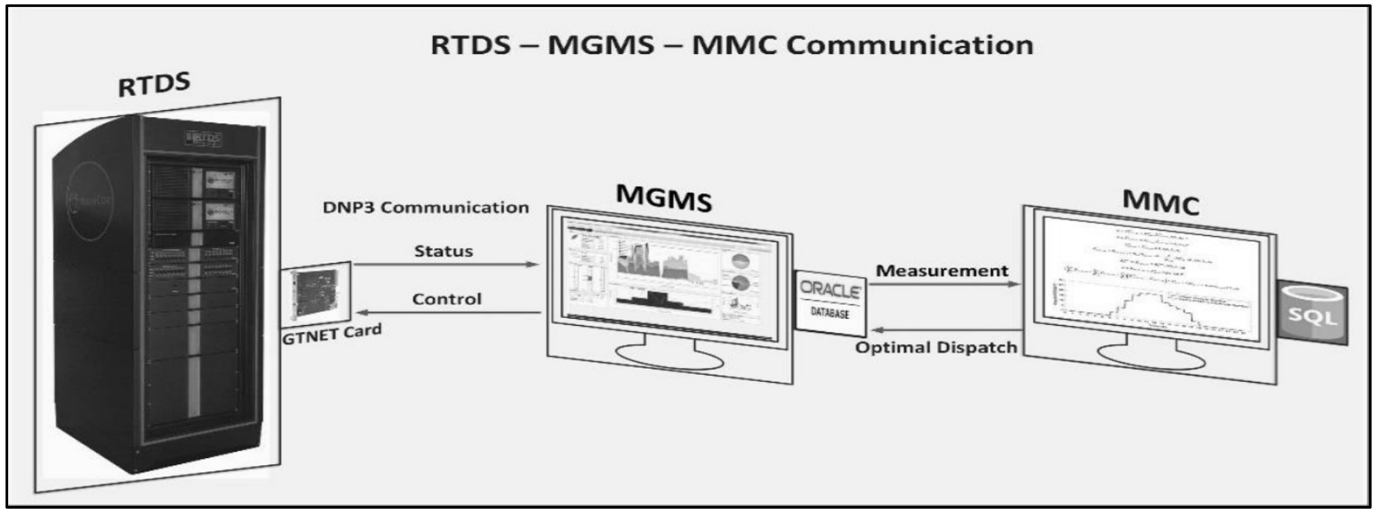
الشكل 2 رسم تخطيطى مبسط Bronzeville Community Microgrid

نمذجة محاكاة الوقت الحالى

تم تقليل مغذيات النظام المتكامل لـ (BCM) في (CYME) ثم بعد ذلك تم استخراج العوامل والمعلومات اللازمة لبناء نموذج الوقت الحالى فى بيئة RSCAD . تم التحقق من صحة النموذج المصغر الذى تم تطويره فى RSCAD مقابل نموذج CYME الكامل ، الجهد المقنن للمغذيات فى هذه الحالة هو12.47KV يوجد اثنان من المولدات التقليدية والمتزامنة واحدة فى كل نظام فرعى . يقوم التحكم بتشغيل المولدات لتغذية الشبكة بالكامل عن طريق التحكم في المفاتيح ، تم تصميم الالواح الشمسية PV ونظام التخزين بالبطاريات BESS مبدئيا فى RSCAD من اجل اختبارات المحاكاة فقط. بعد ذلك تم استبدال نموذج محاكى البطاريه BESS بمحاكي بطارية فعلى متصل بمحاكى الشبكة عن طريق الانفرترInverter.

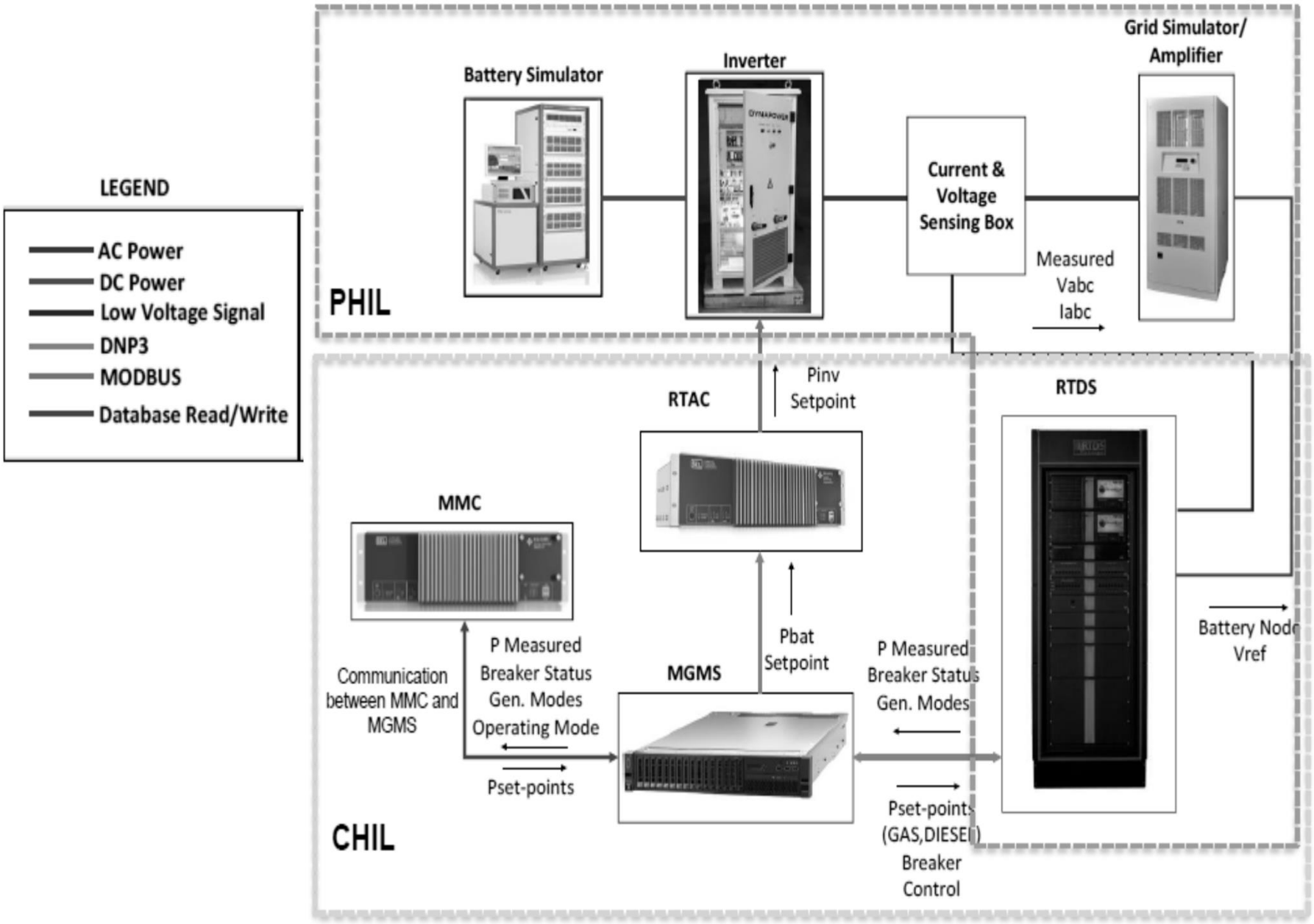
اعداد الاجهزة فى الحلقة HARDWARE-IN-THE-LOOP SETUP (HIL)

