

حصر وتقويم منظومات الخلايا الشمسية

في مجال الاتصالات في ليبيا *

د. إبراهيم محمد صالح * م. خليفة بن حامد * م. محمد أم *

1- مقممة :

لقد كان لاستخدام منظومات التحويل الضوئي للطاقة الشمسية في مجال الاتصالات الأثر الكبير في توسيع دائرة الاتصالات الدولية والمحلية ، فقد استخدمت منظومات الخلايا الشمسية في توفير متطلبات الطاقة لأحمال محطات الإعادة السلكية واللاسلكية الصغيرة والمتوسطة والبعيدة عن شبكات الكهرباء وقد دلت العديد من التجارب العملية على اقتصاديات هذه التقنية وإمكاناتها في توفير متطلبات الطاقة الكهربائية باعتمادية عالية [1].

الاتصالات الذي يصل بين مدينة هون ومدينة سرت تم توالى التوسع في استخدام هذه المنظومات في شبكات الاتصالات المختلفة تحقيقا لجملة من الأهداف منها:

- 1- تقليل فترات انقطاع الاتصالات .
- 2- زيادة الاعتمادية .
- 3-تقليل تكاليف الصيانة والتشغيل .
- 4- استخدام بدائل جديدة للطاقة.

محطات الإعادة لمنظومة الاتصالات اللاسلكية للموجات السنتيمترية التابعة للشركة العامة للاتصالات هي أكبر المنظومات وأكثرها عددا ، إذ تمتد هذه المنظومة على مدى أكثر من 8,000 كم ، وبعدد يقرب من 500 محطة، وحيث

استخدمت منظومات الخلايا الشمسية في شبكات الاتصالات في ليبيا حيث تم تركيب مجموعة من المحطات التجريبية مع بداية سنة 1980 كمصدر وحيد لتوليد الطاقة الكهربائية في بعض المحطات ذات الأحمال الصغيرة والتي تقع بعيدا عن شبكات الكهرباء [2] . لم يتم التوسع في استخدام منظومات الخلايا الشمسية نتيجة لعدم الإلمام بتقنية هذه المنظومات وكذلك لتكلفتها العالية خلال عقد الثمانينات . مع بداية النصف الأخير من عقد التسعينيات تم استخدام منظومات الخلايا الشمسية في منظومة اتصالات الشرطة وخط نقل الألياف الضوئية التابع لشركة ريسول النفطية، كما تم تركيب عدد 6 منظومات سنة 1996 على خط

2- بدائل خيارات الطاقة لتغذية محطات الإعادة

الاتصالات بشتى أنواعها المختلفة تتطلب اعتمادية عالية للمصدر، ولا تتحمل انقطاعات متكررة، وفي الشبكات العالمية لا تتعرض شبكات الاتصال للتوقف نتيجة فقدان مصدر القدرة إلا لبضع ثواني أو دقائق خلال السنة. البدائل المتاحة لتغذية شبكة الاتصالات في ليبيا يمكن أن تكون بإحدى الوسائل التالية .

1- الشبكة العامة

2- مولدات الديزل

3- منظومات الخلايا الشمسية

هذه البدائل تستخدم بنسب متفاوتة في محطات الإعادة في شبكات الاتصالات. وللوقوف على هذه البدائل يمكن طرح ما يلي:

2-1 الشبكة العامة

جميع المحطات التي تقع في المدن أو القرية من خطوط الشبكة العامة للكهرباء يتم تغذيتها من الشبكة العامة، إلا إن المحطات التي تقع على مسافة ما من الشبكة العامة أحيانا يتم توصيل أعمدة الكهرباء إليها . لم يتم تحديد المسافة القاطعة التي يمكن معها اعتبار محطة الإعادة التي سيتم تغذيتها غير اقتصادية ويجب استخدام وسيلة أخرى للتغذية، ستتبع هنا نفس النهج الذي سبق نشره [3] في تعريف المناطق النائية لتحديد المسافة التي يمكن معها استخدام الشبكة العامة للكهرباء.

