التصميم الأمثل لنظام توليد طاقة هجين لتأمين تغذية موثوق بها لحمل كهربائي في منطقة نائية

م. أيمن إدريس *

د. جبر الرمحين د. محمد منذر القادري *****

الملخص

تغذى المناطق البعيدة من المحطات الحرارية عادةً وغالباً من مولدات الديزل. إلاَّ أنه ازداد في المدة الأخيرة التركيز على مصادر الطاقات المتجددة لتأمين الكهرباء وحماية البيئة. وتعدُّ نظم التوليد الهجينة حلاً اقتصادياً للعديد من التطبيقات وخصوصاً في تغذية المناطق البعيدة.

تعرف نظم التوليد الهجينة عموماً بأنها مشاركة مصدرين مختلفين أو أكثر من مصادر توليد (أو تخزين) الطاقة الكهربائية لتأمين التغذية الكهربائية للحمل. ويمكن أن تكون المصادر تقليدية أو تقليدية ومتجددة أو متجددة فقط.

تعرض ورقة العمل هذه دراسة حالة لأحد المواقع تُبرِز أهمية الاعتماد على النظم الهجينة في تزويد الأحمال الكهربائية في المناطق النائية بالطاقة الكهربائية. يتألف النظام موضوع هذه الدراسة من عنفة ريحية ولاقط كهرضوئي وبطاريات ومولد تقليدي لتغذية حمل كهربائي (72 kWh/d) ثابت على مدار الساعة، واعتُمِدَتْ ريحية حقيقية لأحد المواقع في منطقة السخنة في محافظة حمص. وقمنا بإجراء مقارنة فنية اقتصادية باستخدام البرمجية Homer لمقارنة الخيارات المختلفة لتأمين التغذية الكهربائية للحمل المذكور، حيث حُدِّدَ التصميم الأمثل وتحديد استطاعة مكونات النظام بحيث تتحقق الموثوقية الفضلى للنظام لاستمرار تدفق الطاقة الكهربائية مع أقل كلفة اقتصادية.

الكلمات المفتاحية: نظام هجين، طاقة متجددة، تصميم أمثل

* أعد هذا البحث في سياق رسالة الدكتوراه للمهندس أيمن إدريس بإشراف الأستاذ الدكتور المهندس جبر الرمحين ومشاركة الدكتور المهندس محمد منذر القادري – قسم هندسة الحواسيب والأتمتة – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق.

** قسم هندسة الإلكترون والاتصالات – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق.

*** قسم هندسة الحواسيب والأتمتة – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق.

1. المقدمة

أدَّت الطاقة ومازالت تؤدي دوراً حيوياً ومهماً في عجلة التطور الاقتصادي والاجتماعي باعتبارها أحد أهم مستلزمات القطاعات الاقتصادية المختلفة، وركيزة أساسية من ركائز التطور الاجتماعي وارتقاء مستوى الحياة. إن علاقة الطاقة بالقطاعات الاقتصادية المختلفة وبالحياة العامة هي علاقة تكاملية مترابطة، فهي تتأثر بمستويات التطور في المجالات المختلفة وتؤثر في تلك المستويات إيجابياً في حال وفرتها وسلبياً في حال نقصانها أو تدني مواصفاتها.

تسارع العمل خلال العقود الأخيرة في تطوير مصادر الطاقة المتجددة لتكون مصادر واعدة في بناء اقتصاد طاقة مستدام وصديق للبيئة نظراً إلى الأسباب الآتية: 1- تزايد الطلب العالمي على الطاقة، 2- التزايد الحاد في أسعار المشتقات النفطية، 3- عدم استقرار مصادر التزود بالطاقة، و 4- الحاجة الماسة لتخفيض الانبعاثات الغازية.

يعدُّ مفهوم التوليد الموزع Distributed Generation أحد المفاهيم التي ازداد التركيز عليها ضمن مفاهيم الطاقات المتجددة. ويتباين مفهوم التوليد الموزع مع مفهوم التوليد المركزي، ويمكن القول: إنَّ نظم التوليد الموزعة ليست مفهوماً جديداً، ففي البداية كان توليد الطاقة يجري بطريقة النظم الموزعة وكل نظام يغذي المنطقة المحيطة به، ثم جرى الانتقال بعد ذلك إلى نظم التوليد المركزية أي محطات التوليد، وظهرت الحاجة من جديد إلى إعادة تشجيع استخدام نظم التوليد الموزعة لما لها من ميزات تساعد في تأمين حلول للشبكة الكهربائية. بدايةً من المفيد تعرّف مفهوم التوليد الموزع وقد أشار أنجيلوبولوس Angelopoulos إلى أنَّ التوليد الموزع يشير إلى أية تكنولوجيا لإنتاج الطاقة الكهربائية مكاملة ضمن نظام التوزيع، وقريبة من نقطة الاستخدام. توصل المولدات الموزعة إلى شبكة الجهد المنخفض أو المتوسط وهي ليست مخططة بطريقة مركزية(DIT 2001) . [1]

