



إدارة الحمل الكهربائي الأقصى للقطاع السكنى في بغداد باستعمال الطاقة الشمسية

أفازين أنور عبود - وحسن مسلم - محمد صالح

ترجمة وتحرير مركز البيان للدراسات والتخطيط

عن المركز

مركز البيان للدراسات والتخطيط مركز مستقلٌ، غيرٌ ربحيٌّ، مقره الرئيس في بغداد. مهمته الرئيسة تقديم وجهة نظر ذات مصداقية حول قضايا السياسات العامة والخارجية التي تخصّ العراق بنحو خاصٍ ومنطقة الشرق الأوسط بنحو عام، فضلاً عن قضايا أخرى، ويسعى إلى إجراء تحليل مستقلٌ، وإيجاد حلول عملية جلية لقضايا معقدة تهمّ الحقلين السياسي والأكاديمي.

جميع الحقوق محفوظة © 2017

www.bayancecenter.org

info@bayancecenter.org

PO Box 2268 Jadiriya, Baghdad

إدارة الحمل الكهربائي الأقصى للقطاع السكني في بغداد باستعمال الطاقة الشمسية

أفازين أنور عبود - حسن مسلم - محمد صالح *

الملخص

إن استراتيجيات إدارة الحمل الكهربائي مثل خفض النزوة، وتحويل الحمل والحفاظ على الطاقة هي حلول فعالة لحفظ الكهرباء واستخدامها بنحوٍ أمثل. والخلايا الشمسية -نظام الألواح الضوئية الجهدية (PV) - هي أحد الأساليب الحديثة المستخدمة في إدارة الحمل الأقصى في نظام الطاقة الكهربائية؛ وذلك لأن نظام الألواح الضوئية الجهدية (PV) تزامن مع ساعات الحمل الأقصى خلال اليوم.

يهدف هذا البحث إلى تطبيق تقنيات إدارة استخدام الخلايا الشمسية في القطاع السكني لمحافظة بغداد، وتم محاكاة توقعات بيانات الإشعاع الشمسي والألواح الضوئية الجهدية (PV) اعتماداً على برنامج 2kWp (PV)، وقد تم في هذا البحث استعمال مولد الألواح الضوئية الجهدية (MATLAB)، وأحادي السليكون ذي كفاءة 20٪، وتم استخدام ستة ألواح ذات مساحة إجمالية تبلغ 10 m^2 لكل عينة مختارة في القطاع السكني لمحافظة بغداد، وتم توجيه الألواح الضوئية نحو الجنوب -زاوية السمت تساوي صفراءً، وكانت زاوية الميل 18° للأشهر الصيفية و 48° للأشهر الشتوية. تراوحت النتائج التي تم الحصول عليها من الاقتصاد في الطلب ما بين 17٪ في كانون الثاني، و27٪ في نيسان مقابل 20٪ لشهر حزيران. وفضلاً عن الاقتصاد في الطلب، فإن هذا البحث يوضح القدرة على تطبيق تقنية تحويل الحمل من فترات الحمل العالية لفتراتها المنخفضة، والقدرة على تخزين الفائض من الطاقة المنتجة من مولد الألواح الضوئية الجهدية في البطاريات ليتم استخدامها في وقت لاحق.

الكلمات المفتاحية: (إدارة - نظام الألواح الضوئية الجهدية (PV system) - الإشعاع الشمسي - الحمل الأقصى - توليد الكهرباء باستعمال الألواح الضوئية الجهدية (PV generation) - (Demand saving).

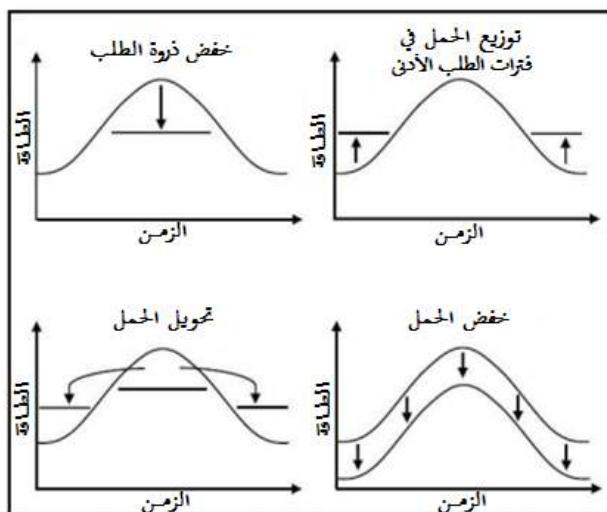
أفازين أنور عبود، وحسن مسلم، قسم الهندسة الكهربائية والهندسة الإلكترونية، الجامعة التكنولوجية، بغداد، العراق.

محمد صالح، دائرة الدراسات والتخطيط، وزارة الكهرباء، بغداد، العراق.

.1 المقدمة:

يختلف الطلب على الكهرباء من منطقة إلى أخرى، إذ يعتمد ذلك على العديد من العوامل مثل: أسعار الكهرباء، والظروف الجوية، والوقت، ونوع النشاط والموسم⁽¹⁾. يمثل الحمل الحد الأقصى للحمولة الكهربائية المستهلكة في الساعات الحرجية، ويمكن تلبيتها عن طريق توربينات الاحتراق، وموارد الطاقة المتتجددية وإدارة الأحمال⁽²⁾، وبعد الكهرباء مدخلاً أساسياً في جميع القطاعات في أي بلد؛ وبالتالي هناك حاجة إلى التركيز على وسائل تخزين الكهرباء وأفضل السبل للاستفادة منه بنحوٍ فعال، يمكن الحل الفعال للمشكلات المذكورة آنفًا في استراتيجية إدارة جانب الطلب (DSM)، التي تتمثل باقتطاب ذروة الحمل، وتحويله، والحفاظ على الطاقة كما هو مبين في الشكل (1). يتم تطبيق استراتيجية إدارة جانب الطلب (DSM) من طريق التخطيط، والتنفيذ، ورصد جميع الأنشطة الرامية إلى التأثير حول استخدام العملاء للكهرباء بطرقٍ من شأنها أن تحدث تغييرات في الحمل الكهربائي، وتمثل الفوائد الرئيسية لاستراتيجية إدارة جانب الطلب (DSM) في خفض هامش توليد الكهرباء، وتحسين شبكة النقل والتوزيع وتحسين كفاءة التشغيل.