تم اجراء اختبار HILعلى عدة مراحل من اجل تشغيل تدريجى لاختبارCHIL و PHIL المتكامل ، فى البداية بالنسبة لاعداد CHIL فقط تم دمج MMC بشكل واسع متناسب مع نظام ادارة Siemens Microgrid (MGMS) كما تم الاتصال مع RTDS الذى يوفر قراءات القياس مثل (الجهد والتيار) كما هو موضح بالشكل (3) تم نقل البيانات من RTDS عن طريقGTNET القادرة على استخدام بروتوكول DNP3 إلى قاعدة بيانات Oracle الخاصة ب MGMS.كما ان MMC يسترد البيانات من قاعدة بيانات Oracle ويخزنها فى قاعدة بيانات Microsoft SQL ويقوم بتنسيق التخزين الشمسى وجدولة موارد BCM باستخدام البيانات من قاعدة البيانات ثم يكتب MMC نتيجة الجداول الزمنية للموارد ويرسلها إلى MGMS من خلال Optimal dispatch . كما يرسل MGMS ملف به نقاط لجميع الموارد واشارات التحكم فى التشغيل والايقاف للقواطع إلى RTDS.



شكل 3 يوضح مسار البيانات والتحكم بين MGMS and MMC

متابعة التكوين الناجح لبيئة CHIL، تم تكوين البيئة المتكاملة للنظام كما هو موضح بالشكل4 . تجمع البيئة المتكاملة كلا من MGMS مع انفرتر KW100 فى الحلقة ، ويمثل Battary Inverter. يتم الاحتفاظ بنظام الطاقة الشمسية كنموذج محاكى فى RTDS . يتكون اعداد اختبار PHIL من حلقة مغلقة بين RTDS و محاكى البطارية و Inverter ومحاكاه الشبكة. يعمل جهاز محاكى البطارية على شحن وتنشيط الـ Inverter حيث يقوم بتحويل التيار المستمر إلى تيار متردد ويتم ادخاله فى محاكى الشبكة وهو مكبر رباعى حيث يمكنه توليد طاقة فعالة وغير فعالة active and reactive power، يوجد حساس استشعار للجهد والتيار بين Inverter ومحاكى الشبكة الذى يحول التيار والجهد الفعلى الى جهد منخفض وادخاله إلى RTDS.



شكل 4 نظام تكامل CHIL و PHIL

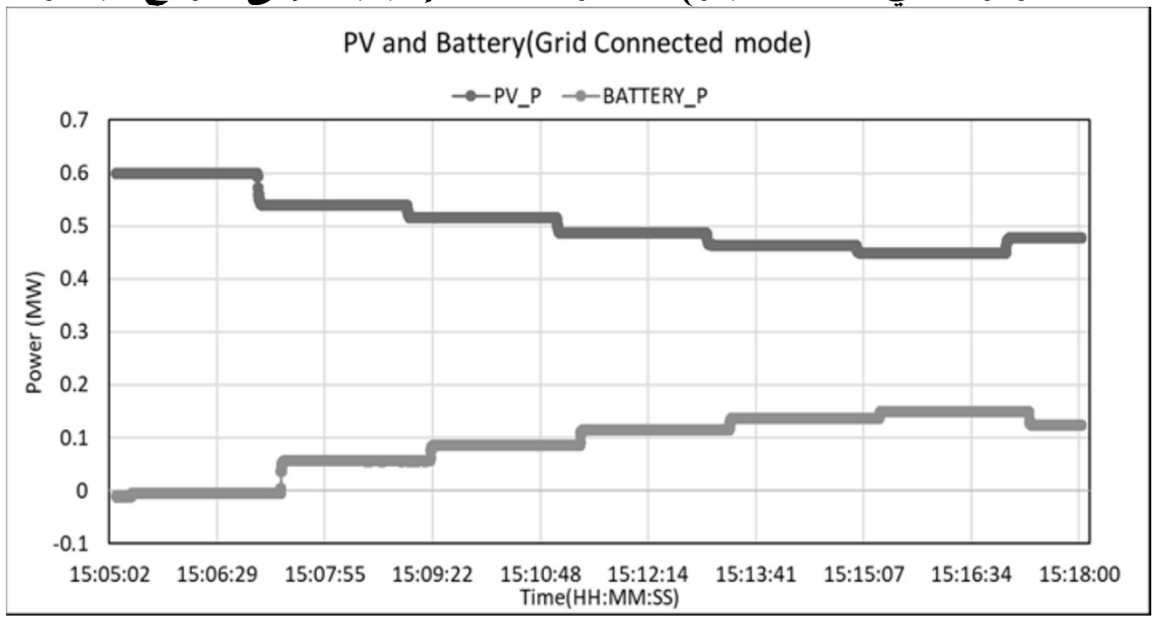
حيث إن قدرة الInverter (45 كيلو وات) اقل من قدرة البطاريه فى النظام (0.5 ميجاوات)، يتم رفع القدرة داخل RTDS عن طريق عوامل القياس Scaling Factors بالاضافة إلى ذلك يقوم الـ Inverter بعرض جهد الشبكة باستخدام محاكى الشبكة حيث يعمل كنقطة مرجعية لجهد الشبكة ، يستقبل جهاز محاكاه الشبكة هذا الجهد من RTDS. الميزة الرئيسية لهذا الاعداد المتكامل هو أنه يحاكى سيناريو العالم الواقعى من خلال الاجهزة المتصلة فى الموقع لذلك يمكن أن تختبر سيناريوهات العالم الحقيقى بشكل أكثر أمنا وتكرارها عده مرات مما يقلل بشكل كبير من تكلفة الاختبارات. فى هذا النموذج تستقبل MGMS نقطة ضبط البطارية من MMC بناءا على الطرق الحسابية المحسنة فى MISST وارسالها إلى البطارية من خلال التحكم الآلى للوقت الحالى RTAC. يتواصل RTAC مع Inverter باستخدام بروتوكول Modbus ومع MGMS باستخدام بروتوكول DNP3.