جذبت نظم التوليد الموزع DG عموماً والنظم المعتمدة على المصادر المتجددة خصوصاً المزيد من الاهتمام نظراً إلى ما تسهم به في مجال الأمن الطاقي Energy Security بالتقليل من الاعتماد على استيراد النفط من الخارج وتخفيض غازات الدفيئة [2. يمكن استخدام التوليد الموزع DG بطريقة منفصلة تؤمن الطلب الكهربائي عند المستهلك المحلي، كما يمكن ربطها مع الشبكة الكهربائية العامة لتسهم بجزء من الطلب على الطاقة الكهربائية. ويمكن لنظم التوليد الموزعة أن تعمل على مصادر طاقة متجددة أو على الوقود الأحفوري Fossil Fuels أو باستخدام الحرارة الضائعة. [2]

تغذى المناطق البعيدة أو الأحمال الكهربائية النائية عادةً بالكهرباء من المولدات الكهربائية التي تعمل على الديزل. إلاَّ أنه ازداد التركيز في المدة الأخيرة على تأمين الكهرباء لهذه التطبيقات من مصادر الطاقة المتجددة، وخصوصاً من طاقة الرياح والطاقة الشمسية.

تكتسب النظم الهجينة Hybrid System أهمية لعدة أسباب أهمها: تأمين استمرار تغذية الحمل بالطاقة الكهربائية في ظروف التشغيل المختلفة، والاستفادة المثلى من الموارد المتاحة في المناطق النائية. أضف إلى ذلك أن العامل الاقتصادي يؤدي دوراً مهماً نظراً إلى أن كلفة النظام الهجين أقل بكثير من كلفة استخدام نظام توليد ذي نمط واحد.

2. الدراسة المرجعية:

يشكل العامل الاقتصادي عاملاً رئيسياً في انتشار نظم التوليد الهجينة حيث تُدرَسُ الجدوى الاقتصادية من

استخدام نظام التوليد الهجين عوضاً عن استخدام النظام التقليدي.

قام جيرمي لاغورس [3] بدراسة نظام إنارة شارع بالاعتماد على مصدر طاقة هجين في منطقة بعيدة عن خط الاستواء، حيث لا يمكن لنظام تقليدي مكون من خلايا كهرضوئية وبطاريات أن يعمل بكفاءة عالية، وقد أجرى تحليل اقتصادي لاختيار مكونات نظام مكون من خلايا كهرضوئية وبطاريات وخلايا وقود وخزان هيدروجين، وذلك باستخدام تقنية الخوارزمية الوراثية مرةً، وباستخدام تقنية أطلق عليها تسمية التحليل البسيط مرةً أخرى، وقد أظهرت نتائج التحليل أن النظام الهجين هو الخيار الأفضل اقتصادياً، ومن حيث الأداء أيضاً، ويمكن اعتماد تقنية التحليل البسيط وهي تعطي نتائج مقبولة.

أما أورهان إيكرن [4] فقد استخدم تقنية response surface methodology (RSM)لاختيار حجم مكونات نظام طاقة هجين مؤلف من عنفة ريحية وخلايا كهرضوئية وبطاريات. تعتمد تقنية (RSM) على مجموعة من الطرائق الإحصائية والرياضية التي ترتكز على أمثلة استجابة السطح بالنسبة إلى متغيّرات تصميمية. وفي هذه الدراسة كان سطح الاستجابة – قياس أداء الخرج – هو تكاليف النظام الهجين، والمتغيّرات التصميمية هي حجم الخلايا الكهرضوئية، واستطاعة العنفة الريحية وسعة البطاريات، واستخدم الباحث برنامج ARENA 10.0 كأداة نمذجة في بحثه للتأكد من تأمين التغذية الكهربائية لمحطة بث خلوي.

ثم أجرى أورهان إيكرن تحليلاً اقتصادياً باستخدام منهج القيمة الحالية الصافي NPV لإجراء المقارنة الاقتصادية بين تأمين التغذية الكهربائية عن طريق نظام الطاقة الهجين الذي اعتمدهُ في دراسته السابقة وبين تأمين التغذية من الشبكة العامة عن طريق مد شبكة كهربائية، ونتيجة العمل حُدِّدَ طول الشبكة الكهربائية التي يصبح بعدها استخدام نظام تغذية هجين أفضل من مد شبكة كهربائية.

أمَّا دياف [5 فقد عرض منهجية تهدف إلى تصميم نظام هجين مؤلف من عنفة ريحية ونظام كهرشمسي وبطاريات، على أن يحقق التشكيلة الأمثلية بين مكونات النظام التي تحقق وثوقية النظام المطلوبة مع تحقيق أدنى مستوى لتكاليف الطاقة.

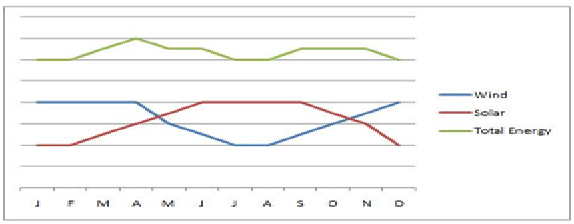
نعرض في ورقة العمل هذه دراسة حالة لأحد المواقع في سورية لدراسة الجدوى الاقتصادية من استخدام نظام هجين لتزويد الأحمال الكهربائية في المناطق النائية بالطاقة الكهربائية، ومقارنته بنظام تقليدي. اختير نظام هجين مؤلف من عنفة ريحية ولاقط كهرضوئي وبطاريات ومولد تقليدي لتأمين التغذية لحمل كهربائي (72 kWh/d) ثابت على مدار الساعة، واعتُمِدَتْ بيانات لأحد المواقع في منطقة السخنة في محافظة حمص. وأُجري تحليل اقتصادي اعتماداً على برنامج [6 لمقارنة الخيارات المختلفة لتأمين التغذية الكهربائية للحمل المذكور، وحُدِّد التصميم الأمثل وحُدِّدت استطاعة مكونات النظام بحيث تتحقق الموثوقية الفضلى للنظام لاستمرار تدفق الطاقة الكهربائية مع أقل كلفة اقتصادية.