إن العديد من الدراسات التي تم إجراؤها في الصين وغيرها من البلدان توضح أن برامج استراتيجية إدارة جانب الطلب (DSM) من الممكن أن تقلل من نسبة استخدام الطاقة الكهربائية وذروة الحمل إلى ما يقرب من (20-40%).⁽³⁾.



الشكل (1): تقنيات إدارة جانب الطلب (DSM).⁽⁴⁾

إن مصادر الطاقة من الوقود الأحفوري التقليدي مثل النفط والغاز الطبيعي والفحـم -التي تـلي معظم الطلب على الطاقة في العالم- يتم استنـافـها بـنـحـوـ سـرـيعـ، وـتـتـسـبـبـ اـحـتـرـاقـ مـنـتـجـاتـ تـلـكـ الطـاـقةـ بـمـشـكـلـاتـ عـالـمـيـةـ مـثـلـ الـاحـتـيـاسـ الـحـارـيـ وـالـتـلـوـثـ الـلـذـينـ يـشـكـلـانـ خـطـرـاـ كـبـيـراـ عـلـىـ الـبـيـئةـ؛ وـفـيـ خـاتـمـ الـمـطـافـ لـلـحـيـاةـ بـأـكـمـلـهـاـ عـلـىـ كـوـكـبـ الـأـرـضـ. إنـ الـمـوـلـدـاتـ الـكـهـرـبـائـيـ الـضـوـئـيـةـ الـتـيـ تـحـولـ الـإـشـاعـعـ الـشـمـسـيـ بـنـحـوـ مـبـاـشـرـ إـلـىـ الـكـهـرـبـاءـ هـاـعـدـيـدـ مـنـ الـمـيـزـاتـ الـمـهـمـةـ، فـهـيـ طـاـقةـ مـتـجـدـدـةـ وـلـاـ تـنـضـبـ، وـخـالـيـةـ مـنـ الـتـلـوـثـ الـبـيـئـيـ وـالـسـمـعـيـ، وـهـيـ طـاـقةـ مـجـانـيـةـ تـسـتـمـرـ مـلـدـيـ الـحـيـاةـ. يـتـزـامـنـ إـنـتـاجـ الـمـوـلـدـاتـ الـكـهـرـبـائـيـ الـضـوـئـيـةـ لـلـطـاـقةـ جـزـئـيـاـ مـعـ مـطـلـبـ ذـرـوـةـ الـكـهـرـبـاءـ فـيـ الـيـوـمـ؛ وـبـالـتـالـيـ إـنـ تـطـبـيقـاتـ تـقـنـيـةـ إـدـارـةـ جـانـبـ الـطـلـبـ (DSM)ـ فـيـ الـأـنـظـمـةـ الـكـهـرـوـضـوـئـيـةـ لـقـيـتـ اـهـتـمـاماـ كـبـيـراـ مـؤـخـراـ⁽⁵⁾.

بدأ العالم بـمـتـهـ فيـ يـوـمـنـاـ هـذـاـ باـسـتـخـادـ الـطـاـقةـ الـشـمـسـيـةـ كـمـصـدـرـ لـطـاـقةـ غـيرـ أـحـفـورـيـةـ، وـفـيـ السـنـوـاتـ الـسـتـ الـمـاضـيـةـ كـانـتـ الـطـاـقةـ الـشـمـسـيـةـ وـتـقـنـيـةـ إـدـارـةـ جـانـبـ الـطـلـبـ مـوـضـعـ اـهـتـمـامـ الـعـدـيدـ مـنـ الـبـاحـثـيـنـ، وـمـنـ هـؤـلـاءـ الـبـاحـثـيـنـ: (S. J. Lewis)⁽⁶⁾ الـذـيـ قـامـ بـعـرـضـ تـأـثـيرـ الـأـنـظـمـةـ الـكـهـرـوـضـوـئـيـةـ عـلـىـ الـشـبـكـةـ وـطـرـقـ التـقـلـيـلـ مـنـ الـأـثـارـ السـلـبـيـةـ، وـكـانـتـ اـسـتـرـاتـيـجـيـاتـ إـلـادـارـةـ الـتـيـ اـقـرـحـهـاـ Lewisـ تـتـمـثـلـ بـيـرـنـامـجـ الرـصـدـ وـبـرـنـامـجـ حـفـظـ الـطـاـقةـ.

A. Batman, et al. الذين أجرـوا درـاسـةـ لـتـحـدـيدـ إـمـكـانـيـةـ تـولـيدـ الـطـاـقةـ الـشـمـسـيـةـ وـتـأـثـيرـهـاـ عـلـىـ ذـرـوـةـ الـطـلـبـ فـيـ أـسـطـنـبـولـ بـتـرـكـياـ، وـقـامـوـاـ بـقـيـاسـ الـبـيـانـاتـ باـسـتـعـالـ الـمـؤـشـرـاتـ الـتـقـنـيـةـ وـالـتـجـارـيـةـ لـإـجـرـاءـ الـعـمـلـيـاتـ الـحـسـابـيـةـ.

سلام وآخـرون⁽⁷⁾ قـامـ هـؤـلـاءـ بـتـحـلـيلـ النـظـامـ الـكـهـرـوـضـوـئـيـ لـيـتـمـ اـسـتـعـالـهـ فـيـ الـحـمـلـ الـكـهـرـبـائـيـ لـلـإـنـارـةـ، وـقـدـ تـمـ اـسـتـعـالـ أـمـوـذـجـ مـحـاكـاةـ مـحـسـنـ عـنـ طـرـيقـ بـرـامـجـ الـطـاـقةـ الـمـتـجـدـدـةـ هـوـمـرـ (HOMER).