تبلغ الطاقة الكهربائية المطلوبة للمحطة 15 كيلوواط ساعة في اليوم الواحد من التيار المستمر أي ما يقرب من 20 كيلوواط من مصدر تيار متردد . ولتوصيل خط الجهد العالي / المنخفض إلى أية منطقة فإن ذلك يتضمن أن تكون الخطة

أن خدمات الاتصالات من الخدمات التي تتطلب اعتمادية عالية لمصدر الكهرباء ، فإن جميع محطات الإعادة تتكون من مصدرا أساسي للطاقة وأخرى احتياطي لتأمين الاتصالات على مدار الساعة .

في السابق استخدمت مولدات الديزل كمصدر أساسي ومنفرد في توليد الطاقة الكهربائية في جميع المحطات البعيدة عن شبكات الكهرباء. منظومة مولدات الديزل التي تستخدم في محطات الإعادة اللاسلكية تتكون من مولدين في كل محطة يعملان بالتناوب إحداها يعمل والآخر احتياطي [1] .

منظومة التغذية من الشبكة العامة لها اعتمادية عالية، أنه لا يمكن تغذية المحطات البعيدة عن الشبكة ، كما أن المحطات التي يمكن تغذيتها من الشبكة العامة في المناطق البعيدة تتعرض إلى التوقف نتيجة لانقطاع التيار الكهربائي في الشبكة العامة ، وهذه الانقطاعات لا يمكن التنبؤ بها وقد تطول وفي هذه الحالة يجب أن يتم تشغيل مولد الديزل الاحتياطي ذاتيا ، وهذا قد لا يتم نتيجة لنفاذ الوقود أو عدم الصيانة أو لضعف نضائد بدء الحركة ، وبالتالي فإن خط الاتصالات يتعرض إلى التوقف نتيجة لتوقف مصدر الطاقة.

منظومة التغذية من مولدات الديزل هي الأخرى تتعرض للتوقف نتيجة لقلّة الصيانة أو نفاذ الوقود في هذه المحطات، وهذه الانقطاعات كثيرة ومتكررة ومتعددة وفترات طويلة، مما تسبب في انقطاع الاتصالات وفترات عديدة ومتكررة ، وللتدليل على ذلك فإن محطة رملة زلاف قد توقفت سنة 1997 نتيجة توقف مصدر الطاقة الكهربائية لمدة (17) سبعة عشر يوما.

جدول (1) تكلفة الكيلواط ساعة لتوصيل خط الجهد العالي / المنخفض

| المسافة | التكلفة الإنشائية | التكلفة الإجمالية | التكلفة السنوية | تكلفة الكيلواط ساعة |
|---------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------------|
| كم | ألف دينار | ألف دينار | ألف دينار | دينار |
| 2 كم | 60 | 69 | 4.6 | 0.87 |
| 3 كم | 80 | 92 | 6.2 | 1.16 |
| 4 كم | 100 | 115 | 7.6 | 1.41 |
| 5 كم | 120 | 132 | 8.8 | 1.67 |
| 6 كم | 140 | 154 | 10.4 | 1.92 |

- التي يراد تغذيتها بالطاقة الكهربائية بخط 11 كيلوفولت على بعد 11 كم فقط من محول خط الجهد العالي المنخفض. كما إن تكلفة خط 11 كيلوفولت تصل إلى 20 ألف دينار لكل كم إضافة إلى 20 ألف دينار ثمن المحول وتحديد العمر الافتراضي للخط ب 20 سنة وبتكلفة 10% للصيانة. الجدول (1) يبين تكلفة الكيلواط ساعة لتوصيل خط الجهد العالي / المنخفض للمناطق المستهدفة.
- احتياطية للتشغيل أثناء فترة الصيانة أو العطل .
 4- تبلغ الطاقة اليومية المطلوبة للمحطة حوالي 20 كيلواط ساعة تيار متردد .
 5- يبلغ استهلاك الوقود بواقع 3 لتر لكل ساعة تشغيل .
 6- يبلغ استهلاك الزيوت 0.03 كيلو جرام لكل ساعة تشغيل.
 7- وتتكون التكلفة الإجمالية لاستخدام مولدات الديزل من التكلفة الابتدائية ، و تكلفة الصيانة وقطع الغيار .