3. أهمية نظم التوليد الهجينة:

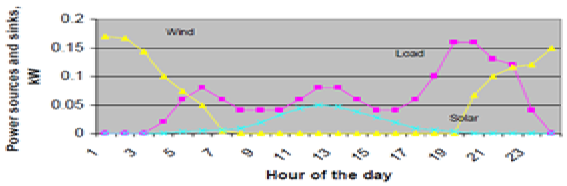
إن تأمين التغذية الكهربائية من أكثر من مصدر طاقة يزيد من وثوقية النظام ومتانته حيث يُستفادُ من نقاط القوة في كل نظام ليساعد على تجاوز خصائص الضعف في النظام الآخر. وبشكل رئيس تمتاز النظم الهجينة بـــ:

3.1 النظام الهجين أكثر موثوقية: يوضّح الشكل (1) مثالاً عن الطاقة الكلية المنتجة على مدار عام من نظام هجين يتضمن نظاماً ريحياً ونظاماً كهرضوئياً. ويبيّن

الشكل (2) تغيرات الحمل اليومي والطاقة الكلية المنتجة من نظام هجين وحالة شحن البطاريات. من الملاحظ أن ذروة الاستفادة من المصدر الريحي تختلف عن ذروة الاستفادة من المصدر الشمسي سواءً على مدار اليوم أو على مدار العام. وهذا يعطي النظام موثوقية ولاسيما وجود نظام تحكم يؤمن الإدارة المثلى للنظام.



الشكل (1) مثال للطاقة المنتجة من مصدر ريحي ومصدر شمسي على مدار العام1

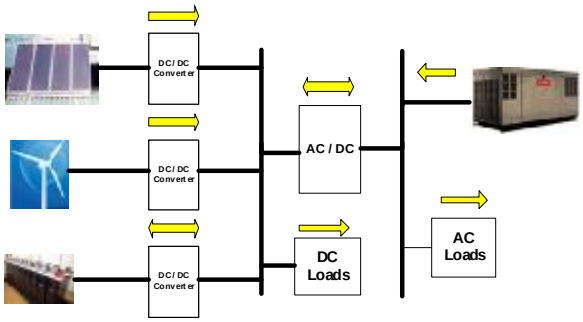


الشكل (2) مثال للطاقة المنتجة من مصدر ريحي ومصدر شمسي على مدار اليوم 1

3.2 النظام الهجين أقل كلفة: بالعودة إلى الشكلين (1) و(2) وملاحظة أن المصدر الريحي يتوافر في الأوقات الليلية التي لا يتوافر فيها المصدر الشمسي، ومن ثمَّ ففي حالة الحاجة لتغذية أحمال كهربائية في أثناء الليل والنهار فإنه يفضل استخدام نظام هجين لأن الاستطاعة الإجمالية للعنفات الريحية وللواقط الكهرضوئية تكون أصغر من استطاعة نظام مكون من مصدرواحد فقط سواءً شمسي أو ريحي، وكذلك بالنسبة إلى السعات التخزينية للبطاريات تكون أقل.

4. مكونات النظام الهجين:

اعتماداً على تعريف نظم التوليد الهجينة بأنها مشاركة مصدرين أو أكثر من مصادر توليد (أو تخزين) الطاقة الكهربائية لتأمين التغذية الكهربائية للحمل سواءً من مصادر تقليدية أو مصادر متجددة. فإنه يمكن تكوين تشكيلات عديدة من النظم الهجينة، وأكثر النظم الهجينة انتشاراً هي تلك التي تحتوي على مصدر توليد ريحي ومصدر توليد شمسي وبطاريات تخزين فضلاً عن مجموعة توليد احتياطية إذا كان الحمل حرجاً. ويوضح الشكل (3) مثالاً لنظام هجين



الشكل (3) مثال لنظام هجين

4.1. اللواقط الكهرضوئية :

ازدادت أهمية نظم التوليد الكهرضوئيةPV لأنها تولد الطاقة الكهربائية قرب موقع الحمل من دون ضجيج ومن دون انبعاثات غازية. الميزة الرئيسة لهذه النظم مقارنة بأنظمة الطاقات المتجددة الأخرى هي توافر نظم ذات استطاعات منخفضة يمكن حيازتها وتشغيلها من قبل المستهلك. ويمكن أن نجمل الميزات الرئيسة للنظم الكهرضوئية بالنقاط الآتية [7]:

- قصر الوقت اللازم لتصميم محطة جديدة وتركيبها وتشغيلها.
- ساكنة لا تحتوي أجزاء متحركة، ومن ثمَّ ليس لها أي ضجيج.

