تقييم أداء منظومات الخلايا الشمسية المستخدمة كمصدر قدرة منفرد في محطات الإعادة اللاسلكية في ليبيا*

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

1. مقدمة

استخدمت منظومات الخلايا الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية في مجال الاتصالات اللاسلكية في العديد من البلدان المتقدمة والنامية. حيث استخدمت هذه المنظومات في محطات الإعادة اللاسلكية والمحطات الأرضية للاتصالات القمرية ، وفي اتصالات القطارات.

تمتد منظومة الاتصالات اللاسلكية في ليبيا على مدى اكثر من 8,000 كم وفي السابق استخدمت محركات الديزل كمصدر أساسي ومنفرد في توليد الطاقة الكهربائية في جميع المحطات البعيدة عن شبكات الكهرباء [1] . منظومات محركات الديزل التي تستخدم في محطات الإعادة اللاسلكية تتكون من محركين في كل محطة يعملان بالتناوب أحدهما يعمل والآخر احتياطي . لقد أثبتت تجربة استخدام محركات الديزل عدم اعتماديتها العالية ، وبالتالي تم التفكير في إمكانية استخدام منظومات الخلايا الشمسية بدلا منها . لقد بلغ عدد منظومات الخلايا الشمسية التي تم تركيبها مع نهاية سنة 1999 31 محطة [2] ، 22 محطة منها تم تشغيلها مع بداية سنة 1998 . هذه المنظومات تعمل بدون توقف منذ تركيبها باعتمادية عالية وتكاليف تشغيل زهيدة .

الجدول رقم (1) يبين المصادر الأساسية والاحتياطية المستخدمة في منظومة الاتصالات في ليبيا . والجدول رقم (2) يبين القدرة الإجمالية لمنظومات الخلايا الشمسية المركبة في مجال الاتصالات في ليبيا حتى سنة 1999 .

1. تصميم المنظومات :

عند تصميم منظومات الخلايا الشمسية تم مراعاة التجارب السابقة التي اكتسبت من استخدام محركات الديزل ومن المحطات التي تستخدم الشبكة العامة ، وكذلك عدد ساعات السطوع الطويلة وكثافة الإشعاع الشمسي في المناطق المستهدفة . عليه فقد تم القيام بتصميم المنظومات كمنظومات منفردة دون أية مصادر احتياطية ، وذلك بتركيب نظامين من هذه المنظومات نظام أحادي

★ الأصل بالإنجليزية ورقة مقدمة للمؤتمر العربي السابع للطاقة الشمسية / الامارات العربية / 2001

جدول رقم (1) مصادر الطاقة الكهربائية الأساسية والاحتياطية في محطات الإعادة اللاسلكية

المصدر الأساسي	المصدر الاحتياطي
منظومة التغذية من الشبكة العامة	محركات الديزل
محركات ديزل	منظومة نضائد
منظومة خلايا شمسية	منظومة نضائد النظام الفردي
منظومة خلايا شمسية	منظومة نضائد النظام الثنائي

جدول رقم (2) القدرة الإجمالية لمنظومات الخلايا الشمسية المركبة في مجال الاتصالات في ليبيا حتى سنة 1999

وصلة الاتصالات	عدد المحطات	سنة التركيب	القدرة الإجمالية
وصلة هون سرت	6	1996	28.5 كيلوواط ذروة
وصلة أبوقرين سبها	9	1997	43.2
وصلة اجدابيا جالو	4	1997	9.6
وصلة الشويرف سبها	4	1997	19.2
وصلة الشويرف براك	2	1999	9.6
وصلة البريقة الواحة	4	1997	9.6
وصلة هون سبها	2	1999	9.6
الإجمالي	31		129.3 كيلوواط ذروة

وهو النظام الذي يستخدم محكماً واحداً ومنظومة نضائد واحدة ، ونظام ثنائي يستخدم فيه محكمان ومنظومتا نضائد ، وقد أخذت الاعتبارات التالية عند عملية التصميم .