المـطـيـريـ⁽⁸⁾ قـامـ باـسـتـخـادـ الـطـاـقةـ الـشـمـسـيـةـ لـتـقـلـيـصـ ذـرـوـةـ الـحـمـلـ الـكـهـرـبـائـيـ فـضـلـاـ عـنـ درـاسـةـ إـمـكـانـيـةـ اـسـتـعـالـ نـظـامـ الـطـاـقةـ الـشـمـسـيـةـ الـمـتـصـلـةـ بـالـشـبـكـةـ لـتـولـيدـ الـكـهـرـبـاءـ فـيـ إـحـدـيـ الـوـزـارـاتـ الـكـوـيـتـيـةـ، إـذـ تـمـ اـسـتـخـادـ بـرـنـامـجـ نـظـامـ الـأـلـوـاحـ الـضـوـئـيـةـ الـجـهـدـيـةـ لـلـعـثـورـ عـلـىـ تـصـمـيمـ الـأـمـلـلـ بـلـجـمـوـعـةـ مـنـ الـأـحـمـالـ الـكـهـرـبـائـيـةـ الـمـتـصـلـةـ؛ وـبـنـاءـ عـلـىـ نـتـائـجـ الـدـرـاسـةـ، فـإـنـ تـطـوـرـ نـظـامـ شـبـكـةـ الـأـلـوـاحـ الـضـوـئـيـةـ قـدـ يـكـونـ مـجـدـيـاـ اـقـتصـادـيـاـ.

عبـاسـ وـآخـرونـ⁽⁹⁾ طـوـرـ هـؤـلـاءـ مـنـهـجـاـ مـعـيـناـ لـيـسـتـنـدـواـ إـلـيـهـ فـيـ تـصـمـيمـ أـمـوـذـجـ هـجـينـ أـمـثـلـ يـجـمـعـ بـيـنـ الـطـاـقةـ الـكـهـرـبـائـيـةـ الـمـوـلـدـةـ مـنـ الـرـيـاحـ، وـالـأـلـوـاحـ الـضـوـئـيـةـ (wind/PV)، إـذـ اـسـتـخـدـمـوـاـ الـخـوارـزمـيـةـ الـمـبـاـشـرـةـ لـتـحـقـيقـ الـحـدـ الـأـدـنـ لـتـكـالـيـفـ إـنـتـاجـ الـطـاـقةـ لـتـلـيـةـ الـطـلـبـ عـلـيـهـ.

فـيـ هـذـاـ الـبـحـثـ، تـمـ تـطـبـيقـ تـقـنـيـاتـ إـدـارـةـ جـانـبـ الـطـلـبـ (DSM)ـ -ـكـتـقـلـيـصـ ذـرـوـةـ الـحـمـلـ الـكـهـرـبـائـيـ وـتـحـوـيلـ الـحـمـلـ-ـ باـسـتـخـادـ نـظـامـ الـأـلـوـاحـ الـضـوـئـيـةـ الـجـهـدـيـةـ.

2. الأنموذج الرياضي للإشعاع الشمسي وتصميم نظام الألواح الضوئية الخهدية:

الإشعاع الشمسي: هو معدل الأشعة الشمسية الساقطة على السطح لكل وحدة مساحة سطحية⁽¹⁰⁾، وبإهمال عنصر التأمل، فإن الإشعاع الشمسي -في سماء صافية- على سطح أفقي في الساعة Rh (W/m²) يتم حسابه كالتالي⁽¹¹⁾:

$$R_h = R_a 0.7^m^{0.578} \quad (1)$$

حيث m هي الكتلة الهوائية التي يتم حسابها من طريق:

$$m = \sqrt{[1229 + (614 \cos \theta_z)^2]} - 614 \cos \theta_z \quad (2)$$

و R_a هو الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي ويتم حسابه من طريق:

$$R_a = R_s [1 + 0.033 \cos \frac{2\pi J}{365}] \cos \theta_z \quad (3)$$

حيث R_s هو الثابت الشمسي ويساوي 1.367 kJ/m².s، و J هو عدد الأيام (يبدأ من 1 كانون الثاني)، و θ_z هي زاوية السقوط على سطح أفقي (زاوية السمت) ويتم حسابها من خلال:

$$\cos \theta_z = (\cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta) \quad (4)$$

حيث ϕ هو خط العرض الجغرافي، و δ هي زاوية الانحراف الشمسي التي يتم حسابها من طريق:

$$\delta = 23.5 \sin \left[\frac{360}{365} (J + 284) \right] \quad (5)$$

و W هي الزاوية الساعية ويتم حسابها من خلال:

$$W = 15(12 - ST) \quad (6)$$

ويمثل ST الوقت الشمسي المحلي الذي يتم حسابه من الوقت القياسي المحلي LT ومعادلة الوقت ET على النحو الآتي:

$$ST = LT + \frac{ET}{60} + \frac{4}{60}(L_s - L_L) \quad (7)$$

حيث يمثل L_s خط الطول القياسي للزمن المحلي للمنطقة، بينما يمثل L_L خط طول الموقع بالدرجات، و ET هي معادلة الزمن:

$$ET = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B \quad (8)$$

حيث:

$$B = \frac{360(J - 81)}{365} \quad (9)$$

والآن بإمكاننا حساب الإشعاع الشمسي على سطح مائل (R_T) على النحو الآتي:

$$R_T = R_h \times \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (10)$$

حيث إن $(\cos \theta / \cos \theta_z)$ هي نسبة العامل الهندسي (R_b)، و θ هي السقوط على سطح مائل ويتم حسابها من خلال:

$$\begin{aligned} \cos\theta = & \sin\delta\sin\phi\cos\beta - \sin\delta\cos\phi\sin\beta\cos\gamma + \cos\delta\cos\phi\cos\beta\cos\omega \\ & + \cos\delta\sin\phi\sin\beta\cos\gamma\cos\omega + \cos\delta\sin\beta\sin\gamma\sin\omega \end{aligned} \quad (11)$$

حيث إن β هي زاوية الميل، و γ هي زاوية السمت (تكون قيمتها صفرًا إذا كانت الألواح الشمسية موجهة نحو الجنوب، وتكون سالبة إذا كانت الألواح الشمسية موجهة باتجاه الشرق، و موجبة إذا كانت موجهة نحو الغرب).