سيناريوهات الاختبار والنتائج

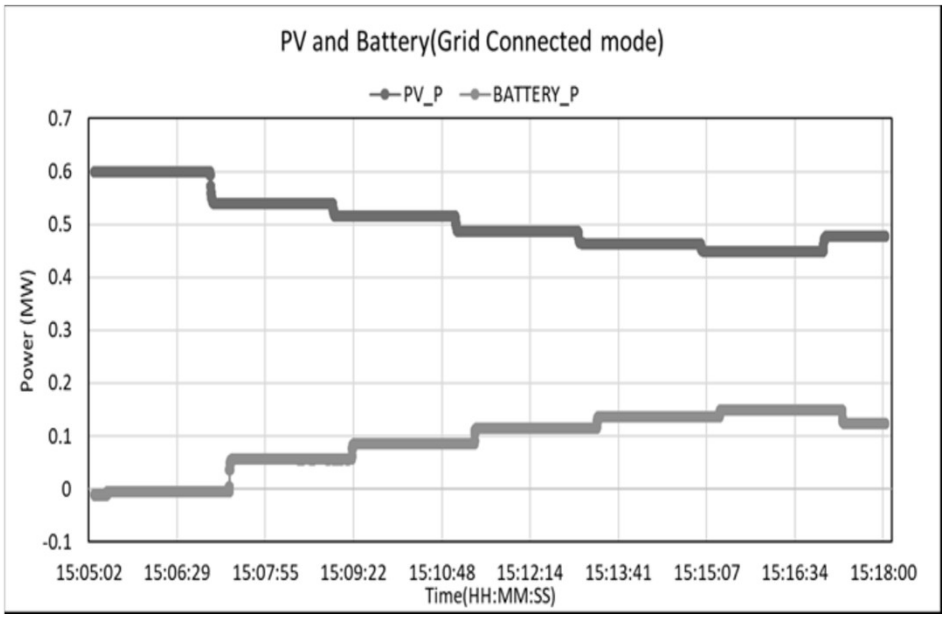
تم تطوير الاختبارات المعملية لاختبار الطرق الحسابية MISST على وجه التحديد وبالتالي تم التركيز عليها في ثلاثة اختبارات رئيسية: 1) في الوضع المتصل بالشبكة ، (2) التخطيط للجزيرة ، و (3) في وضع الجزر.

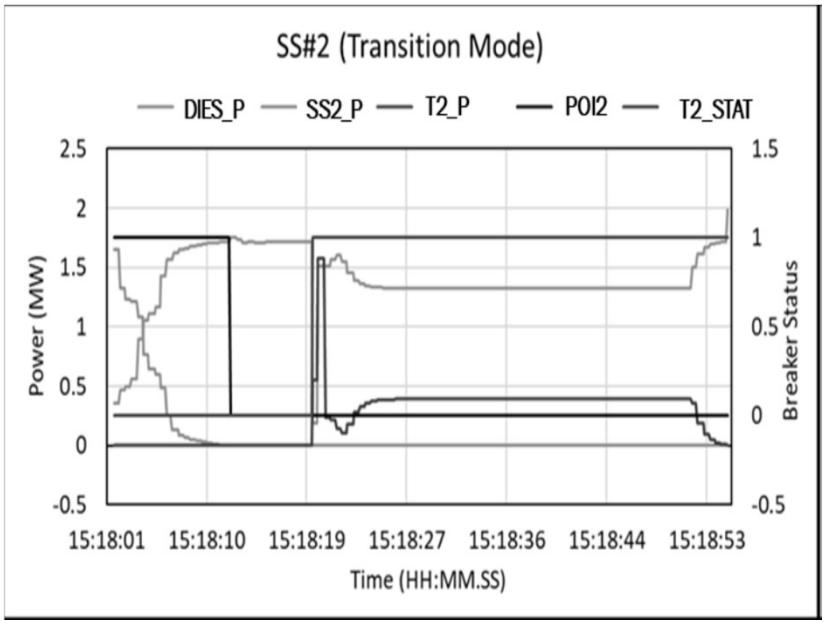
الشكل 5 يوضح نمذجه لنتيجة اختبار الإرسال في الوقت الفعلي لوحدة التحكم في تخزين الطاقة الشمسية المتصل بالشبكة.