2-2 التغذية باستخدام مولدات الديزل

تستخدم معظم محطات إعادة اللاسلكية والبعيدة عن الشبكة الكهربائية مولدات الديزل في توليد الطاقة الكهربائية، وتستخدم في بعض المحطات مولدات من تجميع شركة الإنشاءات الكهربائية بقدر 11 كيلو فولت أمبير، حيث يستخدم في كل محطة مولدان يعملان بالتناوب كل سبعة أيام ولحساب التكلفة الإجمالية لاستخدام مولدات الديزل أخذنا الاعتبارات التالية:-

التكلفة الابتدائية لتركيب مولدات الديزل

الجدول رقم (2) يبين الأسعار الفعلية في السوق الخلى لتركيب مولدات الديزل .

الجدول رقم (2) أسعار تركيب مولدات الديزل

| البند | التكلفة [دينار] |
|----------------------------|------------------|
| تكلفة مولدين ديزل + المقوم | 24,400 |
| تكلفة التركيب | 1,500 |
| تكلفة النضائد | 5,500 |
| إجمالي | 31,400 |

- 1- العمر الافتراضي للمحرك 7 سنوات .
 2- المولدات تعمل بالتناوب كل سبعة أيام على مدى الأربع والعشرين ساعة .
 3- تستخدم كل محطة مقوم للتيار بجهد 48 فولت ونضائد

تكلفة التشغيل

الجدول (4) التكلفة الإجمالية لمدة عشرين سنة لمحطات مولدات الديزل

| ر.م | البند | التكلفة [دينار] |
|-----|----------------------------|----------------------|
| 1 | تكلفة الإنشاء الأولى | 31400 |
| 2 | تكلفة التشغيل | 132980 |
| 3 | تكلفة مولدات المرة الثانية | 34190 |
| 4 | تكلفة مولدات المرة الثالثة | 36350 |
| | الإجمالي | 234920 |

تتضمن تكلفة التشغيل تكلفة الوقود والزيوت المستخدمة وتكلفة تغيير المولدات بعد انقضاء عمرها الافتراضي تكلفة قطع الغيار والصيانة الدورية .

1- تبلغ تكلفة الوقود المستخدم 100 درهم و يمكن تقدير متوسط قيمة اللتر على مدى عشرين سنة 120 درهم ، وتبلغ تكلفة الكيلو جرام من الزيوت 1250 درهما للكيلو الواحد .

2- تقدر تكلفة الصيانة وقطع الغيار ب 10% من التكلفة الابتدائية في السنة الواحدة .

الجدول رقم (3) يبين تكلفة التشغيل في الخطات التي تستعمل مولدات الديزل حيث التكلفة الإجمالية للتشغيل 6649 دينار سنويا ، وتبلغ هذه التكلفة 132980 دينار لمدة عشرين سنة ، العمر الافتراضي للشبكة العامة.

الجدول رقم (3) تكلفة التشغيل لمحطات مولدات

| ر.م | المستهلكات | التكاليف [دينار] |
|-----|------------------------|------------------|
| 1 | النفط | 3154 |
| 2 | الزيوت | 395 |
| 3 | تكلفة الصيانة | 1600 |
| 4 | تكلفة قطع الغيار | 1500 |
| | إجمالي التكاليف | 6649 |

الجدول رقم (4) يبين التكلفة الإجمالية لمدة عشرين سنة وبالتالي يكون متوسط التكلفة السنوية باستخدام مولدات الديزل 11746 دينار سنويا أي 2.15 دينار للكيلوواط ساعة .