يعتمد إنتاج الطاقة من المولدات الألواح الضوئية الجهدية (P_{PV}) على الإشعاع الساقط (R_T)، و مساحة السطح (S_{PVG})، وكفاءتها (η_P) ويتم حسابها كالتالي⁽¹²⁾:

$$P_{PV} = \eta_P \times R_T \times S_{PVG} \quad (12)$$

إن كفاءة مولد الألواح الضوئية الجهدية (η_P) تعتمد بالمقابل على درجة حرارة الوحدة الكهروضوئية اللازمة للتشغيل (T_M) ويمكن حسابها من خلال:

$$\eta_P = \eta_R \times [1 - \beta_P (T_M - T_R)] \quad (13)$$

حيث إن η_R هي كفاءة الوحدة عند درجة الحرارة الإسنادية (25°C)، و β_P هو معامل الكفاءة الحرارية لمواد الخلية ($^{\circ}\text{C}/\%$)، و T_R هي درجة الحرارة الإسنادية (25°C)، و T_M هي درجة حرارة التشغيل، ويتم حسابها من طريق المعادلة الآتية:

$$T_M = T_A + k \times R_T \quad (14)$$

حيث إن T_A هي درجة حرارة الهواء الخارجي، و k هو المعامل الحراري للوحدة ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$) الذي يساوي 0.02، ومن الممكن تقسيم خسائر سلسلة تحويل الطاقة إلى: خسائر في الأسلام، و خسائر في العاكس الكهربائي، و خسائر في الغبار؛ و بناءً عليه، فإن الطاقة المتبقية الصادرة من العاكس الكهربائي (P_{AC}) يتم حسابه:

$$P_{AC} = P_{PV} - (\%Losses \times P_{PV}) \quad (15)$$

3. البيانات المدخلة:

يإمكاننا توضيح البيانات المدخلة وافتراضات الأنموذج الرياضي لدراسة حالة (مدينة بغداد) على النحو الآتي:

1. خط العرض الجغرافي لبغداد $(\phi) = 33.33^\circ$

2. خط الطول في بغداد $(L_L) = 44.11^\circ$

3. خط الطول القياسي خط الطول في بغداد $(L_S) = 45^\circ$

4. التوقيت المحلي القياسي: ساعة $(L_T) = 1-24$

5. رقم اليوم: (أيام) $(J) = 1-365$

6. ثابت الطاقة الشمسية $(R_{SC}) = 1.367$

7. زاوية السمت $(\gamma) = 0^\circ$

8. وحدة المعامل الحراري: $(k) = 0.02$

9. درجة الحرارة المرجعية: $(T_R) = 25$

10. خسائر النظام $(Losses) = 20\%$

11. درجة حرارة الهواء الخارجي (T_A) هو الحد الأقصى لمتوسط درجة حرارة الهواء خلال النهار لكل شهر كما هو موضح في الجدول رقم (1)⁽¹⁴⁾.

12. معايير ومواصفات تصميم الألواح الشمسية المستخدمة لهذا العمل موضحة في الجدول رقم (2).

4. إجراءات المحاكاة:

في هذا العمل، يتم استخدام برنامج MATLAB لتقدير الإشعاع الشمسي ساعة والشهري على

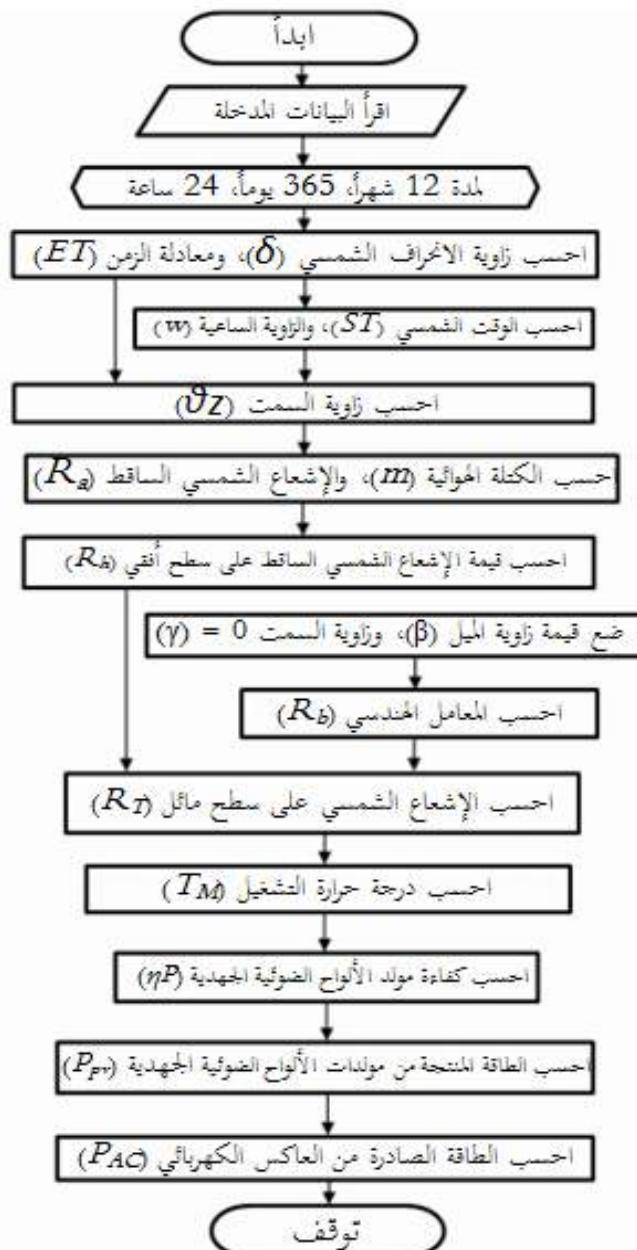
أسطح مائلة في محافظة بغداد، ثم يتم احتساب الجيل الكهروضوئية لنظام 2kWp PV للقطاع السكني، وكما هو مبين في المخطط الانسيابي للنظام المقترن في الشكل (2).