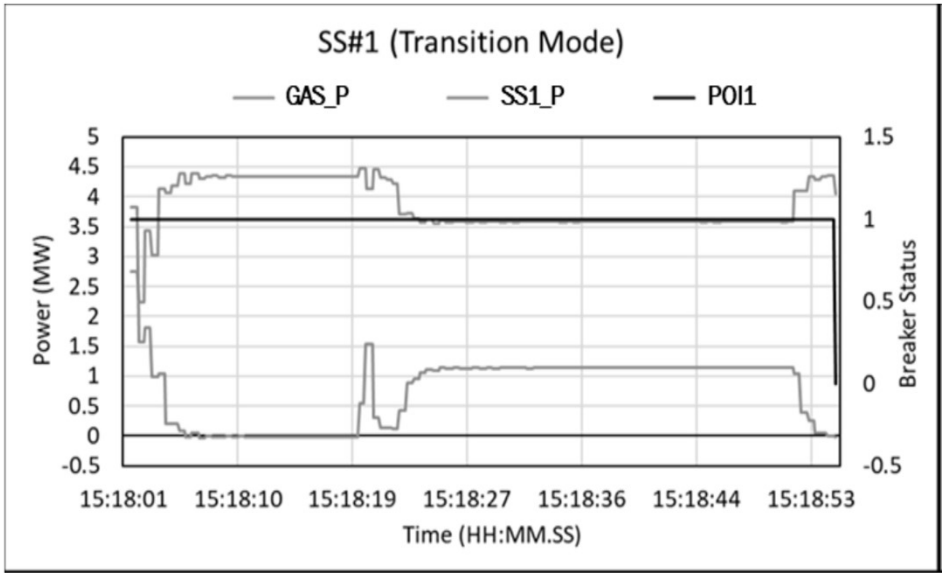
في هذا الوضع ، يتم إغلاق كلا القاطعين في كلا النظامين الفرعيين وربطهما ، كما أن مفاتيح الربط مفتوحة. يوضح الخط الأزرق في الشكل 5 تباين الطاقة الشمسية يُظهر خرج PV ، والخط البرتقالي تغييرات خرج البطارية من أجل الحفاظ على هدف محدد مسبقًا (600 كيلو واط في هذا الاختبار). تشير القيمة الإيجابية إلى تفريغ البطارية بينما تشير القيمة السالبة إلى الشحن.

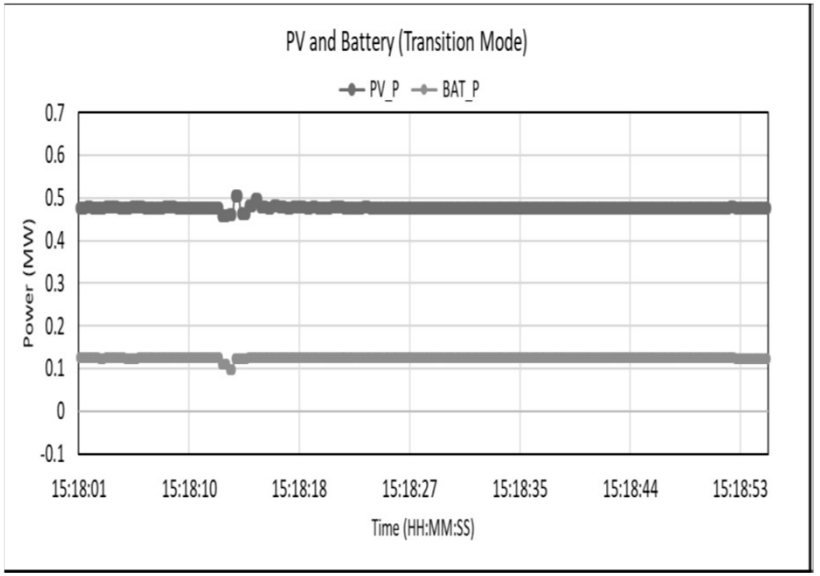


الشكل 5 نتيجة اختبار الإرسال في الوقت الفعلي لوحدة التحكم في تخزين الطاقة الشمسية في الوضع المتصل بالشبكة


PV and Battery(Grid Connected mode)
PV_P
BATTERY_P
Power (MW)
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
15:05:02
15:06:29
15:07:55
15:09:22
15:10:48
15:12:14
15:13:41
15:15:07
15:16:34
15:18:00
Time(HH:MM:SS)

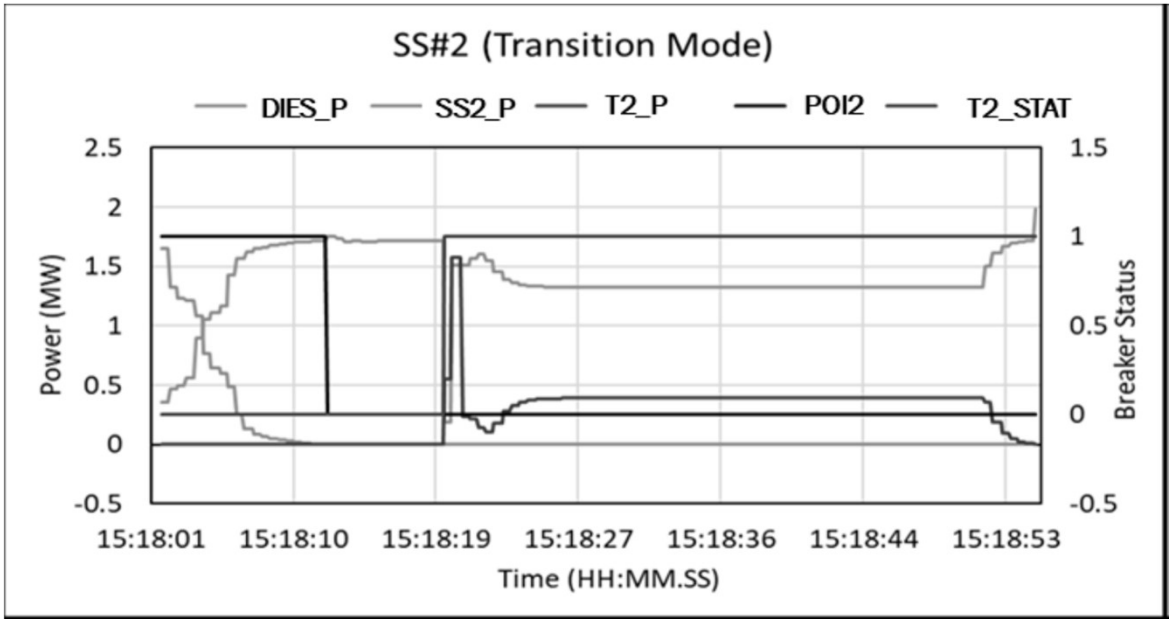

SS#2 (Transition Mode)
DIES_P
SS2_P
T2_P
POI2
T2_STAT
Power (MW)
Breaker Status
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
1.5
1
0.5
0
-0.5
15:18:01
15:18:10
15:18:19
15:18:27
15:18:36
15:18:44
15:18:53
Time (HH:MM.SS)