1. عدد الأيام الغائمة خمسة أيام .
2. استخدام النظام الثنائي في محطات الإعادة اللاسلكية ذات الأهمية العالية .
3. استخدام النظام المنفرد في محطات الإعادة اللاسلكية ذات القدرة المنخفضة وذات الأهمية الأقل نسبيا .
4. الطاقة الإجمالية للمحطة الواحدة 15 كيلووات ساعة

جدول رقم (3) متطلبات القدرة لمكونات المحطة

الحمل	القدرة	ساعات التشغيل	الطاقة
الراديو	480 واط	24 ساعة	11520 واط ساعة
الإضاءة الملاحية	20×2 واط	10	400 واط ساعة
إضاءة المبنى	20×3	1	60
احتياطي	60	1	60
الإجمالي	640		12040

وبضمان أمان قدره 25% .

5. مواصفات مكونات المنظومات بما يتناسب والمنظومات المنفردة والمنظومات الثنائية.

الجدول رقم (3) يبين متطلبات القدرة لمكونات المحطة .

وبالتالي تكون الطاقة الإجمالية عند احتساب عامل ضمان 25 % = 12000× 1.25 = 15,000 كيلوات ساعة في اليوم

- جهد التشغيل 48 فولتاً .
- عدد الأيام الغائمة 5 أيام .
- الحمل اليومي = 15000 ÷ 48 = 300 أمبير
- سعة النضائد 1500 أمبير ساعة

3. تقييم أداء المنظومات

لتقييم منظومات الخلايا الشمسية التي تم تشغيلها مع بداية 1998 ، قمنا بتقييم المنظومات التي ركبت على خطي الاتصالات: خط الشويرف–سبها يشار إليه بالخط رقم 1، و خط أبوقرين–سبها ويشار آلية بالخط رقم 2. الجدول رقم (4) يبين نوع وعدد منظومات التغذية على الخطين .

جدول (4) نوع وعدد منظومات التغذية على الخطين

الخط	نوع وعدد المنظومات على خطي الاتصالات			
	كهرباء	ديزل	خلايا نظام أحادي	خلايا نظام ثنائي
خط الاتصالات # 1	–	3	6	–
خط الاتصالات # 2	3	1	5	6

3-1 تقييم المنظومات

خطوط الاتصالات التي تم تقييم بعض منها تستخدم في نقل المكالمات الهاتفية والإشارات المرئية بين طرابلس وسبها ، كما تستخدم بعض المحطات كنقاط اتصالات للمنطقة التي بها المعيد .وعند تعطل أي من المنظومات على أي خط يؤدى ذلك إلى تعطل الاتصالات على ذلك الخط ، وتقدر تكلفة انقطاع الاتصالات لمدة يوم واحد على خط أبوقرين–سبها حوالي 15,000 (خمسة عشر ألف) دينار ليبي ، بينما تلك التي على خط الشويرف–سبها حوالي 10,000 (عشرة آلاف) دينار يوميا . والجدول رقم (5) يبين إجمالي ساعات انقطاع الاتصالات على الخطين المذكورين خلال فترة التقييم (1999–2000) .

3-2 مسببات انقطاع الاتصالات

فيما يلي الأسباب التي أدت إلى انقطاع الاتصالات :

- عدد سبع محطات كانت تستخدم محركات الديزل خلال الأشهر الأربعة الأولى من سنة 1998 ، بينما قلصت هذه المحطات إلى ثلاث محطات فقط في الأشهر الثمانية الأخيرة من 1998 ، وخلال سنة 1999 . ووجود عدد أكثر من محركات الديزل سنة 1998 أدى إلى عدد ساعات انقطاع أكثر خلال تلك الفترة .
- الانقطاع الذي حدث خلال سنة 1998 في منظومة الخلايا الشمسية ذات النظام الأحادي ، بسبب القوارض التي قامت بقطم سلك مستوى شحن النضائد الذي يربط النضائد مع المحكم, مما أدى إلى إعطاء إشارة بأن النضائد غير مشحونة وبالتالي تم قطع التيار عن الحمل .
- تعطل بعض المكونات الإلكترونية أدى إلى توقف منظومة الخلايا الشمسية سنة 1999 .
- انقطاع الكهرباء في المحطات التي تتغذى من الشبكة العامة ناتج عن انقطاع التيار الكهربائي ، مع عدم إمكانية تشغيل محرك الديزل الاحتياطي.
- انقطاع الاتصالات في المحطات التي تعمل بمحركات

جدول رقم (5) إجمالي ساعات انقطاع الاتصالات على الخطين المذكورين خلال فترة التقييم (1999–2000)

السنة		عدد ساعات انقطاع الاتصالات		
	كهرباء	ديزل	خلايا نظام أحادي	خلايا نظام ثنائي
1998	خط الاتصالات # 1	715	7	–
	خط الاتصالات # 2	26	–	–
1999	خط الاتصالات # 1	329	14	
	خط الاتصالات # 2	22	–	–

الديزل بسبب توقف هذه المحركات نتيجة لقلة الصيانة أو نفاذ الوقود في هذه المحطات .

