

قيادة المستقبل الأخضر بدولة قطر:

# قيادة المستقبل الأخضر بدولة قطر دمج الشحن الذكي للمركبات الكهربائية مع نظام تخزين الطاقة الكهروضوئية



د. محمد أمير  
باحث مساعد ما بعد الدكتوراه  
كلية الهندسة جامعة ليفرول، المملكة المتحدة  
(باحث مشارك سابق، جامعة قطر)



أ.د. عاطف إقبال  
زميل معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات  
وأستاذ الهندسة الكهربائية  
كلية الهندسة - جامعة قطر

## الملخص

تحتل دولة قطر موقع الصدارة في تحوُّل الطاقة، كما يتجلى ذلك في رؤية قطر الوطنية 2030 التي تتسم بالطموح. وفي الوقت الذي تستثمر فيه الدولة في الطاقة المتجددة والتقنيات الشبكية المتطورة، برزت المركبات الكهربائية بوصفها عامل تمكين رئيسي للنقل المستدام. ومع ذلك، يواجه دمج المركبات الكهربائية في الشبكة الوطنية تحديات، لا سيَّما بالنظر إلى المناخ القاسي بدولة قطر وأنماط الطلب على الطاقة الفريدة. وتسلِّط هذه المقالة الضوء على البحث الذي أجرته جامعة قطر وشركاء عالميون بشأن دمج المركبات الكهربائية في أنظمة الطاقة الكهروضوئية وتخزين الطاقة واستراتيجيات الشحن الذكي. وكشفت النتائج عن خارطة طريق توازن بين موثوقية الشبكة وملاءمة المستخدم والاستدامة البيئية، وتضع دولة قطر في طليعة ركب الابتكار في مجال النقل الأخضر في منطقة الخليج.

## المقدمة

تلعب الطاقة دوراً محورياً في التنمية المستدامة، وتشغيل وسائل النقل والمعدات الصناعية وأنظمة الاتصالات. ومع التحول العالمي من الوقود الأحفوري إلى مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والهيدروجين، تُعيد الدول التفكير في تخطيط الطاقة والبنية التحتية. وفي دولة قطر، ساعدت إمكانات الطاقة الشمسية الوفيرة والأهداف الوطنية التقدمية، من الابتكار في مجال الطاقة أولوية استراتيجية. وكان تشغيل محطة الخرسة للطاقة الشمسية علامة فارقة، حيث أسهمت في تلبية جزء كبير من الطلب في أوقات الذروة، وأبرزت تطلعات دولة قطر حيال الطاقة المتجددة. ومع سعي الدولة إلى الموازنة بين دورها كمصدر عالمي للطاقة ومتطلبات خفض انبعاثات الكربون محلياً، أصبح دمج الطاقة المتجددة والتخزين المتطور والشبكات الذكية أمراً بالغ الأهمية. وفي هذا السياق، توفر الطاقة الكهروضوئية فرصة واحدة للحد من انبعاثات الكربون في قطاع النقل، غير أن تكاملها ضمن نظام الطاقة في دولة قطر يتطلب استراتيجيات ذكية وتكيفية.

## ما أهمية تكامل المركبات الكهربائية لدولة قطر؟

على النقيض من مركبات الاحتراق الداخلي، تحتاج المركبات الكهربائية إلى كميات كبيرة من الكهرباء لشحنها عادة في أثناء فترات ذروة الطلب. وفي دولة قطر، تتفاقم هذه المشكلة بسبب حالات الطقس القاسية في فصل الصيف عندما تتجاوز درجات الحرارة 40° مئوية. وتحتاج بطاريات المركبات الكهربائية إلى المزيد من التبريد في ظل هذه الظروف، مما يزيد من الطلب على الشحن بنحو 20%. وفي حالة عدم إدارة هذا الأمر، من الممكن أن يتسبب شحن المركبات الكهربائية واسع النطاق في زيادة أحمال المحولات، مما يتسبب في انخفاض في الجهد الكهربائي والضغط على شبكة المرافق الوطنية. ومن ثم، كان لزاماً اللجوء إلى الحلول الذكية للحيلولة دون أن تعيق هذه التحديات أهداف النقل المستدامة لدولة قطر.