SS#1 (Transition Mode)
GAS_P
SS1_P
POI1
Power (MW)
Breaker Status
5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
1.5
1
0.5
0
-0.5
15:18:01
15:18:10
15:18:19
15:18:27
15:18:36
15:18:44
15:18:53
Time (HH:MM.SS)

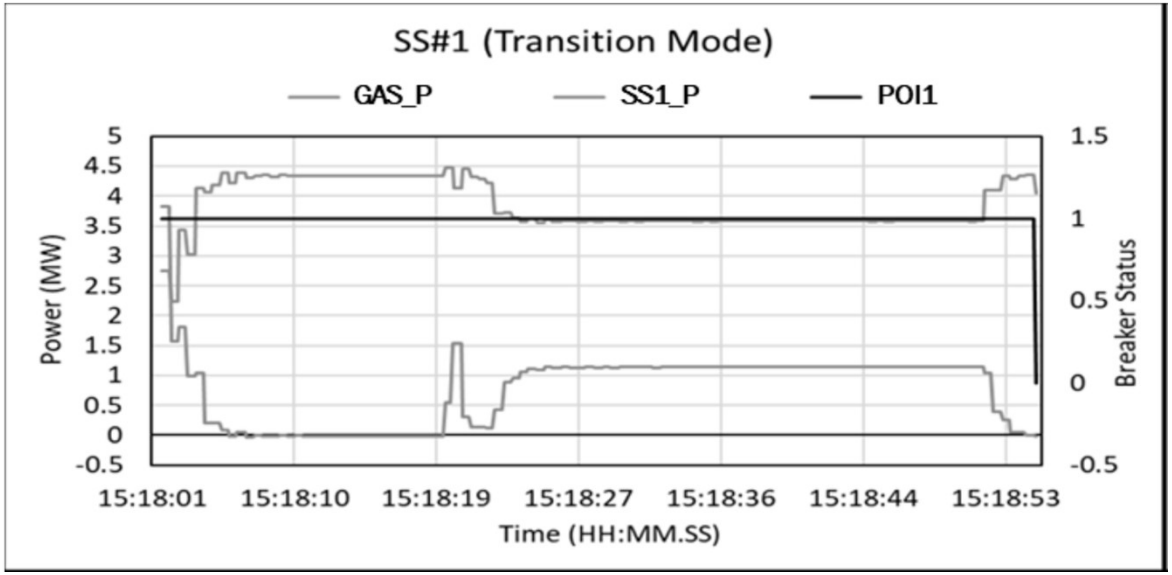

PV and Battery (Transition Mode)
PV_P
BAT_P
Power (MW)
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
15:18:01
15:18:10
15:18:18
15:18:27
15:18:35
15:18:44
15:18:53
Time (HH:MM:SS)

يوضح الشكل 6 (أ) و (ب) حالة المفاتيح وتدفق الطاقة من مصادر مختلفة أثناء وضع الانتقال في النظام الفرعي 2 والنظام الفرعي 1 على التوالي.

في الشكل 6 (أ) النظام الفرعي يتم تصوير الشكل 2 لعرض التدفق من الشبكة (SS2_P) ، التدفق عبر مفتاح الربط (T2_P) ، الخرج لمولد الديزل (DIES_P) ، وحالة القاطع في النظام الفرعي 2 (POI2) ، ومفتاح الربط بين النظام الفرعي 1 و 2 (T2_Stat). في الشكل 6 (ب) ، يظهر النظام الفرعي 1 لعرض التدفق من الشبكة (SS_P1) ، خرج مولد الغاز (GAS_P) ، وحالة القاطع في النظام الفرعي 1(POI1). أثناء وضع الانتقال ، حدثت سلسلة من الأحداث عن طريق



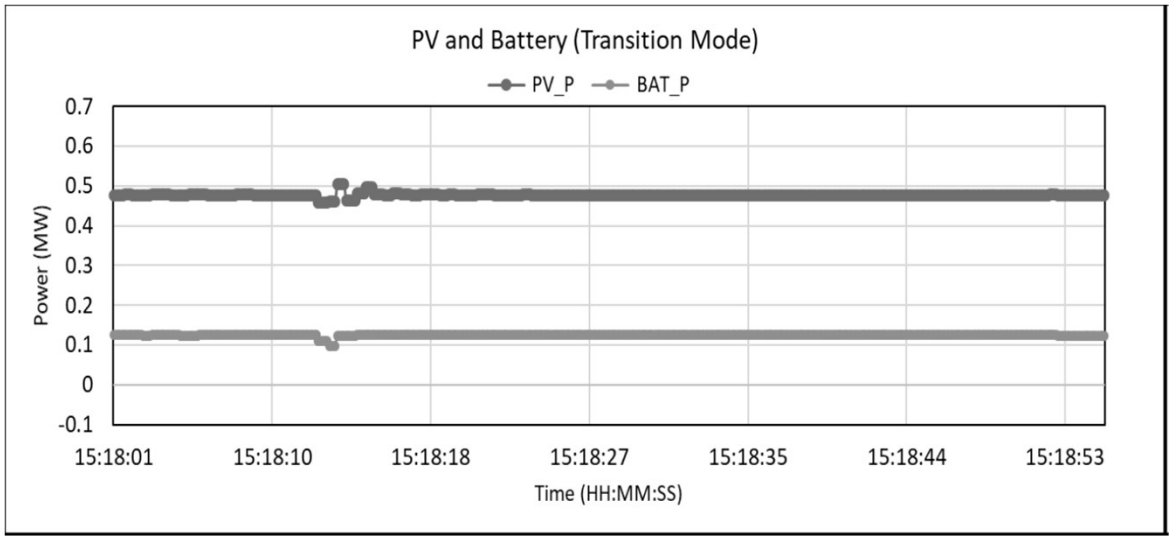
شكل 6 (أ)



شكل 6 (ب)

تشغيل تسلسل أحداث (SOE). تسلسل الاحداث بدأ في الساعة 15:18:01. في البداية ، تبدأ فى التشغيل كلا من مولدات الديزل والغاز لعزل النظام الفرعي 2 عن الشبكة ، مولد الديزل مع الموارد الأخرى