- سجلت حالات تخريب في محطات الطاقة الشمسية حيث قام المارة بكسر عدد سبعة من المسطحات الشمسية من إجمالي المنظومات .

3. مقارنة تكاليف التشغيل بين محركات الديزل والطاقة الشمسية

تم القيام بمقارنة بين تكاليف التشغيل لوحدات توليد الطاقة المختلفة في محطات الإعادة اللاسلكية ، وكذلك تكلفة انقطاع الاتصالات التي تسببت فيها هذه المصادر ، بغية تحديد أحسن مصادر توليد الطاقة من حيث قلة تكاليف التشغيل. المقارنة تضمنت تكلفة قطع الغيار المستخدمة في السنتين 1998 1999 ، تكلفة وقود محركات الديزل ، تكلفة المحركات التي تم تغييرها في نفس الفترة ، و تكلفة الصيانة وانقطاع الاتصالات حسب ما ورد في تسعيرة الشركة العامة للبريد والاتصالات اللاسلكية. الجدول رقم (6) يبين تكلفة انقطاع الاتصالات ، بينما يبين الجدول (7) تكلفة التشغيل للمحطات العاملة على الخطين المذكورين سلفا، ويبين الشكل (1) و (2) التكلفة الإجمالية .

من الشكلين السابقين تتضح التكلفة العالية الناتجة عن استخدام محركات الديزل في محطات الإعادة بالمقارنة مع المحطات التي تعمل بالخلايا الشمسية , ويتضح أن تكلفة التشغيل وانقطاع الاتصالات التي تسببت فيها المحطات التي تعمل بمحركات الديزل خلال أقل من سنتين تضاهي تكلفة تغيير 20 محطة للعمل بالطاقة الشمسية .

ويمكن تلخيص الخبرة المكتسبة من استخدام منظومات الخلايا الشمسية على النحو التالي :

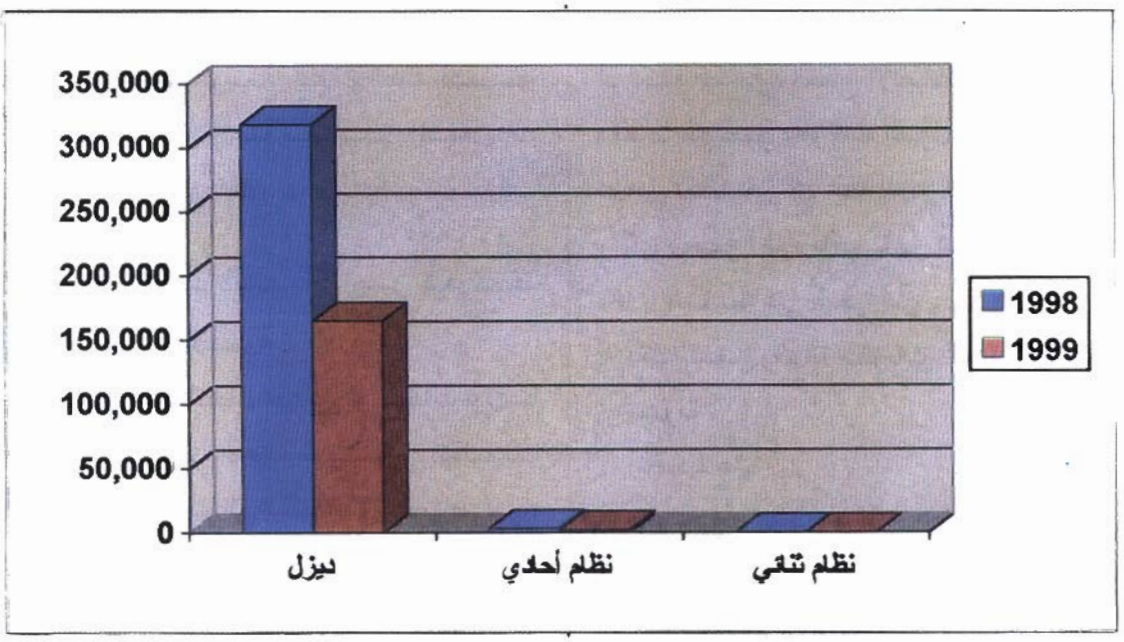
1. تكلفة تشغيل وصيانة منظومات الخلايا الشمسية زهيدة أو معدومة .
2. اعتمادية عالية .
3. عدم حدوث انقطاع في الاتصالات يمكن أن يذكر .
4. عدم القيام بالزيارات المتكررة بغرض الصيانة أو المراقبة.
5. تكلفة صيانة زهيدة أو معدومة .
6. قلة تعرض منظومات الخلايا الشمسية للتخريب والسرقات بالمقارنة مع الديزل.