[1] E. Ian Baring-Gould; " Off-Grid Wind Hybrid Power Systems Components and Architectures "PowerPoint Doc, National Renewable Energy Laboratory, 2005

- عمرها طويل مع حاجة متدنية للصيانة نظراً إلى عدم وجود أجزاء متحركة فيها.
- سهولة النقل والحمل نظراً إلى خفة وزنها.

4.2. العنفات الريحية (Wind Turbine):

يقوم المولد الريحي بتحويل الطاقة الحركية الموجودة في الهواء إلى طاقة كهربائية. يرفع المولد الكهربائي على برج طويل لضمان الحصول على الطاقة. تركب مجموعة كبيرة من العنفات الريحية في موقع واحد لبناء مزرعة ريحية بالاستطاعة الإنتاجية المطلوبة [7].

تتكون العنفة الريحية من البرج (Tower) والريش (Blades) المربوطة إلى الصرة (Hub)، وآلية ملاحقة اتجاه الرياح (Yaw) ونظام لنقل الحركة (Mechanical Gear) من الدوار إلى المولد الكهربائي (Generator) ، والعنفة مزودة بنظام تحكم كامل يقوم بوظائف المراقبة والتشغيل والحماية. كما أن العنفة مزودة بأنظمة مساعدة كنظام الهيدروليك ونظام التبريد.

تولد العنفة الريحية الكهرباء حال وصول سرعة الرياح إلى سرعة دنيا تعرف بسرعة القطع الدنيا (Cut-in wind speed) (VIn)، ويتزايد إنتاج الطاقة الكهربائية مع ازدياد سرعة الرياح حتى تصل إلى السرعة الاسمية (rated wind speed) (VR)، وتكون عندها الاستطاعة المولدة مساوية للاستطاعة الاسمية للعنفة الريحية وتمثل أيضاً الاستطاعة العظمى، وتستمر العنفة بإنتاج الطاقة الكهربائية مع ارتفاع سرعة الرياح حتى الوصول إلى سرعة القطع العليا (cut-out wind speed) VO حيث تنتقل العنفة الريحية إلى وضعية الإيقاف.

4.3. البطاريات (Batteries):

تعزز نظم تخزين الطاقة نظام التوليد الهجين. إذْ تسهم في استقرار النظام وتدعمه للعمل عند خرج ثابت ومستقر على الرغم من تأرجحات الحمل الكهربائي. وتؤمن الطاقة للتغلب على النقص اللحظي للمصادر الرئيسية (كمصادر الشمس والرياح والكهرمائية). [8]

تحول البطاريات الطاقة الكيميائية المخزنة داخلها إلى طاقة كهربائية. هناك تطبيقات هائلة للبطاريات نظراً إلى وجودها بأحجام وجهود وسعات مختلفة، وكذلك يمكن أن تكون سائلة أو جافة. تستخدم البطاريات القابلة لإعادة الشحن (Rechargeable) في النظم الهجينة حيث يكون التفاعل فيها تفاعلاً عكسياً (Reversible). تُحوَّلُ الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية في وضع التفريغ (Discharging) وتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية في وضع الشحن (Charging).

4.4. تجهيزات أخرى:

يحتاج النظام الهجين إلى عدة تجهيزات أخرى لتشغيله وهي مبدلات AC/DC أو مبدلات DC/AC، ولابدَّ من وجود نظام تحكم لإدارة مكونات النظام الهجين بالشكل الأمثل.

5. اختيار التصميم الأنسب:

يُختارُ التصميم الأنسب للنظام الهجين باتباع الخطوات الآتية:

- **دراسة الأحمال والاحتياجات**: تُجرى دراسة تفصيلية للحمل الكهربائي من حيث طبيعته ومقداره ونمطه وعلاقته بالزمن. ويُحدَّدُ مقدار فقد الحمل المسموح به إذْ إنَّه أحد البارامترات المهمة لتصميم النظام.

- **تقييم المصادر**: لابدَّ من تقييم المصادر المتوافرة في المنطقة المراد تأمين التغذية الكهربائية لها (مصدر شمسي أو مصدر ريحي وغيرها) لاختيار الأنسب من بينها. ولتقييم المصادر لابدَّ من توافر المعطيات المتعلقة بكل مصدر من هذه المصادر.

- **تقييم التكنولوجيا**: بعد تحديد المصادر التي سيُستفَادُ منها يجري البحث وتحديد الخيارات التكنولوجية الأنسب لهذه المصادر.

- **تحديد مكونات النظام** : يتم العمل على تحديد استطاعة كل مكون من مكونات النظام وطريقة الربط المثلى بين المكونات.

6. دراسة حالة عملية:

دُرِسَ تأمين تغذية كهربائية لحمل كهربائي مقداره 72 ك.وات ساعي/يوم. باستخدام نظام هجين (ريحي – شمسي- بطاريات – مولد تقليدي) ومقارنته بحالة تأمين تغذية الحمل الكهربائي نفسه بالاعتماد على التشكيلات الأخرى المتاحة جميعها والموضحة في الجدول (1).