الجدول (1): متوسط درجات الحرارة الموسمية في محافظة بغداد⁽¹³⁾

كانون الأول	تشرين الثاني	تشرين الأول	أيلول	آب	تموز	حزيران	آيار	نيسان	آذار	شباط	كانون الثاني	الشهر
4.09	9.83	15.87	20.55	24.24	25.2	23.15	19.88	14.75	9.39	5.58	4.09	TA(min) (oC)
15.71	24.2	33.23	39.97	43.36	43.63	41.06	36.1	29.29	22.79	18.6	15.7	TA(max) (oC)
9.9	17.0	24.5	30.2	33.8	34.4	32.1	28	22.0	16.1	12.1	9.9	TA(mean) (oC)

الجدول (2): معايير ومواصفات تصميم الألواح الضوئية الجهدية.

المعايير	القيمة
حجم النظام	$\text{kWp} 2$
الطاقة المبدئية لللوحة الشمسية	$W 327$
مساحة اللوحة الشمسية	1.6 m^2
كفاءة اللوحة الشمسية (ηR)	20%
عدد الألواح الشمسية	6
مساحة النظام ($SPVG$)	10 m^2
خسائر النظام	20%
معامل الحرارة (βP)	$C^\circ / -0.38\%$
نوع الخلية	بلورة أحادية (Monocrystalline)
حرارة التشغيل	$C \text{ to } +85^\circ C^\circ -40$



الشكل (2): مخطط لتقدير الإشعاع الشمسي والطاقة الناتجة من مولدات الألواح الضوئية الجهدية

5. النتائج:

كانت الخطوة الأولى من هذا العمل هو تحديد زاوية الميل المثلثي للألواح الشمسية؛ لأن ذلك سيؤثر على كمية الطاقة الكهروضوئية التي تنتج من الموضع التي تم إنشاء الخلايا الشمسية فيها؛ ولذلك قد تم الحصول على زاوية الميل المثلثي من خلال تغيير ميل اللوح من 0-90 درجة، ويوضح الجدول (3) الأشعة الشمسية السنوية وزوايا الميل المختلفة، ومن الواضح أن الحد الأقصى للإشعاع الشمسي قد تحقق حينما كانت زاوية الميل بين 30° و 35°، ويدل ذلك على أن زاوية الميل المثلثي في خط عرض مدينة بغداد هي (33.33°) تقريرياً.

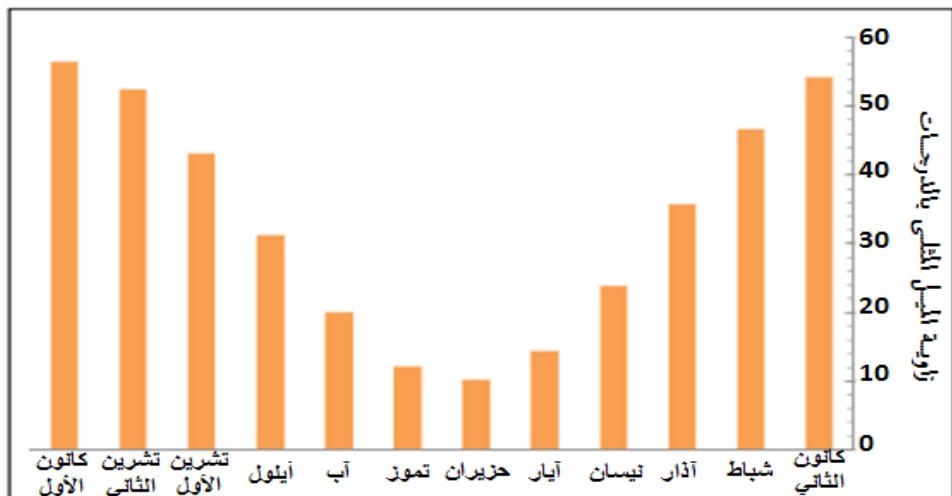
الجدول (3): الإشعاع الشمسي السنوي وزوايا الميل المختلفة

زاوية الميل	متوسط الإشعاع السنوي (kWh/m ² /day)
90°	2.8
60°	5.1
50°	5.6
40°	5.9
35°	6.04
30°	6.08
20°	6
10°	5.7
0°	5.3

يتم الحصول على زاوية الميل المثلثي الشهيرية ($\beta_{optimal}$) كما في المعادلة (16)⁽¹⁴⁾، وبناءً على ذلك، يتم الحصول على زوايا الميل المثلثي لـكل شهر كما هو مبين في الشكل (3).