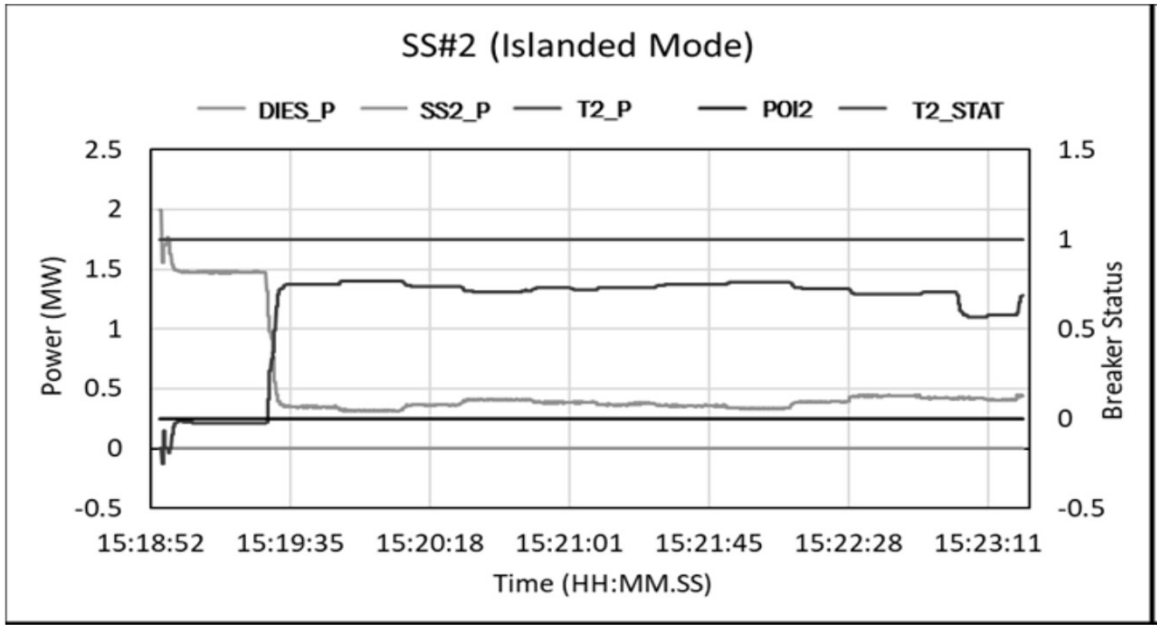
فى النظام الفرعي 2 ، تأكد من أن تدفق الطاقة من الشبكة قريب من الصفر. بالتالي، يفتح قاطع POI2 في النظام الفرعي 2 لإنشاء أول جزيرة في الساعة 15:18:12. ثم بعد ذلك T2مفتاح التعادل يغلق الساعة 15:18:19. وبالمثل لإكمال SOE يفتح POI1 الساعة 15:18:53 وإنشاء الجزيرة الكاملة عندما يكون كلا النظامين الفرعيين مستقلين للحفاظ على توازن الطاقة.



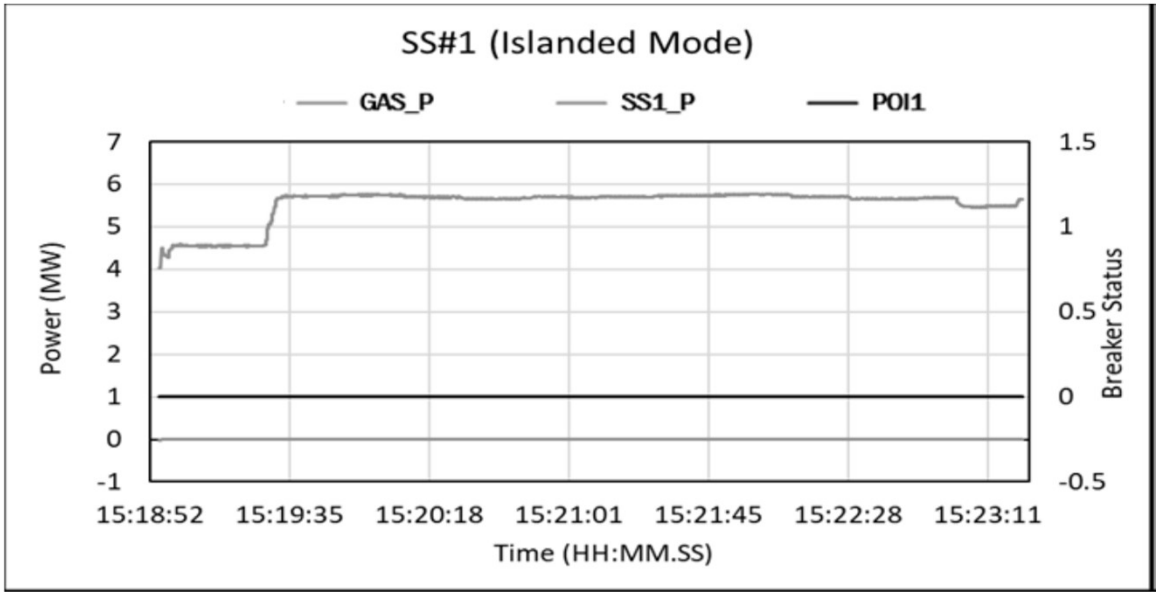
شكل 6 (ج)

أخيرًا ، بعد تنفيذ عملية الجزر ، نبدأ نفصل مولد الديزل ونقوم بتشغيل مولد الغازللحفاظ على إتزان واستمرارية الطاقة يعرض الشكل 7 النتائج في وضع الجزر. تستمر البطارية في الحصول علي تحديث نقطة الضبط وفقًا لإخراج الطاقة الشمسية ونقطة الضبط المستهدفة والمشابهة للوضع المتصل بالشبكة. تقوم MGMS بمسح التحديث من RTDS