## نماذج ذكية للشحن الذكي

طوّر باحثو جامعة قطر نماذج احتمالية باستخدام

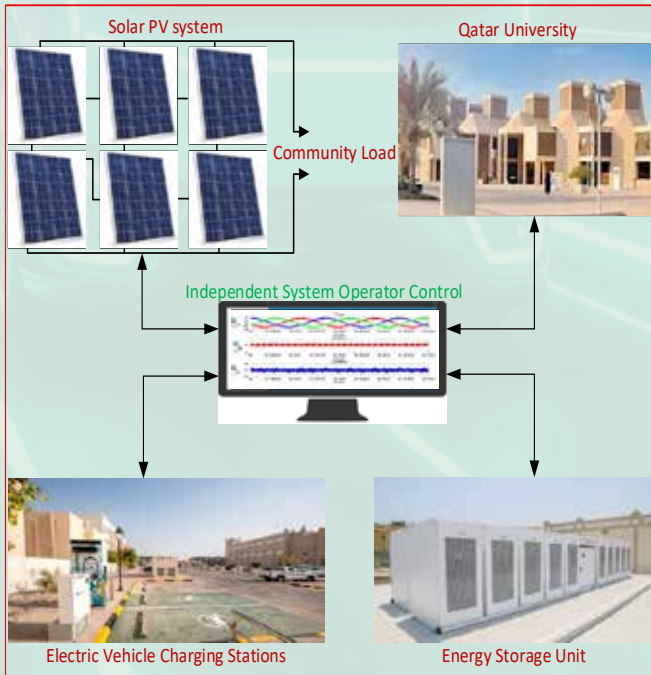
أساليب ذكية قائمة على مونت كارلو Monte Carlo لمحاكاة أنماط شحن المركبات الكهربائية عبر القطاعات السكنية والتجارية والحكومية. ومع مراعاة ساعات العمل المميزة بدولة قطر، حددت النماذج نقطتي ضغط: الصباح الباكر وأوقات الظهيرة. وللتخفيف من المخاطر، جرى اقتراح مخططات شحن ذكية قائمة على الحوافز. فبدلاً من معاقبة المستخدمين، يشجع النموذج سلوكهم من خلال:

- تقليل الرسوم عند الشحن خارج أوقات الذروة
- جلسات الشحن المجاني
- قسائم المشتريات أو مكافآت العملاء الدائمين
- امتيازات مواقف السيارات للمركبات الكهربائية المشحونة باستخدام الطاقة الكهروضوئية

وتعمل هذه المناهج سهلة الاستخدام على تشجيع تقبل الجمهور من خلال تقليل إجهاد الشبكة، مما يخلق سيناريو رابحاً للجميع سواء للمرافق أم المستهلكين.

## تكامل الطاقة الشمسية: ربط المركبات الكهربائية بالطاقة الكهروضوئية

تجعل إمكانات الطاقة الشمسية الهائلة بدولة قطر من أنظمة الطاقة الكهروضوئية مكملاً مثالياً لشحن المركبات الكهربائية. ومن خلال دمج نظام الطاقة



الشكل (1): صور توضيحية لشحن المركبات الكهربائية المدمج مع أنظمة الطاقة الكهروضوئية والتحكم في وحدات تخزين الطاقة من خلال مُشغّل مستقل للنظام.

الأخضر في منطقة الخليج. وبالإضافة إلى ذلك، يعمل دمج التعلم الآلي في أنظمة الطاقة الكهروضوئية الذي يغطي التحكم في المحولات وتهيئة الموقع والتنبؤ بالمقدرة على تحسين الكفاءة والموثوقية. وتساهم هذه الحلول الذكية في استقرار أنظمة الطاقة، وتعزيز مهمة جامعة قطر نحو تشجيع الاستدامة والبنية التحتية الذكية داخل الحرم الجامعي وخارجه.