$$\beta_{optimal} = \phi - \delta \quad (16)$$

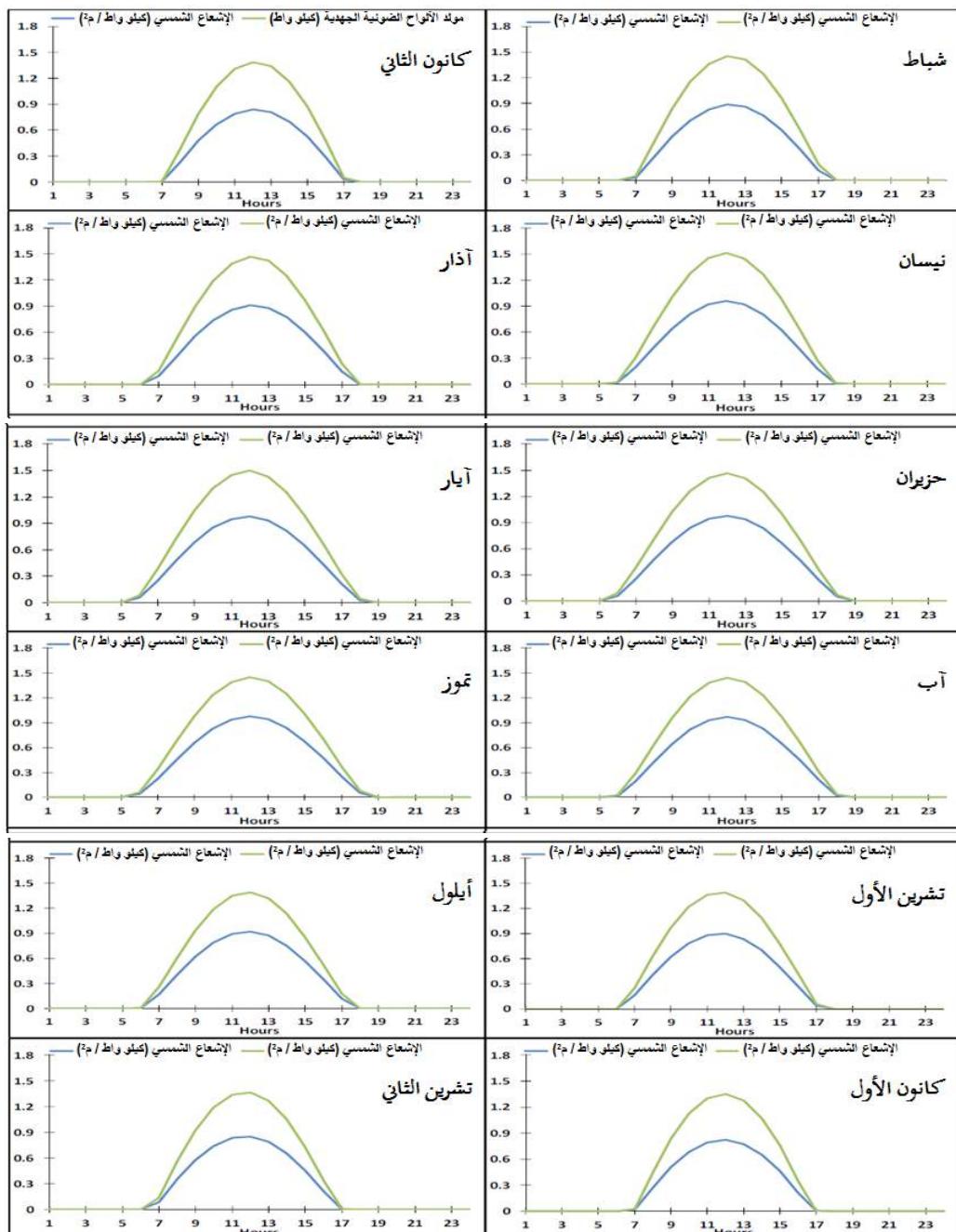
من الصعب تغيير زاوية الميل شهرياً؛ لذلك تم اقتراح زاوية ميل مثلثي لـكل موسم كما هو موضح في الجدول رقم (4). وقد اعتمدنا في هذا العمل على زاوية ميل 18° لأشهر الصيف و 48° لأشهر الشتاء، ويبين الشكل (4) الإشعاع الشمسي الساعي على اللوحات الشمسية ذات الميل الأفضل لـكل شهر ومعدل إنتاج مولدات الألواح الضوئية الجهدية (PV).



الشكل (3): زاوية الميل الشهيرية المثلثي لمحافظة بغداد

الجدول (4): زوايا الميل الشهيرية والموسمية المثلثي.

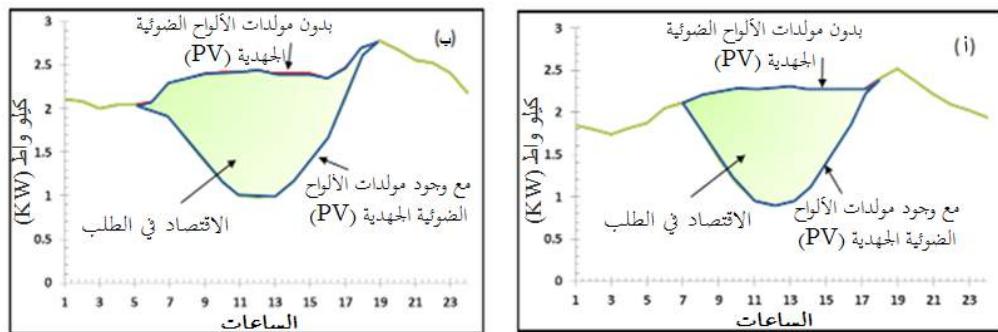
الأشهر الشتوية	الأشهر الصيفية	الشهر
زاوية الميل المثلثي	زاوية الميل المثلثي	زاوية الميل المثلثي
تشرين الأول	تشرين الأول	نisan
تشرين الثاني	14°	آيار
كانون الأول	10°	حزيران
كانون الثاني	12°	تموز
شباط	20°	آب
آذار	31°	أيلول
المتوسط	18°	المتوسط



الشكل (4): متوسط الإشعاع الشمسي الساعي والطاقة الشهرية الناتجة من مولدات الألواح الضوئية المجهدة (PV).

يتضح من الشكل السابق أن إنتاج الطاقة من أنظمة مولدات الألواح الضوئية الجهدية مختلف على مدار اليوم والموسم؛ ويرجع هذا الاختلاف إلى زاوية الشمس خلال النهار وتأثير الظروف الجوية.

إن حجم الحمل يوضح العلاقة بين الحمل الكهربائي والوقت⁽¹⁵⁾، ويوضح الشكل 5 تأثير مولدات الألواح الضوئية الجهدية على مقدار الطلب على الكهرباء في المناطق السكنية للعينات المختارة في مدينة بغداد لمدة شهرين مختلفين (شهر صيفي وشهر شتوي)، إذ تمثل المنطقة ذات اللون الأخضر في الشكل حجم تراجع الطلب على الكهرباء عند استعمال أنظمة مولدات الألواح الضوئية الجهدية. وتم جمع بيانات الطلب على الكهرباء من وزارة الكهرباء العراقية/ مركز التحكم الوطني. ويبين الجدول (5) مقدار الطلب على الطاقة السنوية واليومية من كل شهر لكل مستهلك.



الشكل (5): تأثير توليد الطاقة الشمسية في ذروة الطلب على: (أ) كانون الثاني (ب) حزيران.