2-3 التغذية باستخدام منظومات الخلايا الشمسية

عند استخدام منظومات الخلايا الشمسية يمكن تغذية محطات الإعادة في أي موقع بالطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة الشمسية ، وحسب متطلبات الطاقة في الموقع المستهدف ، وقد تم تصميم المنظومة بما يتناسب والطاقة المطلوبة لتغذية الحمل في كل محطة وهي 15 كيلوواط ساعة /يوميا . ويمكن تحديد عناصر تكلفة منظومات الخلايا الشمسية على النحو التالي:

1- التكلفة الابتدائية وتشمل ثمن المسطحات الشمسية ، هياكل تركيب المسطحات الشمسية ، ومسامير وصناديق الربط ، وأجهزة التحكم ، والتكلفة الهندسية ، والنضائد .

2- تكلفة قطع الغيار التي يمكن أن تستهلك خلال مدة التشغيل .

3-معامل السعة وهو النسبة بين الطاقة المولدة سنويا إلى الطاقة التي يمكن أن تولد عند تشغيل النظام على القدرة القصوى وهذا المعامل يعتمد على الإشعاع الشمسي وحالات التشغيل وكفاءة الخلية الشمسية ودرجة الحرارة .

3- حصر منظومات الخلايا الشمسية

الشركة العامة للبريد والاتصالات هي أول الشركات التي استخدمت منظومات الخلايا الشمسية في مجال الاتصالات ، من بعدها استخدمتها الشركات النفطية.

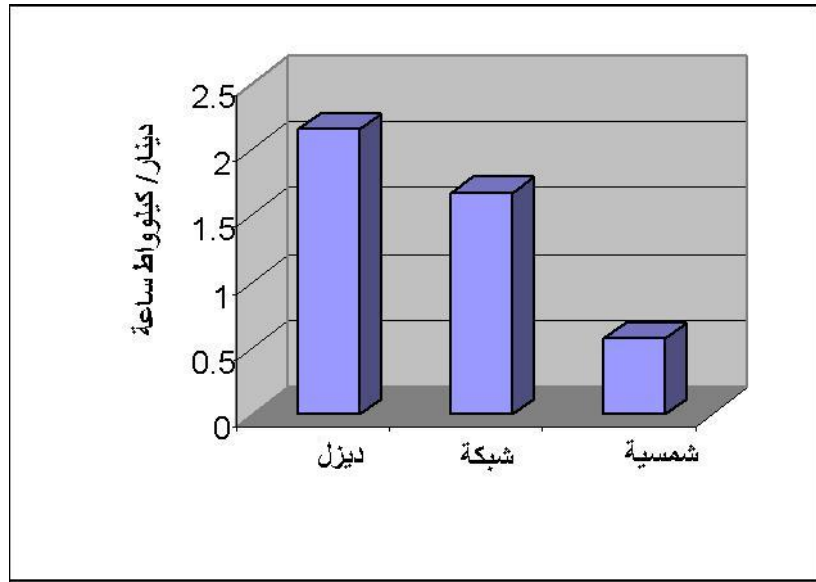
1-3 منظومات الخلايا الشمسية بالشركة العامة للبريد والاتصالات السلكية واللاسلكية

اعتمدت الشركة العامة للبريد والاتصالات السلكية واللاسلكية في ليبيا مبدأ استخدام منظومات الخلايا الشمسية في مجال الاتصالات حيث تم تركيب مجموعة من المحطات التجريبية مع بداية سنة 1980 كمصدر وحيد لتوليد الطاقة الكهربائية في بعض المحطات ذات الأحمال الصغيرة والتي تقع بعيدا عن شبكات الكهرباء [2] . تلاها منظومات تم تركيبها سنوات 1996 حتى 2003 . الجدول (5) يبين عدد المحطات والخطوط التي تعمل عليها.