الجدول (1) التشكيلات المتاحة لتغذية الحمل

Case	Components	System Type
1	*PV – Wind – Generator*	*Hybrid*
2	*PV – Generator*	*Hybrid*
3	*Wind – Generator*	*Hybrid*
4	*PV – Wind*	*Hybrid*
5	*PV*	*Single Source*
6	*Wind*	*Single Source*
7	*Generator*	*Single Source*

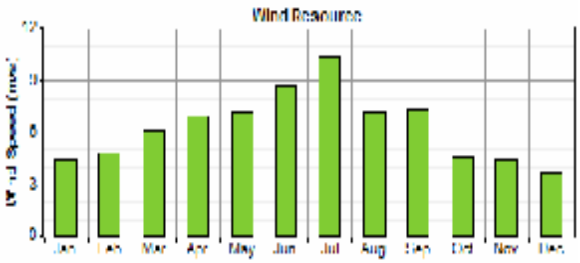
6.1. الموقع :

اختيرَ موقع في منطقة السخنة في محافظة حمص لما تتمتع به المحافظة من توفر مصادر ريحية وسطوع شمسي على مدار العام، فضلاً عن توافر مناطق واسعة فيها توجد فيها تطبيقات كثيرة تحتاج إلى الطاقة الكهربائية، ويوجد محطة رصد ريحية في تلك المنطقة2. يقع الموقع المدروس على الإحداثيات N 34°52,175 و E 38°49.86.

الشكل (4) محطة الرصد في موقع الدراسة 3

6.2. بيانات الرياح:

اعتُمِدَتْ بيانات ريحية حقيقية مأخوذة من محطة رصد (Metrological Station) مركبة في منطقة السخنة لعائدة للمركز الوطني لبحوث الطاقة. يوضح الشكل(5) متوسط سرعة الرياح خلال أشهر سنة كاملة

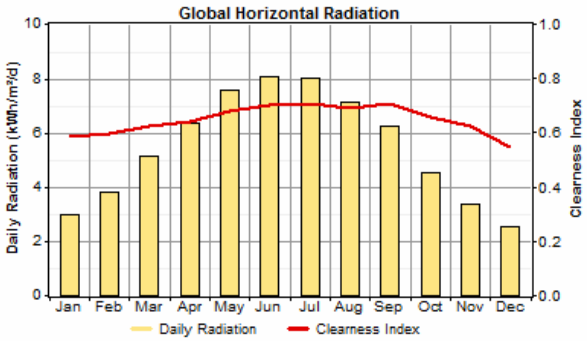


الشكل (5) متوسط سرعة الرياح خلال أشهر السنة للموقع المدروس4

[2] المركز الوطني لبحوث الطاقة
[3] المركز الوطني لبحوث الطاقة
[4] المركز الوطني لبحوث الطاقة

6.3. البيانات الشمسية:

اعتُمِدَت بيانات شدة الإشعاع الشمسي للموقع المدروس بالاعتماد على قاعدة بيانات خاصة بالبرنامج Homer بناءً على إحداثيات الموقع المدروس ويوضح الشكل (6) بيانات شدة الإشعاع الشمسي خلال أشهر السنة للموقع المدروس.



الشكل (6) متوسط شدة الإشعاع الشمسي اليومي خلال أشهر السنة للموقع المدروس [5]

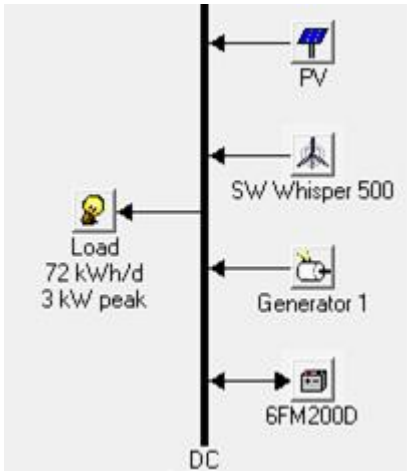
6.4. الحمل الكهربائي:

اختير حمل كهربائي(DC) ثابت مقداره 3 kW (72 kWH) الذي يمكن أن يكون عبارة عن مضخة مياه أو محطة اتصال صغيرة.

6.5. مكونات النظام الهجين :

يتألف النظام الهجين من لواقط كهرضوئية ومولد ريحي ومولد تقليدي فضلاً عن بطاريات للتخزين وجميعها ذات خرج DC مشترك كما يوضحه **خطأ! لم يتم العثور على مصدر المرجع..**

جرَتْ نمذجة النظام المقترح باستخدام البرنامج Homer حيث استُخدِمَ نموذج العنفة الريحية SW Whisper 500 ذات الاستطاعة 3 ك.وات وبكلفة تأسيسية للعنفة الواحدة (4500 $) وبكلفة استبدال مقدارها (4000 $) ومتطلبات الصيانة والتشغيل السنوية (200 $)، وعمرها الزمني 15 عام. وبالنسبة إلى اللواقط الكهرضوئية فقد اعتُمِدَتْ كلفة تأسيسية مقدارها (5000 $) وكلفة استبدال (5000) وكلفة صيانة سنوية مقدارها (200 $) والعمر الزمني لها 20 عاماً، والنظام الكهرضوئي اعتُمِدَ من النمط الثابت الذي لايحتوي على ملاحق شمسي. أُضيفتْ مولد تقليدي باستطاعة 1 ك.وات عمره التشغيلي (15000) ساعة عمل ومعدل التحميل الأصغري له 30%. اعتُمِدَ نموذج بطاريات vision 6FMD2000 (12v, 200AH, 2.4 kWh) وكلفة البطارية الواحدة (250 $).