### الخاتمة والاتجاهات المستقبلية

تقف دولة قطر على أعتاب مرحلة تحولية في قطاعي الطاقة والنقل. ويمهد دمج المركبات الكهربائية، عند اقترانها بالطاقة الكهروضوئية وتخزين الطاقة والشبكات الذكية، الطريق أمام مستقبل مشرق تنخفض فيه انبعاثات الكربون بما يتماشى مع رؤية قطر الوطنية 2030 .

- ويجب أن تركز الأبحاث المستقبلية وتوجهات السياسات على:
- 1 - التوسع في مراكز شحن المركبات الكهربائية بالطاقة الكهروضوئية عبر المدن.
  - 2 - الاستعانة بتوقعات الطلب باستخدام الذكاء الاصطناعي وخوارزميات التحسين.
  - 3 - تحسين النماذج التي تعتمد على الحافز لتشجيع مشاركة المستهلك.
  - 4 - تعزيز استقرار الشبكة من خلال إعادة تهيئة الشبكة وتقنيات التخزين المتطورة.
- ومن خلال تعزيز هذه الابتكارات، ترسخ دولة قطر مكانتها كرائد عالمي في النقل المستدام وإدارة الطاقة الذكية.

الكهروضوئية سعة 5 ، 1 ميغاواط مع شحن المركبات الكهربائية، لاحظ الباحثون أن استقرار الشبكة شهد تحسناً ملحوظاً. ويتوافق توليد الطاقة الشمسية خلال ساعات النهار بشكل جيد مع طلبات الشحن في أوقات الذروة، مما يخفف الضغط على الشبكة بينما يعظم الاستفادة من الطاقة المتجددة. وتكشف هذه العلاقة المتضادة كيف يمكن لتكامل الطاقة الشمسية في ساحات الحرم الجامعي والطرق السريعة والمراكز الحضرية تسريع وتيرة تحول دولة قطر نحو منظومة نقل نظيفة.

### الشبكات المرنة من خلال إعادة التهيئة

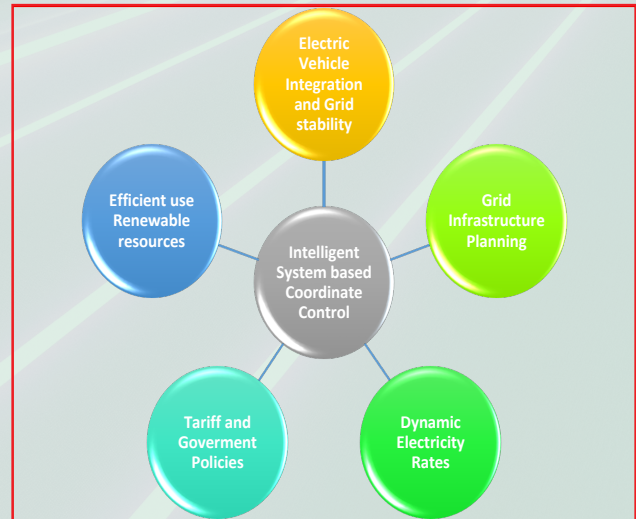
تم استكشاف جانب ابتكاري آخر من خلال إعادة تهيئة شبكة التوزيع، والتحول من البنى التحتية الشعاعية إلى الشبكية. وحسّن هذا التعديل أنماط الجهد الكهربائي بنسبة تصل إلى 18 % حتى في ظل سيناريو انتشار المركبات الكهربائية بنسبة 20 % عبر القطاعات السكنية والتجارية والصناعية. وتضمن هذه المرونة على مستوى الشبكة عدم المساس بالموثوقية عند إمداد وسائل النقل بالكهرباء.

### جامعة قطر: نحو مستقبل مستدام

يعكس هذا البحث قيادة جامعة قطر في مجال الابتكار المستدام. ومن خلال دمج التقنيات المتقدمة وتكامل الطاقة المتجددة والاستراتيجيات التي تتمحور حول المستهلك، تسعى الجامعة إلى وضع معايير للتنقل



الشكل (3): نظام الطاقة المتطور بدولة قطر بحسب إطار الرؤية الوطنية 2030 .



الشكل (2): التوصية باستراتيجيات إدارة الطاقة الشاملة.