جدول(6) تكلفة انقطاع الاتصالات

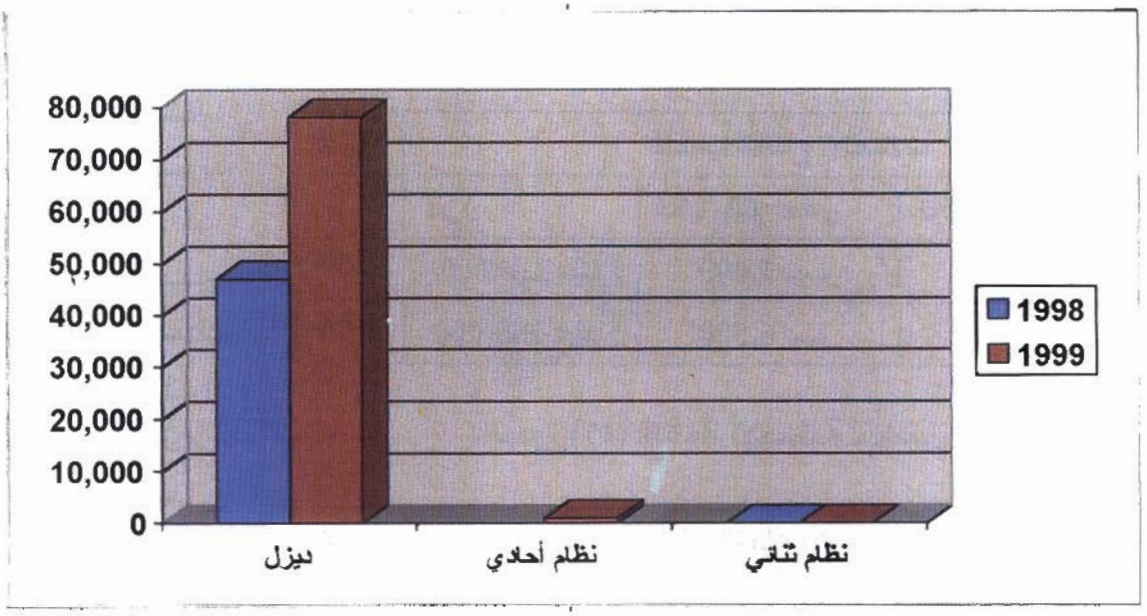
السنة	تكاليف انقطاع الاتصالات		
	ديزل	خلايا نظام أحادي	خلايا نظام ثنائي
1998	318,000 دينار	3,000 دينار	–
1999	165,000 دينار	6,500 دينار	–

جدول(7) التكلفة الإجمالية للتشغيل

السنة	تكاليف انقطاع الاتصالات		
	ديزل	خلايا نظام أحادي	خلايا نظام ثنائي
1998	47,099 دينار	1,000 دينار	–
1999	78,522 دينار	–	–



شكل رقم (1) تكلفة انقطاع الاتصالات بين محطات الديزل والخلايا الشمسية (دينار)



شكل رقم (2) تكلفة التشغيل بين محطات الديزل والخلايا الشمسية (دينار)

المزايا السالف ذكرها شجعت الشركة العامة للبريد والاتصالات السلكية واللاسلكية للتخطيط لاستخدام منظومات الخلايا الشمسية كمصدر للطاقة في محطات الإعادة اللاسلكية بدلا من محركات الديزل ، وقد وضعت الشركة خطة بتغيير جميع محركات الديزل التي تستخدم كمصدر أساسي للطاقة في محطات الإعادة اللاسلكية إلى منظومات الخلايا الشمسية [2] ، [4] ، [5] ، واستخدامها كمصدر أساسي ومنفرد في جميع المحطات النائية مستقبلا .