الشكل (7) النظام الهجين المغذي للحمل[6]

6.6. خوارزمية الأمثلة:

يحقق برنامج Homer الأمثلة وفق خوارزمية العمل الموضحة في الشكل (8) التي تتضمن:

- إدخال البيانات الساعية إلى سرعة الرياح والإشعاع الشمسي، والبيانات الفنية لمكونات نظام التغذية.
- اعتماد قيمة مناسبة لما يسمى عامل فقد الحمل المسموح به (LPS)، واعتماداً على عدد الخيارات

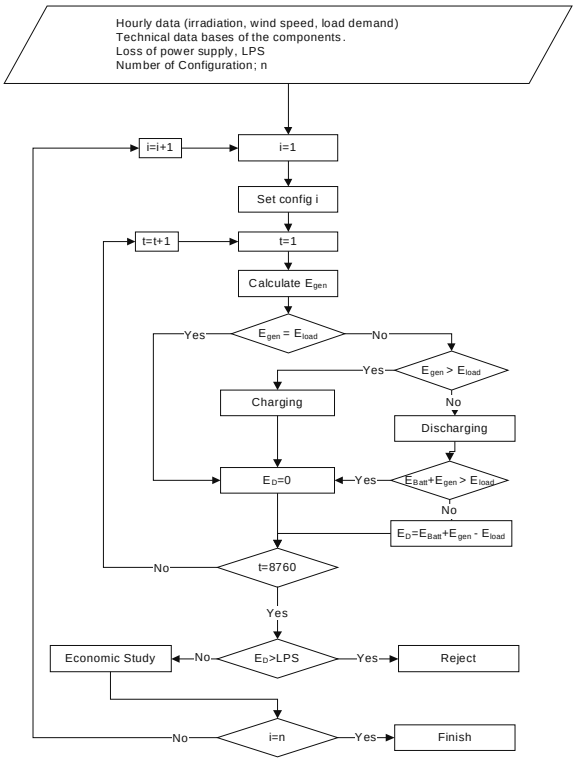
[5] قاعدة بيانات البرنامج Homer

[6] مخطط النظام المدروس في البرنامج Homer

المتاحة من كل مكون من مكونات النظام تُحدَّدُ عدد الحالات المتاحة n.

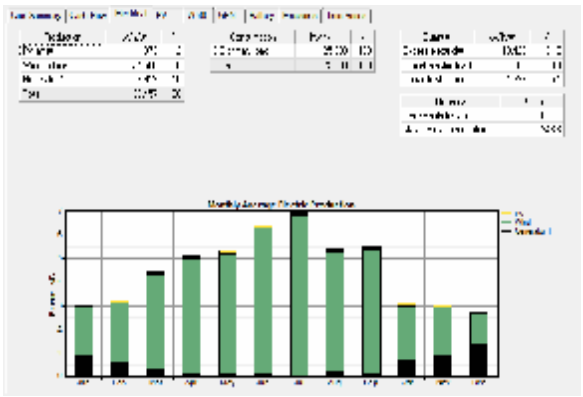
- من أجل كل حالة من الحالات n تُحسَبُ الاستطاعة المتولدة EGen عن مكونات النظام اعتماداً على سرعة الرياح وشدة الإشعاع الشمسي لكل ساعة خلال عام (8760 ساعة)، واعتماداً على المواصفات الفنية لمكونات النظام، ويُحسَبُ النقص في الاستطاعة ED (فقد الحمل).

- حساب إجمالي الاستطاعة ED ومقارنتها بالقيمة المسموحة LPS فإذا كانت قيمة ED أكبر ينجم عنها رفض الحالة والانتقال إلى تشكيلة ثانية وإلا يتم قبول الحالة فنياً وإجراء الدراسة الاقتصادية لها.

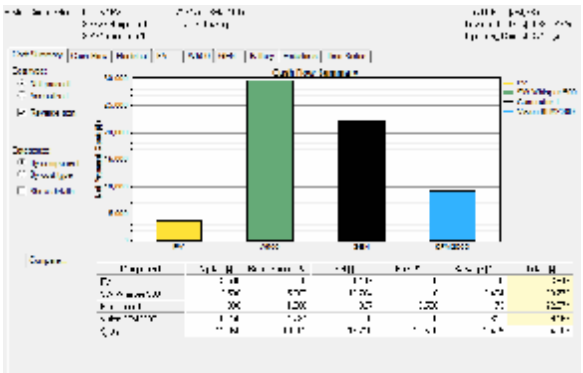


الشكل(8) خوارزمية الأمثلة التي يتم وفقها اختيار الحالات المقبولة فنياً

يوضح الشكل (9) ملخص النتائج الكهربائية للنظام الهجين (مخرجات Homer) إذْ نلاحظ مساهمة كل مكون من مكونات النظام بتأمين التغذية الكهربائية للحمل والشكل (10) يظهر ملخص التحليل الاقتصادي للنظام الهجين.