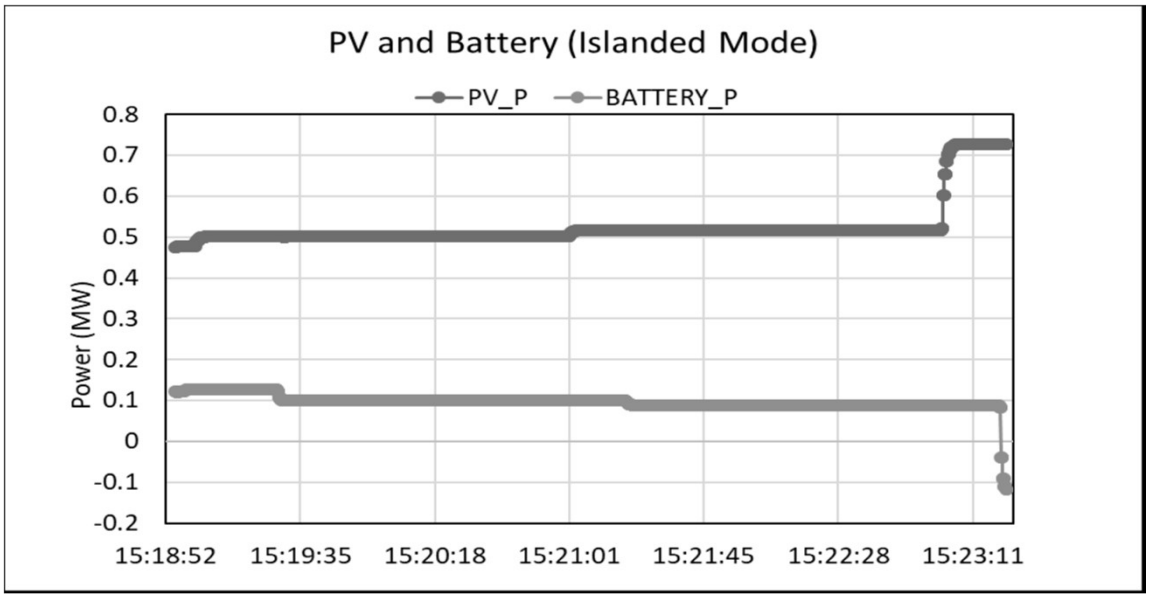
وتخزين المعلومات المحدثة في قاعدة البيانات Oracleبشكل دوري (كل ثانيتين). بعد استرداد التحديث (كل 10 ثوانٍ) ، تحدد MMC نقطة تعيين البطارية الجديدة للاحتفاظ بخرج الطاقة الشمسية والطاريه ثابت ، والذي يعالج تباين الطاقة الشمسية وفقًا لوظيفة MISST. البطارية مشحون إذا كان الكهروضوئي يولد أكثر من القيمة الثابتة المستهدفة ويتم تفريغه في حالة توليد الطاقة الكهروضوئية أقل من القيمة الثابتة المستهدفة.



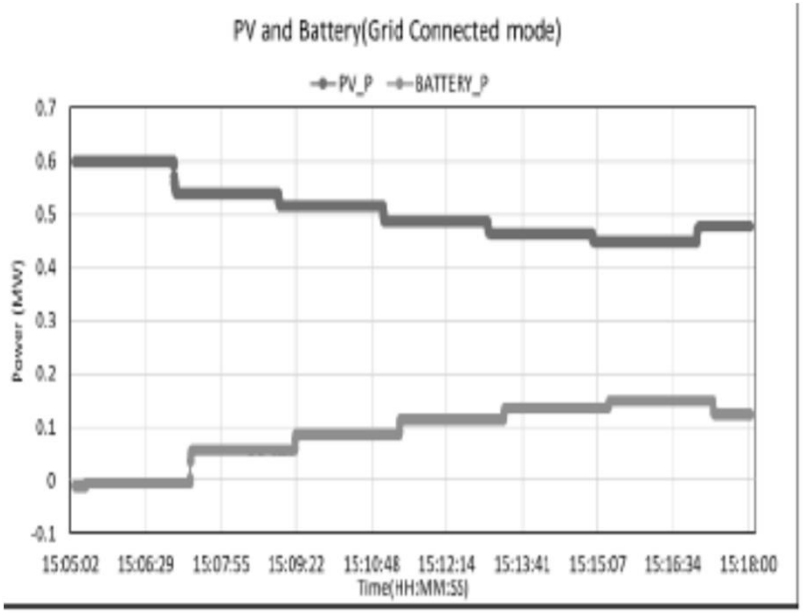
شكل 7 (أ)

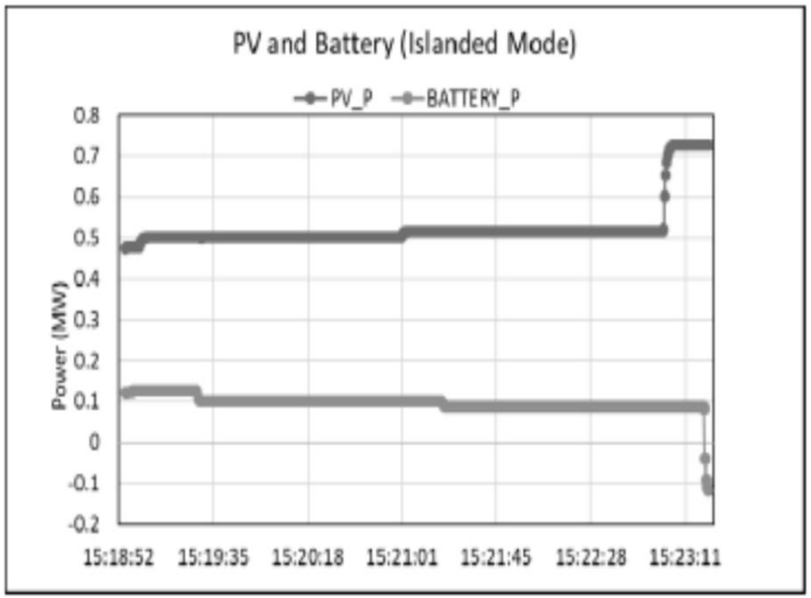

SS#1 (Islanded Mode)
GAS_P
SS1_P
POI1
Power (MW)
Breaker Status
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
1.5
1
0.5
0
-0.5
15:18:52
15:19:35
15:20:18
15:21:01
15:21:45
15:22:28
15:23:11
Time (HH:MM.SS)