2-3 حصر منظومات الخلايا الشمسية العاملة في منظومة الاتصالات الأخرى

لم يقتصر استخدام منظومات الخلايا الشمسية على شبكة الاتصالات التابعة للشركة العامة للبريد والاتصالات السلكية واللاسلكية بل امتد ليشمل شركات نفطية ومنظومة اتصالات النهر الصناعي ومنظومة اتصالات الشرطة [4] ، [6] ، [8] ، والجدول (6) يبين حجم منظومات الخلايا الشمسية المستخدمة في

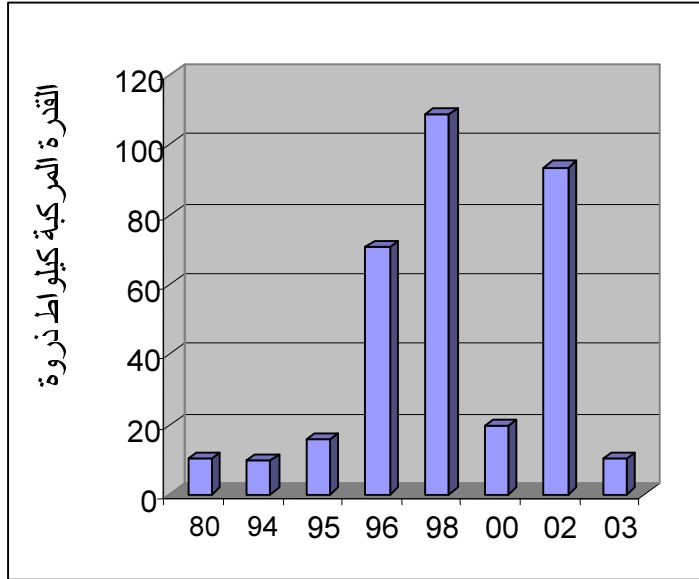
تجدر الملاحظة هنا إلى إن جميع المكونات الداخلة في هذه المنظومة لها عمر افتراضي قدره 20 سنة ما عدا نضائد حفظ الطاقة التي يجب تغييرها بعد عشر سنوات من التشغيل. وبإضافة 5% من الثمن كتكاليف إضافية للصيانة والزيارات الميدانية للمنظومة يصبح الثمن الإجمالي 63,000 دينار. وإجمالي التكلفة السنوية = 3150 دينار سنويا . وتبلغ تكلفة الكيلواط ساعة 0.57 دينار الشكل رقم (1) يبين مقارنة بين تكلفة الكيلواط ساعة للبدائل الثلاثة التي يمكن استخدامها كمصدر للطاقة في محطات الإعادة النائية .



شكل (1) مقارنة بين تكلفة الكيلواط ساعة لتغذية المحطات من مصادر

يتبين مما سبق ان منظومات الطاقة الشمسية هي أكثر اقتصادا من مولدات الديزل وكذلك الشبكة العامة التي تبعد مسافة 5 كم من المحطة التي يراد تغذيتها . هذه المقارنة بدون تضمين التكلفة الناتجة من انقطاع الاتصالات التي تنتج عن توقف مصدر القدرة .

دراسات الطاقة



الشكل (2) يبين القدرة المركبة على السنوات

الجدول رقم (8) يبين مقارنة تكاليف الصيانة والتشغيل للسنوات 2003-1999 لمحطات خط الاتصالات نالوت - غدامس الذي به عدد 4 محطات فقط ، والجدول رقم (9) يبين ساعات التوقف في النظامين للسنوات 1999 - 2000 .
وتقدر تكاليف دوريات الصيانة لمنظومات الخلايا الشمسية بحوالي 3000 دينار لكل سنة وتبلغ تكاليف تغيير منظومات الجهد 1000 دينار وبالتالي تبلغ التكلفة

الجدول رقم (5) منظومات الخلايا الشمسية التابعة للشركة العامة للبريد لمنظومات الخلايا الشمسية 23,500 دينار ، وتكلفة انقطاع الاتصالات 100,000 دينار .

يمكن حساب التكلفة الإجمالية بما في ذلك انقطاع الاتصالات لكل محطة من محطات الإعادة التي تستخدم مولدات الديزل حسب الجدول رقم (8) 19,635 دينار . بينما تصل هذه التكلفة في الخطات

| الشركة | المشروع | عدد المحطات | القدرة الإجمالية كيلواط ذروة | سنة التركيب |
|----------------------|-------------------|-------------|------------------------------|-------------|
| الشركة العامة للبريد | المشروع التجريبي | 7 | 8.35 | 1980 |
| | المرحلة الأولى | 26 | 115.2 | 1998 |
| | المرحلة الثانية | 23 | 93.9 | 2002 |
| | مشروع سرت هون | 6 | 27.5 | 1996 |
| | مشروع جالو | 4 | 19.6 | 2000 |
| | الاتصالات الرقمية | 1 | 12 | 2003 |
| | مشروع خط نينا | 3 | 1.8 | 1998 |
| | المجموع | 70 | 278.35 | |

منظومة الاتصالات حتى نهاية 2002/5 .