الشكل (9) نتائج التحليل الفني للنظام الهجين [7]



الشكل (10) نتائج التحليل الاقتصادي النظام الهجين [8]

6.7. المقارنة الاقتصادية:

استخدمنا Homer لإجراء المقارنة بين استخدام التشكيلات المختلفة المتاحة لتأمين التغذية الكهربائية للحمل الكهربائي المطلوب. أُدخلت البيانات المطلوبة من

[7] مخرجات البرنامج Homer

[8] مخرجات البرنامج Homer

قبل Homer جميعها المتمثلة بشكل رئيس ببيانات الرياح وبيانات الإشعاع الشمسي وبيانات الحمل الكهربائي فضلاً عن المحددات الخاصة اللازمة لدراسات الجدوى الاقتصادية ومن ثم دُرِسَتِ التشكيلات السبعة كل حالة على حدة.

يظهر الجدول (2) ملخص نتائج Homer لكل تشكيلة من التشكيلات السبع متضمنةً قيمة استطاعة اللاقط الكهرضوئي والعنفة الريحية واستطاعة المولد واستطاعة البطاريات. ويشير الاختصار I.C إلى قيمة تكاليف التأسيس (Initial Cost) مقدرةً بالدولار الأمريكي وقيمة العمود Total تشير إلى قيمة التكاليف الكلية للنظام متضمنة تكاليف التأسيس وتكاليف الاستثمار خلال كامل عمر المشروع. كما حُسِبَ متوسط كلفة الكيلو وات ساعي الواحد لكل حالة. ويوضح الشكل (12) التدفق النقدي خلال عمر المشروع للتشكيلات السبع قيد المقارنة.

الجدول (2) ملخص نتائج Homer للتشكيلات السبع

Case	Components	PV kW	W kW	GEN kW	Batt. kWh	I.C $	Total $	$/kWh	Rank
1	PV – W –GEN	0.5	9	2	50.4	22050	64665	0.222	1
2	PV – GEN	5	-	3	9.6	27200	134547	0.446	4
3	W – GEN	-	9	2	55.2	20050	64675	0.223	1
4	PV – W	2	15	-	132	46250	82572	0.287	2
5	PV	19.7	-	-	136.8	112750	182315	0.634	6
6	W	-	21	-	117.6	43750	85833	0.298	3
7	GEN	-	-	3	69.3	8450	146140	0.485	5

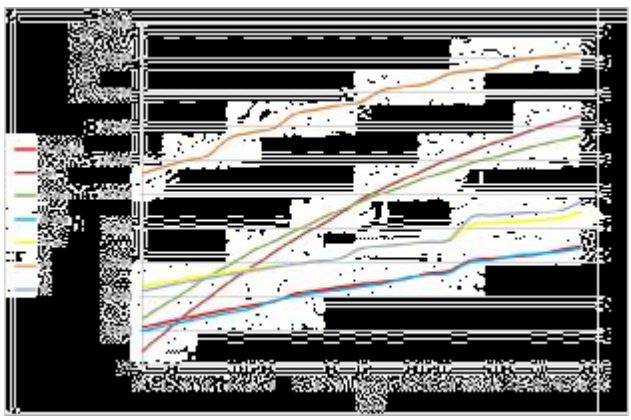
من خلال مقارنة نتائج الجدوى الاقتصادية للتشكيلات المختلفة نلاحظ مايأتي:

- الجدوى الاقتصادية لنظام التغذية الكهربائية في الحالات الثلاث (3،4،1) هي الفضلى بين الخيارات المتاحة لتأمين تغذية الحمل الكهربائي وهذه الحالات تمثل أنظمة هجينة.

- أظهرت نتائج الأمثلة في اختيار نظام التزود بالطاقة الكهربائية للحمل المدروس أن الحالة رقم (1) تمثل التصميم الأمثل للنظام. يتكون النظام الهجين الأمثلي من نظام كهرضوئي مقداره (0.5) ك.وات وثلاث عنفات ريحية من النموذج SW Whisper 500 باستطاعة إجمالية مقدارها (9) ك.وات ومحركين تقليدين استطاعة كل منهما 1 ك.وات فضلاً عن 21 بطارية للتخزين.

- تبلغ قيمة متوسط كلفة الكيلووات الساعي في حالة النظام الهجين (الحالة رقم 1) قيمة (0.222) دولاراً في حين أن كلفة التوليد من النظام التقليدي (الحالة رقم 7) بلغت (0.485) دولاراً.

- إن المقارنة بين النظامين الهجينين (الحالة رقم 1 والحالة رقم 4) تظهر أن إضافة مولد تقليدي إلى النظام أدى إلى انخفاض الكلفة التأسيسية للنظام الهجين من 46250 دولار إلى 22050 دولار وكلفة الكيلو واط الساعي من 0.287 إلى 0.222، وذلك يعود لسبب أن إضافة مولد تقليدي يعمل في الحالات الحرجة عند انخفاض الرياح أو في الأجواء الغائمة يساعد في تخفيض استطاعة نظم التوليد المتجددة بشكل كبير.