4. النتائج والخبرة المكتسبة :

لقد استخدمت منظومات الخلايا الشمسية كمصدر أساسي ومنفرد في مجال الاتصالات اللاسلكية التي تعتبر من التطبيقات التي تتطلب مصدر مستمر واعتمادية عالية ، وقد أثبتت هذه التجربة إمكانية استخدام منظومات الخلايا الشمسية كمصدر مستمر يمكن الاعتماد عليه. كما أن تكلفة التشغيل الزهيدة تجعل من هذه المنظومات أكثر قبولا من الناحية الاقتصادية إضافة إلى الناحية الفنية واستمرارية المصدر بالمقارنة مع المحطات التي تستخدم محركات الديزل .لقد تمت مقارنة تكلفة التشغيل والصيانة وانقطاع الاتصالات التي سبق ذكرها ، وقد تضمنت هذه الدراسة مقارنة بين مصادر الطاقة المتاحة المستخدمة على خطي الاتصالات التي سبق ذكرهما .على أساس ما يلي :

1. محطات تعمل بمحركات الديزل كمصدر أساسي ووحيد.
2. استخدام الشبكة العامة مع محرك ديزل كمصدر احتياطي .
3. منظومات خلايا شمسية بنظام أحادي.
4. منظومات خلايا شمسية بنظام ثنائي.

وقد بنيت الدراسة على الافتراضات التالية :

1. مدة المقارنة سنتين (سنة 1998 1999)
2. تكلفة التشغيل لمحركات الديزل تتضمن تكلفة قطع الغيار والصيانة و تكلفة الوقود والزيوت ودوريات المتابعة .
3. مقومات التيار بالنسبة للمحطات التي تستخدم محركات الديزل .
4. تكلفة انقطاع الاتصالات على خطي الشويرف- سبها ، بواقع 10 عشرة آلاف دينار لليوم الواحد ، و أبوقرين سبها بواقع 15 خمسة عشرة ألف دينار لليوم الواحد .
5. محركات الديزل التي تم تغييرها مع تكلفة التركيب ونقل المواد إلى الموقع .

انقطعت الاتصالات بسبب منظومات الطاقة الشمسية مرتين وبلغ عدد ساعات انقطاع الاتصالات 21 ساعة خلال سنتين من التشغيل ، وقد تسبب في انقطاع الاتصالات منظومات النظام الأحادي ، وعدد ساعات الانقطاع تعادل ساعة انقطاع لكل 835 ساعة تشغيل أي 835:1 ، بينما لم تتعرض المحطات التي تستعمل النظام الثنائي إلى أي انقطاع خلال مدة التقييم . وفي المقابل فقد بلغ عدد ساعات انقطاع الاتصالات بسبب المحطات التي تستخدم محركات الديزل 1092 ساعة خلال نفس الفترة ، وهذا يعادل ساعة انقطاع لكل 17 سبع عشرة ساعة تشغيل . وعند مقارنة تكلفة التشغيل وانقطاع الاتصالات بين محطات محركات الديزل ومحطات منظومات الخلايا الشمسية فإن النسبة هي 1 :115 ، وهذا يبين الأهمية القصوى لاستخدام منظومات الخلايا الشمسية بدلا من محركات الديزل في مجال محطات الإعادة اللاسلكية . ويمكن تقريب الأمر أكثر إذا ما علمنا أن تكلفة التشغيل وانقطاع الاتصالات خلال سنتين لعدد أربع محطات

تستخدم محركات الديزل توازي تكلفة شراء عـــدد 20 منظومة خلايا شمسية .