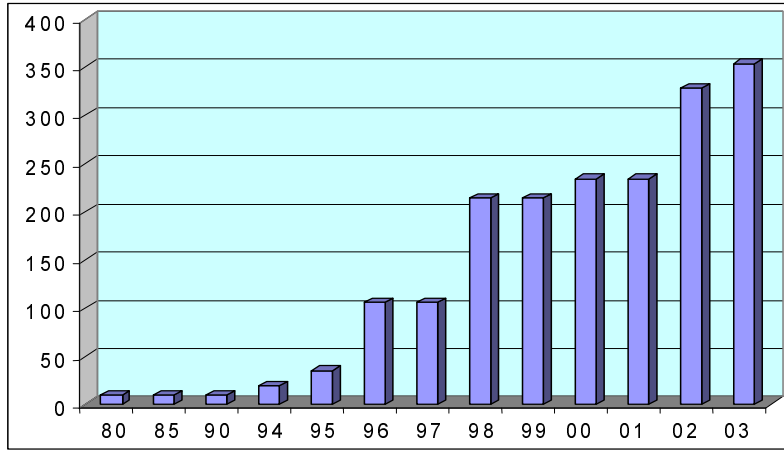
تبلغ القدرة الإجمالية المركبة والتي في طور التركيب في مجال الاتصالات 355.05 كيلواط ذروة والشكل (2) يبين القدرة المركبة على السنوات، بينما يبين الشكل (3) القدرة التراكمية المركبة حتى 2003 .

4- أداء منظومات التحويل الضوئي للطاقة الشمسية

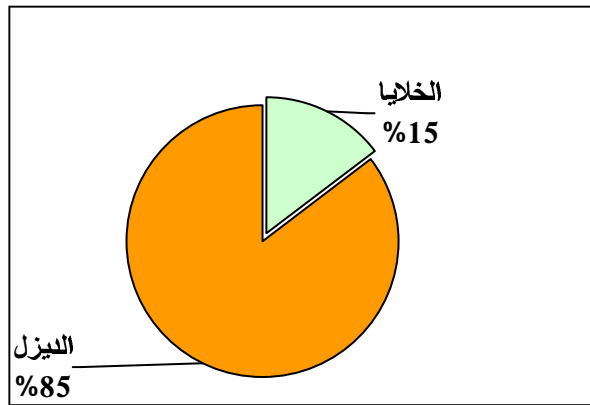
سنقوم بتقييم أداء منظومات التغذية بالطاقة الكهربائية من حيث تكاليف التشغيل والصيانة وساعات التوقف على خطي الاتصالات ، خط نالوت غدامس الذي به 4 محطات تغذي بالطاقة الكهربائية عن طريق مولدات الديزل ، وعدد سبعين محطة تم تركيبها تستخدم فيها التغذية بالطاقة الشمسية. الجدول رقم (7) يبين مواقع وساعات الانقطاع لمحطات التغذية بالخلايا الشمسية في الفترة من 1998- 2003 .

الجدول رقم (6) منظومات الخلايا الشمسية المستخدمة من قبل المؤسسات الأخرى

| سنة التركيب | القدرة الإجمالية | عدد المحطات | المشروع | الشركة |
|-------------------|------------------|-------------|----------------|---------------------|
| 2003 | 2.64 | 1 | براك | مشروع النهر الصناعي |
| 1995 | 15.6 | 3 | الشركات متفرقة | الشركات النفطية |
| 1996 | 39.9 | 7 | شركة ريبسول | |
| 1998 | 9.0 | 3 | محطات الإعادة | شركة المدار |
| 1994 | 9.6 | 30 | | اتصالات الشرطة |
| 76.74 كيلواط نروة | | 48 | | المجموع |



الشكل (3) القدرة التراكمية المركبة



الشكل رقم (4) النسبة في إجمالي التكاليف لاستخدام مولدات الديزل والخلايا الشمسية

التي تستخدم الخلايا الشمسية 3,400 دينار سنويا . الشكل رقم (4) يبين النسبة في إجمالي التكاليف.

