

دراسة جدوى وتحسين الأداء لنظام طاقة شمسية كهروضوئية  
متصل بالشبكة ومغذي للأحمال السكنية في جدة

إعداد:

عامر عبد المطلب إمام إدريس

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في العلوم

(الهندسة الكهربائية وهندسة الحاسبات / هندسة القوى والآلات الكهربائية)

إشراف: أ. د. يوسف بن عبد العزيز التركي

المشرف المساعد: أ. د. سريراما كومار رامداس

كلية الهندسة

جدة - جامعة الملك عبدالعزيز

ربيع الثاني ١٤٤١ هـ - ديسمبر ٢٠١٩ م

## المستخلص

يتزايد استهلاك الطاقة الكهربائية بشكل كبير في جميع أنحاء العالم. يعتبر القطاع السكني في المملكة العربية السعودية مسؤولاً عن أعلى نسبة من الطلب على الطاقة الكهربائية حيث تبلغ نسبته ٤٨,١٪ من إجمالي استهلاك الكهرباء. هذه النسبة في زيادة خطية سنوية بسبب تغيير نمط الحياة للأفراد واتجاهاتهم نحو الرفاهية ، وكذلك الزيادة في عدد العملاء من القطاع السكني بسبب النمو السكاني. ومع ذلك ، كمحاولة لترشيد استهلاك الطاقة وتشجيع الاعتماد على مصادر الطاقة البديلة ، أصدرت الهيئة السعودية للكهرباء لوائح جديدة تهدف إلى تعزيز ربط أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية صغيرة النطاق ، المملوكة للعملاء العاديين ، بنظام التوزيع. وبهذا المعنى ، ولذلك فإن دراسة الجدوى التقنية الاقتصادية للاستثمار في الطاقة الشمسية تعتبر عملية مهم لإنشاء قاعدة معرفية فيما يتعلق بمدى قابلية استخدام أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية المتصلة بالشبكة ، وبالتالي تركيز هذه الأطروحة على التحليل التقني والاقتصادي لنظام الطاقة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة لقياس الخيارات التقنية والجدوى المالية لتكريب واستخدام أنظمة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة في جدة. تحلل الدراسة التكلفة المستوية للكهرباء (LCOE) للنظام خلال عمر المشروع ومقارنة تكلفة الطاقة بتعرفة الشركة السعودية للكهرباء ، وكذلك دراسة المؤشرات الفنية والاقتصادية الهامة التي وضعتها الوكالة الدولية للطاقة (IEA). تم تحديد الخصائص التقنية لمصفوفة الألواح الكهروضوئية ، كمية إنتاج الكهرباء ، الاستثمار ، تكاليف التشغيل و فترة إسترداد رأس المال لنظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية. تم استخدام برنامج Advisor Model (SAM) System لإنشاء النموذج المالي وتقييم الأداء الفني لتسهيل اتخاذ القرارات المتعلقة بتنفيذ نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية. أخذت البيانات المناخية التي تم استخدامها في هذه الدراسة من قاعدة بيانات مركز البحوث التابع للمفوضية الأوروبية على شبكة الإنترنت. تمت مناقشة تحليل الحساسية الذي يبحث في تأثير التغيير في العوامل الفنية و الاقتصادية على أداء النظام وجدواه الاقتصادية. علاوة على ذلك ، تم اقتراح منهجية لتقليل اثار التيارات التوافقية على جودة الطاقة الكهربائية في الشبكة. تم تصميم مرشح القدرة النشط الذي يُتحكم فيه عن طريق متحكم تناسبي-تكاملي استناداً إلى نظرية القدرة التفاعلية الحظية. أظهرت النتائج الإجمالية أن مدينة جدة تمتلك إمكانات هائلة لاستخدام أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية لتكون بديلاً تنافسياً واعداً لتوليد الطاقة الكهربائية القائمة على الوقود الأحفوري. كشفت النتائج المتعلقة بتخفيف اثار التيارات التوافقية على قدرة الفلتر المقترح على الحفاظ على التيارات التوافقية ضمن معايير IEEE.

# **Feasibility Study and Performance Enhancement of a Grid-connected Solar PV System Feeding Residential Loads in Jeddah**

**By:**

**Amir Abdelmutalab Imam Idris**

**A thesis submitted for the requirements of the degree of Master of Science**

**[Electrical and Computer Engineering / Power and Machines]**

**Supervised by:**

**Prof. Yusuf A. Al-Turki**

**Co-supervisor:**

**Prof. Sreerama Kumar R.**

**Faculty of Engineering  
King Abdulaziz University - Jeddah  
Rabi al-Thani 1441 H - December 2019 G**

## **Abstract**

Electrical power consumption is dramatically increasing all over the world. In Saudi Arabia, domestic sector is responsible for the highest percentage of electrical power demand with a figure of 48.1% of the total electricity consumption. This percentage is in annual linear increase due to the change of lifestyle for individuals and their trends towards welfare, as well as the increase in number of customers from the residential sector due to the population growth. However, as an attempt to rationalize energy consumption and encourage reliance on alternative energy sources, the Saudi Electricity Authority has introduced new regulations aiming to promote the connection of small-scale solar PV systems, owned by regular customers, to the distribution system. In this sense, the techno-economic feasibility of investing in solar energy is important to establish a base knowledge regarding the viability of residential grid-connected photovoltaics (GCPV) systems utilization. Hence, this thesis focuses on the techno-economic analysis of a grid-connected PV system to measure the technical options and financial viability of installation and utilization of grid-connected PV systems in Jeddah. The study analyzes the levelized cost of energy (LCOE) of the system during the project lifetime and compares the LCOE to the utility tariff, and also investigate the significant technical and economic indicators set by International Energy Agency (IEA). Technical characteristics of the PV array, the amount of electricity production, investment and operating costs payback periods were also determined for the solar PV system. System Advisor Model (SAM) software has been used to build the financial model and assess the technical performance to facilitate decision making regarding solar PV system implementation. Climatic data that has been used in this study is retrieved from the European Commission Joint Research Centre database website. Sensitivity analysis that investigates the impact of varying techno-economic parameters on the system performance and feasibility has been discussed. Moreover, a systematic approach for current harmonic mitigation has been proposed in this study. PI-controlled shunt active power filter (SAPF) based on instantaneous reactive power theory has been designed for that purpose. The overall results show that Jeddah city possess a relatively good potential of solar PV system utilization to be a competitive and promising alternative energy source to replace fossil fuel-based electrical power generation. Results pertaining to current harmonic mitigation have revealed the ability of the proposed SAPF to maintain harmonics within IEEE standards.