3.الخلاصة :

هذه الورقة تعكس أهمية استخدام منظومات الخلايا الشمسية كمصدر أساسي ومنفرد في محطات الإعادة اللاسلكية بدلا من استخدام محركات الديزل على خطوط شبكة الاتصالات الليبية ، فقد أثبتت هذه المنظومات اعتماديتها العالية ومزاياها الفنية وجدواها الاقتصادية على المحطات التي تستخدم محركات الديزل ، حيث بلغت نسبة عدد ساعات انقطاع الاتصالات بسبب المحطات التي تستخدم منظومات الخلايا الشمسية إلى عدد ساعات التشغيل 1:835 ،بينما بلغ عدد ساعات انقطاع الاتصالات في المحطات التي تستخدم محركات الديزل ما يعادل ساعة انقطاع لكل 17 سبع عشرة ساعة تشغيل . وعند مقارنة تكلفة التشغيل وانقطاع الاتصالات بين محطات محركات الديزل ومحطات منظومات الخلايا الشمسية فإن النسبة هي 1 :115 ، وقد دلت هذه الدراسة على أهمية استخدام منظومات الخلايا الشمسية ذات النظام الثنائي .

المراجع

[1] Ibrahim M. Saleh Ibrahim, Prospects of using PV systems in communications. The third international Libyan Arab conference on Electrical and Electronic Engineering. Tripoli, Libya 1996.

[2] Ibrahim M. Saleh I., and others, Photovoltaic Power Supply for Microwave Repeater Stations In Libya, Second world conference and exhibition on photovoltaic solar energy conversion, Vienna Austria 1998.

[3] GPTC technical reports, 1981-1995.

[4] 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.

[5] Ibrahim M.Saleh I. Photovoltaic power supply for remote telecommunications in the developing countries, ISES seminar on rural electrification in Africa, Nairobi Nov. 2000.

الملخص

يعتبر استخدام منظومات الخلايا الشمسية في تغذية محطات الإعادة اللاسلكية أكثر تطبيقات منظومات الخلايا الشمسية اعتمادية واقتصادا . فقد استخدمت منظومات الخلايا الشمسية في العديد من البلدان كمصدر رئيسي في محطات الإعادة اللاسلكية إضافة إلى مولد ديزل كمصدر احتياطي . إلا أن منظومات الخلايا الشمسية لم تستخدم كمصدر أساسي ووحيد في تغذية محطات الإعادة اللاسلكية في العديد من الدول ، ولعل السبب في ذلك يرجع إما لقلة شدة الإشعاع الشمسي في تلك الدول أو قلة الأيام المشمسة فيها . في ليبيا استخدمت منظومات الخلايا الشمسية سنة 1998 كمصدر أساسي ووحيد في عدد 26 محطة إعادة لاسلكية ذات حجم متوسط . حيث تم تركيب منظومات بنظام أحادى أي محكم واحد ومنظومة نضائد واحدة، وأخرى بنظام ثنائي أي محكمين ومنظومتي نضائد , بحيث تكفي منظومة النضائد لتغذية المحطة لمدة خمسة أيام غائمة ، كما صممت هذه المنظومات بدون أي مصدر احتياطي . وقد أثبتت هذه المنظومات وبعد عامين من العمل اعتماديتها العالية وجدواها الاقتصادية بالمقارنة بمحطات أخرى تعمل بمحركات الديزل . في هذه الورقة تم القيام بتقييم هذه المنظومات خلال سنتين من عملها والتطرق إلى الخبرة المكتسبة من هذه المنظومات ، كما تم القيام بمقارنة ساعات انقطاع الاتصالات التي تتعرض إليها المحطات التي تعمل بمحركات الديزل بالمقارنة مع المحطات التي تعمل بالطاقة الشمسية . لقد دلت المقارنة التي أجريت بين محركات الديزل ومنظومات الخلايا الشمسية إلى قلة أو انعدام تكلفة التشغيل في محطات الطاقة الشمسية بالمقارنة مع محطات الديزل ، وانعدام انقطاع الاتصالات في الخطوط التي تعمل بالطاقة الشمسية بالمقارنة مع المحطات التي تعمل بمحركات الديزل وكذلك قلة زيارات الصيانة وعدم تعرض منظومات الطاقة الشمسية إلى التخريب بالمقارنة مع محطات محركات الديزل.