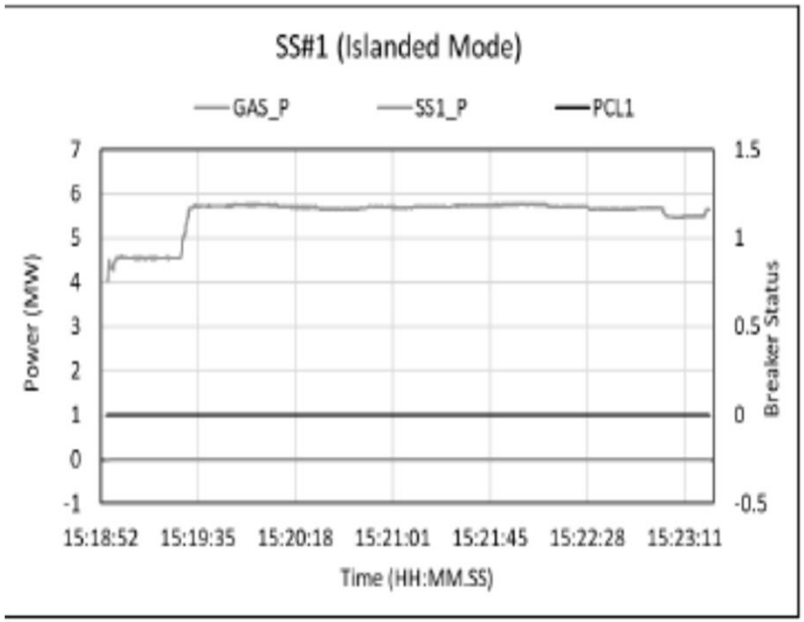
شکل 7 (ب)

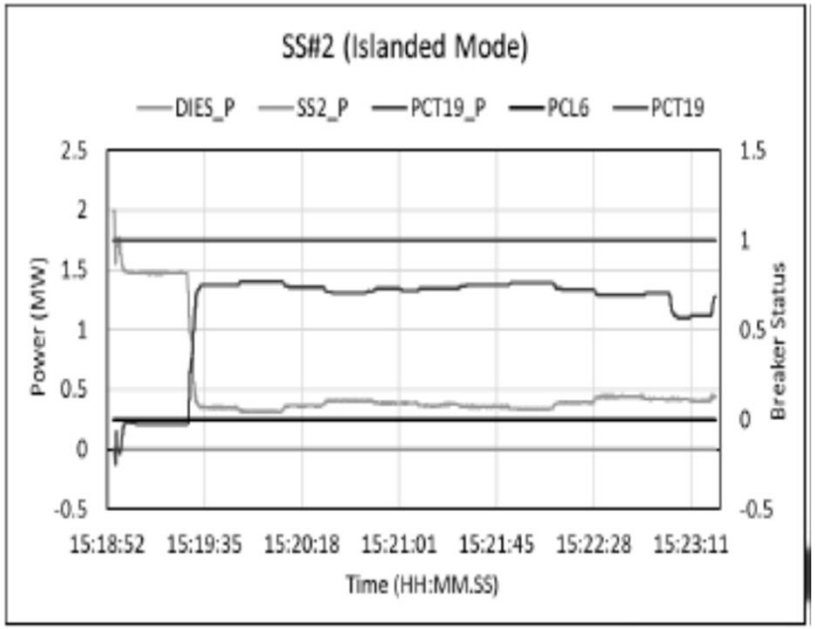

PV and Battery (Islanded Mode)
PV_P
BATTERY_P
Power (MW)
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
15:18:52
15:19:35
15:20:18
15:21:01
15:21:45
15:22:28
15:23:11

شکل 7 (ج)


PV and Battery(Grid Connected mode)
PV_P
BATTERY_P
Power (MW)
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
15:05:02
15:06:29
15:07:55
15:09:22
15:10:48
15:12:14
15:13:41
15:15:07
15:16:34
15:18:00
Time(HH:MM:SS)


PV and Battery (Islanded Mode)
PV_P
BATTERY_P
Power (MW)
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
15:18:52
15:19:35
15:20:18
15:21:01
15:21:45
15:22:28
15:23:11


SS#1 (Islanded Mode)
GAS_P
SS1_P
PCL1
Power (MW)
Breaker Status
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
1.5
1
0.5
0
-0.5
15:18:52
15:19:35
15:20:18
15:21:01
15:21:45
15:22:28
15:23:11
Time (HH:MM.SS)


SS#2 (Islanded Mode)
DIES_P
SS2_P
PCT19_P
PCL6
PCT19
Power (MW)
Breaker Status
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
1.5
1
0.5
0
-0.5
15:18:52
15:19:35
15:20:18
15:21:01
15:21:45
15:22:28
15:23:11
Time (HH:MM.SS)

الخلاصه

طريقة حساب MISST التباين المتأصل في الطاقة الشمسية من خلال التنسيق مع الطاقة الشمسية المخزنة. تم اختبار هذه التقنية في أوضاع مختلفة من تشغيل الشبكة الصغيرة باستخدام بيئة اختبار CHIL و PHIL متكاملة. التقنيات التي تم اختبارها بنجاح بيئة المختبروالقابله للتطبيق فى الموقع كجزء من مشروع BCM. كما تم تطوير وحدة تحكم رئيسية كاملة Microgrid مع مجموعة من الوظائف جزء من مشروع BCM. جوهر طريقة حساب MISST التي تم اختبارها في بيئة المختبرتمكن من مستوى أعلى من تكامل DER.

إشادة

تستند هذه المواد إلى العمل المدعوم من قبل وزارة الطاقة ، مكتب الطاقة الكفاءة والطاقة المتجددة (EERE) ضمن جائزة مكتب تكنولوجيا الطاقة الشمسية

Microgrid Integrated Solar Storage Technology	**(MISST)**
Distribution Energy Resources	**(DERs)**
Microgrid Master Controller	**(MMC)**
Battery Energy Storage System	**(BESS)**
Bronzeville Community Microgrid	**(BCM)**
Institute of Technology Illinois	**(IIT Microgrid)**
HARDWARE-IN-THE-LOOP SETUP	**(HIL)**
Software includes several modules that allow all factes of the real time simulations to be created ,executed,controlled and analysed	**(RSCAD)**

شكرا لحسن استماعكم