5- النتائج

مما سبق يتضح جليا أهمية استخدام منظومات الخلايا الشمسية بدلا من محركات الديزل ، ومنها يتضح إن تكلفة التشغيل والصيانة للمحطات

التي تعمل بمحركات الديزل عالية جدا

بالمقارنة مع المحطات التي تعمل بالخلايا الشمسية ، كما أن استخدام منظومات الخلايا الشمسية قد قللت من مشكلة انقطاع الاتصالات ، إضافة إلى إن محطات منظومات الخلايا الشمسية لم تتعرض للسرقات والعبث كما هو الحال في حالة المحطات التي تعمل بمحركات الديزل.

ومن تجربة استخدام مولدات الديزل والشبكة العامة في محطات الإعادة اللاسلكية في المناطق النائية برزت النقاط التالية.

1- انقطاع الاتصال في المحطات التي تعمل بمولدات الديزل.

دراسات الطاقة

الجدول رقم (7) مواقع وساعات الانقطاع لمحطات التغذية بالخلايا الشمسية في الفترة من 1998-2003

| رقم المحطة | تاريخ الانقطاع | خط الاتصال | السبب | ساعات الانقطاع |
|------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| R19 | 01-9-6 | هون - سيها | النضاند | 12 ساعة |
| R19 | 01-2-24 | هون - سيها | النضاند | 12 ساعة |
| R18 | 01-11-11 | هون - سيها | النضاند | 12 ساعة |
| R18 | 01-5-6 | هون - سيها | النضاند | 12 ساعة |
| R18 | 01-5-29 | هون - سرت | النضاند | 12 ساعة |
| R6 | 02-9-21 | هون - سرت | منظم الشحن | 3 ساعة |
| R3 | 02-10-6 | هون - سرت | منظم الشحن | 3 ساعة |
| R6 | 02-10-6 | هون - سرت | منظم الشحن | 3 ساعة |
| R6 | 03-4-26 | هون - سرت | منظم الشحن | 3 ساعة |
| زلة | 01-6-9 | هون - زلة | النضاند | 12 ساعة |
| R1 | 01-8-9 | الشويرف براك | النضاند | 12 ساعة |
| R2 | 01-8-9 | الشويرف براك | النضاند | 12 ساعة |
| R7 | 02-3-11 | الشويرف براك | النضاند | 24 ساعة |
| R6 | 02-3-14 | الشويرف براك | تغيير مسطحات | |
| ام الجداري | 02-4-18 | نينة | النضاند | 48 ساعة |
| تبيستي | 01-1-15 | | النضاند | 48 ساعة |

جدول (8) مقارنة تكاليف الصيانة والتشغيل لسنة 1999-2003

| نوع التكاليف / اسم الخط | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | الإجمالي |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| تكاليف النفط | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 6,000 | 46,000 |
| تكاليف الزيوت والماء المقطر | 1470 | 2075 | 2100 | 1980 | 1200 | 8,825 |
| تكاليف قطع الغيار | 2875 | 2915 | 4000 | 4150 | 1200 | 15,140 |
| عمرة محركات | 0 | 0 | 16,000 | 16,000 | 0 | 32,000 |
| محركات جديدة | 97,528 | 0 | 0 | 36,573 | 0 | 134,101 |
| نضاند حفظ الطاقة | 7852 | 3936 | 0 | 0 | 0 | 11,788 |
| تكاليف دوريات الصيانة والمراقبة | 7,680 | 7,340 | 6,680 | 6,680 | 3,340 | 31,720 |
| نقل | 4500 | 6750 | 3,000 | 3,000 | 0 | 17,250 |
| تكاليف انقطاع الاتصالات | 9,000 | 41,877 | 15,000 | 15,000 | 15,000 | 95,877 |
| الإجمالي | | | | | | 392,701 |