الجدول (5): الاستهلاك اليومي مع الاقتصاد في الطلب من كل شهر

الشهر	الحمل الكهربائي السابق (kWh/day)	الحمل الكهربائي الجديد (kWh/day)	الاقتصاد في الطلب
كانون الثاني	51	42	% 17
شباط	50	41	% 19
آذار	37	27	% 27
نيسان	40	29	% 27
آيار	54	43	% 21
حزيران	57	45	% 20
تموز	61	50	% 18
آب	65	54	% 16
أيلول	59	50	% 16
تشرين الأول	50	40	% 19
تشرين الثاني	40	31	% 22
كانون الأول	49	41	% 17
سنويًّا	51	41	% 20

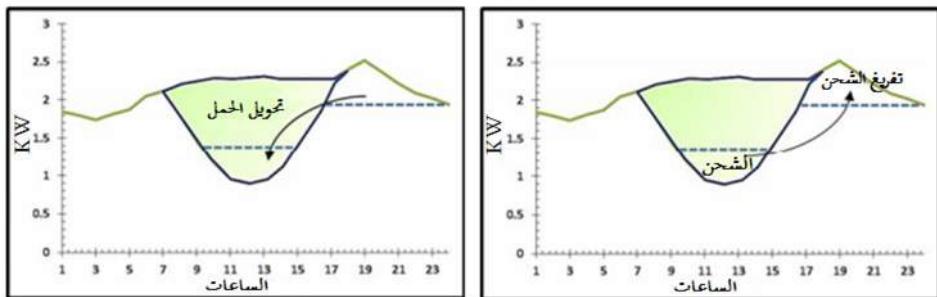
من الجدول السابق، نلاحظ النقاط الآتية: أولاًً: إن الحد الأقصى في الاقتصاد بالطلب هو في شهر آذار ونيسان بسبب انخفاض الطلب على الكهرباء.

ثانياً: إن توفير الطلب في الأشهر الصيفية (مثل كانون الثاني) يعادل تقريباً توفير الطلب في الأشهر الصيفية (مثل حزيران)؛ ويرجع ذلك إلى انخفاض إنتاجية مولدات الألواح الضوئية الجهدية خلال فصل الشتاء مع انخفاض الطلب على الكهرباء، ومن ناحية أخرى، يرتفع توليد الطاقة الشمسية في الأشهر الصيفية مع زيادة الطلب على الكهرباء في وقت لاحق، والنسبة المئوية لتوفير الطلب لا يزال تتقارب من بعضها بعضاً.

يوضح هذا البحث عملية تطبيق استراتيجيات إدارة جانب الطلب باستعمال مولدات الألواح الضوئية

المجهدية (PV)، وقد تم تطبيق الاستراتيجيات الآتية:

1. تقنية خفض الحمل الكهربائي، وذلك بخفض الحمل الكهربائي خلال النهار بعد عمل مولد الألواح الضوئية المجهدية، تكمن المشكلة في أن المولد لا يؤثر على الحمل الكهربائي في فترة المساء؛ ونتيجة لذلك، نحن بحاجة إلى طريقة بديلة يتم فيها تخزين الطاقة الشمسية، ومن ثم استعمالها كما هو مبين في الشكل (6)، وإن الجهاز الوحيد الذي لديه القدرة على القيام بذلك هي البطارية.
2. تقنية تحويل الحمل الكهربائي، وذلك لوجود طاقة فائضة تنتج من مولدات الألواح الضوئية المجهدية PV خلال النهار؛ وتتيح هذه التقنية للمستهلك بتحويل الأحمال الكهربائية من فترات الذروة كما هو مبين في الشكل (7)، وتسمى هذه الطريقة إدارة جانب الطلب النشط، وتمكن هذه الاستراتيجية بأن يحد المستهلك من حجم البطارية من طريق تحويل الأحمال؛ وبالتالي يقلل من التكلفة.



الشكل (7): مبدأ عملية تحويل الحمل

الشكل (6): مبدأ عملية التخزين

6. الاستنتاج:

في هذا البحث، تم اقتراح نظام الألواح الضوئية المجهدية بقدرة (2kWp) لكل عينة مختارة في منطقة سكنية في محافظة بغداد لسد الحمل الكهربائي جزئياً ولتطبيق استراتيجيات خفض الحمل الكهربائي وتحويل، وتم اقتراح أن تكون درجة ميل الألواح الشمسية المثلثي هي 18° في الصيف، و48° في الشتاء، وكانت نسبة انخفاض الطلب على الكهرباء 20% سنوياً لكل مستهلك.

إن المدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تطبيق إدارة جانب الطلب باستخدام مولد الألواح الضوئية المجهدي؛ لذا من الممكن أن يتم تطوير هذا العمل مستقبلاً؛ ليكون نقطة انطلاق لأعمال مستقبلية مثل إدارة الطاقة لتحديد الحمل الكهربائي القائم على تصميم نظام للبطارية مع طريقة للتحكم بإدارة الطاقة المخزنة في البطاريات المشحونة.

الباحثون:



أفانين أنور عبود: حاصلة على شهادة البكالوريوس في الهندسة الكهربائية من كلية الهندسة / جامعة بغداد عام 1990 ، وحصلت على شهادتي الماجستير والدكتوراه في هندسة الطاقة الكهربائية من الجامعة التكنولوجية في عامي 1998 و 2005 على التوالي ، وعملت الباحثة منذ عام 1991 إلى 1993 كمحاضرة في معهد التكنولوجيا في بغداد ، ومنذ عام 1993 إلى 1998 عملت كمدربة في معهد التدريب التابع للجامعة التكنولوجية في بغداد ، ورئيسة لوحدة الكهرباء ، ورئيسة قسم التسجيل في الجامعة ، ومنذ العام 1998 إلى الآن ، أصبحت الباحثة عضوةً في الهيئة التدريسية في قسم الهندسة الكهربائية في الجامعة التكنولوجية ، وتشمل اهتماماتها البحثية الحالية تشغيل نظام الطاقة ، والطاقة المتعددة ، والشبكة الذكية ، وقد نشرت أكثر من 20 ورقة بحثية في مجالات ومؤتمرات دولية ، وأشرفت على أكثر من 15 طالبًا في الماجستير والدكتوراه . تلقت الدكتورة أفانين درع البحث العلمي لعام 2010 من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، وفي الأعوام 2012، 2014، 2015 تلقت الباحثة درع البحث العلمي من الجامعة التكنولوجية ، وحصلت الدكتورة أفانين على عضوية في نقابة المهندسين العراقيين منذ عام 1991 وهي عضوة في اتحاد التدريس العراقي منذ عام 1993 . عنوان البريد الإلكتروني:

afaneenalkhazragy@yahoo.com



محمد صالح: حاصل على شهادة الدكتوراه في الفيزياء من كلية العلوم / جامعة النهرين في بغداد- العراق، وحصل على شهادتي البكالوريوس والماجستير من كلية العلوم / جامعة بغداد. وقام الباحث بنشر أكثر من 20 بحثاً في مجلات ومؤتمرات عالمية، وأشرف على أكثر من 40 طالب ماجستير ودكتوراه. تشمل اهتمامات الدكتور محمد على الفيزياء، وأنظمة الطاقة، والشبكة الذكية، والطاقة المتتجدة. يترأس حالياً قسم الدراسات الاقتصادية في مديرية الدراسات والتخطيط في وزارة الكهرباء، بغداد- العراق. عنوان البريد الإلكتروني:

dr_masalih_abutaeb@yahoo.com



حسن مسلم: طالب ماجستير في مرحلة البحث في قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية في الجامعة التكنولوجية، بغداد- العراق، حصل على شهادة بكالوريوس عام 2013 في قسم الهندسة الكهربائية/ كلية الهندسة في جامعة الكوفة، النجف- العراق، وعمل مهندس صيانة في مصنع بيسبي الكوفة، ومحاضراً في قسم هندسة التبريد والتكييف في جامعة العلوم الإسلامية. تشمل اهتمامات طالب الدراسات العليا حسن على أنظمة الطاقة الكهربائية، والآلات الكهربائية، وإدارة الطاقة، والشبكة الذكية، والطاقة الشمسية، وأنظمة اللوحات الضوئية الجهدية وتخزين الطاقة. عنوان البريد الإلكتروني:

hassan.shareef@91.gmail.com

المراجع:

- (1) Alp Batman, F. Gul Bagriyanik, Z. Elif Aygen, Ömer Güll, Mustafa Bagriyanik. «A Feasibility Study of Grid-Connected Photovoltaic Systems in Istanbul, Turkey». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , Vol. 16, Issue 8, pp. 5678–5686, October, 2012.
- (2) O. Liik, M. Valdma, M. Keel, H. Tammoja. “Optimization of Electricity Production Capacity under Uncertainty”. International Energy Workshop, IEA, 2004.
- (3) Parveen Dabur, Gurdeepinder Singh, Naresh Kumar Yadav. “Electricity Demand Side Management: Various Concept and Prospects”. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, Vol. 1, Issue 1, April, 2012.
- (4) Ioannis Lampropoulos, Wil L. Kling, Paulo F. Ribeiro, Jan van den Berg. “History of Demand Side Management and Classification of Demand Response Control Schemes”. IEEE, 2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting, pp. 1–5, July, 2013.
- (5) K.Muruga Perumal , Dr.Ch Saibabu, GRKD Satya Prasad. “Performance Optimization of a Rooftop Hybridized Solar PV-AC Grid Assisted Power System for Peak Load Management”. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, Vol. 2, Issue 3, pp.2196– 2201, June, 2012.
- (6) S.J. Lewis. “Analysis and Management of the Impacts of a High Penetration of Photovoltaic Systems in an Electricity Distribution Network”, IEEE, Innovative Smart Grid Technologies Asia (ISGT), 2011 IEEE PES, pp. 1–7, November, 2011.
- (7) Majid Alabdul Salam, Ahmed Aziz, Ali H A Alwaeli, Hussein A Kazem. “Optimal Sizing of Photovoltaic Systems Using HOMER for Sohar, Oman”, *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol. 3, Issue 2, pp. 301–307, 2013.

- (8) Yousef B. Almutairi. "Peak Shaving Using Grid-Connected Solar Panels Case Study: Ministry of Islamic Affairs Mosque", International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 4, Issue 8, pp.158-166, August, 2014.
- (9) Abbas Hafiz Abbas, Abdul Baqi Khalaf Ali, Mustafa Jawad Kadhim. "Estimating the Optimal Design of a Hybrid Renewable Energy System in Basrah City", International Journal of Science and Research (IJSR), Vol. 5, Issue 4, pp. 14-19, April, 2016.
- (10) John A. Duffie, William A. Beckman. "Solar Engineering of Thermal Processes". John Wiley & Sons, Inc., 4th Edition, 2013.
- (11) Kais J. Al-Jumaily, Munya F. Al-Zuhairi, Zahraa S. Mahdi. "Estimation of Clear Sky Hourly Global Solar Radiation in Iraq". International Journal of Energy and Environment (IJEE), Vol. 3, Issue 5, pp.659-666, 2012.
- (12) G. Velasco, R. Piqué, F. Guinjoan, F. Casellas, J. de la Hoz. "Power Sizing Factor Design of Central Inverter PV Grid-Connected Systems: a Simulation Approach". IEEE, 14th International Power Electronics and Motion Control Conference, EPE-PEMC 2010, pp. S9-32-S9-36, September, 2010.
- (13) Dheyaa A. Bilal, Kais J. Al-Jumaily, Enas A.Habbib. "Air Temperature in Trends in Baghdad, Iraq for Period 1941-2000". International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP), Vol. 3, Issue 9, pp. 1-5 , September, 2013.
- (14) Akram Abdulameer Abood. "A Comprehensive Solar Angles Simulation and Calculation using Matlab". International Journal of Energy and Environment (IJEE), Vol. 6, Issue 4, pp.367-376, 2015.
- (15) B.L. Theraja, A.K. Theraja. "Electrical Technology". S. Chand & Company Ltd., 1st Multicolor Edition, 2005.