الشكل (11) التدفق النقدي خلال عمر المشروع للتشكيلات المختلفة

7. الخلاصة والتوصيات

- أظهرت نتائج المقارنة الاقتصادية أهمية اعتماد النظم الهجينة في تأمين التغذية للأحمال الكهربائية في المناطق النائية التي يتوار فيها أكثر من مصدر. أظهرت نتائج المقارنة التي نفذت باستخدام Homer أن الحل الأمثل من بين الخيارات المتاحة لتغذية الحمل قيد الدراسة تتمثل في الحالة رقم (1) التي تتألف من لواقط كهرضوئية وعنفات ريحية وبطاريات ومولد تقليدي.

- يعتمد التصميم الأمثل لتأمين التغذية الكهربائية للمناطق النائية اعتماداً رئيساً على المصادر المتوافرة لتوليد الطاقة الكهربائية من جهة، وعلى طبيعة الحمل الكهربائي وتغيره مع الزمن، لذلك يجب عند دراسة أي نظام الاهتمام بتقييم المصادر المختلفة المتوافرة وإجراء دراسة تفصيلية للحمل الكهربائي.

- يحتوي النظام الهجين نظم توليد ونظم تخزين مختلفة؛ لذلك فإن اختيار التشكيلة الأنسب من بين عدد كبير من التشكيلات المتاحة عن طريق الحسابات اليدوية أمر معقد، في حين أن تنفيذ الدراسة باستخدام البرمجيات المتخصصة كـــ Homer مثلاً أو غيره يساعد في تحديد التصميم الأمثل للنظام.

- تحتاج البرمجيات المستخدمة لدراسة الأنظمة الهجينة إلى بيانات تتعلق بمصادر الطاقة المتاحة لذا لابدَّ من توافر قواعد معطيات تتعلق بالمصادر كسرعة الرياح وبيانات الإشعاع الشمسي وغيرها، ولذلك لابدَّ من العمل على إيجاد أطلس الرياح وأطلس الإشعاع الشمسي لمناطق القطر كلّها ومتابعة تحديثها، وهذا يساعد في نشر تطبيقات الطاقات المتجددة، كما يساعد توافر بيانات عدة سنوات في دراسة أداء النظام عند الحالات الحرجة

- بينت الدراسة أهمية الأخذ بالحسبان وبأهمية بالغة دراسة إضافة مولد تقليدي إلى تشكيلة النظام الهجين وعدم الاكتفاء بخيار تأمين التغذية عن طريق دراسة مولدات الطاقة المتجددة.

المراجع:

1. Angelopoulos, K.: Integration of Distributed Generation In Low Voltage Networks: Power Qouality in Energy Systems And Environment. MSc In Energy System and Envirnment , Glasgow (2004)
2. Lio, L.: Distributed Generation. (2007)
3. Lagorse, J., Paire, D., Miraoui, A.: Sizing optimization of a stand-alone street lighting system powered by a hybrid system using fuel cell, PV, and battery. Renewable Energy 34, 683 - 691 (2009)
4. Ekren, O., Ekren, B.: Break-even analysis and size optimization of a PV/wind hybrid energy conversion system with battery storage – A case study. Renewable Energy, 1086-1101 (2008)
5. S. Diafa, D.: A methodology for optimal sizing of autonomous hybrid PV/wind system. Energy Policy, 5708–5718 (2007)
6. Laboratory, N.: www.homerenergy.com. In: www.homerenergy.com.
7. Patel, M.: Wind and Solar Power System. CRC Press, New York (1999)
8. FARRET, F., SIMOES, M.: Integration of alternative sources of energy. John Wiley & Sons, New Jersey (2006)
9. El-Khattam, W., Salama, M. M.: Distributed generation technologies, definitions and benefits. Electric Power Systems Research, 119-128 (2004)
10. Golder, A.: Photovoltaic Generator Modeling for Large Scale Distribution System Studies.
11. Gray, J.: The Physics of the Solar Cell. In : Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, ENGLAND (2003) 61-112
12. Hernández, M.: HIERARCHICAL CONTROL OF HYBRID POWER SYSTEMS. UNIVERSITY OF PUERTO RICO (2007)
13. Quaschning, V.: Understanding Renewable Energy Systems. EARTHSCAN, London (2005)
14. Uzunoglu, M., Onar, O. C., Alam, M. S.: Modeling, control and simulation of a PV/FC/UC based hybrid power generation system for stand-alone applications. Renewable Energy, 509–520 (2009)
15. Hongxing, Y., Wei, Z., Chengzhi, L.: Optimal design and techno-economic analysis of a hybrid solar–wind power. Applied Energy, 163–169 (2009)
16. Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., Bossanyi, E.: WIND ENERGY HANDBOOK. John Wiley & Sons, Ltd, England (2001)
17. Hajizadeh, A., Golkar, M.: Intelligent power management strategy of hybrid distributed generation system. Electrical Power and Energy Systems, 783 - 795 (2007)
18. Mierlo, J., den Bossche, P., Maggetto, G.: Models of energy sources for EV and HEV: fuel cells, batteries, ultracapacitors, flywheels and engine-generators. Journal of Power Sources, 76 - 89 (2004)
19. Alliance for Rular Electrification: http://www.ruralelec.org/38.0.html. In: www.ruralelec.org.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2011/3/1.