الجدول (8) مقارنة ساعات التوقف في نظامي مولدات الديزل والخلايا الشمسية للسنوات 1999-2000

| السنة | عدد ساعات التوقف | |
|-------|------------------|----------------|
| | محركات الديزل | الطاقة الشمسية |
| 1999 | 20 | لا شيء |
| 2000 | 15 | لا شيء |
| 2001 | 24 | 78 |
| 2002 | 24 | 79 |
| 2003 | 12 | 3 |

2- تكلفة التشغيل العالية نتيجة تشغيل المحطات بمولدات الديزل .

3- ارتفاع تكلفة انقطاع الاتصالات.

4- الصيانة المستمرة ودوريات المراقبة.

5- أيدي فنية ماهرة قادرة على إجراء الصيانة اللازمة.

النقاط السالفة الذكر أثبتت ضعف اعتمادية استخدام مولدات الديزل ، مع تكرار انقطاع الاتصالات في المحطات التي تعمل على الشبكة .

المراجع

5. Ibrahim M. Saleh , Khalifa Hamed . Photovoltaic power supplies for microwave repeater stations in Libya , The second world conference on photovoltaic, Vienna, Austria, July 1998.

6. GPTC technical reports, 1981-1995.

7. Ibrahim, M. Saleh , K. Benhamid ,EVALUATION O PHOTOVOLTAIC SYSTEMS USED AS A STAND ALONE POWER SUPPLY . OR MICROWAVE REPEATER STATIONS IN LIBYA , Seventh Arab conference on Solar energy , Sharija , 2001

8. Ibrahim M.Saleh I. and Other, Utilization of PV solar energy for electrification of rural Applications in Libya, research center for Solar Energy, Libya 1997.

9. Ibrahim M.Saleh I. Photovoltaic powers supply for remote telecommunications in the developing countries, ISES seminar on rural electrification in Africa, Nairobi Nov.00

10. إبراهيم محمد صالح وخليفة بن حامد ، المؤتمر العربي السابع للطاقة الشمسية ، الشارقة فبراير 2001 .

1. إبراهيم محمد صالح ، حصر وتقييم منظومات الخلايا الشمسية في ليبيا ، دراسة قام بها المركز العربي للدراسات الصحراوية ، مرزق ، ليبيا، 1991 .

2. إبراهيم محمد صالح ، حصر وتقييم منظومات الخلايا الشمسية في ليبيا 1997 ، سلسلة الدراسات الصحراوية 6 .

3. توجهات الشركة العامة للكهرباء لكهرية المناطق النائية ، ندوة الطاقات المتجددة في المناطق الحارة ، هون 2002.

4. I, M. Saleh, etal .Present Situation and Future Prospects of Photovoltaic Applications In Libya , The fourteenth European Photovoltaic Solar Energy Conference , Barcelona 1997

الخلاصة:

قمنا بحصر منظومات الخلايا الشمسية العاملة في مجال الاتصالات وقد تبين أن إجمالي القدرة المركبة حتى الآن هو 353.65 كيلوواط ذروة ، كما قمنا بمقارنة تكاليف الصيانة والتشغيل بمحطات تعمل بمولدات الديزل ومحطات الطاقة الشمسية وتبين أن التكلفة الإجمالية بما في ذلك تكلفة انقطاع الاتصالات هي كنسبة 6:1 لصالح منظومات الخلايا الشمسية ، وأن منظومات الخلايا الشمسية لم تتعرض للسراقات والعبث كما هو الحال في حالة المحطات التي تعمل بمحركات الديزل.

وبالتالي فإن منظومات الخلايا الشمسية هي الحل الأمثل لتغذية محطات الإعادة اللاسلكية عند ما تكون هذه المحطات على بعد يزيد عن 3 كم من الشبكة العامة ومطلقا بدلا من محركات الديزل.